

УДК 553.252.2:549.752.143:552.44:553.31 <https://doi.org/10.30836/gbhgd.2024.27>

МОНАЦИТ У ФІЛІТОПОДІБНОМУ СЛАНЦІ СКЕЛЮВАТСЬКОЇ СВІТИ КРИВОРІЗЬКОЇ СЕРІЇ

Михальченко І. І., Заборовська Л. П., Покалюк В. В., Яценко В. Г., Губіна В. Г., Заборовський В. С., Литвиненко Ю. О.

Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», м. Київ, Україна

MONAZITE IN THE PHYLLITE-LIKE SLATE OF THE SKELYUVATKA SUITE OF THE KRYVYI RIH SERIES

Mihalchenko I.I., Zaborovska L.P., Pokalyuk V. V., Yatsenko V.H., Hubina V.H., Zaborovsky V.S., Lytvynenko Yu.O.

State Institution "The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine

For the first time monazite grains were discovered in the phyllite-like quartz-sericite slate of the Skelyuvatka Suite of the Kryvyi Rih Series. The studied monazite grain consists of a relatively clean core and an outer zone with a significant amount of quartz and sericite inclusions. A relict crystal of detrital monazite was identified inside the core. The REE distribution in the volume (the core part of the grain is enriched in Nd, medium and heavy REE, the outer part is characterized by a much larger quantity of La and Ce, and, accordingly, much smaller quantity of Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy etc.) the presence of inclusions of minerals of the host rock in the structure of the monazite grain, the degree of metamorphism of the host rock, gave grounds for classifying the studied grain as nodular monazite (kularite), a hypogene mineral of the phyllite-like slate of the Skelyuvatka Suite of the Kryvyi Rih Series.

Вступ. На теперішній час основою мінерально-сировинної бази залізних руд України є родовища докембрійської рудної залізисто-кремністої формації Криворізького залізорудного басейну (далі – Кривбас). Незважаючи на тривалу історію геологічних досліджень цього регіону залишається багато проблемних питань з реконструкції металогенічних факторів утворення цих родовищ, одним із яких є вік утворення метаморфічних порід криворізької серії. Проблема оцінки ізотопного віку порід, які зараз нам відомі як метаморфічні утворення криворізької серії, обумовлена складністю ідентифікації, зокрема, мінералів радіоактивних елементів, які утворилися в процесі метаморфізму, зокрема, монациту, в цих породах, які утворилися по вихідним осадовим верствам.

Аналіз публікацій. Автори роботи [1] зазначили, що монацит в Кривбасі є одним з найменш розповсюджених мінералів. У 2011 році Степанюк та ін. повідомили, що зі скелюватської світи було “відібрано чотири протолочних проби: 20/10 — метапісковик із першої нижньої верстви, 21/10 — метапісковик із чотирнадцятої верстви знизу, 22/10 — метапісковик із найвищої верстви та 23/10 — із філітоподібного сланцю, саксаганська світа. Лише у першій (20/10) із них в значній кількості виявлено монацит, у пр. 22/10 наявні його поодинокі зерна.” [3]. Було зазначено, що монацит представлений уламками неправильної форми та зрідка пампушкоподібними зернами без кристаломорфологічних контурів. Наявні бурувато-жовті та буро-коричневі до чорних зерна монациту, останні переважають. У полірованих зрізах у всіх різновидах монациту відмічено наявність різної форми та розмірів чорні непрозорих включень. Було наведено значення вимірів масових

часток в хімічному складі монацитів лише U (903,4 ppm та 1286 ppm) та Pb (8690 ppm й 10554 ppm) [3].

У роботі [4] в описі філітоподібних сланців Кривбасу також не було згадано про наявність у цих породах монациту.

Нами було виявлено монацит в зразку філітоподібного кварц-серицитового сланцю скелюватської світи криворізької серії, який було відібрано під час польових досліджень 2023 р. в Південному кар'єрі Кривбасу, який розробляє нині ТОВ «РУДОМАЙН».

Об'єкт дослідження: зерна монациту у філітоподібному кварц-серицитовому сланці скелюватської світи криворізької серії. **Предмет дослідження:** внутрішня будова та хімічний склад монациту. **Мета** – дослідити внутрішню будову та хімічний склад зерен монациту в філітоподібному сланці. **Завдання дослідження:** надати петрографічний опис породи, дослідити внутрішню будову та хімічний склад зерен монациту.

Методи дослідження: петрографічний опис гірської породи, мінералогічні дослідження, вивчення хімічного складу мінералів з використанням скануючого електронного мікроскопу Jeol JSM-840. Проведенню дослідження передували польові маршрути, документація штучних відслонень, відбір зразків.

Результати дослідження. Філітоподібний сланець макроскопічно представляє собою тонкозернисту, сланцювату породу сіро-зеленого кольору (рис. -а). Мінеральний склад: головні мінерали – серицит - (70-90) %, кварц - (10-20) % (рис. -б, в). Акцесорні мінерали: монацит, циркон, турмалін?, апатит, сванбергіт. З акцесорних мінералів найчастіше зустрічаються зерна циркону (інколи – зональної будови) й монациту. Переважний розмір зерен монациту – перші десятки мікрон, найбільше – до 80 мікрон. На ділянках, де є відносно крупні зерна цього мінералу, порода має мікропорфіробластову структуру. Зрізи зерен – неправильної овалоподібної форми. Часто зерна монациту тріщинуваті, з включеннями кварцу й серициту, інколи мають зональну будову – центральна, відносно чиста зона, зовнішня – з включеннями кварцу й серициту.

Досліджене зерно монациту має ознаки зональної будови: центральна частина (ядро) – складена відносно чистим монацитом, й зовнішня, в якій міститься мікронні включення кварцу (рис. -в, -е). У центральній частині ядра міститься включення монациту, котре має більш темний відтінок, з чіткими границями (рис. -в, -г). Результати дослідження хімічного складу зонального монациту представлені в таб. За значеннями вимірів компонентів ці дані було згруповано в чотири вибірки: I – аналізи 10-13 характеризують включення монациту, яке знаходиться в ядрі; II – аналізи (7-9) та (13-15) – центральну частину ядра; III – аналізи 6, 16, 17 – зовнішню частину ядра; IV – аналізи 2-5, 18-22 – зовнішню зону зерна. Оцінки середніх арифметичних значень вимірів масової частки (\bar{w}) оксидів зазначених вибірок – у таб.

Обговорення результатів дослідження. У процесі виконання дослідження ми не знайшли ознак епігенетичних перетворень монациту, котрий нами було виявлено у філітоподібному сланці, які характерні для гідротермального породотворення (викладено в [2]).

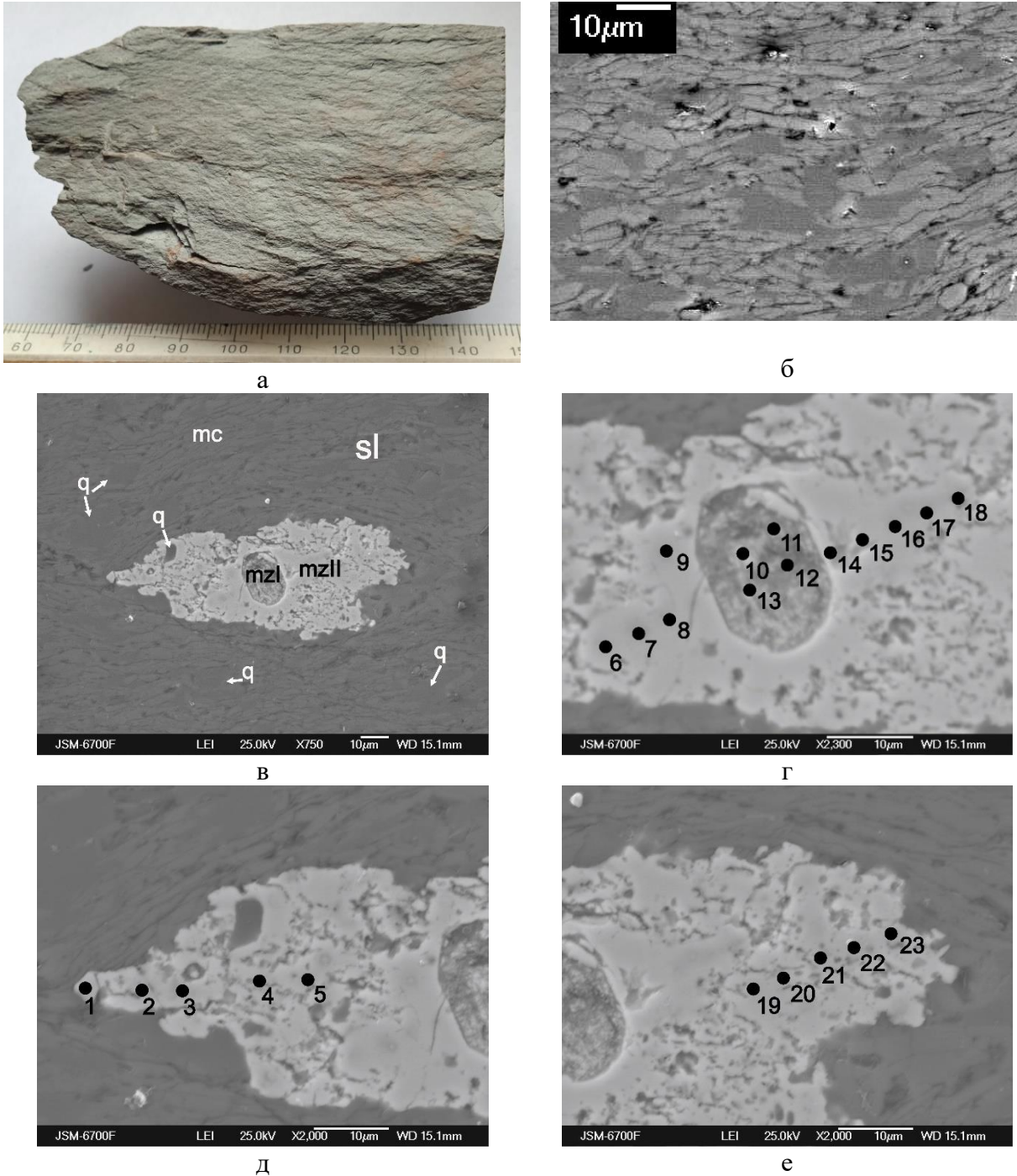


Рис. Зерно монациту складної будови у філітоподібному сланці скелюватської світи криворізької серії: а - філітоподібний сланець скелюватської світи криворізької серії; б – мікроструктура філітоподібного сланцю; в – виділення монациту неправильно-еліпсоїдальної форми. Довга вісь витягнута вздовж сланцюватості. Луски серициту огинають виділення монациту – свідчення порфіробластезу. У центрі – детритивний монацит; г – фрагмент центральної частини в; д – фрагмент лівої частини в; е – фрагмент правої частини в. Точками позначено місця мікрозондового аналізу, цифри – номери аналізу в таблиці.

Скорочення назв мінералів: mc – серицит, q – кварц, mzI – монацит детритивний, mzII – нодулярний монацит (куларит).

Таблиця. Результати визначення хімічного складу монациту з філітоподібного сланцю скелюватської світи криворізької серії з Південного кар'єру Криворізького залізорудного басейну*. Місця вимірів – на рис.

№№	Компоненти, масова частка, %																			Σ
	SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	Y ₂ O ₃	ZrO ₂	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Pm ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Tb ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	PbO	ThO ₂	UO ₂		
1	13,14	29,01	0,49	b.d.	b.d.	11,91	24,95	4,85	10,32	b.d.	0,86	0,05	1,12	0,69	1,38	0,64	b.d.	0,60	100	
2	1,66	26,33	0,26	b.d.	b.d.	19,38	27,82	6,94	8,44	b.d.	1,74	b.d.	1,73	0,36	0,46	0,39	4,49	b.d.	100	
3	0,54	29,78	0,12	b.d.	b.d.	17,72	28,28	4,82	8,26	b.d.	1,24	b.d.	1,98	2,50	0,80	b.d.	3,95	b.d.	100	
4	0,00	27,22	0,41	b.d.	b.d.	10,75	30,22	8,29	10,95	b.d.	2,98	b.d.	2,93	2,54	1,92	0,48	b.d.	1,32	100	
5	1,08	26,99	0,20	b.d.	b.d.	12,53	27,93	7,24	14,05	b.d.	2,59	b.d.	2,41	1,36	0,69	b.d.	2,75	0,19	100	
6	1,03	29,50	0,17	b.d.	b.d.	11,53	28,58	6,18	10,79	b.d.	1,98	b.d.	1,63	1,89	1,38	b.d.	5,34	b.d.	100	
7	0,33	30,23	0,18	b.d.	b.d.	1,93	16,24	6,18	25,49	b.d.	9,10	1,73	6,30	1,95	b.d.	0,35	b.d.	b.d.	100	
8	0,29	29,72	0,32	b.d.	b.d.	1,65	18,03	4,58	21,59	b.d.	8,69	3,48	7,01	2,50	1,21	0,49	b.d.	0,45	100	
9	0,33	28,16	0,18	b.d.	b.d.	2,63	17,22	4,55	20,68	b.d.	9,18	2,65	6,19	1,89	0,95	0,10	4,76	0,55	100	
10	1,27	31,58	2,16	b.d.	b.d.	10,08	23,09	6,07	10,06	b.d.	3,96	0,49	1,50	0,43	b.d.	0,82	7,94	0,55	100	
11	1,07	34,80	3,29	b.d.	b.d.	8,17	21,70	3,84	9,67	b.d.	2,99	0,36	1,71	0,06	0,55	1,31	10,11	0,35	100	
12	2,69	28,63	3,06	0,84	1,17	6,19	18,12	3,03	12,52	b.d.	2,96	1,85	5,44	0,81	1,24	1,70	9,24	0,51	100	
13	1,00	31,76	3,45	b.d.	b.d.	6,88	19,14	5,25	10,12	b.d.	2,30	0,12	2,35	2,38	2,62	1,14	10,37	1,12	100	
14	0,30	32,25	0,27	b.d.	b.d.	b.d.	14,70	4,22	23,82	b.d.	9,63	0,75	6,90	2,60	1,79	1,63	b.d.	1,15	100	
15	b.d.	29,80	b.d.	b.d.	b.d.	1,64	17,50	4,99	22,85	b.d.	8,44	3,55	4,91	3,04	0,78	0,03	2,45	b.d.	100	
16	0,46	26,65	0,67	b.d.	b.d.	3,02	18,25	5,71	20,66	b.d.	6,63	0,99	4,74	b.d.	0,06	0,61	11,56	b.d.	100	
17	0,50	25,51	b.d.	b.d.	b.d.	8,33	25,81	5,18	16,58	b.d.	3,85	b.d.	3,34	1,54	b.d.	0,30	9,04	0,02	100	
18	0,81	32,23	0,42	b.d.	b.d.	8,77	29,35	6,62	12,85	b.d.	4,61	0,95	1,99	0,65	b.d.	b.d.	b.d.	0,75	100	
19	0,12	31,19	0,16	b.d.	b.d.	10,15	29,53	6,58	11,88	b.d.	1,78	0,12	3,12	2,60	2,07	0,33	0,00	0,36	100	
20	0,48	28,57	0,13	b.d.	b.d.	14,60	29,94	5,69	9,79	b.d.	3,04	0,68	2,60	1,58	0,95	0,18	1,65	0,12	100	
21	0,57	26,19	0,04	b.d.	b.d.	13,17	29,92	7,02	11,12	b.d.	2,80	0,89	1,71	1,26	1,32	0,73	3,28	b.d.	100	
22	b.d.	30,70	0,27	b.d.	b.d.	15,38	30,91	6,36	8,88	b.d.	1,90	b.d.	1,52	0,86	0,13	b.d.	2,48	0,61	100	
23	2,79	28,76	0,29	b.d.	b.d.	17,62	28,17	6,00	7,96	b.d.	1,42	b.d.	0,79	1,24	1,78	b.d.	3,03	0,15	100	
$\bar{W}_{I(10-13)}$	1,51	31,69	2,99	0,21	0,29	7,83	20,51	4,55	10,59	0,00	3,05	0,71	2,75	0,92	1,10	1,24	9,42	0,63	100	
$\bar{W}_{II(7-9, 13-15)}$	0,29	29,47	0,27	0,00	0,00	1,81	16,99	5,04	22,52	0,00	8,61	2,19	6,01	2,00	0,80	0,54	3,13	0,36	100	
$\bar{W}_{III(6, 16, 17)}$	0,78	29,08	0,20	0,00	0,00	9,54	27,91	5,99	13,41	0,00	3,48	0,32	2,32	1,36	0,46	0,10	4,79	0,26	100	
$\bar{W}_{IV(2-5, 18-22)}$	0,56	28,37	0,20	0,00	0,00	14,21	29,32	6,62	10,42	0,00	2,26	0,21	2,25	1,63	1,04	0,26	2,33	0,33	100	

*Примітка: №№ 10-13 – включення детритового монациту ; №№ 6-9, 14-17 – ядерна зона; №№ 1-5, 18-23 – зовнішня зона; $\bar{W}_{I(10-13)}$ – оцінка середньої арифметичної вибірки I

За хімічним складом вибірка I відрізняється від складу ядерної частини зерна (вибірка II). За оцінками \bar{w} La₂O₃, Ce₂O₃, Pr₂O₃, Nd₂O₃, Pm₂O₃, Sm₂O₃, Eu₂O₃, Gd₂O₃, Tb₂O₃, Dy₂O₃, PbO, ThO₂, UO₂ (вибірка I, див. таб.) у хімічному складі включення монациту та його формою є підстави класифікувати це включення як детритовий монацит з вихідної магматичної породи.

Хімічний склад ядерної частини зерна (вибірка II) характеризується оцінкою \bar{w} (Nd₂O₃) 22,52 % , яка більша ніж відповідні оцінки \bar{w} (La₂O₃) 1,81 % і \bar{w} (Ce₂O₃) 16,99 %. У напрямку до крайової зони зерни, оцінки \bar{w} (Nd₂O₃) суттєво зменшуються, а оцінки \bar{w} (La₂O₃) і \bar{w} (Ce₂O₃), навпаки, збільшуються. Оцінка \bar{w} (Eu₂O₃) в ядерній частині зерна – 2,19 %, й різко зменшується в напрямку до крайової зони. У цілому, ядерна частина зерна (аналізи вибірки II) збагачена на Nd, середніми та важкими REE, зони III й IV, навпаки, характеризуються значно більшою кількістю атомів La й Ce, й відповідно, набагато меншими кількостями атомів Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy та ін. REE (див. таб.). Схожий характер розподілу REE в об'ємі властивий для зерен нодулярного монациту, який зустрічається в слабо метаморфізованих первинно осадових, детритових породах, генезис якого пов'язується з процесами діагенезу й низькотемпературного метаморфізму [5].

Висновки

1. Уперше виявлено монацит у філітоподібному кварц-серицитовому сланці скелюватської світи криворізької серії.

2. Досліджене зерно монациту має ознаки зональної будови: ядро з відносно чистого монациту, й зовнішня зона зі значною кількістю включень кварцу та серициту. У середині ядра присутній релікт кристалу детритового монациту.

3. Ядерна частина зерна збагачена на Nd, середні та важкі REE, зовнішня – характеризується значно більшою кількістю атомів La й Ce, й, відповідно, набагато меншими кількостями атомів Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy та ін.

4. Характер розподілу REE в об'ємі, наявність включень мінералів уміщуючої породи в структурі зерна монациту, ступінь метаморфізму уміщуючої породи, дає підстави для класифікації дослідженого зерна як нодулярного монациту – метаморфогенного мінералу філітоподібних сланців скелюватської світи криворізької серії. За цим, уперше розпізнано нодулярний монацит у метаморфічних породах криворізької серії.

5. Нодулярний монацит придатний для радіогеохронологічних досліджень з оцінки віку утворення філітоподібних кварц-серицитових сланців й інших порід низьких фацій метаморфізму криворізької серії.

Література

1. Лазаренко Е. К., Гершойг Ю. Г., Бучинская Н. И. и др. Минералогия Криворожского бассейна. Киев: «Наукова думка», 1977. 544 с.
2. Михальченко І. І., Андреев О. В. Монацити в торій-ураноносних альбітитах Новоолексіївського рудопрояву (Український щит) // Геохімія та рудоутворення, 2017. Вип. 38. С. 32-49.
3. Степанюк Л. М., Паранько І. С., Пономаренко О. М., Довбуш Т. І., Висоцький О. Б. Уран-свинцевий вік кластогенного монациту із метапісковика скелюватської світи Криворізької структури / Мінералогічний журнал, 2011. Т. 33, № 4. С. 80-90.
4. Усенко І. С., Есипчук К. Е., Личак І. Л., Слипченко В. А., Цуканов В. А. Справочник по петрографії України // Киев: «Наукова Думка», 1975. 579 с.
5. Read D., Cooper D. C. McArthur J. M. The Composition and distribution of nodular monazite in the Lower Palaeozoic rocks of Great Britain. Mineralogical Magazine, 1987. V.51(360). Pp.271–280.