

УДК 553.411.071 (477)

**С.М. Бондаренко, З.В. Карли, Л.М. Степанюк,
В.О. Сьомка, М.О. Донський, Л.В. Сьомка**

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: syomka@igmof.gov.ua; stepanyuk@igmof.gov.ua;
donick_gg@mail.ru

ГАЙВОРОНСЬКИЙ РУДОПРОЯВ КАЛІЙ-УРАНОВОЇ ФОРМАЦІЇ: МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ, ЧАС ФОРМУВАННЯ

Час формування апліто-пегматоїдних гранітів Гайворонського рудопрояву, визначений за ізотопним співвідношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ в монацитах, становить $2035,4 \pm 3,8$ млн рр., що дозволяє відносити їх до побузького комплексу. Геохімічні дослідження показують, що найбільший вміст торію і урану мають апліто-пегматоїдні граніти. Підвищений вміст Th і U зафіксовано в біогитових та гранат-біогитових гнейсах, за рахунок гранітизації яких, вірогідно, утворилися апліто-пегматоїдні граніти. Вперше для докембрію Українського щита (УЩ) встановлена епігенетична урановорудна мінералізація в зонах тріщинуватості апліто-пегматоїдних гранітоїдів, яка по тектонічних розломах розповсюджується глибше 330 м. Цей факт свідчить, що процеси гіпергенних змін порід відбуваються не тільки на поверхні кристалічного фундаменту, але і на значній глибині в зонах тектонічних порушень. Уран відкладається у вигляді низькотемпературних оксидів і гідроксидів по тріщинках, в яких поширені гідролітично-карбонатні агрегати, оксиди заліза та марганцю. Окрім того, тут виявлений раніше не відомий у докембрії УЩ дуже рідкісний мінерал — коронадит. У складі уранової мінералізації вперше для УЩ встановлений мінерал скупіт, який виникає за рахунок руйнування настурану й уранової черні. Скупіт є характерним мінералом-індикатором для пошуків уранових родовищ інфільтраційного типу.

Ключові слова: Гайворонський рудопрояв, вік, мінералогія, геохімія, монацит, оксиди урану, коронадит, скупіт.

Вступ. Постмагматичні рідкісноземельно-ураноторієві (REE-U-Th) рудопрояви та родовища калій-уранової формації є характерними утвореннями західної частини Українського щита (УЩ). Найбільш відомими із них є Калинівське, Лозуватське, Южне та Балка Корабельна, які локалізуються в Голованівській шовній зоні. Спільною рисою цих родовищ є просторовий зв'язок з апліто-пегматоїдними гранітами палеопротерозойської тектоно-магматичної активізації та комплексний характер руд. Характерними рудними мінералами в них є брегит, циркон, монацит, торит, ксенотим, молібденіт, вісмутин та самородний вісмут. Промислове значення в цих родовищах мають уран, рідкісноземельні елементи, торій, молібден і вісмут. За останні десятиріччя роботами

виробничих організацій КП "Кіровгеологія" у Волинському та Дністровсько-Бузькому мегаблоках виявлені нові рудопрояви калій-уранової формації, локалізовані в екзоконтакті апліто-пегматоїдних гранітів. Мінералого-петрографічні та геохімічні особливості цих рудопроявів подібні до згаданих вище відомих родовищ калій-уранової формації Голованівської шовної зони, хоча в окремих рудопроявах є суттєві відмінності, особливо в мінеральному складі рудоносних метасоматитів та вікових межах їхнього формування [4, 5, 7]. У цій статті викладені результати рудно-мінералогічного, петрографічного, геохімічного та радіогеохронологічного досліджень Гайворонського рудопрояву калій-уранової формації.

Зразки та методи досліджень. Дослідження базуються на оригінальному кам'яному матеріалі, зібраному авторами в процесі виконання бюджетної тематики Інституту геохімії, міне-

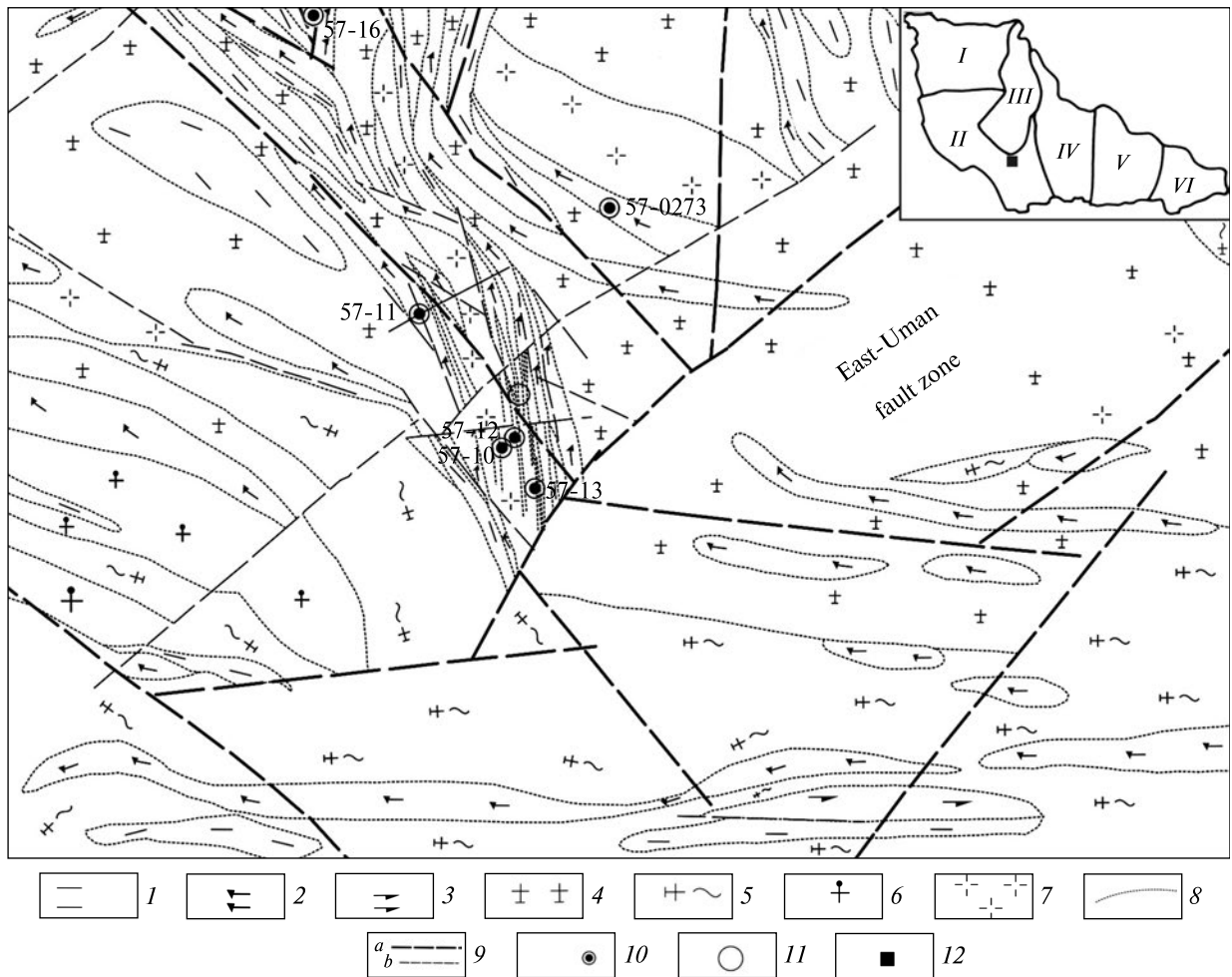


Рис. 1. Схематична геолого-структурна карта кристалічного фундаменту центральної частини Гайворонського рудопояву за матеріалами ПЗЕ-46 КП "Кіровогеологія": 1 — біотитові і гранат-біотитові гнейси; 2 — амфібол-біотитові гнейси і кристалосланці; 3 — амфіболіти; 4 — граніти гранат-біотит-двопольовошпатові порфіроподібні; 5 — плагіомігматити; 6 — гранат-біотитові мігматити; 7 — апліто-пегматоїдні граніти, апліти і пегматити; 8 — геологічні межі; 9 — розривні порушення: а — головні, b — другорядні; 10 — свердловина та номер; 11 — рудопрояв; 12 — місце розташування Гайворонського рудопояву в межах УЩ; I—VI — номери мегаблоків

Fig. 1. Generalized structural geologic map of crystalline basement of the central part of the Gaivoron occurrence according to Exploratory Expedition No 46 of "Kirovgeologiya" State Enterprise: 1 — biotite and garnet-biotite gneisses; 2 — amphibolite and biotite gneisses and crystalline schists; 3 — amphibolites; 4 — porphyritic-like garnet-biotite-feldspar granites; 5 — plagiomigmatites; 6 — garnet-biotite migmatites; 7 — aplite-pegmatoid granites, aplite and pegmatites; 8 — geologic boundaries; 9 — faults: a — major, b — minor; 10 — borehole location and its number; 11 — ore occurrence; 12 — the Gaivoron ore occurrence location in the Ukrainian Shield; I—VI — megablocks' numbers

ралогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (ІГМР НАН України) протягом останніх десяти років. Мікророндові дослідження рудних мінералів проведені на приладі JXA-5 (аналітик І.М. Бондаренко), електронно-мікроскопічні — на приладі JSM-6700F (аналітик О.А. Вишневський) в ІГМР НАН України, спектральні дослідження порід — в ЦАЛ КП "Кіровогеологія" (аналітик К.В. Перейбітніс).

Радіогеохронологічні дослідження виконані за монацитом, що виділений із апліто-пегма-

тоїдних гранітів (пр. Z-1/13 — св. 57-11, інт. 248—252 та пр. Z-3/13 — св. 57-16, інт. 238,7—248,0 м) у відділі радіогеохронології ІГМР НАН України. Датування кристалів монацитів, виділених вручну під бінокляром, здійснено класичним U-Pb ізотопним методом. Хімічну підготовку наважок виконано за модифікованою методикою [11]. Для визначення вмісту урану та свинцю використали змішаний (U²³⁵ + Pb²⁰⁶) трасер. Ізотопний аналіз урану і свинцю проведено на восьмиколекторному мас-спектрометрі MI-1201AT в мультиколектор-

ному статичному режимі. Для зіставлення результатів датування використовувався стандарт циркону ІГМР-1. Математичні розрахунки виконувались за допомогою програм Pb DATE та ISOPLOT [12, 13]. Наведені похибки віку відповідають 2σ .

Геологічна будова. Гайворонський рудопрояв розташований у південному обрамленні Уманського гранітного масиву, а саме на межі Росинсько-Тікицького та Дністровсько-Бузького масивів (рис. 1). У геологічній будові кристалічного фундаменту наявні магматичні, ультраметаморфічні та метаморфічні породи різних структурно-формаційних комплексів. Найбільш давні утворення тут — породи хашувато-заваллівської світи, представлені амфіболітами, біотитовими, гранат-, амфібол-біотитовими гнейсами і кристалосланцями. Хашувато-заваллівська світа відноситься до неоархейської бузької серії [9].

Найпоширенішими ультраметаморфічними утвореннями на Гайворонському рудопрояві є плагіомігматити гайсинського комплексу, які у вигляді реліктів локалізуються в гранітоїдах уманського комплексу. В західній частині рудопрояву поширені гранат-біотитові мігматити бердичівського комплексу. За радіогеохронологічним датуванням вік становлення комплексу складає 2000—2060 млн рр. [10].

Магматичні породи на Гайворонському рудопрояві представлені біотит-двопольовошпатовими гранітами уманського комплексу віком 2050 млн рр. [9] та апліто-пегматоїдними гранітами побузького комплексу, найбільш поширеними в північно-західній частині рудопрояву. Найцікавішими з точки зору рудозносності є апліто-пегматоїдні граніти, пегматити та апліти побузького комплексу, в зонах тріщинуватості та катаклазу яких локалізується REE-U-Th мінералізація. Вік цих гранітів, згідно з [10], оцінюється в межах 2380—2500 млн рр., що суперечить наявним геологічним даним.

Апліто-пегматоїдні граніти є типовими алохтонними утвореннями, які перетинають усі давніші геологічні комплекси порід, вік яких, як зазначено, не перевищує 2060 млн рр. Окрім того, ізохронна дата для рожевого лейкограніту Середнього Побужжя (Чаусівський кар'єр, північно-західніше м. Первомайськ) складає 2036 ± 70 млн рр. [3], що цілком підтверджує реальну геологічну позицію цих гранітів. У межах Гайворонського рудопрояву найвищий

вміст урану і торію зафіксований у катаклазованих апліто-пегматоїдних гранітах, пегматитах, аплітах та апогранітних кварцитах.

Петрографічна характеристика порід Гайворонського рудопрояву. *Апліто-пегматоїдний граніт* — сіра дрібно- та середньозерниста лейкократова порода з масивною текстурою. Наявні локальні ділянки розсланцювання та катаклазу породи. Структура — порфіробластова, катакластична. Мінеральний склад породи, %: гранат — 1—5, біотит — 1—10, калішпат — 10—40, плагіоклаз — 20—40, кварц — 20—40; вторинні: мусковіт — 1—10, серицит — 0,5—1,0, карбонат, хлорит, каолінит — поод. зерна; акцесорні — монацит, циркон, апатит; рудні — гідроксиди заліза та урану.

Порода складається з великих (1—5 мм) порфіробластів мікрокліну, олігоклазу та гранобластової (0,2—1,0 мм) кварц-мікроклін-олігоклазової основної маси. Мікроклін безпертитовий з добре вираженою ґраткою, свіжий незмінений. Плагіоклаз (№ 18—20) утворює таблитчасті порфіробласти та ксеноморфні зерна в основній масі. У контакті з мікрокліном в ньому спостерігаються мірмекіти. Біотит утворює лейсти (0,1—0,5 мм) з характерним зеленувато-бурим плеохроїзмом. У зонках катаклазу заміщується хлоритом. Гранат представлений рожевим альмандином, в якому спостерігаються пойкилітові включення біотиту. Кварц утворює гранобластові агрегати (0,2—1,0 мм), які мають форму лінзочок (до 5,0 мм завдовжки) в зонках катаклазу.

В зонках розвальцювання та дроблення широко розвинуті гіпергенні зміни породи у вигляді пелітизації, серицитизації, хлоритизації карбонатизації, лімонітизації та каолінітизації. До таких ділянок, як правило, і приурочена низькотемпературна уранова мінералізація.

Пегматит — грубозерниста світло-рожева порода з масивною пегматоїдною текстурою. Структура породи порфіробластова. Порода складається на 50 % з великих (до 10 мм) порфіробластів мікроклін-пертиту та дрібнозернистої кварц-польовошпатової основної маси з катакластичною структурою. Особливістю цієї породи є різке переважання калішпату над плагіоклазом.

Мінеральний склад породи, %: мікроклін-пертит — 50—85, плагіоклаз — 1—20, кварц — 5—35, біотит — 1—10, мусковіт — 1—5, гранат — поод. зерна — 1; вторинні: серицит, карбонат, хлорит, каолінит — поод. зерна; акце-

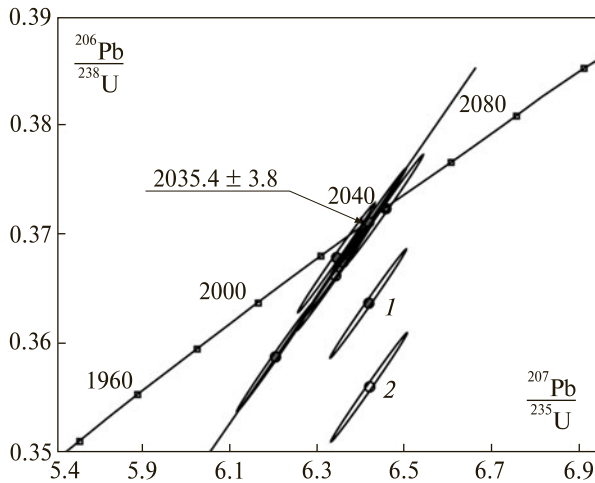


Рис. 2. U-Pb діаграма з конкордією для монацитів із апліто-пегматоїдних гранітів Гайворонського REE-U-Th рудопрояву: 1 — пр. Z-3/13, 2 — пр. Z-1/13

Fig. 2. U-Pb diagram with concordia plot for monazite from aplite-pegmatoid granite of the Gaivoron REE-U-Th occurrence: 1 — Z-3/13 sample, 2 — Z-1/13 sample

сорні — монацит, апатит, циркон; рудні — гідроксиди заліза і урану.

Мікроклін-пертит часто містить релікти олігоклазу. Основній масі породи властивий безпертитовий мікроклін з добре вираженою ґраткою. Гранат — рожевий альмандин — утворює округлі і ксеноморфні зерна (0,5–1,0 мм), містить численні пойкилітові включення біотиту та кварцу. В породи наявні зонки розвальцювання (потужністю 1,0 мм), складені кварц-

мусковіт-біотитовими агрегатами, до яких приурочена підвищена концентрація монациту.

Апліт. Порода за мінеральним складом аналогічна попередній і відрізняється тільки більш дрібнозернистою структурою (0,1–5,0 мм). Структура породи порфіробластова із дрібнозернистою (0,01–0,1 мм) основною масою. Має смугастий вигляд, зумовлений наявністю елементів розвальцювання і орієнтування бластичного кварцу. Відрізняються від пегматитів тим, що порфіробласти представлені безпертитовим мікрокліном і рідше олігоклазом, мають низький вміст біотиту та мусковіту, окрім того в аплітах відсутній гранат.

Мінеральний склад породи, %: мікроклін — 40–80, олігоклаз — 10–20, кварц — 10–20, біотит — поод. зерна — 0,5, мусковіт — поод. зерна — 1; вторинні: серицит, карбонат, хлорит і каолінит — поод. зерна; акцесорні — монацит, циркон, апатит; рудні — гідроксиди заліза та урану.

У зонках розвальцювання та дроблення породи широко розвинуті низькотемпературні зміни у вигляді пелітизації, серицитизації, хлоритизації, карбонатизації, лімонітизації та каолінітизації.

Плагіопегматит. Порода грубозерниста світло-сіра з пегматоїдним виглядом. Текстура породи масивна. Структура — порфіробластова і катакlastична. Мінеральний склад, %: біотит — 1–5, мусковіт — 1–4, мікроклін — 1–10, плагіоклаз — 50–70, кварц — 10–50; вторин-

Таблиця 1. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах із апліто-пегматоїдного граніту Гайворонського REE-U-Th рудопрояву

Table 1. Uranium and lead contents, lead isotopic composition in monazites from aplite-pegmatoid granites of the Gaivoron REE-U-Th occurrence

Фракція мінералу	Вміст, ppm		Ізотопні співвідношення					Вік, млн рр.			Дискордантність
	U	Pb	$\frac{206\text{Pb}}{204\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{207\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{208\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}}$	
1	5508	10360	12260	7,9120	0,21117	0,36946	6,3897	2027	2031	2035,0	0,4
2	3478	6346	3275	7,7525	0,21918	0,36790	6,3442	2019	2025	2029,8	0,5
3	5242	9465	25400	7,9510	0,21422	0,35913	6,2080	1978	2006	2034,1	2,8
1a	5412	10334	37040	7,9346	0,20893	0,37220	6,4558	2040	2040	2040,1	0,0
2a	4600	8391	14320	7,9158	0,21731	0,36678	6,3483	2014	2025	2036,3	1,1
3a	4504	8563	30610	7,9542	0,20548	0,36564	6,3226	2009	2022	2034,6	1,3

Примітка. Поправку на звичайний свинець уведено за Стейсі та Крамерсом на вік 2030 млн рр. 1–3 — розмірні фракції монациту пр. Z-3/13, 1a–3a — пр. Z-1/13. Фракції отримано шляхом скочування кристалів по похилій поверхні.

Note. Age correction for common lead for 2030 Ma age is applied according to Stacey and Kramers. 1–3 — monazite fractions of different grain size of Z-3/13 sample, 1a–3a — of sample Z-1/13. The monazite fractions of different grain size have been obtained by rocking grains on descending surface.

ні: серицит — 1–2, хлорит і карбонат (манганіт) — поод. зерна, гідроксиди заліза (лімоніт); акцесорні: апатит і монацит — поод. зерна — 1, циркон — поод. зерна.

Характерною особливістю плагіопегматитів є тісний просторовий зв'язок з метабазитами. Їм властивий низький вміст темноколірних мінералів та калішпату і високий (до 70 %) — олігоклазу, а також підвищений вміст апатиту і монациту.

Основна маса породи складається із гетеробластових агрегатів кварцу (0,2–2,0 мм), в яких містяться порфіробласти олігоклазу (1,0–10 мм в поперечнику). Плагіоклаз (№ 22–28) містить антипертити, в зонах тріщинуватості та катаклазу сильно пелітизований, серицитизований та заміщений каолінітом. Мікроклін дрібнозернистий (0,1–0,5 мм) і, як правило, заміщує плагіоклаз. Біотит спостерігається у вигляді поодиноких лейст і лусок (завдовжки

Таблиця 2. Середній вміст елементів-домішок у головних петротипах порід Гайворонського рудопроая, г/т
Table 2. Average content of trace elements in main rock associations of the Gaivoron ore occurrence, ppm

Елемент	1	2 (50)	3 (34)	4 (6)	5 (4)	6 (5)	7 (2)	8 (9)	9 (8)	10 (6)
Th/U	5,6	0,9	0,9	0,9	0,7	1,9	1,5	1,7	2,2	1,8
Th	14	9	14	10	4	10	15	9	7	4
U	2,2	21,9	29,4	14,2	17,5	5,2	11	11,8	4,9	16,3
Ba	420	291	277	107	93	460	250	222	250	128
Sr	340	200	200	200	200	200	200	211	225	200
Li	16	46	42	60	40	60	55	97	115	97
Ce	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100
La	27	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Y	15	18	18	24	16	13	10	11	8	11
Yb	1,2	1,9	2,1	2,3	1,7	1,6	1	1,8	1,7	1,7
Ga	12	19	18	18	15	20	20	20	19	18
Ge	1,4	0,8	1	0,8	1,1	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1
Cr	77	22	21	48	19	26	18	94	118	167
Ni	33	10	10	32	13	11	9	72	98	192
Co	13	2	3	7	6	4	2	16	22	37
Cu	28	18	17	18	15	17	20	47	21	23
Zn	44	31	34	57	65	52	35	73	73	105
V	34	6	8	30	12	26	7	88	148	158
Sc	8	4	4	4	5	3	5	7	8	13
P	490	674	656	633	575	760	800	611	675	567
Ti	1500	700	672	1167	575	2040	1750	2889	3125	3000
Mn	294	347	363	283	675	380	200	500	638	767
Mo	0,8	1,4	1,1	1,7	1,8	0,8	0,7	1,2	0,8	1,3
Pb	20	52	47	32	35	40	40	19	9	9
Bi	—	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
Sn	1,5	2,9	2,9	2,8	3,3	3,8	3,5	4	3,1	3,7
As	1,7	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Ag	0,07	0,1	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,07	0,07
Zr	70	130	118	127	113	150	150	161	175	167
Nb	20	14	14	12	9	17	20	14	9	11
Be	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Примітка. В дужках — кількість аналізів, прочерк — відсутні аналітичні дані. 1 — кларк для порід УЩ; Th і U за [1], інші елементи за [2]; 2 — апліто-пегматоїдні двопольовошпатові граніти; 3 — пегматити і апліти мікроклінові; 4 — плагіограніти і плагіопегматити; 5 — кварцити апогранітні; 6 — біотитові гнейси; 7 — гранат-біотитові гнейси; 8 — біотитові плагіогнейси; 9 — амфібол-біотитові плагіогнейси; 10 — амфіболіти. Спектральні дослідження виконано в ЦАЛ КП "Кіровгеологія", аналітик К.В. Перебийніс.

Note. The number of analyses is in brackets. 1 — element abundance in the Ukrainian Shield rocks: thorium and uranium according to [1], other elements according to [2]; 2 — aplite-pegmatoid feldspar granites; 3 — pegmatites and microcline aplites; 4 — plagiogranites and plagiopegmatites; 5 — apogranite quartzites; 6 — biotite gneisses; 7 — garnet-biotite gneisses; 8 — biotite plagiogneisses; 9 — amphibole-biotite plagiogneisses; 10 — amphibolites. Spectral analysis is carried out by K.V. Perebiinis in Central Analytical Laboratory of "Kirovgeologiya" State Enterprise.

0,2–0,3 мм) з буро-зеленим плеохроїзмом. Приурочений переважно до агрегатів кварцу, іноді заміщується мусковітом, хлоритом та лимонітом у зонках дроблення породи. Апатит відмічається у вигляді округлих і лінзоподібних зерен (0,05–0,1 мм завдовжки) на контакті зерен кварцу та олігоклазу. Монацит спостерігається у вигляді округлих і витягнутих зерен (завдовжки 0,05–0,06 мм).

В зонках дроблення та катаклазу плагіопегматитів по тріщинках сколів розвивається уранова чернь в асоціації з серицитом, каолінітом, лимонітом, манганітом та коронадитом (св. 57–10, гл. 326,9 м).

Кварцити апогранітні є найпізнішими метасоматичними утвореннями, що генетично пов'язані з апліто-пегматоїдними гранітами. Вони розвиваються по різних породах у зонах тектонічних розломів, але розповсюджені здебільшого серед апліто-пегматоїдних двопольовошпатових гранітів. Для них характерна масивна, смугаста та сланцювата текстура. Структура породи реліктова порфіробластова, а основної маси — гетерогранобластова.

Мінеральний склад породи, %: олігоклаз — 20–25, калішпат — 5–10, кварц — 70–80; вторинні: біотит та мусковіт — поод. зерна — 1; каолініт та карбонат — поод. зерна.

Кварцити на 70–80 % складені лінзоподібними агрегатами кварцу, які підкреслюють напрям тектонічних деформацій у породі. В кварці зафіксовано релікти польових шпатів і гранату. Спостерігаються мікропрожилки, що виповнені глинистими продуктами (каолінітом) та карбонатом.

Радіогеохронологічні дані. Результати визначення вмісту урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах апліто-пегматоїдних гранітів Гайворонського рудопояву наведені в табл. 1. Більшого розміру (1 і 2) фракції монацитів обох проб є практично конкордантними. Дрібніші монацити (фракції 3 і 3а) мають незначну дискордантність — 2,8 для монациту пр. Z-3/13 та 1,3 — пр. Z-1/13. Їх вік — 2028 та 2033 млн рр. відповідно. Враховуючи, що вік за ізотопним співвідношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ визначається з набагато меншою похибкою, ми розрахували середні зважені значення віку; за цим співвідношенням — 2034 ± 24 млн рр. для першої проби та 2037 ± 30 — для другої. Середне зважене значення віку за ізотопним співвідношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ для усіх фракцій обох проб апліто-пегматоїдних гранітів — $2035,4 \pm$

$\pm 3,8$ млн рр. (табл. 1; рис. 2), що ми і приймаємо за вік монацитів, а отже і за час формування самих апліто-пегматоїдних гранітів.

Геохімічна характеристика порід. Найбільший інтерес на території Гайворонської ділянки становить вміст Th і U в різних петрографічних різновидах порід (табл. 2).

Вміст Th в гранітоїдах не перевищує кларк для УЩ. При цьому найбільший вміст (10–14 г/т) властивий пегматитам та аплітам істотно мікрокліновим. Саме в цих породах є підвищений вміст акцесорного монациту. Необхідно також вказати на підвищений (10–15 г/т) вміст Th в біотитових та гранат-біотитових гнейсах, за рахунок гранітизації яких, вірогідно, утворилися апліто-пегматоїдні граніти.

Уран міститься у всіх петротипах порід у підвищеній кількості. Найбільший (21,9–29,4 г/т) вміст урану, що в 10 разів перевищує кларк для УЩ, мають апліто-пегматоїдні двопольовошпатові граніти, апліти та пегматити. В зонах тріщинуватості та катаклазу цих порід встановлена уранова мінералізація гіпергенного характеру. В метаморфічних породах підвищений вміст урану встановлений також у гранат-біотитових гнейсах і біотитових плагіогнейсах. Дещо несподіваним є досить високий (16,3 г/т) вміст урану в амфіболітах, що, мабуть, пояснюється приконтактними процесами мігматизації.

Вміст Мо, який є характерним елементом для родовищ калій-уранової формації, в гранітоїдах змінюється від 1,1 до 1,8 г/т і трохи перевищує кларк для УЩ. В метаморфічних породах його вміст значно нижчий — 0,7–1,3 г/т. Найбільшим вмістом характеризуються біотитові плагіогнейси (1,2) та амфіболіти (1,3 г/т).

Характерним елементом-домішкою родовищ калій-уранової формації є Ві, хоча в породах ділянки, що вивчається, він не утворює аномальної концентрації. Його вміст становить 0,7–0,8 г/т і є практично однаковим для всіх різновидів порід. Це пояснюється тим, що в породах не проявилися постмагматичні гідротермально-метасоматичні процеси.

Вміст Рb в породах чітко корелює із вмістом урану, що пояснюється радіоактивним розпадом ізотопів урану і торію в акцесорних мінералах. На рис. 3 показана діаграма розподілу середнього вмісту елементів домішок (Th, U, Рb, Мо, Ві), характерних для родовищ калій-уранової формації, в різних типах порід. На діаграмі видно два піки аномального вмісту

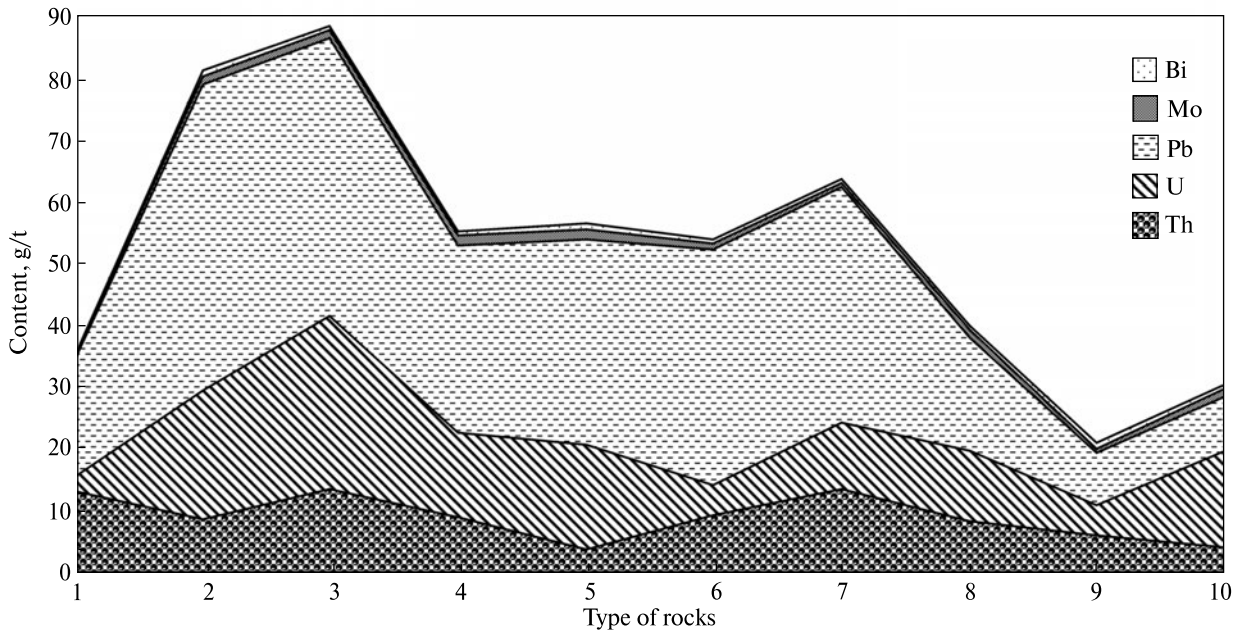


Рис. 3. Діаграма розподілу значень середнього вмісту Bi, Mo, Pb, U, Th в породах Гайворонського рудопрояву: 1 – кларк для порід УЩ [1, 2]; 2 – апліто-пегматоїдні двопольовошпатові граніти; 3 – пегматити і апліти мікроклінові; 4 – плагіограніти і плагіопегматити; 5 – кварцити апогранітні; 6 – біотитові гнейси; 7 – гранат-біотитові гнейси графітовмісні; 8 – біотитові плагіогнейси; 9 – амфібол-біотитові плагіогнейси; 10 – амфіболіти

Fig. 3. Abundance diagram of Bi, Mo, Pb, U, Th in the Gaivoron occurrence rocks: 1 – abundance in the Ukrainian Shield rocks [1, 2]; 2 – aplite-pegmatoid feldspar granites; 3 – microcline pegmatites and aplites; 4 – plagiogranites and plagiomigmatites; 5 – apogranite quartzites; 6 – biotite gneisses; 7 – graphite-containing garnet-biotite gneisses; 8 – biotite plagiogneisses; 9 – amphibole-biotite plagiogneisses; 10 – amphibolites

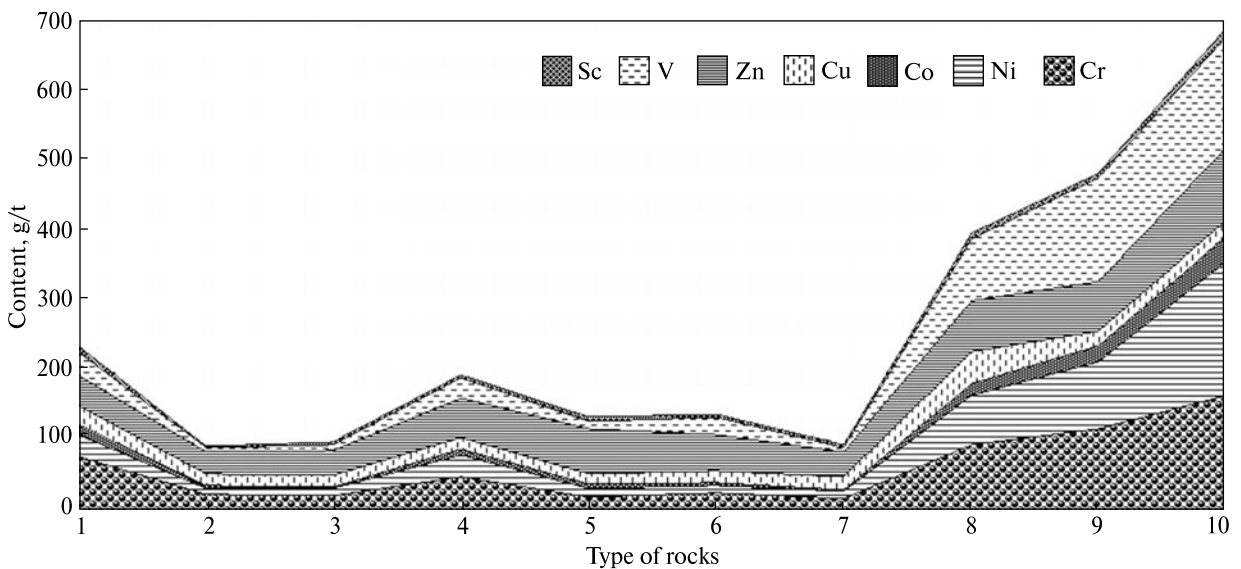


Рис. 4. Діаграма розподілу значень середнього вмісту Sc, V, Zn, Cu, Co, Ni і Cr в породах Гайворонського рудопрояву. Умов. позначення див. на рис. 3

Fig. 4. Abundance diagram of Sc, V, Zn, Cu, Co, Ni and Cr in the Gaivoron occurrence rocks. Legend is the same as for Fig. 3

цих елементів. Перший пік характерний для апліто-пегматоїдних гранітів (№ 2) та пегматитів (№ 3). Другий пік відмічений для гранат-біотитових гнейсів (№ 7).

Розподіл середнього вмісту Cr, Ni, Co, Cu, Zn, V, Sc, що характерні для метабазитів, показаний на рис. 4. Як видно з діаграми, вміст цих елементів різко зростає в метабазитах —

Таблиця 3. Хімічний склад монациту, ваг. %
Table 3. Chemical composition of monazite, wt. %

Компонент	1	2
SiO ₂	1,13	1,23
PbO	0,60	0,64
UO ₂	0,27	0,19
ThO ₂	8,28	8,53
CaO	1,57	1,42
P ₂ O ₅	29,90	29,35
Ce ₂ O ₃	24,33	25,02
Y ₂ O ₃	0,01	0,01
FeO	0,30	0,32
La ₂ O ₃	10,28	11,01
Nd ₂ O ₃	8,73	9,14
Pr ₂ O ₃	3,57	3,29
Sm ₂ O ₃	—	—
GdO	—	—
ZrO ₂	—	—
HfO ₂	—	—
Σ	88,97	90,15

Примітка. "—" — не визначали. 1, 2 — монацити заокругленої форми в асоціації з магнетитом в пегматиті, св. 570273, гл. 53,6 м. Мікросондові дослідження (тут і у табл. 4—9) виконано в ІГМР НАН України на приладі JXA-5, аналітик І.М. Бондаренко.

Note. "—" — means not analyzed. 1, 2 — rounded monazites associated with magnetite in pegmatite, borehole No 570273, 53.6 m depth. Electron microprobe analysis (here and in Tables 4—9) was carried out by JXA-5 electron probe in IGMOF of NAS of Ukraine by I.M. Bondarenko.

біотитових плагіогнейсах (№ 8), амфібол-біотитових плагіогнейсах (№ 9) і досягає максимальних значень в амфіболітах. Необхідно вказати на невеликий пік у плагіопегматитах, які утворюються під час гранітизації метабазитового субстрату.

Рудна мінералізація. Серед рудних мінералів у породах Гайворонської ділянки поширені два генетичні типи: 1) акцесорна мінералізація, представлена цирконом, монацитом, магнетитом, ільменітом і шпінеллю; 2) епігенетична урановорудна мінералізація, представлена асоціацією оксидів урану, заліза та марганцю. Акцесорна мінералізація поширена у вигляді розсіяного вкраплення у всіх петротипах порід і не утворює значних скупчень. Епігенетична урановорудна мінералізація трапляється тільки в зонах катаклазу та дроблення гранітів і пегматитів, де під впливом метеорних вод відбувалися процеси гіпергенних змін монациту, вилуговування урану і відкладення його у ви-

гляді низькотемпературних оксидів і гідроксидів по тріщинках, в яких поширені гідрослюдисто-карбонатні агрегати та оксиди заліза.

Ц и р к о н наявний у вигляді поодиноких овально-ізометричних і дипірамідальних зерен (0,01—0,06 мм) в гранітоїдах і гнейсах. Мінерал має двофазну будову, що спричинено більш пізніми процесами малаконізації.

М о н а ц и т часто утворює асоціацію з магнетитом та ільменітом в зонах біотитизації пегматитів. Мінерал утворює розсіяне вкраплення ідіоморфних слабозаокруглених зерен (рис. 5, b), які в більшості випадків приурочені до виділень біотиту. Монацити за формою мають два типи кристалів — пампушкоподібні (майже 60 %) і дископодібні, з добре розвиненим пінакоїдом (близько 40 %). Контури зерен заокруглені, поверхня, окрім світло-жовтих, шагренева. За кольором трапляються світло-, червонувато-жовті до червонувато-бурих (майже 80 %) та зеленувато-бури до буро-сірих та смоляно-чорних (близько 20 %). Світло-жовті — прозорі, зеленувато-бури — напівпрозорі, буро-сірі та темніші — непрозорі. Зазначимо, що смоляно-чорні кристали є найбільшими (часто >0,1 мм). Розміри окремих найбільших агрегатів змінюються від 0,2 до 0,5 мм в поперечнику. В хімічному складі мінералу встановлено домішки хатонітового і чералітового компонентів приблизно в рівній кількості. Частково монацит заміщується рабдофанітом, через що аналізи (табл. 3) мають неповну суму.

Таблиця 4. Хімічний склад магнетиту, ваг. %
Table 4. Chemical composition of magnetite, wt. %

Компонент	1	2	3
TiO ₂	0,03	0,01	0,01
FeO	95,42	93,54	94,76
MnO	0,01	0,02	0,01
MgO	Н. в.	Н. в.	Н. в.
Al ₂ O ₃	0,08	0,02	0,03
Cr ₂ O ₃	0,01	0	0,01
V ₂ O ₅	0,09	0,12	0,07
ZnO	0,04	0,02	0,02
Σ	95,68	93,73	94,91

Примітка. Н. в. — не виявлено. 1—3 — грубозернисті агрегати магнетиту в пегматиті, св. 570273, гл. 53,6 м.

Note. Н. в. — not detected. 1—3 — coarse-grained magnetite aggregate in pegmatite, borehole No 570273, 53.6 m depth.

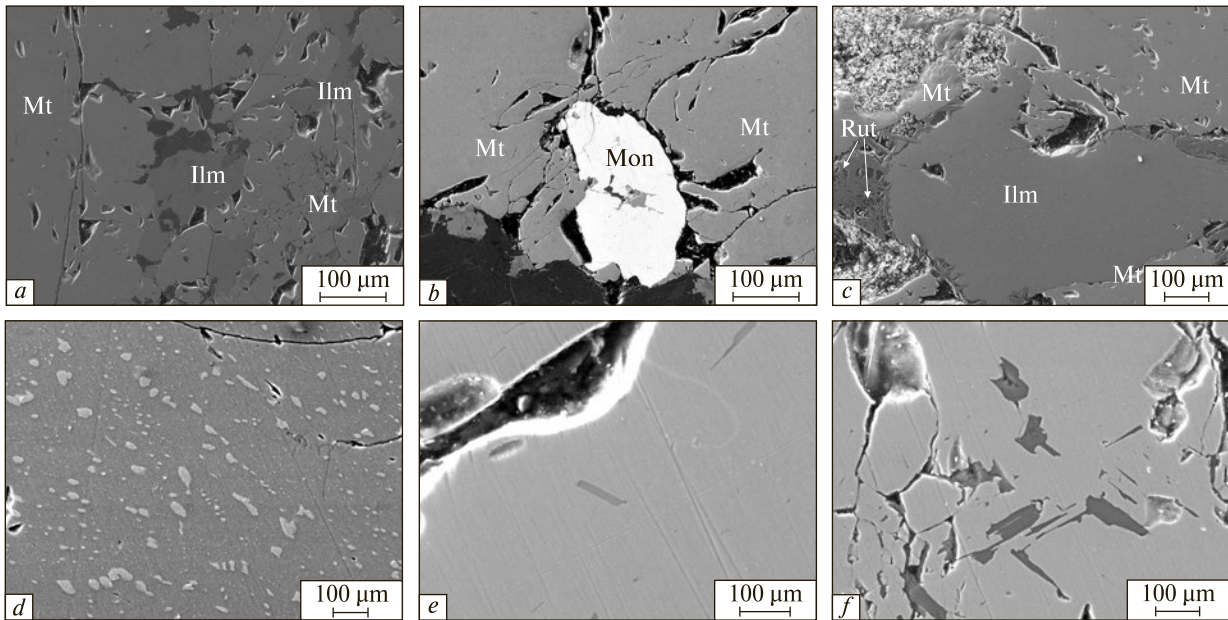


Рис. 5. Акцесорна мінералізація: *a* — тонкі проростання ільменіту (Ilm) з магнетитом (Mt) в зоні катаклазу пегматитів, св. 570273, гл. 53,6 м; *b* — монацит серед агрегатів магнетиту (Mt), там же; *c* — включення ільменіту (Ilm) в магнетиті (Mt), що заміщується по краях рутилом (Rut), там же; *d* — продукти розпаду гематиту в ільменіті (більш темна матриця), св. 570273, гл. 53,6 м; *e* — пластинки ганіту (більш темне) в магнетиті, там же; *f* — скупчення агрегатів ганіту в магнетиті, там же

Fig. 5. Accessory mineralization: *a* — narrow ilmenite (Ilm) and magnetite (Mt) intergrowths in cataclastic zone of pegmatite, borehole No 570273, 53.6 m depth; *b* — monazite among magnetite aggregate (Mt), the same borehole and depth; *c* — inclusions of ilmenite (Ilm) in magnetite (Mt) being replaced with rutile (Rut) on the edges, the same borehole and depth; *d* — products of hematite decay in ilmenite (darker matrix), borehole No 570273, 53.6 m depth; *e* — gahnite planks (darker area) in magnetite, the same location; *f* — gahnite aggregates in magnetite, the same location

Магнетит є типовим акцесорним і рудним мінералом у породах Гайворонської ділянки. Мінерал характеризується нерівномірним розподілом: від поодиноких дрібних виділень

до досить великих скупчень у вигляді складної морфології жильних, вузлувато-прожилкових, лінзоподібних, алотріоморфнозернистих агрегатів та гломеропорфіробластових скупчень

Таблиця 5. Хімічний склад ільменіту, ваг. %

Table 5. Chemical composition of ilmenite, wt. %

Компонент	1	2	3	4	5	6	7
TiO ₂	52,72	53,54	51,95	51,63	52,47	51,56	51,61
FeO	30,81	31,61	45,33	46,80	48,63	49,01	46,80
MnO	15,76	14,24	1,60	1,96	1,78	1,74	1,99
MgO	0,28	0,21	0,66	0,34	0,31	0,27	0,30
Al ₂ O ₃	0,14	0,12	0,09	0,12	0,04	0,07	0,14
Cr ₂ O ₃	Н. в.	Н. в.	0,15	Н. в.	0,04	0,02	Н. в.
V ₂ O ₅	"	"	0,13	0,59	0,42	0,64	0,49
ZnO	0,17	0,09	—	—	—	—	—
Σ	99,88	99,81	99,91	101,44	103,69	101,33	102,38

Примітка. "—" — не визначали, Н. в. — не виявлено. 1—2 — зростки ільменіту з магнетитом в пегматиті, св. 570273, гл. 53,6 м; 3 — видовжене субідоморфне зерно із амфіболіту, св. 57-13, гл. 279,2 м; 4—6 — із амфіболіту, св. 57-11, гл. 280,8 м; 7 — із амфіболіту, св. 57-12, гл. 178,8 м.

Note. "—" — not analyzed, Н. в. — not detected. 1—2 — intergrowth of ilmenite with magnetite in pegmatite, borehole No 570273, 53.6 m depth; 3 — extended grain from amphibolite, borehole No 57-13, 279.2 m depth; 4—6 — from amphibolite, borehole No 57-11, 280.8 m depth; 7 — from amphibolite, borehole No 57-12, 178.8 m depth.

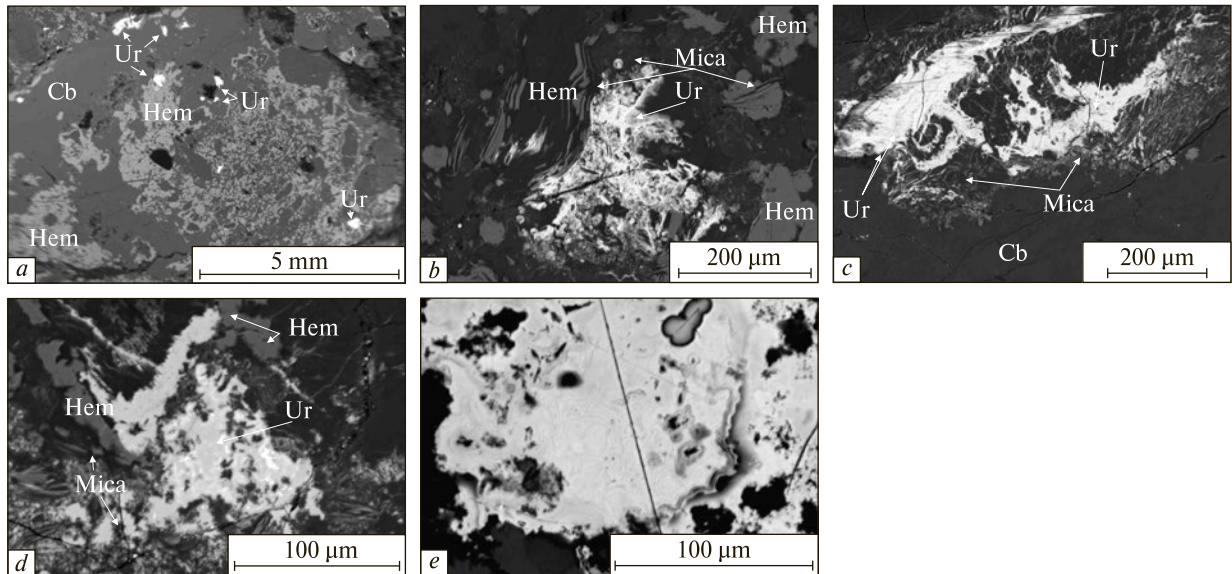


Рис. 6. Уранова мінералізація: *a* — уранова чернь (Ur) в тріщинках слюдяно-карбонатних (Mica-Cb) гідро-термалітах з гетитом (лімонітом?) (Hem); *b* — тонкі волоконні проростання уранової черні із слюдою і гетитом; *c* — складні проростання слюди і уранової черні. Св. 57-12, гл. 217,4 м, розгнейсований та роздроблений апліто-пегматоїдний граніт; *d* — неоднорідний агрегат уранової черні (Ur) — біла і світло-сіра фази в асоціації із слюдою і гетитом, там же; *e* — складний агрегат уранової черні з фрагментами коломорфно-концентричних структур. Св. 57-12, гл. 217,4 м, розгнейсований та роздроблений апліто-пегматоїдний граніт

Fig. 6. Uranium mineralization: *a* — uranium oxide-hydroxide aggregate (Ur) inside the cracks of mica-carbonate (Mica-Cb) hydrothermal rock with goethite (limonite?) (Hem); *b* — narrow fiber-like intergrowths of uranium oxide and hydroxide aggregates with mica and goethite; *c* — complex intergrowths of mica with uranium oxide-hydroxide aggregate. Borehole No 57-12, 217.4 m depth, shattered high-grade metamorphosed aplite-pegmatoid granite; *d* — non-homogenous aggregate of uranium oxide-hydroxide minerals (Ur) — white and light-gray phases associated with mica and goethite, the same location; *e* — uranium complex oxide-hydroxide aggregate with fragments of colloform concentric structures. Borehole No 57-12, 217.4 m depth, shattered high-grade metamorphosed aplite-pegmatoid granite

Таблиця 6. Хімічний склад ганіту, вар. %

Table 6. Chemical composition of gahnite, wt. %

Компонент	1	2	3
TiO ₂	0,02	0,04	0
FeO	4,64	3,87	5,12
MnO	0,16	0,07	0,02
MgO	0,01	0,01	0,01
Al ₂ O ₃	52,82	54,00	53,98
Cr ₂ O ₃	Н. в.	Н. в.	Н. в.
V ₂ O ₅	"	"	"
ZnO	42,25	41,13	42,00
Σ	99,90	99,12	101,13

Примітка. Н. в. — не виявлено. 1—3 — пластинки ганіту в магнетиті із пегматиту, св. 570273, гл. 53,6 м.

Note. Н. в. — not detected. 1—3 — planks of gahnite in magnetite from pegmatite, borehole No 570273, 53.6 m depth.

(розміром до 1—2 см в поперечнику). В асоціації з магнетитом трапляються ільменіт, ганіт, гематит (рис. 5, *a, b*). Хімічний склад магнетиту наведений в табл. 4.

Ільменіт належить до найпоширеніших акцесорних мінералів і фіксується головним чином у метабазитах, де його кількість в окремих зразках може досягати 1—2 % загального об'єму породи. В метабазитах мінерал представлений дрібнозернистим різновидом і розподілений у матриці породи відносно рівномірно. В пегматитах рутил відмічається в зростках з прожилковим магнетитом (рис. 5, *a, b*), де в ньому фіксуються продукти "окиснювального розпаду гематиту". Гематит розташований в ільменіті паралельно (0001) у вигляді тонких лінзочок (рис. 5, *d*). На окремих ділянках кількість гематиту може навіть перевищувати кількість ільменіту. Мікрозондові аналізи ільменіту з різних порід наведено в табл. 5.

Характерною особливістю ільменіту, що асоціює з магнетитом в пегматитах, є високий вміст марганцю і цинку (табл. 5, ан. 12, 13). В ільменіті із амфіболітів встановлено низьку концентрацію марганцю і більш високий вміст магнію, ванадію і хрому (табл. 5).

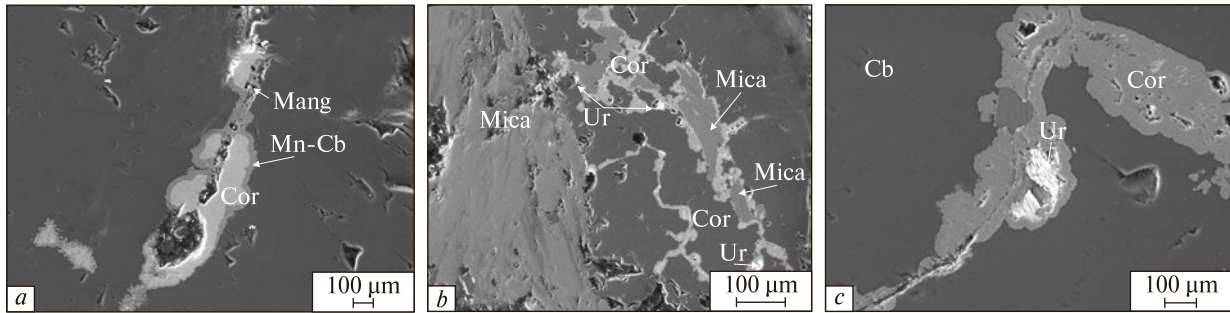


Рис. 7. *a* — складні проростання манганіту (Mang), коронадиту (Cor) і карбонатів марганцю (Mn-Cb) в катаклязованому плагіопегматиті, св. 57-10, гл. 326,9 м; *b* — складні проростання коронадиту (Cor), уранових мінералів (Ur) із слюдяними мінералами (Mica), там же; *c* — уранові гідроксиди (Ur) в коронадиті (Cor), там же

Fig. 7. *a* — complex intergrowths of manganite (Mang), coronadite (Cor) and manganese carbonates (Mn-Cb) in cataclased plagiopegmatite, borehole No 57-10, 326.9 m depth; *b* — complex intergrowth of coronadite (Cor), uranium minerals (Ur) with mica minerals (Mica), the same location; *c* — uranium hydroxides (Ur) in coronadite (Cor), the same location

Ганіт — цинкова шпінель, яка систематично фіксується у вигляді найдрібніших (0,005—0,03 мм) включень у магнетиті з пегматиту (рис. 5, *e, f*). Характер виділень показує, що мінерал є продуктом розпаду твердого розчину і характеризується досить стійким хімічним складом і наявністю стандартних елементів-домішок (табл. 6).

О к с и д и у р а н у. Значні скупчення тонкодисперсних оксидів урану приурочені до

виділень гідролюд та гідроксидів заліза, що розвиваються по них. Уранові мінерали розташовуються навкруги скупчень слюди та гідроксидів заліза (рис. 6, *b*), а іноді проникають по тріщинках спайності в слюдах (рис. 6, *c*). За оптичними властивостями мінерал подібний до уранової черні. Візуально колір мінералу чорний, у відбитому світлі темно-сірий, досить часто неоднорідний. Відбивна здатність варіює від 5 до 10 %, через що він погано діагностуєть-

Таблиця 7. Хімічний склад уранових мінералів, ваг. %

Table 7. Chemical composition of uranium minerals, wt. %

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	3,56	2,16	2,65	6,78	5,02	3,62	2,90	6,95	7,09	7,65	7,02
PbO	2,78	2,59	2,95	2,28	2,46	Н. в.	Н. в.	0,09	0,28	0,07	0,76
UO ₂	82,83	81,43	81,74	74,23	71,81	82,46	83,78	84,05	79,74	81,45	82,32
ThO ₂	1,34	1,65	1,41	0,01	Н. в.	Н. в.	Н. в.	Н. в.	Н. в.	Н. в.	Н. в.
CaO	3,08	3,60	2,77	2,29	2,75	2,21	2,72	1,76	2,34	1,90	1,97
P ₂ O ₅	Н. в.	Н. в.	Н. в.	—	—	—	—	—	—	—	—
Ce ₂ O ₃	1,99	3,23	2,78	0,64	0,59	0,44	0,09	—	—	—	—
Y ₂ O ₃	1,45	1,70	1,36	0,42	0,50	0,12	0,14	—	—	—	—
SO ₃	Н. в.	Н. в.	Н. в.	—	—	—	—	—	—	—	—
MnO	1,54	1,39	1,43	0,37	0,26	Н. в.	Н. в.	0,64	1,43	0,85	0,93
ZrO ₂	Н. в.	0,01	Н. в.	—	—	—	—	—	—	—	—
FeO	1,38	1,19	1,15	0,26	0,48	0,53	0,69	0,23	0,34	0,18	0,28
Σ	99,95	98,95	98,24	87,28	83,87	89,38	90,32	93,72	91,22	92,10	93,28

Примітка. "—" — не визначали, Н. в. — не виявлено. 1—3 — уранова чернь в розгнейсованому аплітопегматоїдному граніті, св. 57-12, гл. 217,4 м; 4, 5 — агрегат з коломорфними структурами, там же; 6, 7 — поодинокі включення в кальциті, там же; 8—11 — уранова чернь в асоціації з мінералами урану в розгнейсованому плагіопегматиті, св. 57-10, гл. 326,9 м.

Note. "—" — not analyzed, Н. в. — not detected. 1—3 — uranium oxide-hydroxide aggregate in high-metamorphosed aplite-pegmatoid granite, borehole No 57-12, 217.4 m depth; 4, 5 — aggregate with colloform structure, the same location; 6, 7 — occasional inclusions in calcite, the same location; 8—11 — uranium oxide-hydroxide aggregate associated with uranium minerals in high-metamorphosed plagiopegmatite, borehole No 57-10, 326.9 m depth.

ся під рудним мікроскопом і мало відрізняється від породотвірних мінералів. Мінерал утворює агрегати складної (губчастої, ніздрюватої) будови, суцільні маси зустрічаються рідко. Окремі агрегати досягають 0,1–0,4 мм в поперечнику. В деяких випадках видно, що кристалізація мінералу приурочена до мікротріщин. Часто проявлені коломорфні зональні структури (рис. 6, *f*), що дозволяє проводити деякі

Таблиця 8. Хімічний склад гідроксидів заліза, ваг. %
Table 8. Chemical composition of iron hydroxides, wt. %

Компонент	1	2	3	4
TiO ₂	0,03	0,02	0,04	0,01
FeO	76,42	75,73	76,89	78,19
MnO	0,07	0,13	0,09	0,02
MgO	1,47	3,17	1,29	1,08
Al ₂ O ₃	1,64	1,37	1,52	1,71
Cr ₂ O ₃	Н. в.	Н. в.	Н. в.	Н. в.
V ₂ O ₅	"	"	"	"
Σ	79,63	80,42	79,83	81,01

Примітка. Н. в. — не виявлено. 1–4 — окремі зерна і мікропрожилки в катаклазованому і розгнейсованому апліто-пегматоїдному граніті, св. 57-12, гл. 217,4 м.
Note. Н. в. — not detected. 1–4 — separate grains and microveins in cataclased high-metamorphosed aplite-pegmatoid granite, borehole No 57-12, 217.4 m depth.

Таблиця 9. Хімічний склад коронадиту, ваг. %
Table 9. Chemical composition of coronadite, wt. %

Компонент	1	2	3
FeO	4,76	2,56	3,98
TiO ₂	0,59	0,01	0,05
MnO	56,64	58,42	59,19
PbO	21,75	24,27	23,00
MgO	Н. в.	—	—
BaO	3,80	2,96	3,54
V ₂ O ₅	0,02	—	—
Al ₂ O ₃	0,79	—	—
SiO ₂	1,56	—	—
CaO	0,23	—	—
Σ	90,14	88,22	89,76

Примітка. "—" — не визначали, Н. в. — не виявлено. 1–4 — окремі зерна і мікропрожилки в катаклазованому і розгнейсованому апліто-пегматоїдному граніті, св. 57-12, гл. 217,4 м.

Note. "—" — not analyzed, Н. в. — not detected. 1–4 — separate grains and microveins in cataclased high-metamorphosed aplite-pegmatoid granite, borehole No 57-12, 217.4 m depth.

аналогії з будовою агрегатів настурану (гідронастурану).

За даними мікрозондового аналізу, у складі оксидів урану фіксується в одних випадках підвищений вміст свинцю і торію (табл. 7, ан. 1–5), а в інших ці елементи відсутні (табл. 7, ан. 8–11).

Гідроксид урану трапляється значно рідше. Мінерал представлений окремими кристалічними агрегатами, лусками в кальциті. На поверхні мінералу спостерігаються тріщини, подібні до тріщин усихання. Мінерал прозорий, з блідо-жовтим відтінком. У рудному мікроскопі видно внутрішні рефлексії в світло-жовтих тонах. Відбивна здатність мінералу дуже близька до такої карбонатної матриці. На підставі отриманих аналітичних даних (табл. 7, ан. 6, 7) можна припустити, що мінерал належить до групи гідроксидів урану або уранілу. За фізичними та хімічними властивостями дуже близький до мінералів групи скупіту UO₂(OH) · H₂O. Сингонія мінералу, ймовірно, ромбічна, виходячи з принципів ізоструктурності до вмісної матриці — карбонату.

Скупіт — мінерал, характерний для зон цементації, виникає за рахунок руйнування закисно-окисних форм урану — настурану, уранової черні. Мінерал виділяється з водних розчинів гідротермального генезису і, як правило, має пошукове значення.

Гідроксиди заліза широко представлені в асоціації з урановими мінералами (рис. 6, *a*, *b*, *d*). Спостерігаються у вигляді тонкозернистих, подібних до колоїдних агрегатів з численними включеннями гідрослюд. Через це вони мають ніздрювату, пористу структуру зі складними візерунками. Склад мінералу досліджений за допомогою рентгенівського мікроаналізатора (табл. 8). За хімічним складом і формами виділень оксиди заліза представлені групою гетиту — лімоніту.

Оксиди марганцю — дуже рідкісні мінерали і в мінералізованих зонах спостерігаються в зростках з іншими мінералами марганцю і урану (рис. 7, *a*). Виконані мікрозондові дослідження мінералів показують, що їхній склад близький до складу манганіту MnO(OH) (MnO = 76,92–80,67; FeO = 0,78–1,45 %).

Коронадит PbMn₈O₁₆ трапляється у вигляді ажурних заокруглених агрегатів навколо виділень слюдяних мінералів і виповнює мікротріщинки (рис. 7, *b*, *c*). Часто знаходиться

в зростках з оксидами марганцю і заміщується Fe-Mn-карбонатами. Аналізи мінералу представлені в табл. 9. Коронадит належить до низькотемпературних утворень зон окиснення.

Висновки. Встановлено час формування апліто-пегматоїдних гранітів Гайворонського рудопрояву, який за ізотопним співвідношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ в монацитах становить $2035,4 \pm 3,8$ млн рр., що дозволяє відносити їх до побужького комплексу.

Геохімічні дослідження показують, що найбільший вміст торію і урану мають апліто-пегматоїдні граніти, пегматити та апліти істотно мікроклінові. Саме в цих породах фіксується акцесорний монацит. Необхідно також вказати на підвищений вміст Th і U в біотитових та гранат-біотитових гнейсах, за рахунок гранітизації яких, вірогідно, утворилися апліто-пегматоїдні граніти.

Вперше для докембрію УЩ встановлена епігенетична урановорудна мінералізація в зонах тріщинуватості апліто-пегматоїдних гранітоїдів, яка по тектонічних розломах розповсюджується глибше 330 м. Цей факт свідчить, що процеси гіпергенних змін порід відбуваються не тільки на поверхні кристалічного фундаменту, але і на великій глибині в зонах тектонічних порушень. Тут під впливом як постмагматичних розчинів, так і метеорних вод, що надходять по розломах у вмісні гранітоїди, збагачені монацитом, відбуваються тривалі процеси хімічного руйнування монациту і вилугування з нього урану. Уран відкладається у вигляді низькотемпературних оксидів і гідроксидів, в яких по тріщинках поширені гідрослюдиисто-карбонатні агрегати, оксиди заліза та марганцю. Окрім того, тут же виявлений раніше невідомий в докембрії УЩ дуже рідкісний мінерал коронадит, знайдений в Україні тільки в ліпаритових туфах Березівського району в Закарпатті [6, 8]. У складі уранової мінералізації вперше для УЩ встановлений мінерал скупіт, який виникає за рахунок руйнування настурану і уранової черні. Скупіт, як правило, виділяється з гідротермальних водних розчинів і є характерним мінералом для родовищ інфільтраційного типу.

Такі факти мають величезне значення для пошуків уранових родовищ інфільтраційного типу не тільки в зонах стратиграфічних неузгоджень, але і в межах тектонічних порушень, де широко розвинута лінійна кора вивітрювання, поширена на значні глибини.

Автори вдячні В.М. Сергієнку, В.І. Погукаю, Б.Н. Іванову, Т.Ю. Платоновій за надання геологічного та кам'яного матеріалу, а також І.М. Бондаренку за мікрозондові, О.А. Вишневському за електронно-мікроскопічні, К.В. Перемийніс за спектральні, О.Б. Висоцькому і Т.І. Добуш за ізотопно-геохронологічні дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Геологическая карта кристаллического основания Украинского щита [Карты] / М-во геологии УССР. Центр. темат. экспедиция; Гл. ред. Н.П. Щербак. — 1 : 500 000, 1 : 2 500 000. — Киев : М-во геологии УССР, 1983. — 1 к. (9 л.) : цв., схем.; 53 × 84 см, 31 × 21 см + Объясн. зап. (101 с.; 14 × 20 см).
2. Егоров Ю.П., Тихоненко В.А. Химические составы пород, региональные кларки и геохимические фоны элементов Украинского щита. — Киев, 1981. — 2 с.
3. Єсипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Щербак М.П., Глеवासкий Є.Б., Скобелєв В.М., Дранник А.С., Гейченко М.В. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та поясн. зап.). — К. : УкрДГРІ, 2004. — 29 с.
4. Степанюк Л.М., Грінченко О.В., Загітко В.М., Бартницький Є.М. Уран-свинцевий вік жильних гранітоїдів Середнього Побужжя // Доп. НАН України. — 1996. — № 11. — С. 129—133.
5. Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Паталаха М.Є., Ващенко В.П., Бондаренко І.М. Новий рудопрояв калій-уранової формації в Кочерівській тектонічній зоні (Північно-Західний район Українського щита) // Мінерал. журн. — 2006. — 28, № 4. — С. 59—75.
6. Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Грінченко О.В. Мінералого-геохімічні особливості та вік торій-уранового зруденіння докембрію УЩ // Тез. наук. міжнар. конф. КНУ ім. Тараса Шевченка (Київ, 18—22 квіт. 2011 р.) — К., 2011. — С. 55—56.
7. Сьомка В.О., Іванов Б.Н., Пономаренко О.М., Бондаренко С.М., Щербак Д.М. Петрогеохімічні особливості рідкісноземельно-торій-уранових пегматитів центральної частини Українського щита і проблеми їх генезису // Мінерал. журн. — 2008. — 30, № 1. — С. 94—103.
8. Феношина У.И., Матковский О.И., Ремешило Б.Г., Янчук Э.Я., Шклянка В.М., Удуд Р.В., Дейчаковская К.А., Пеньковская Б.В. Марганцевая минерализация в вулканогенно-осадочных образованиях Береговского холмогорья (Закарпатье) // Респ. межвед. минерал. науч. сб. — Львов : Вища шк., 1984. — № 38, вып. 2. — С. 63—66.
9. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей / Отв. ред. Н.П. Щербак. — Киев : Наук. думка, 2005. — 243 с.
10. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В. Геохронология ран-

него докембрия Украинского щита. Протерозой / Отв. ред. Н.П. Шербак. — Киев : Наук. думка, 2008. — 239 с.

11. Krough T.E. A law contamination method for hedrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination // *Geochim. et cosmochim. acta.* — 1973. — **37**, No 3. — P. 485—494.
12. Ludwig K.R. Pb Dat for MS-DOS, version 1.06 // *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.* — 1989. — **542**, No 88. — P. 40.
13. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0 // *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.* — 1990. — **557**, No 88. — P. 38.

Надійшла 08.07.2014

REFERENCES

1. Shcherbak, M.P. (ed.) (1983), *Geologicheskaja karta kristallicheskogo osnovaniia Ukrainского shchita*, 1 : 500 000, M-vo geologii USSR, Centr. temat. jekspe-dicija, Kiev.
2. Egorov, Yu.P. and Tikhonenko, V.A. (1981), *Khimi-cheskie sostavy porod, regional'nye klarki i geokhi-micheskie fony elementov Ukrainского shchita*, Kiev.
3. Esipchuk, K.E., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Shcherbak, M.P., Glevassky, E.B., Skobelev, V.M., Drannik, A.S. and Geichenko, M.V. (2004), *Koreliatsiina khronostratygrafichna skhema rann'ogo dokembriiu Ukrainского shchyta (skhema ta poiasniival'na zapyska)*, UkrDGRI, Kyiv.
4. Stepanyuk, L.M., Grinchenko, O.V., Zagnitko, V.M. and Bartnitsky, E.M. (1996), *Dop. NAN Ukrainy*, No 6, pp. 129-133.
5. Syomka, V.O., Bondarenko, S.M., Patalakha, M.E., Vashchenko, V.P. and Bondarenko, I.M. (2006), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 28 No 4, pp. 59-75.
6. Syomka, V.O., Bondarenko, S.M. and Grinchenko, O.V. (2011), *Mineralogo-geokhimichni osoblyvosti ta vik torii-uranovogo zrudennia dokembriiu UShch*, Tez. nauk. mizhnarod. konf. KNU im. T. Shevchenka, Kyiv, 18-22 kvitnia 2011 r., pp. 55-56.
7. Syomka, V.O., Ivanov, B.N., Ponomarenko, O.M., Bondarenko, S.M. and Shcherbak, D.M. (2008), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 30 No 1, pp. 94-103.
8. Fenoshina, U.I., Matkovsky, O.I., Remeshilo, B.G., Yanchuk, V.M., Shklanka, V.M., Udud, R.V., Deychakovskaya, K.A. and Penkovskaya, B.V. (1984), *Respublikanskij mezhvedomstvennyj nauchnyj sbornik*, Vyshcha shk., L'vov, No 38 Vyp. 2, pp. 63-66.
9. Shcherbak, M.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M. and Ponomarenko, O.M. (2005), in Shcherbak, M.P. (ed.), *Geokhronologija rannego dokembriia Ukrainского shchita. Arkhey*, Nauk. dumka, Kiev.
10. Shcherbak, M.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, O.M. and Shumlyansky L.V. (2008),

in Shcherbak, M.P. (ed.), *Geokhronologija rannego dokembriia Ukrainского shchita. Proterozoy*, Nauk. dumka, Kiev.

11. Krough, T.E. (1973), *Geochim. et cosmochim. acta.*, Vol. 37 No 3, pp. 485-494.
12. Ludwig, K.R. (1989), *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.*, Vol. 542 No 88, p. 40.
13. Ludwig, K.R. (1990), *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.*, Vol. 557 No 88, p. 38.

Received 08.07.2014

С.Н. Бондаренко, З.В. Карли, Л.М. Степанюк,
В.А. Семка, Н.А. Донской, Л.В. Семка

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины
03680, г. Киев-142, Украина, пр. Акад. Палладина, 34
E-mail: syomka@igmof.gov.ua; stepanyuk@igmof.gov.ua;
donick_gg@mail.ru

ГАЙВОРОНСКОЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЕ КАЛИЙ-УРАНОВОЙ ФОРМАЦИИ: МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ, ВРЕМЯ ФОРМИРОВАНИЯ

Время формирования аплит-пегматоидных гранитов Гайворонского рудопроявления, установленное по изотопному отношению $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ в монацитах, составляет $2035,4 \pm 3,8$ млн лет, что позволяет отнести их к побужскому комплексу. Геохимические исследования показывают, что наибольшее содержание тория и урана свойственно аплит-пегматоидным гранитам. Повышенное содержание Th и U зафиксировано в биотитовых и гранат-биотитовых гнейсах, за счет гранитизации которых, вероятно, образовались аплит-пегматоидные граниты. Впервые для докембрия Украинского щита (УЩ) установлена эпигенетическая урановорудная минерализация в зонах трещиноватости аплит-пегматоидных гранитоидов, которая по тектоническим разломам распространяется глубже 330 м. Этот факт свидетельствует, что процессы гипергенных изменений пород происходят не только на поверхности кристаллического фундамента, но и на значительной глубине в зонах тектонических нарушений. Уран откладывается в виде низкотемпературных оксидов и гидроксидов по трещинкам, в которых распространены гидрослюдисто-карбонатные агрегаты, оксиды железа и марганца. Кроме того, здесь выявлен ранее не известный в докембрии УЩ очень редкий минерал коронадит. В составе урановой минерализации впервые для УЩ установлен минерал скупит, который возникает за счет разрушения настурана и урановой черни. Скупит — характерный минерал-индикатор для поисков урановых месторождений инфильтрационного типа.

Ключевые слова: Гайворонское рудопроявление, возраст, минералогия, геохимия, монацит, оксид урана, коронадит, скупит.

*S.M. Bondarenko, Z.V. Karly, L.M. Stepanyuk,
V.O. Syomka, N.A. Donskoy, L.V. Syomka*

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,
Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine
34, Acad. Palladina Pr., Kyiv-142, Ukraine, 03680
E-mail: syomka@igmof.gov.ua;
stepanyuk@igmof.gov.ua; donick_gg@mail.ru

**GAIVORON ORE OCCURRENCE
OF POTASSIUM-URANIUM ROCK
ASSOCIATION: MINERALOGY,
GEOCHEMISTRY, AGE OF FORMATION**

The age of aplite-pegmatoid granite's formation of the Gaivoron ore occurrence is determined. According to $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ratio the monazite ages 2035.4 ± 3.8 Ma. Thus it may be attributed to the Bug rock association. Geochemical study shows that the aplite-pegmatoid granites have maximum thorium and uranium contents. The increased contents of thorium and uranium are detected in biotite and garnet-biotite gneisses. These rocks have pro-

bably been formed from aplite-pegmatoid granites during granitization process. For the first time for the Precambrian rocks of the Ukrainian Shield the epigenetic uranium ore mineralization is determined in the crack zones of aplite-pegmatoid granitoids, extending over 330 m depth. This fact evidences that the supergene alteration processes occur not only on the surface of crystalline basement but at the great depth of fault zones. Uranium is deposited as low-temperature oxides and hydroxides in the cracks filled with hydromica-carbonate aggregates, iron oxides, manganese oxides. Coronadite, a rare mineral which has not been found before in Precambrian rocks of the Ukrainian Shield, is detected as well. Schoepite, the mineral which was formed due to the decay of pitchblende and uranium oxide-hydroxide minerals, has been detected for the first time. Schoepite is a characteristic indicative mineral for prospecting the infiltration-type uranium deposits.

Keywords: Gaivoron ore occurrence, age, mineralogy, geochemistry, monazite, uranium oxides, coronadite, schoepite.