

РАДІОГЕОХРОНОЛОГІЯ ПРОЦЕСІВ МЕТАСОМАТОЗУ В КРИСТАЛІЧНИХ ПОРОДАХ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

О.М. Пономаренко¹, Л.М. Степанюк¹, С.Г. Кривдік¹, В.О.Синицин²

*1. Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, просп. Палладіна, 34, Київ, Україна*

*2. Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 60, Київ, Україна*

На основі аналізу опублікованих матеріалів і нових результатів, (переважно уран-свинцевого ізотопного датування) виділено шість етапів прояву процесів метасоматозу в кристалічних породах УЩ. Перші чотири проявилися в археї у кристалічних породах Середньопридніпровського мегаблоку. Два останні, палеопротерозойські, мають масштабніше поширення, з ними пов'язані рудопрояви та родовища рідкісноземельних елементів (Приазовський мегаблок), урану, ванадію, скандію (Криворізька структура), урану (Інгульський, Дністровсько-Бузький, Волинський мегаблоки), берилію та поліметалів (Суццано-Пержанська зона Волинського мегаблоку). З'ясовано, що вік метасоматитів у межах УЩ становить 2,9–1,8 млрд років, тобто майже дорівнює віку магматичних порід, з якими вони здебільшого пов'язані. На даний час в межах УЩ не виявлено метасоматитів, гранітоїдів, пегматитів та лужних порід, молодших за 1,7 млрд років.

Вступ. Датування процесів метасоматозу за допомогою радіогеохронологічних методів є цілком реальною але дуже складною справою. Складність обумовлена надзвичайно широким спектром фізико-хімічних умов, за яких відбуваються метасоматичні перетворення порід, та невеликою кількістю об'єктів (мінералів, порід загалом), придатних для радіогеохронологічних досліджень. У багатьох випадках метасоматичні процеси відбуваються протягом кількох досить тривалих стадій. В результаті формуються кілька генерацій мінералів, розділити які та відібрати кожну окремо для датування зазвичай нереально. Найбільше ускладнює радіогеохронологічні дослідження те, що в результаті метасоматозу первинні мінерали не повністю заміщуються, а залишаються у метасоматитах як релікти, відділити які від власне метасоматичних мінералів з метою визначення часу прояву процесів метасоматозу неможливо. Вік метасоматозу можна визначати за допомогою калій-аргонового, рубідій-стронцієвого, уран-свинцевого та інших ізотопних методів, за

наявності відповідних за складом мінералів метасоматичного генезису. Так, лужні метасоматити можна датувати калій-аргоновим методом за лужними мінералами (рибекіт, арфведсоніт).

Датування процесів метасоматозу, що супроводжуються процесами рудоутворенням, виконується безпосередньо за рудними або сингенетичними ним мінералами. Так, час формування уранових руд можна достатньо надійно встановити за результатами визначень віку уран-свинцевим методом відповідних уранових мінералів (уранініту, настурану, бранериту, ненадкєвіту, малакону тощо). Найчастіше при цьому використовують ізохронний варіант методу.

Датування поліметалічного зруденіння найчастіше виконується за галенітом та іншими свинецьовмісними мінералами з використанням "модельного" свинець-свинцевого ізотопного методу. Датування цирконового, монацитового, ортитового зруденіння виконується безпосередньо за цими мінералами за допомогою уран-свинцевого ізотопного методу.

Датування проявів і родовищ рідкіснометалевих елементів інколи можна здійснити, застосу-

© Пономаренко О.М., Степанюк Л.М.,
Кривдік С.Г., Синицин В.О., 2012

вавши рубідій-стронцієвий і калій-аргоновий методи, за сингенетичними з рідкіснометалевою мінералізацією слюдами й іншими мінералами, що вміщують калій і рубідій.

Для датування метасоматичних процесів, супроводжених іншими типами рудної мінералізації, найчастіше використовуються непрямі підходи. Зазвичай використовуються уран-свинцевий і свинець-свинцевий "модельний" ізотопні методи. Мінералами-геохронометрами при цьому є рудні мінерали-супутники зруденіння, що містять, відповідно, уран і свинець. Сингенетичність таких мінералів зруденінню доводять за допомогою інших методів дослідження.

Найбільш надійним є уран-свинцевий ізотопний метод. Він широко застосовується для визначення часу прояву магматичних процесів за цирконом, монацитом та іншими уран-вмісними мінералами. Але через те, що метасоматичні процеси досить часто супроводжуються рудною мінералізацією, навіть такі мінерали, як циркон і монацит, що містять відносно багато урану, в метасоматитах збагачені звичайним свинцем, а це підвищує похибку визначення ізотопних дат.

Саме тому попри досить значне поширення на УЩ метасоматитів і порід, формування яких супроводжувалося процесами метасоматозу, для більшості із них немає надійних ізотопних дат. Їхній вік найчастіше визначають за геологічними співвідношеннями: вони є молодими за породи, по яких розвиваються, але древнішими за породи, що їх перекривають (перетинають).

На УЩ через тривалу та досить складну історію формування кристалічного фундаменту найбільш ранні метасоматичні породи, в багатьох випадках, зазнали структурно-метаморфічних перетворень і представлені різноманітними гнейсами та кварцитами, метасоматичну природу яких досить важко однозначно довести. У цій публікації ми відносимо до метасоматичних (палінгенно-метасоматичних) утворень породи, під час формування яких відбулось привнесення хімічних елементів (метасоматоз). Цілком можливо, що деякі з них, як, наприклад, антипертитові ендербіти, могли бути сформовані в результаті селективного плавлення плагіогнейсів та ендербітоїдів. Антипертити могли утворитись як структури розпаду первинного високотемпературного плагіоклазу з суттєвим вмістом калію, як це має місце в основних породах. Наявність антипертитів в ендербітах може свідчити про високотемпературні умови кристалізації, а також надати інформацію щодо

резерву калію, наявному в первісному субстраті, по якому утворився ендербіт у процесі гранулітового метаморфізму.

Етапи метасоматозу. Узагальнивши наявні радіогеохронологічні дані ми дійшли висновку, що в геологічній історії УЩ можна виділити шість тривалих етапів метасоматозу (табл. 1).

На УЩ найбільш ранніми утвореннями, формування яких пов'язано з метасоматичними процесами, є чарнокіти Славгородського блоку Середнього Придніпров'я вони надійно охарактеризовані ізотопними датами. Чарнокіти є не чисто метасоматичними, а палінгенно-метасоматичними утвореннями. Їхній вік за монацитом $2965 \pm 2,3$ млн років [3]. Приблизно в цей же час породи зеленокам'яного комплексу зазнали метасоматичних змін, що супроводжувалися золотим зруденінням. За результатами дослідження ізотопного складу свинцю галенітів і піритів проявів золота Сурської та Чортомлицької зеленокам'яних структур виявлено дві вікові групи: 3,0–2,8 і 2,6–2,4 млрд років [5]. Певно, що дати потребують уточнення іншими методами, оскільки метод рудного свинцю характеризує час, коли свинець був ізольований у бідних на уран і торій фазах [7], і далеко не завжди відповідає часу кристалізації

Таблиця 1. Етапи процесів метасоматозу у кристалічних породах УЩ

Етап	Процес	Вік, млрд р.	Метод датування
1	Чарнокітизація (чарнокіти)	2.96	U-Pb, за монацитом
2	Метасоматоз ЗС + Au зруденіння	3,0–2,8	Pb-Pb, за галенітом
3	Калішпатизація (граніти) Са-Ва метасоматоз (базавукіти)	2,84–2,6 2,6 (?)	U-Pb, за цирконом і монацитом
4	Метасоматоз ЗС + Au зруденіння	2,6–2,4	Pb-Pb, за галенітом
5	Si-K метасоматоз Граніти, гранітоїди і чарнокітоїди Побужжя, грейзенізація з гранітами житомирського комплексу, фенітизація з карбонатитовим магматизмом, метасоматити калій-уранової формації, Na-метасоматити Приазов'я	2,32–1,99	U-Pb, за цирконом, монацитом та уранінітом
6	Альбітизація ± уранове зруденіння. Альбітити Приазов'я, Криворізької структури, Інгульського мегаблоку, метасоматити Суцано-Пержанської зони	1,8–1,75	U-Pb, за циртолітом, малаконом та уранінітом

рудних мінералів (галеніт, пірит, тощо). У даному випадку можна однозначно стверджувати, що золоторудні прояви Сурської та Чортотлицької зеленокам'яних структур мали не менше двох джерел рудної мінералізації.

З наступним етапом (2,84–2,6 млрд років тому) пов'язані процеси калішпатизації плагіогранітоїдів та, дещо менше гнейсів аульської серії, їх селективне плавлення та формування інтрузивних двопольовошпатових гранітів у Середньопридніпровському мегаблоці (токівський, мокромосковський та демуринський комплекси). Вік гранітів встановлено уран-свинцевим ізотопним методом за цирконом [12]. Очевидно на завершальному етапі формування Токівського масиву мали місце процеси кальцій-барієвого метасоматозу та були сформовані базавукіти. У гранітоїдах Мокромосковського масиву відомі прояви процесів грейзенізації [1]. Вік двопольовошпатових гранітів Мокромосковського масиву за цирконом – 2,82 млрд років [12], а за монацитом 2,7 млрд років [4]. У північній частині Інгулецько-Криворізької шовної зони у результаті калішпатизації плагіогранітоїдів формуються мікроклін-плагіоклазові граніти, вік яких за монацитом становить 2,82 млрд років [9].

Найширше метасоматичні процеси проявилися наприкінці раннього протерозою. Вони пов'язані з формуванням гранітоїдів житомирського та кіровоградського комплексів. Водночас, формування мікроклін-плагіоклазових гранітої-

дів, як наприклад гайсинського, уманського комплексів, було обумовлено процесами калієвого метасоматозу.

На Середньому Побужжі в ранньому протерозої досить широко проявилися процеси кремній-калієвого метасоматозу, в результаті якого плагіогнейси й ендербітоїди були трансформовані у граніт-біотитові та біотитові гнейси [6, 8]. Калішпатизація супроводжувалася кристалізацією монациту, вік монациту із гранат-біотитового гнейсу, поширеного в лівому борті долини р. Півд. Буг південніше с. Хашувате, – $1993,3 \pm 1,2$ млн років (табл. 2 рис. 1). Вік циркону із біотитового гнейсу, також поширеного в лівому борту долини, північніше с. Кошаро-Олександрівка, 2324 ± 180 млн років. Дещо раніше – 2,06–2,04 млрд років тому [11] процеси кремній-калієвого метасоматозу порід гранулітового комплексу Побужжя в окремих випадках супроводжувалися частковим плавленням і формуванням антипертитових ендербітів (антипертитові ендербіти Літинського купола Верхнього Побужжя), зрідка чарнокітів (наприклад, північніше м. Первомайськ, Молдовський кар'єр).

На цьому етапі у Волинському мегаблоці мали місце процеси грейзенізації, обумовлені гранітоїдами, наприклад Бистрийський масив. Час грейзенізації не визначали, але можна припустити, що грейзени мають такий же вік, як і граніти (2,08 млрд років [10]).

В Інгульському мегаблоці відомі прояви калієвого метасоматозу, з якими пов'язана TR-U-Th-Mo мінералізація. Найбільш вивченими та відомими на сьогодні є об'єкти, що знаходяться в межах Братсько-Олексіївського рудного району (Братський синкліній, розташований у південно-західній частині Інгульського мегаблоку). Родовища та рудопрояви є постмагматичними утвореннями і належать до калій-уранової формації [2]. Вік кварц-біотит-амфібол-піроксен-мікроклінових метасоматитів Калинівського родовища за уранінієм складає $2029 \pm 6,2$ млн років (табл. 2, рис. 2).

У Росинсько-Тікицькому мегаблоці, зокрема у Гайсинському блоці, значно поширенні гранітоїди гайсинського комплексу, представлені діоритами, гранодіоритами, тоналітами, амфібол-біотитовими, біотитовими й апліто-пегматоїдними гранітами. Характерною особливістю гранітоїдів комплексу є поступові переходи між ними, які часто спостерігаються в межах окремих відслонень, та численні ксеноліти порід дністровсько-бузької серії [16]. Вік гранітоїдів, визначений за

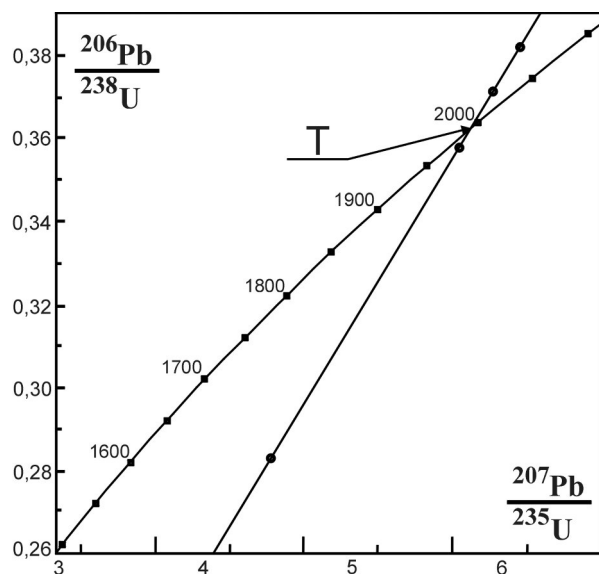


Рис. 1. Уран-свинцева діаграма з конкордією для монациту з гранат-біотитового гнейсу, пр. SB-5-1, $T = 1993,3 \pm 1,2$ млн років

Таблиця 2. Вміст урану та свинцю, ізотопний склад свинцю в мінералах із метасоматитів УЩ

Фракція мінералу	Вміст, ppm		Ізотопні відношення					Вік, млн років		
	U	Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb
<i>Монацит, гранат-біотитовий гнейс, проба SB-5-1</i>										
1	2447	3000	11270	8,0834	0,25803	0,282932	4,77984	1606	1781	1993,3
2	106,9	508	617	6,9416	0,07534	0,370928	6,26177	2034	2013	1992
3	3538	5889	14900	8,1031	0,2561	0,382018	6,45316	2086	2040	1993,2
4	4711	7513	14100	8,0972	0,24841	0,357363	6,03861	1970	1981	1993,7
<i>Ураніт, Калинівське родовище</i>										
1 зерно	47,7*	17,2*	1000000	8,0652	23,213	0,358944	6,14188	1977	1996	2016
	102,3*	30,1*	12940	8,4517	20,377	0,293003	4,74303	1657	1775	1917,1
	67,6*	22,0*	136990	8,2522	22,688	0,324273	5,41912	1811	1888	1974
	31,0*	9,1*	1000000	8,5128	23,009	0,295089	4,78372	1667	1782	1919,7
	79,3*	25,5*	1000000	8,3167	22,589	0,320858	5,32414	1794	1873	1961,4
	84,3*	27,0*	117650	8,3202	23,474	0,32001	5,30343	1790	1869	1959,1
<i>Монацит, гранодіорит, проба 4/10</i>										
1	423,3	2121	2505	7,6115	0,041738	0,22849	3,9765	1327	1629	2046
2	332,5	1749	2240	7,5729	0,034553	0,19998	3,4815	1175	1523	2046,6
3	463,4	3847	2937	7,6453	0,038655	0,35212	6,1378	1945	1996	2048,8
<i>Метасоматит, кар'єр с. Дмитрівка</i>										
(Щл-1а) 1	26,71	50,71	172	5,318	0,10745	0,18955	2,859	1119	1371	1789,4
(Щл-1а) 2	24,67	76,92	212	5,781	0,10095	0,30039	4,5221	1693	1735	1785,8
(Щл-1а) 3	31,23	46,86	282	6,344	0,15861	0,219	3,313	1277	1484	1794,7
(Щл-1а) 4	34,19	66,88	76,6	3,493	0,15313	0,22973	3,4733	1333	1521	1793,7
(Щл-1б)	26,33	69,74	136	4,8024	0,1076	0,25726	3,8546	1476	1604	1777,2
(Щл-1в) 1	33,61	76,5	30,4	1,8046	0,23881	0,22242	3,3189	1295	1486	1769,7
(Щл-1в) 2	46,6	89,58	34,9	2,0132	0,26908	0,23487	3,5104	1360	1530	1772,7
99-1 д	21,34	46,19	59,5	2,9684	0,24235	0,33686	5,0815	1872	1833	1789,6
<i>Метасоматит, с. Каплани</i>										
1	117,1	47,23	12470	7,874	6,075	0,36264	6,3032	1995	2019	2043,8
2	112,6	43,43	8905	7,8635	6,6146	0,35034	6,077	1936	1987	2040,2

Примітка. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі і Крамерсом на значення віку, що близьке визначеного за ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb; астериском(*) позначено абсолютну кількість урану та свинцю (у мікрограмах). Фракції 1–4 отримано шляхом скочування кристалів по нахилений площині.

монацитом із гранодіориту з кар'єру в районі с. Нижня Кропивна (лівий беріг р. Південний Буг), становить 2048,9 ± 2,7 млн років (табл. 2, рис. 3).

Значними метасоматичними змінами (фенітизація) вмісних порід супроводжуються карбонатитові тіла (наприклад, чернігівський комплекс Приазовського мегаблоку) – 2,09 млрд років [15]. Автори не виключають, що лужні метасоматити Приазовського мегаблоку, зокрема поширені на р. Кальміус (с. Каплани), також пов'язані з карбонатитовим магматизмом. За результатами уран-свинцевого ізотопного датування, їхній вік – близько 2,04 млрд років (табл. 2, проба Кл-3/3). Ці метасоматити подібні до більшості лужних метасоматитів району с. Дмитрівки. Проте в Дмитрівці по цих альбіт-мікроклінових породах розвиваються альбітити, часом з астрофілітом, вік яких дещо менший (1,79 млрд років).

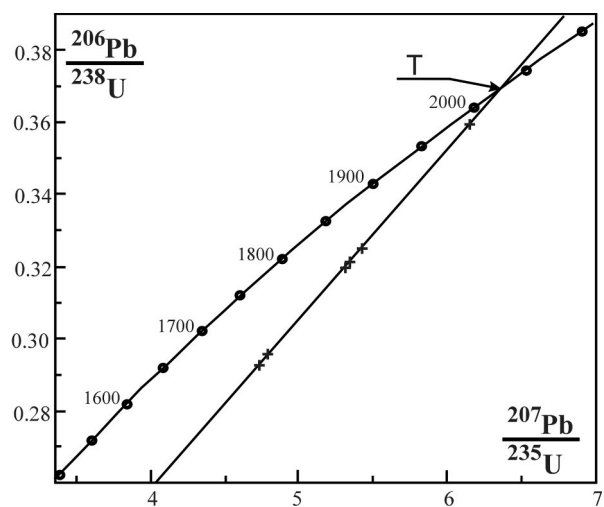


Рис. 2. Уран-свинцева діаграма з конкордією для уранітиту Калинівського родовища, T = 2029,3 ± 6,2 млн років

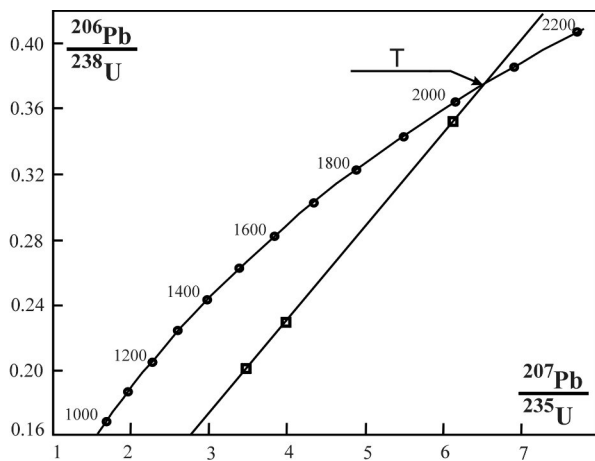


Рис. 3. Уран-свинцева діаграма з конкордією для монациту із гранодіориту гайсинського комплексу, пр. 4/10, $T = 2048,9 \pm 2,7$ млн років

Одними із найпізніших (1,8–1,75 млрд рр.) процесів метасоматозу в породах УЩ є процеси альбітизації. В Інгульському мегаблоці з ними пов'язані численні родовища урану, в Криворізькій структурі – родовища урану, скандію та ванадію; Волинському мегаблоці – берилій-поліметалічна, а в Приазов'ї – рідкіснометалева мінералізація.

Найбільш відомі метасоматичні утворення Інгульського мегаблоку та Інгулецько-Криворізької шовної зони – альбітити, з якими пов'язані численні родовища та рудопрояви урану. Час прояву процесів альбітизації було встановлено уран-свинцевим ізотопним методом за малаконом із уран-ванадієвих альбітитів, що розвиваються по доломітах гданцівської світи – 1795 ± 50 млн рр. [2], який добре співпадає з часом прояву урановорудної мінералізації, визначеного за настураном Жовторіченського родовища – 1785 ± 20 млн рр. [2]. За урановим концентратом із Новокостянтинівського родовища – 1812 ± 12 та за уранінітом із альбітиту Партизанського родовища – 1808 ± 27 млн рр. [13].

У Приазовському мегаблоці досить поширеними є метасоматити, вірогідно синхронні з інтрузією сублужних порід Октябрського масиву. Найбільш відомою з них є жила астрофілітвмісного метасоматиту в кар'єрі району с. Дмитрівка. Раніше вік метасоматиту був визначений за цирконом у 1936 ± 80 млрд років [14]. Ми виконали ізотопне датування цього метасоматиту, відібраного із центральної частини жили, його вік за цирконом – 1786 ± 10 млн років [17] (табл. 2, рис. 4). Враховуючи суттєве розходження одержаних значень з попередньою датою, ми проаналізували циркони із мікроклін-

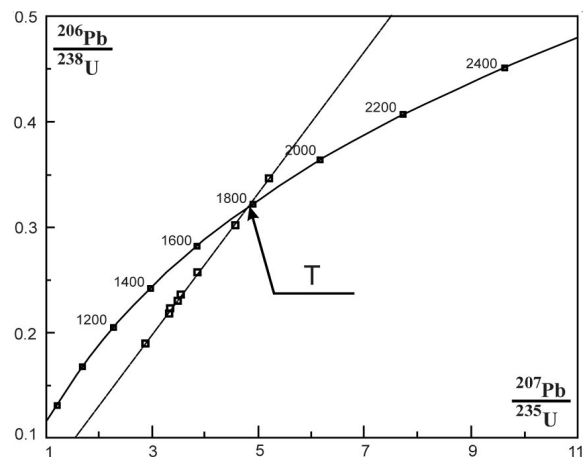


Рис. 4. Уран-свинцева діаграма з конкордією для цирконів із альбітиту, кар'єр с. Дмитрівка, проби Щл 1а, Щл-1б, Щл-1в та 99-1 Д, $T = 1786 \pm 10$ млн років

альбітового метасоматиту з егірином і астрофілітом, (пр. 99-1 Д, див. табл. 2). Вік метасоматиту з урахуванням результатів аналізу циркону проби 99-1 Д складає $1786,9 \pm 7,6$ млн років.

У Суцано-Пержанській зоні Волинського мегаблоку досить поширеними є метасоматити, з якими пов'язані родовища і рудопрояви берилію і поліметалів. Вік прояву процесів метасоматозу достовірно не встановлено, але виходячи з того, що метасоматичні явища тісно пов'язані з формуванням "пержанських апогранітів", вони відбулися близько 1,76 млрд років тому [13] (пержанськими апогранітами деякі дослідники називають лужнополювошпатові граніти з анітом, ділянками з рибекітом та егірином). Егірин-рибекітові граніти по суті є лужними різновидами гранітів. Пержанські граніти локально зазнають процесів альбітизації та грейзенізації, що і було підставою для віднесення їх до апогранітів. Деякі дослідники розглядали пержанські граніти як одну із пізніх фаз коростенського плутону. Про високу ступінь диференційованості цих гранітів свідчать такі петрологічні та геохімічні особливості: висока залізи-стість біотиту (аніту), поява лужного амфіболу і егірину, високий вміст некогерентних елементів (Nb, Y, Ce, Be) та низький – стронцію, а хондрит-нормований спектр рідкісноземельних елементів має глибоку негативну європейську аномалію.

Отже вік метасоматитів у межах УЩ – 2,9–1,8 млрд років, тобто практично такий, як вік магматичних порід, з якими вони переважно пов'язані. На даний час у межах УЩ не виявлено метасоматитів, молодших за 1,7 млрд років, як і гранітоїдів, пегматитів та лужних порід.

1. Березин Б.З., Кичурчак В.М. К петрологии Мокромосковского массива // Геол. журнал. — 1978. — 38, № 5. — С. 132 — 135.
2. Бобров А.Б., Кирилюк В.П., Гошовский С.В., и др. Гранулитовые структурно-формационные комплексы Украинского щита — Европейский эталон // Путеводитель геологических экскурсий Международной научно-практической конференции “Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы” (31 мая — 4 июня 2010 г.). — Киев, 2010. — 160 с.
3. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / Я.Н.Бенлевец, В.В. Коваль, А.Х. Бакарджиев и др. — Киев, Наук. думка, 1995 — 396 с.
4. Курило С.І., Степанюк Л.М., Пономаренко О.М., Довбуш Т.І. Уран-свинцевий ізотопний вік монациту із двослюдяного граніту Мокромосковського масиву // Мінерал. журн. — 2012. — 34, № 1. — С. 63–68.
5. Монахов В.С., Щербак Д.Н. Изотопный возраст метасоматитов и вмещающих гранитов гранит-зеленокаменных пород Приднепровья // Геохимия и рудообразование. — 1995. — Вып. 21. — С. 89–96.
6. Справочник по изотопной геологии / Э.В. Соболевич, Е.Н. Бартницкий, О.В. Цьонь, Л.В. Кононенко. — М.: Энергоиздат, 1982. — 240 с.
7. Скакун Л.З., Скакун О.Л., Білик Т.Н., Бурбан К.А. Мінералогічна зональність та особливості формування смуг гранат-біотитових порід у гранулітових комплексах Середнього Побужжя // Записки Українського мінералогічного товариства. — 2011. — Т. 8. — С.182–184.
8. Степанюк Л.М. Метасоматична природа біотитових та біотит-гранатових гнейсів Середнього Побужжя // Доп. НАН України. — 1997. — № 1. — С.133–136.
9. Степанюк Л.М., Єсипчук К.Ю., Бойченко С.О. та ін. Про час формування гранітів басейну рр.Тетерів та Ірпінь // Мінерал. журн. — 2000. — 22, № 1. — С.115–118.
10. Степанюк Л.М., Скобелев В.М., Довбуш Т.І., Пономаренко О.М. Ще раз про вік двопольовошпатових палінгенно-анатектичних чарнокітоїдів Побужжя // Збірник наукових праць УкрДГРІ. — 2007. — № 4. — С. 49–55.
11. Степанюк Л.М., Бобров О.Б., Скобелев В.М. та ін. Геохронологическое картографирование докембрийских комплексов. Статья 3. Результаты U-Pb изотопного датирования пород второй и третьей возрастных групп // Мінеральні ресурси України. — 2008. — № 1. — С.15–17.
12. Щербак Н.П., Бартницкий Е.Н. Реперные изотопные даты геологических процессов и стратиграфическая схема докембрия Украинского щита // Геохимия и рудообразование. — 1995. — Вып 21. — С. 3–24.
13. Щербак Н.П., Загнитко В.Н., Артеменко Г.В., Бартницкий Е.Н. Геохронология крупных геологических событий в Приазовском блоке УЩ // Там же. — С. 112–129.
14. Щербак М.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко О.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. — К.: Наук. думка, 2005. — 243 с.
15. Щербак М.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М. и др. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. — К.: Наук. думка, 2008. — 240 с.
16. Щербаков И.Б. Петрология Украинского щита — Львів: ЗУКЦ, 2005. — 366 с.
17. Khomenko V., Stepanyuk L., Kryvdik S., Ponomarenko O. Crystallochemistry and history of zircons from alkaline and sub-alkaline rocks of Azov area // Тези доп. "Alkaline rocks: Petrology, mineralogy, geochemistry : Conference dedicated to the memory of J.A. Morozewicz" (19–21 sept., 2010, Kyiv). — Kyiv, 2010. — P. 32–33.

Пономаренко А.Н., Степанюк Л.М., Кривдик С.Г., Синицин В.А. Радиогеохронология процессов метасоматизма в кристаллических порода Украинского щита. На основе анализа опубликованных материалов и новых результатов (преимущественно уран-свинцового изотопного датирования) выделены шесть этапов проявления процессов метасоматоза в кристаллических породах УЩ. Первые четыре проявились в архее в кристаллических породах Среднеприднепровского мегаблока. Два последних, палеопротерозойские, значительно шире распространены, с ними связаны рудопроявления и месторождения редкоземельных элементов (Приазовский мегаблок), урана, ванадия, скандия (Криворожская структура), урана (Ингульский, Днестровско-Бугский и Волинский мегаблоки), бериллия и полиметаллов (Сущано-Пержанская зона Волинского мегаблока). Установлено, что возраст метасоматитов в пределах УЩ составляет 2,9–1,8 млрд лет и практически равен возрасту магматических пород, с которыми они в большинстве случаев связаны. На сегодня на УЩ не выявлены метасоматиты моложе 1,7 млрд лет, как и гранитоидов, пегматитов и щелочных пород.

Ponomarenko O.M., Stepanyuk L.M., Kryvdik S.G., Sinityn V.O. Radiogeochronology of metasomatoses processes in crystalline rocks of the Ukrainian shield. In the Ukrainian shield six stage of metasomatoses processes had been took place. These results are based on published materials and new data obtained by means of U-Pb isotope dating. The first four events have occurred in crystalline rocks of the Middle Dnieper megablock during the Archean time. The two last Proterozoic events are of more spread and with them deposits of rare metals (Azov area), U, V, Sc (Kryviy Rig structure), U (Ingul, Dniester-Bug and Volianian megablocks), Be and polymetallic ores (Sushcany-Perga zone of Volianian megablock) are connected. It is shown that the age 2.9–1.8 Ma of metasomatites within the Ukrainian shield is practically the same like one of magmatic rocks to which they are predominantly related. Now no metasomatites which are younger than 1.7 Ma are not found within the Ukrainian shield.

Надійшла 09.04.2012.