

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.41.03.003>

УДК 549.25

**С.М. Бондаренко, В.О. Сьомка, С.І. Курило,  
Л.М. Степанюк, М.О. Донський**

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М.П. Семененка НАН України  
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: sbond.igmr@gmail.com

## МІНЕРАЛІЗАЦІЯ СТАНУМУ В ЛІТІЄВИХ РОДОВИЩАХ ШПОЛЯНО-ТАШЛИЦЬКОГО РУДНОГО РАЙОНУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Викладено результати вивчення мінералізації стануму у літєвих пегматитах та метасоматитах рідкіснометалевих родовищ Шполяно-Ташлицького рудного району Українського щита. Мінералізація пов'язана з комплексом метасоматичних процесів, що відбувалися серед ультраметаморфічних товщ палеопротерозойського віку у західній частині Інгульського мегаблоку. Виділено декілька послідовних стадій у процесі її утворення: рання оксидна (акцесорна) — нігерит, Sn-вмісний ганіт; середня оксидна — каситерит (головний мінерал-концентратор Sn) та пізня сульфідна — станін. Окрім того, значна кількість стануму на різних стадіях мінералоутворення розпорошувалася у вигляді ізоморфних включень у слюдах, шпінелях, тантало-ніобатах, титанітах та ін. Головним рудним мінералом-концентратором стануму є каситерит. За результатами електронно-мікросондового вивчення, нігерити Шполяно-Ташлицького району представлені двома полісоматичними серіями (*polisomatic series*), серед яких домінує 6N6S. За розподілом катіонів шпінелевого шару серії, в свою чергу, поділяються на підгрупи: Fe ( $T_{Fe}$  — 46—76 ат.%) та Zn ( $T_{Zn}$  — 58—100 ат.%). Уперше встановлено окрему групу фероманганонігеритів у Північностанкуватському родовищі з високим вмістом MnO — до 4,5—6,25 ваг.% ( $T_{Mn}$  29,8—36,0 ат.%). Останній різновид нігериту зафіксований нами в Північностанкуватському родовищі вперше.

*Ключові слова:* нігерит, станін, каситерит, петаліт, сподумен, літєві пегматити.

**Вступ.** Перші знахідки корінної рідкіснометалевої мінералізації з підвищеним вмістом стануму в Інгульському мегаблоці стали відомі широкому загалу геологів завдяки проведенню пошуково-знімальних робіт, виконаних ПЗЕ-47 КП "Кіровгеологія" в 1989—1995 рр. Виявлений новий рудний район із рідкіснометалевим зруденінням у гранітних пегматитах був названий Шполяно-Ташлицьким (ШТРР) [20]. За результатами комплексних металогенічних досліджень у межах ШТРР було виділено два рудних поля, спеціалізованих, окрім стануму, на рідкісні метали (Li, Rb, Cs, Be, Ta, Nb) — Полохівське (Полохівське родовище) та Станкуватське (Північностанкуватське родовище, Липнязький рудопрояв) [9, 15]. До того часу у

межах УЩ найвідомішою була ендегенна мінералізація стануму у Волинському мегаблоці. Вперше в породах УЩ акцесорний каситерит був встановлений В.І. Лучицьким у гранітах-рапакові Коростенського плутону [13]. Пізніше [8, 10] включення каситериту та флюориту фіксували в кристалах моріону з камерних пегматитів Коростенського плутону та в пегматитах поблизу м. Радомишль (південно-східний екзоконтакт Коростенського плутону) [22]. Рудна концентрація каситериту в промисловій кількості була виявлена в межах Пержанського рудного вузла [7, 14]. Там само було встановлено корінні вольфраміт-каситеритові грейзени та розсипи каситериту [17, 21, 22]. У Приазовському мегаблоці в метасоматично змінених лужних гранітах (альбітитах та мусковіт-альбітових грейзенах) підвищений вміст стануму зумовлений наявністю каситериту. У

© С.М. БОНДАРЕНКО, В.О. СЬОМКА, С.І. КУРИЛО,  
Л.М. СТЕПАНЮК, М.О. ДОНСЬКИЙ, 2019

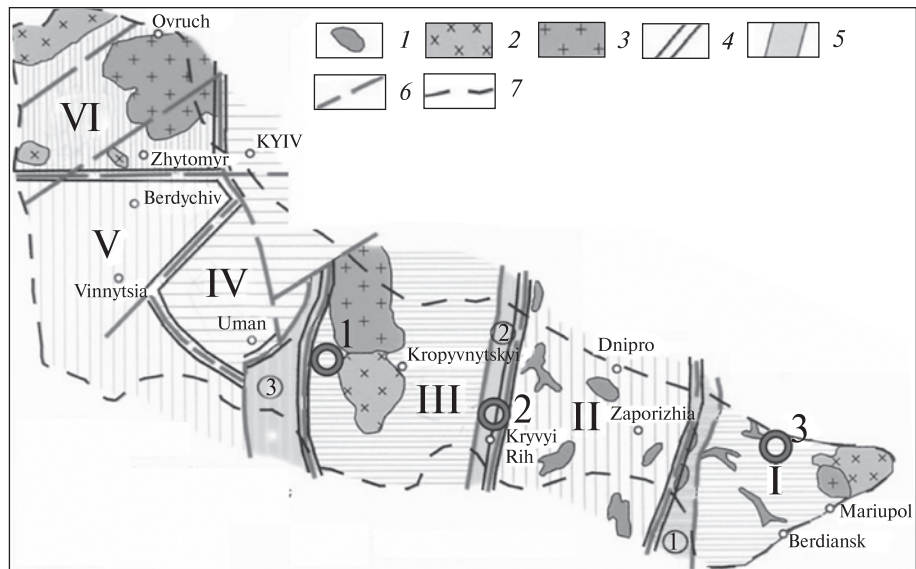


Рис. 1. Геологічна схема блокового поділу Українського щита: 1 — архейські зеленокам'яні структури; 2 — палеопротерозойські габро-діорит-гранітні масиви; 3 — мезопротерозойські габро-анортозит-рапаківігранітні і габро-сієніт-гранітні плутони; 4 — границі мегаблоків, 5 — міжблокові шовні зони (в колах: 1 — Оріхово-Павлоградська, 2 — Інгuleцько-Криворізька, 3 — Голованівська); 6 — основні глибинні розломи, 7 — границя Українського щита. Мегаблоки: I — Приазовський, II — Середньопридніпровський, III — Інгuleцький, IV — Росинсько-Тикицький, V — Дністровсько-Бузький, VI — Волинський. Родовища літію (кілцьця: 1 — Полохівське і Станкуватське; 2 — Жовторіченське і Комендантівське, 3 — Шевченківське і Крута Балка)

Fig. 1. Geological sketch map of the Ukrainian Shield subdivided into megablocks: 1 — Achaean greenstone structures; 2 — Paleoproterozoic gabbro-diorite-granite massifs; 3 — Mesoproterozoic gabbro-anorthosite-rapakivi granite and gabbro-syenite-granite plutons; 4 — borders of megablocks, 5 — interblock suture zones (in circles: 1 — Orikhov-Pavlograd, 2 — Ingulets-Kryvyi Rih, 3 — Golovaniv); 6 — main deep faults, 7 — border of Ukrainian Shield. Megablocks: I — Peri Azov, II — Middle Dnipro, III — Ingul, IV — Ros-Tikykh, V — Dniester-Bug, VI — Volyn. Li deposits (circles: 1 — Polokhivka and Stankuvatka; 2 — Zhovta Richka and Komendantivske, 3 — Shevchenkivske and Kruta Balka)

басейні р. М. Кальчик акцесорний каситерит виявлено в рожевих порфіроподібних гранітах анадольського комплексу, а у верхів'ях р. Берда — серед рожевих біотитових мігматитів [12]. Останніми роками нами було виявлено апопегматитові вольфрамітові грейзени з каситеритом у Жовторіченському рудному полі Криворізько-Кременчуцької шовної зони [24].

Як видно з поданої вище інформації, каситерит відносно широко поширений на УЩ, на відміну від інших мінералів стануму, які є типовими виключно для рідкіснометалевих родовищ ШТРР.

Мінералізація стануму ШТРР генетично пов'язана з комплексом постпегматитових метасоматичних процесів, що призвели до формування рідкіснометалевої мінералізації. Але, як показали геохімічні та мінералогічні дослідження, поведінка стануму в рудоносних зонах істотно відрізняється від поведінки більшості рідкісних елементів. Станум фіксується в тій чи іншій кількості практично на всіх стадіях

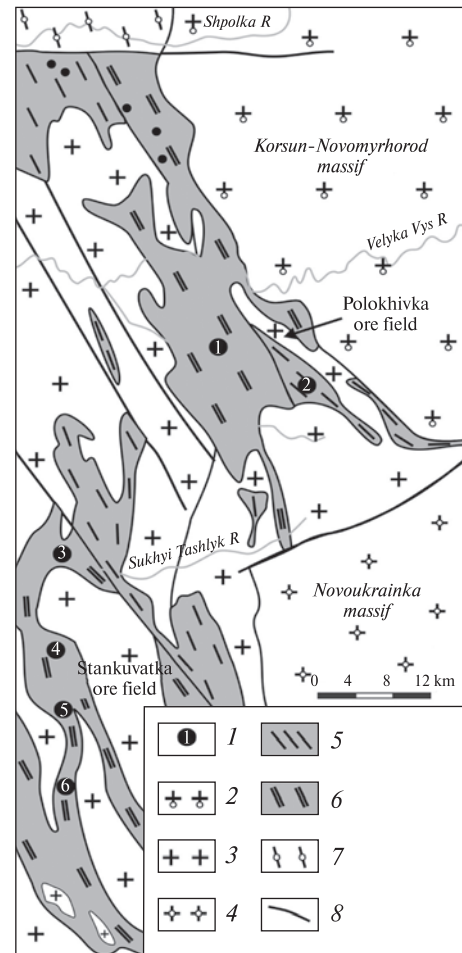
рудоутворення — від пегматитів до грейзенизації та кислотного вилугування.

**Геологічна будова району досліджень.** Шполянсько-Ташлицький рудний район розташований у західній частині Інгuleцького мегаблоку (рис. 1) і охоплює лівобережжя р. Синюха; на півночі обмежений р. Шполка, а на півдні — р. Чорний Ташлик. Протяжність району у субмеридіональному напрямку більше 100 км, ширина 30—35 км. У структурному плані це геосинкліналь, розташована в західній периферії Корсунь-Новомиргородського плутону гранітів-рапаківі і Новоукраїнського масиву порфіробластових трахітоїдних гранітів (рис. 2). Із заходу район обмежений Голованівською шовною структурою архею, частково активізованою в нижньому протерозої.

Тектонічний план району досліджень визначають синформи дислокованого амфіболіто-гнейс-кристалосланцевого субстрату інгуло-інгулецької серії та куполи і брахіантикліналі протерозойських апліто-пегматоїдних калієвих гранітів. В екзоконтакті гранітних куполів

Рис. 2. Геологічна схема Шполяно-Ташлицького рудного району [9]: 1 — родовища та рудопрояви (цифри в кружках), Полохівське рудне поле: рудопрояр Мостовий (1), родовище Полохівське (2); Північностанкуватське рудне поле: рудопрояви Липнязький (3), Новоодеський (4), родовища Станкуватське (5), Надія (6); 2 — корсунь-новомиргородський комплекс: граніти рапаківі, основні породи; 3 — кіровоградський комплекс: граніти та мігматити; 4 — новоукраїнський комплекс: граніти, монзоніти, чарнокіти; 5 — рошчаківська світа: гнейси біотитові, гранат-біотитові, кордієрит-біотитові; 6 — кам'яно-костуватська світа: піроксенові, двопіроксенові гнейси, кристалосланці, гранат-біотитові, гранат-кордієрит-біотитові, графіт-біотитові гнейси, кальцифіри, скарни; 7 — росинсько-тікицька серія: гнейси амфібол-біотитові, амфіболіти; 8 — тектонічні порушення

Fig. 2. Geological sketch map of the Shpola-Tashlyk ore district [9]: 1 — deposits and ore occurrences (numbers in circles), Polokhivka ore field: Mostovyi ore occurrence (1), Polokhivka deposit (2); Pivnichnostankuvatka ore field: Lypniashka ore occurrence (3), Nova Odesa occurrence (4), Pivnichnostankuvatka deposit (5), Nadiya deposit (6); 2 — Korsun-Novomyrhorod complex: rapakivi granites, basic rocks; 3 — Kirovohrad complex: granites and migmatites; 4 — Novoukrainka complex: granites, monzonites, charnockites; 5 — Roshchakhivka suite: biotite, garnet-biotite, and cordierite-biotite gneisses; 6 — Kamiano-Kostuvatka suite: pyroxene and bipyroxene gneisses, crystalline schists, garnet-biotite, garnet-cordierite-biotite and graphite-biotite gneisses, calciphyres, skarns; 7 — Ros-Tikych series: amphibole-biotite gneisses, amphibolites; 8 — tectonic dislocations



виявлено рідкіснометалеві пегматити, золотоносні метасоматити, шеелітоносні скарни, породи піроксеніт-габро-перидотитової плутонічної формації та дайки есексит-камптонітового складу [2, 3]. Гранітні пегматити ШТРР зазнали інтенсивних динамометаморфічних та автометасоматичних перетворень [1, 9].

Полохівське рудне поле (ПРП) просторово розташоване у західному обрамленні Корсунь-Новомиргородського аортозит-рапаківігранітного плутону (рис. 2) і має у своєму складі декілька ділянок розвитку рідкіснометалевих пегматитів. З рудоносною ділянкою, розташованою поблизу плутону, пов'язане Полохівське родовище літію. До Петроострівської ділянки, яка розташована на північний захід від Полохівського літійового родовища, входять рудопрояви Мостовий та декілька дрібних об'єктів (Копанки, Вись, Ярошівка), що характеризуються рудопроявами Ta-Nb-Sn мінералізації [1, 18]. За даними розрізів окремих глибоких свердловин, рудовмісна товща за складом являє собою контрастну пачку перешарування

різною мірою гранітизованих біотитових, гранат-, кордієрит-, графіт-біотитових гнейсів. Метаморфічні породи пронизані численними ін'єкціями жилоподібних тіл апліт-пегматоїдних альбіт-мікроклінових гранітів.

Полохівське родовище приурочено до північно-східної частини масиву метасоматично змінених лейкократових апліто-пегматоїдних гранітів. Зруденіння в більшості випадків контролюване розривними порушеннями та метасоматичними зонами грейзенізації, які просторово тяжіють до екзоконтактової зони гранітного масиву [11]. На Полохівському родовищі, яке є найбільш вивченим, виявлено три рудні зони, що круто падають і залягають субзгідно із смугастістю гнейсів і лінійністю гранітоїдних ін'єкцій. Провідним типом руд є петалітовий. Мінеральний склад руд, %: петаліт (25–35), альбіт (30–40), калішпат (15–20) і кварц (15–20). У підпорядкованій кількості є сподумен, літіюфіліт, гранат, біотит, силіманіт, ставроліт і ганіт. З акцесорних рудних мінералів діагностовано танталіт-колумбіт, хризобе-

Таблиця 1. Хімічний склад нігериту, мас. %  
Table 1. Chemical composition of nigerite, wt. %

| Компонент                                   | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8     | 9      | 10    |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|
| SnO <sub>2</sub>                            | 25,33  | 19,1   | 19,84  | 23,2   | 21     | 18,85  | 21,3   | 18,16 | 22,37  | 20,77 |
| FeO   | 2,65   | 4,13   | 8,5    | —      | 16,28* | 18,10* | 10,09* | 9,81* | 13,51* | 2,40* |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>              | 11,9   | 1,84   | 0,45   | 10,90* |        |        |        |       |        |       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>              | 50,91  | 57,68  | 61,58  | 55     | 55,8   | 55,85  | 56,15  | 53,82 | 52,47  | 54    |
| ZnO   | 4,51   | 8,77   | 5,5    | 5,3    | 6,3    | 5      | 12     | 11,55 | 7,75   | 20,79 |
| MnO   | 0,09   | 0,11   | 0,12   | 0,1    | 0,15   | 0,15   | 0,35   | 0,8   | 0,34   | 0,09  |
| MgO   | 1,28   | 0,5    | 0,6    | 0,1    | 0,5    | 0,5    | 0,6    | —     | —      | —     |
| CaO   | <0,01  | 1,05   | 0,26   | —      |        |        |        |       |        |       |
| Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>              | —      | —      | —      | 0,3    |        |        |        |       |        |       |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>              |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |
| Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>              |        |        |        |        | 0,3    | 0,45   | 0,15   | 0,37* | —      | —     |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>               |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |
| SiO <sub>2</sub>                            | 0,48   | 4,19   | 0,94   | 0,9    | 0,1    | 0,05   | 0,3    | 0,51  | 0,56   | 0,48  |
| TiO <sub>2</sub>                            | 0,17   | 0,51   | 0,6    | 3,3    | 0,15   | 0,35   | 0,15   | 1,07  | —      | 0,25  |
| PbO   | 0,94   | —      | —      | <0,10  |        |        |        |       |        |       |
| NiO   |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |
| H <sub>2</sub> O                            | 1,57** | 1,37** | 1,58** | 1,2    | 1,77   | 1,76   | 1,78   | 1,70  | 1,67   | 1,72  |
| Σ   | 99,83  | 99,25  | 99,97  | 100,3  | 100,58 | 99,3   | 101,09 | 96,09 | 97     | 98,78 |
| Al <sup>3+</sup>                            | 10,93  | 11,71  | 16,84  | 11,24  | 15,36  | 15,40  | 15,37  | 15,40 | 11,08  | 15,23 |
| V <sup>3+</sup>                             | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     |
| Cr <sup>3+</sup>                            | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     |
| Fe <sup>3+</sup>                            | 1,13   | 0,19   | 0      | 0,56   | 0,60   | 0,60   | 0,55   | 0,48  | 0,925  | 0,48  |
| □ <i>M</i>                                  | 12,1   | 11,9   | 16,8   | 11,8   | 16,0   | 16,0   | 15,9   | 15,9  | 12,0   | 15,7  |
| Nb <sup>5+</sup>                            | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,03   | 0,05   | 0,02   | 0,041 | 0      | 0     |
| Si <sup>4+</sup>                            | 0,09   | 0,72   | 0,22   | 0,16   | 0,02   | 0,01   | 0,07   | 0,124 | 0,100  | 0,115 |
| Ti <sup>4+</sup>                            | 0,02   | 0,07   | 0,10   | 0,43   | 0,03   | 0,06   | 0,03   | 0,195 | 0      | 0,045 |
| Sn <sup>4+</sup>                            | 1,84   | 1,31   | 1,84   | 1,60   | 1,96   | 1,76   | 1,97   | 1,758 | 1,597  | 1,982 |
| Zn <sup>2+</sup>                            | 0,05   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,121  |        |       | 0,30   |       |
| □ <i>T1</i>                                 | 2,00   | 2,10   | 2,16   | 2,19   | 2,04   | 2,00   | 2,08   | 2,12  | 2,00   | 2,14  |
| Ca <sup>2+</sup>                            | 0      | 0,19   | 0,06   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     |
| Mg <sup>2+</sup>                            | 0,35   | 0,13   | 0,21   | 0,03   | 0,17   | 0,17   | 0,21   | 0     | 0      | 0     |
| Mn <sup>2+</sup>                            | 0,01   | 0,02   | 0,02   | 0,01   | 0,03   | 0,03   | 0,07   | 0,16  | 0,05   | 0,02  |
| Fe <sup>2+</sup>                            | 0,91   | 0,41   | 1,65   | 1,19   | 2,58   | 2,82   | 1,41   | 1,51  | 0,80   | 0     |
| Zn <sup>2+</sup>                            | 0,68   | 1,25   | 1,06   | 0,76   | 1,22   | 0,97   | 2,31   | 2,33  | 1,15   | 4,13  |
| □ <i>T2</i>                                 | 2,00   | 2,00   | 3,00   | 2,00   | 4,00   | 4,00   | 4,00   | 4,00  | 2,00   | 4,15  |
| OH  | 2,00   | 2,00   | 2,00   | 2,00   | 1,00   | 1,00   | 2,00   | 2,00  | 2,00   | 2,00  |
| FeO <sup>P</sup>                            | 5,97   | 2,83   | 8,50   | 8,22   | 13,18  | 14,94  | 7,26   | 7,43  | 6,25   | 0     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>P</sup> | 8,21   | 1,45   | 0      | 4,33   | 3,44   | 3,51   | 3,14   | 2,65  | 8,07   | 2,67  |
| Тип   | 2N1S   | 2N1S   | 6N6S   | 2N1S   | 6N6S   | 6N6S   | 6N6S   | 6N6S  | 2N1S   | 6N6S  |
| <i>Петрохімічні коефіцієнти ***</i>         |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |
| <i>T</i> <sub>Zn</sub>                      | 34,9   | 69,4   | 36,0   | 38,2   | 30,5   | 24,3   | 57,8   | 58,2  | 57,6   | 99,6  |
| <i>T</i> <sub>Fe</sub>                      | 46,6   | 22,6   | 56,1   | 59,7   | 64,4   | 70,6   | 35,3   | 37,7  | 39,8   | 0,0   |
| <i>T</i> <sub>Mn</sub>                      | 0,7    | 0,9    | 0,8    | 0,7    | 0,7    | 0,7    | 1,7    | 4,1   | 2,6    | 0,4   |
| <i>T</i> <sub>Mg</sub>                      | 17,8   | 7,1    | 7,1    | 1,3    | 4,4    | 4,4    | 5,2    | 0,0   | 0,0    | 0,0   |

Примітка. FeO\* — в тому числі Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* — в т. ч. і FeO; Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>\* — в т. ч. і Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 11 — св. 26-90, гл. 312—313,7 м, \*\* — вміст води визначений методом мокрої хімії, в інших випадках розраховано з стехіометрії; \*\*\* — розраховано вано з балансу катіонів; 2N1S розраховано на 16 катіонів, 6N6S — 22 катіони. Аналізи виконані на приладі JEOL JXA рювальна напруга — 15 кВ, сила струму — 20 нА, локальність зонда — 3 мкм. Оператор С.І. Курило. Порожньо — не N o t e. FeO\* — including Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* — including FeO, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>\* — including Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 11 — bh. 26-90, depth 312-313.7 m, water content is determined by wet chemical method, in other cases it is calculated by stoichiometry; \*\*\* — calculated cation balance; 2N1S is calculated on 16 cations, 6N6S — 22 cations. Analyses are carried out on JEOL JXA 8530F (field voltage — 15 kV, amperage — 20 nA, probe size — 3 μm, analyst Serhii Kurylo. Empty cell — not analysed, dash — not

|                                     | 11          | 12          | 13          | 14          | 15          | 16          | 17          | 18          | 19          | 20          |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                     |             | 18,24       | 24,58       | 25,67       | 20,31       | 20,27       | 28,01       | 20,06       | 20,52       | 20,31       |
|                                     | 7,72*       | 1,88*       | 1,44*       | 1,45*       | 14,98*      | 14,43*      | 10,08*      | 15,74*      | 15,53*      | 15,43*      |
|                                     | 47,99       | 54,94       | 52,49       | 52,79       | 53,57       | 53,34       | 52,02       | 53,61       | 53,82       | 53,29       |
|                                     | 20,16       | 20,04       | 13,36       | 13,44       | 0,24        | 0,34        | 0,17        | 0,15        | 0,28        | 0,19        |
|                                     | —           | 0,04        | 0,08        | 0,07        | 6,25        | 5,96        | 4,54        | 5,75        | 5,76        | 5,72        |
|                                     | —           | 0,02        | 0,01        | 0,01        | 0,09        | 0,1         | 0,05        | 0,1         | 0,1         | 0,11        |
|                                     | —           | —           | 0,02        | —           | 0,17        | 0,08        | 0,13        | 0,06        | 0,14        | 0,11        |
|                                     |             | 0,03        | 0,01        | —           | —           | 0,03        | 0,01        | —           | 0,1         | 0,02        |
|                                     | 0,43        | 0,15        | 0,21        | 0,2         | 0,14        | 0,17        | 0,2         | 0,18        | 0,12        | 0,18        |
|                                     | 1,17        | 1,3         | 1,38        | 1,06        | 0,22        | 0,23        | 0,21        | 0,37        | 0,31        | 0,28        |
|                                     |             | 0,03        | —           | —           | 0,23        | 0,01        | 0,05        | —           | 0,04        | 0,02        |
|                                     | 1,68        | 1,71        | 1,60        | 1,61        | 1,68        | 1,67        | 1,60        | 1,69        | 1,69        | 1,68        |
|                                     | 99,18       | 96,67       | 93,58       | 94,69       | 96,2        | 94,96       | 95,47       | 96,02       | 96,72       | 95,66       |
|                                     | 10,09       | 15,58       | 11,60       | 11,59       | 15,46       | 15,55       | 11,48       | 15,45       | 15,44       | 15,44       |
|                                     | 0,077       | 0,036       | 0,039       | 0,037       | 0,034       | 0,042       | 0,037       | 0,044       | 0,029       | 0,044       |
|                                     | 0,157       | 0,235       | 0,195       | 0,149       | 0,041       | 0,043       | 0,030       | 0,068       | 0,057       | 0,052       |
|                                     | 1,544       | 1,750       | 1,838       | 1,906       | 1,983       | 1,999       | 2,091       | 1,955       | 1,991       | 1,991       |
|                                     | 0,22        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
|                                     | 2,00        | 2,021       | 2,072       | 2,092       | 2,058       | 2,084       | 2,158       | 2,067       | 2,077       | 2,087       |
|                                     | 10,09       | 15,58       | 11,60       | 11,59       | 15,46       | 15,55       | 11,48       | 15,45       | 15,44       | 15,44       |
|                                     | 0           | 0,01        | 0           | 0           | 0           | 0,01        | 0           | 0           | 0,02        | 0           |
|                                     | 0           | 0           | 0           | 0           | 0,03        | 0,02        | 0,02        | 0,01        | 0,03        | 0,02        |
|                                     | 1,15        | 0,38        | 0,23        | 0,23        | 0,45        | 0,34        | 0,34        | 0,48        | 0,44        | 0,44        |
|                                     | 11,2        | 16,0        | 11,8        | 11,8        | 15,9        | 15,9        | 11,8        | 15,9        | 15,9        | 15,9        |
|                                     | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
|                                     | 0           | 0,01        | 0           | 0           | 0,03        | 0,04        | 0,01        | 0,04        | 0,04        | 0,04        |
|                                     | 0           | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 1,30        | 1,25        | 0,72        | 1,19        | 1,19        | 1,19        |
|                                     | 0           | 0           | 0           | 0           | 2,62        | 2,64        | 1,24        | 2,74        | 2,72        | 2,73        |
|                                     | 2,98        | 4,00        | 2,08        | 2,08        | 0,05        | 0,07        | 0,03        | 0,03        | 0,06        | 0,04        |
|                                     | 2,98        | 4,02        | 2,10        | 2,09        | 4,00        | 4,00        | 2,00        | 4,00        | 4,00        | 4,00        |
|                                     | 2,0         | 2,0         | 2,0         | 2,0         | 2,0         | 2,0         | 2,0         | 2,0         | 2,0         | 2,0         |
|                                     | 0           | 0           | 0           | 0           | 12,80       | 12,78       | 7,91        | 13,41       | 13,36       | 13,27       |
|                                     | 8,58        | 2,09        | 1,60        | 1,61        | 2,42        | 1,83        | 2,41        | 2,58        | 2,41        | 2,40        |
|                                     | <b>2N1S</b> | <b>6N6S</b> | <b>2N1S</b> | <b>2N1S</b> | <b>6N6S</b> | <b>6N6S</b> | <b>2N1S</b> | <b>6N6S</b> | <b>6N6S</b> | <b>6N6S</b> |
| <i>Петрохімічні коефіцієнти ***</i> |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|                                     | 100,0       | 99,6        | 99,3        | 99,3        | 1,2         | 1,7         | 1,3         | 0,8         | 1,4         | 1,0         |
|                                     | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 65,5        | 66,1        | 62,0        | 68,6        | 68,0        | 68,2        |
|                                     | 0,0         | 0,2         | 0,6         | 0,5         | 32,4        | 31,2        | 36,0        | 29,8        | 29,7        | 29,8        |
|                                     | 0,0         | 0,2         | 0,1         | 0,1         | 0,8         | 0,9         | 0,7         | 0,9         | 0,9         | 1,0         |

Полохівське родовище [16]; 12—14 — св. 61-89, гл. 105,5 м; 15—20 — св. 61-89, гл. 124,8 м, Станкуватське родовище;  $T_{\text{кат}} = (T_{\text{кат}} / \square T_{\text{кат}}) \cdot 100$  в тетраедричній позиції шпінелевої частини (кат = Zn, Fe, Mn, Mg); FeO<sup>P</sup> та Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>P</sup> розраховано за методом *field emission* в Інституті наук про Землю Словацької АН, м. Банська Бистриця. Режим вимірювань: прискорено визначалось, тире — не виявлено (тут і у табл. 1—3).

Polokhivka deposit [16]; 12—14 — bh. 61-89, depth 105.5 m; 15—20 — bh. 61-89, depth 124.8 m, Stankuvatka deposit; \*\* —  $T_{\text{cat}} = T_{\text{cat}} / \square T_{\text{cat}} \cdot 100$  in tetrahedral position of spinel part, cations = Zn, Fe, Mn, Mg; FeO<sup>P</sup> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>P</sup> are calculated from emission) at the Earth Science Institute of Slovak Academy of Sciences, Banská Bystrica. Operating mode: accelerating detected (here and in Tables 1—3).

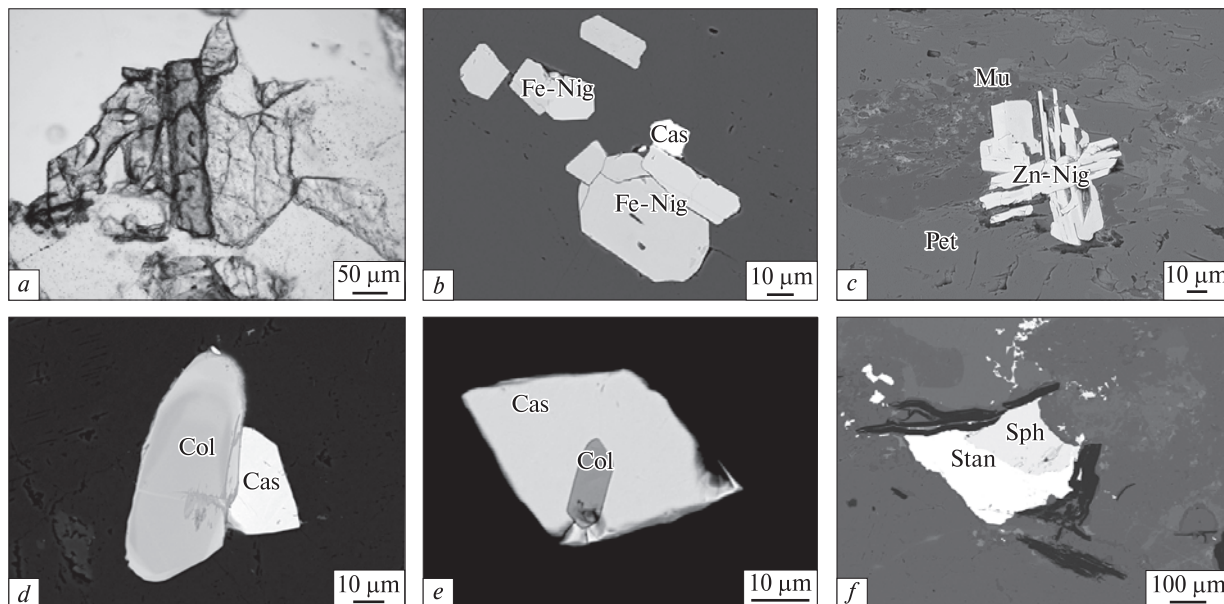


Рис. 3. Мінерали стануму Шполянсько-Ташлицького рудного району: *a* — видовжений кристал нігериту, прозорий шліф, *b* — зростки нігериту (Fe-Nig) з каситеритом (Cas), BSE; *c* — петаліт (Pet), мусковіт (Mu), цинконігерит (Zn-Nig), BSE; *d, e* — зростки каситериту з колумбітом (Col), BSE; *f* — станін-сфалеритовий (Stan-Sph) агрегат

рил, нігерит, каситерит, графіт, станін, молібденіт та сульфід міді, заліза і цинку. В межах Станкуватського рудного поля (СРП) виявлено промислове родовище літію (Станкуватське) і один рудопрояв (Липнязький).

*Північностанкуватське родовище* просторово тяжіє до плаstopодібного тіла амфіболітів у південно-західному екзоконтакті Липнязького купола і простежене за простяганням двома профілями свердловин на глибину 380 м. Середній мінеральний склад пегматитів, %: альбіт (37), калієвий польовий шпат (11), кварц (14), літєві мінерали (35), біотит (0,5), мусковіт (1), силіманіт (1). Кількість літєвих мінералів не витримана і змінюється в межах від одиноких зерен до 50–55 %, у середньому по рудних перетинах родовища становить 35 %. Літєві мінерали тут — сподумен і петаліт, у підпорядкованій кількості — трифілін і холмквістит. За головними літєвими мінералами виділяють три типи руд: сподуменовий, петалітовий і змішаний (сподумен-петалітовий і петаліт-сподуменовий). Супутня рудна мінералізація представлена танталоніобатами, хризобериллом, каситеритом і нігеритом.

*Липнязький рудопрояв* локалізується в межах північного замикання однойменного купола на контакті з вмисними амфіболітами, які пе-

ретинаяються субзгідними жильними тілами літєвих пегматитів. За хімічним та мінеральним складом рідкіснометалеві пегматити Липнязького рудопрояву практично не відрізняються від аналогічних порід Північностанкуватського родовища.

Вік прояву рудної мінералізації рідкіснометалевих пегматитів ШТРП протягом тривалого часу був дискусійним. Складність визначення віку формування рідкіснометалевих пегматитових Li-родовищ головним чином зумовлена відсутністю в їхньому складі так званих мінералів-геохронометрів (циркону та монациту), а також полігенною та багатостадійною природою прояву процесів мінералоутворення, які могли брати безпосередню участь у формуванні самої рудної мінералізації. За результатами визначення U-Pb співвідношення у парагенних каситериту колумбіт-танталітів із рудопрояву Мостовий, вік Sn-Ta-Nb мінералізації склав  $1965 \pm 25$  млн рр. [6]. Формування березівських гранітів (Полохівське рудне поле) відбувалося  $1965 \pm 25$  млн рр. тому [23].

**Методи досліджень.** Аналізи виконані на приладі JEOL JXA 8530F (field emission) в Інституті наук про Землю Словацької АН, м. Банська-Бистриця. Режим вимірювань: прискорювальна напруга — 15 кВ, сила струму — 20 нА, ло-

кальність зонда — 3 мкм (оператор С.І. Курило) та на приладі JXA-5 в ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України (аналітик І.М. Бондаренко).

**Мінералізація стануму.** Вивчення структурно-текстурних особливостей та просторово-часових взаємовідносин між рудними мінералами, що містять станум, дає змогу виділити декілька послідовних стадій у процесі утворення мінералізації: рання оксидна акцесорна — нігерит, Sn-вмісний ганіт; середня оксидна — каситерит, та пізня сульфідна — станін. Досить часто в окремих зразках вдається спостерігати одночасно практично всі мінерали. Окрім того, значна кількість стануму на різних стадіях рудоутворення розпорозувалась у вигляді ізоморфних включень у слюдах, шпінелях, тантало-ніобатах, титанітах та ін.

*Nigerit* [(Zn, Mg, Fe)(Sn, Zn)<sub>2</sub>(Al, Fe)<sub>12</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>] — рідкісний мінерал літєвих пегмати-

тів. Уперше нігерит був виявлений у складі кварцово-силіманітових порід, які утворюють зони в приконтактних частинах пегматитів із вмісними породами, в провінції Кабба (*Kabba*) в Центральній Нігерії (*Nigeria*), де існує в асоціації з ганітом, гранатом, каситеритом, колумбіт-танталітом, хризоберилом і апатитом [26, 28]. На даний час географія знахідок нігериту в літєвих пегматитах значно розширилася [16, 27]. В УЩ нігерит уперше нами встановлений в акцесорній кількості у літєвих пегматитах (ПРП) [19]. У межах Станкуватського рудного поля він фіксується в контакті альбіт-мікроклінових пегматитів з альбіт-петалітовими, де відмічається в асоціації з кварцом, альбітом, трифіліном, хризоберилом, мусковітом, шпінеллю та синім турмаліном. У ПРП нігерит присутній в мікроклін-альбіт-петалітових пегматитах і асоціює з багатьма мінералами: аль-

Таблиця 2. Мікрозондові аналізи каситеритів Полохівського (п) та Станкуватського (с) рудних полів, мас. %  
Table 2. Microprobe analysis of cassiterite from Polokhivka (n) and Stankuvatka (c) ore fields, wt. %

| Компонент  | 1п    | 2п    | 3п    | 4п    | 5п    | 6с    | 7с     | 8с    | 9с    | 10с   | 11с   | 12с   | 13с   | 14с    | 15с   |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| WO <sub>3</sub>  |       |       |       |       |       |       |        |       |       |       | 0,2   |       | 0,12  |        |       |
| Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                 | 0,59  | 0,47  | 0,89  | 0,09  | 0,51  |       | 0,05   | 0,13  | 0,32  | 0,15  | 0,25  |       | 0,6   | 0,84   | 0,71  |
| Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                 | 4,11  | 0,84  | 4,34  | 1,87  | 1,95  | 0,47  | 0,75   | 2,22  | 0,37  | 0,23  | 2,41  | 0,03  | 0,32  | 1,19   | 1,22  |
| TiO <sub>2</sub>   | 0,36  | 0,04  | 0,87  | 0,67  | 0,58  | 0,06  | 0,2    |       |       | 0,16  | 0,4   |       | 0,92  | 0,12   | —     |
| SnO <sub>2</sub>   | 94,72 | 98,18 | 89,92 | 96,23 | 95,41 | 95,38 | 98,78  | 97,88 | 98,78 | 96,49 | 93,38 | 99,7  | 96,9  | 98,03  | 96,49 |
| In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | 0,13  | 0,14  | —     | —     | —     | —     | —      | —     |
| FeO  | 0,52  | 0,07  | 2,13  | 0,55  | 0,43  | 0,09  | 0,33   | 0,04  | 0,12  | 0,41  | 0,52  |       | 0,21  | 0,05   | 0,13  |
| MnO  | —     | —     | —     | —     | —     | 0,03  | —      | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | 0,26  |
| Σ  | 100,3 | 99,6  | 98,15 | 99,41 | 98,88 | 96,03 | 100,11 | 100,4 | 99,73 | 97,44 | 97,16 | 99,73 | 99,07 | 100,23 | 98,81 |
| <i>Стехіометричні коефіцієнти розраховані на 2 атоми кисню</i> |       |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |       |        |       |
| W  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0,001 | 0     | 0,001 | 0      | 0     |
| Nb   | 0,007 | 0,005 | 0,010 | 0,001 | 0,006 | 0,000 | 0,001  | 0,001 | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 0     | 0,007 | 0,009  | 0,008 |
| Ta   | 0,028 | 0,006 | 0,030 | 0,013 | 0,013 | 0,003 | 0,005  | 0,015 | 0,003 | 0,002 | 0,017 | 0,000 | 0,002 | 0,008  | 0,008 |
| Ti   | 0,007 | 0,001 | 0,017 | 0,013 | 0,011 | 0,001 | 0,004  | 0     | 0     | 0,003 | 0,008 | 0     | 0,017 | 0,002  | 0     |
| Sn   | 0,945 | 0,985 | 0,911 | 0,964 | 0,960 | 0,993 | 0,986  | 0,979 | 0,991 | 0,988 | 0,960 | 1,000 | 0,968 | 0,975  | 0,975 |
| In   |       |       |       |       |       |       |        | 0,001 | 0,001 |       |       |       |       |        |       |
| Fe   | 0,011 | 0,001 | 0,045 | 0,012 | 0,009 | 0,002 | 0,007  | 0,001 | 0,003 | 0,009 | 0,011 | 0     | 0,004 | 0,001  | 0,003 |
| Mn   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,001 | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0,006 |
| Σ кат.   | 1,00  | 1,00  | 1,01  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00   | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00   | 1,00  |

Примітка. 1, 2 — Дорофіївський рудопрояв (св. 18-89, гл. 136,5 м); 3—5 — Ярошівський рудопрояв (св. 86-89, гл. 395,3 м); 6—9 — Липнязький рудопрояв (6 — св. 31-91, гл. 119,0 м; 7 — св. 12-95, гл. 216,9 м; 8, 9 — зр. 8/99); 10—13 — Північностанкуватське родовище (10 — св. 61-89, гл. 124,8 м; 11 — св. 61-89, гл. 199,5 м; 12 — св. 43-92, гл. 132,9 м; 13 — св. 43-92, гл. 154,3 м); 14, 15 — родовище Надія (14 — св. 61-90, гл. 393,0 м; 15 — св. 61-90, гл. 394,0 м). Аналізи виконані на приладі JXA-5 в ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України, аналітик І.М. Бондаренко.

Note. 1, 2 — Dorofiyivskiy ore occurrence (bh. 18-89, depth 136.5 m); 3—5 — Yaroshivskiy ore occurrence (bh. 86-89, depth 395.3 m); 6—9 — Lypniashka ore occurrence (6 — bh. 31-91, depth 119.0 m; 7 — bh. 12-95, depth 216.9 m; 8, 9 — sample 8/99); 10—13 — Pivnichnostankuvatka deposit (10 — bh. 61-89, depth 124.8 m; 11 — bh. 61-89, depth 199.5 m; 12 — bh. 43-92, depth 132.9 m, 13 — bh. 43-92, depth 154.3 m); 14, 15 — Nadiya deposit (14 — bh. 61-90, depth 393.0 m; 15 — bh. 61-90, depth 394.0 m). Analyses are carried out on JXA-5 at IGMOF NAS of Ukraine, analyst Ihor M. Bondarenko.

бітом, мікрокліном, петалітом, кварцом, трифіліном, блакитною шпінеллю, гранатом, силіманітом, хризобериллом, мусковітом та колумбіт-танталітом. Найчастіше нігерит тут спостерігається в контакті трифіліну і Sn-вмісного ганіту (рис. 3, а). У ділянках з такою асоціацією номер альбіту (№ 3—5) дещо більший, ніж у суміжних (№ 1—3) пегматитах, а

гранат і трифілін мають реліктовий вигляд. Іноді тут зберігаються релікти заміщених кордієриту та біотиту. Це свідчить про асиміляцію пегматитовими розчинами ксенолітів глиноземистих гнейсів, в яких наявні ці мінерали.

Кристали нігериту дипірамідально-скалено-едричного виду симетрії тригональної сингонії представлені пластинчастими індивідами, на

Таблиця 3. Мікрозондові аналізи станіну зі Північностанкуватського родовища, ваг. %  
Table 3. Microprobe analysis of stannite from Pivnichnostankuvatka deposit, wt. %

| Компонент   | sn 1   | sn 2  | sn 3   | sn 4   | sn 5   | sn 6   | sn 7  | sn 8  |
|---|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Ag  | —      | 0,01  | —      | —      | —      | —      | —     | 0,11  |
| Hg  | 0,03   | 0,02  | —      | —      | 0,03   | 0,01   | —     | —     |
| In  | 0,03   | 0,03  | 0,02   | 0,03   | 0,05   | 0,05   | 0,02  | 0,03  |
| Cd  | 0,3    | 0,43  | 0,47   | 0,4    | 0,55   | 0,35   | 0,4   | 0,47  |
| Sb  | 0,02   | 0,04  | 0,03   | 0,04   | 0,02   | —      | 0,03  | 0,03  |
| As  | —      | 0,08  | 0,03   | —      | —      | 0,12   | —     | —     |
| Se  | —      | —     | —      | —      | 0,05   | —      | —     | —     |
| Cu  | 29,65  | 29,89 | 29,8   | 29,9   | 29,5   | 29,39  | 29,08 | 28,72 |
| Ni  | —      | —     | —      | —      | 0,01   | 0,02   | —     | —     |
| Co  | 0,03   | —     | 0,02   | —      | 0,01   | 0,01   | 0,02  | 0,01  |
| Fe  | 8,63   | 8,35  | 8,33   | 8,55   | 5,11   | 4,15   | 4,29  | 1,29  |
| Bi  | —      | —     | 0,74   | —      | —      | —      | 0,57  | 0,54  |
| S   | 29,96  | 29,61 | 29,7   | 29,85  | 29,46  | 29,5   | 29,32 | 29,41 |
| Pb  | 0,03   | 0,18  | 0,02   | 0,07   | —      | 0,09   | —     | 0,1   |
| Sn  | 27,12  | 26,72 | 26,65  | 26,31  | 26,73  | 26,84  | 26,21 | 26,36 |
| Zn  | 4,97   | 5,37  | 5,27   | 5,11   | 8,67   | 10,03  | 9,62  | 12,88 |
| Σ   | 100,77 | 100,7 | 101,08 | 100,26 | 100,19 | 100,56 | 99,56 | 99,95 |
| <i>Стехіометричні коефіцієнти розраховані на 8 катіонів</i> |        |       |        |        |        |        |       |       |
| Ag  | 0      | 0,000 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0,004 |
| Hg  | 0,001  | 0,000 | 0      | 0      | 0,001  | 0,000  | 0     | 0     |
| In  | 0,001  | 0,001 | 0,001  | 0,001  | 0,002  | 0,002  | 0,001 | 0,001 |
| Cd  | 0,011  | 0,016 | 0,018  | 0,015  | 0,021  | 0,014  | 0,016 | 0,018 |
| Sb  | 0,001  | 0,001 | 0,001  | 0,001  | 0,001  | 0      | 0,001 | 0,001 |
| As  | 0      | 0,005 | 0,002  | 0      | 0      | 0,007  | 0     | 0     |
| Se  | 0      | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| Cu  | 2,002  | 2,026 | 2,018  | 2,025  | 2,019  | 2,008  | 2,007 | 1,986 |
| Ni  | 0      | 0     | 0      | 0      | 0,001  | 0,001  | 0     | 0     |
| Co  | 0,002  | 0     | 0,001  | 0      | 0,001  | 0,001  | 0,001 | 0,001 |
| Fe  | 0,663  | 0,644 | 0,642  | 0,659  | 0,398  | 0,323  | 0,337 | 0,102 |
| Bi  | 0      | 0     | 0,015  | 0      | 0      | 0      | 0,012 | 0,011 |
| S   | 4,011  | 3,978 | 3,988  | 4,007  | 3,997  | 3,995  | 4,011 | 4,031 |
| Pb  | 0,001  | 0,004 | 0,000  | 0,001  | 0      | 0,002  | 0     | 0,002 |
| Sn  | 0,981  | 0,970 | 0,966  | 0,954  | 0,980  | 0,982  | 0,968 | 0,976 |
| Zn  | 0,326  | 0,354 | 0,347  | 0,336  | 0,577  | 0,666  | 0,645 | 0,866 |

П р и м і т к а. Аналізи виконано на приладі JEOL JXA 8530F (*field emission*) в Інституті наук про Землю, Словацької Академії наук, м. Банська Бистриця. Режим вимірювань: прискорювальна напруга — 15 кВ, сила струму — 20 нА, локальність зонда — 3 мкм, оператор С.І. Курило.

N o t e. Analyses are carried out on JEOL JXA 8530F (*field emission*) at the Earth Science Institute of the Slovak Academy of Sciences, Banská Bystrica. Operating mode: accelerating voltage — 15 kV, amperage — 20 nA, probe size — 3 μm. Analyst S.I. Kurylo.



яких різко переважають грані пінакоїда, а також відмічаються комбінації з гранями ромбоєдра. Зафіксовано закономірні паралельні зростки двох, трьох і більше кристалів (рис. 3, *b, c*).

Розмір сплюснених гексагональних таблиць нігериту коливається в межах від 0,07 до 0,5 мм у перетині, але частіше спостерігаються кристали розміром від 0,12 до 0,15 мм. Колір нігериту змінюється від блідо-жовтого і жовто-оранжевого до жовто-бурого. Трапляються й кристали з плямистим забарвленням.

За даними Т. Armbuster [25], кристалохімічно мінерали групи нігериту представлені серією перемерожованих шарів шпінелі (*S*) та ноланіту (*N*). Ідеалізованою структурною формулою шпінелевої комірки є  $T_2M_4O_8$ , а ноланітової —  $TM_4O_7(OH)$ , відповідно, де *T* характеризує тетраедричні, а *M* — октаедричні координовані катіони. Шари з'єднані двома щільно упакованими прошарками кисню. Хімічний склад нігеритів залежить від складу шпінелевої та ноланітової комірок, а також їх пропорційних співвідношень у шарах катіонів — полісоматичні серії. Так, вирізняють дві серії нігериту —  $6N6S$  та  $2N1S^*$ , які поділяють на Zn-, Fe-, Mg- (ганіт, герциніт, шпінель) підгрупи залежно від переважання відповідного катіона у тетраедричній позиції шпінелевої комірки [25].

За хімічним складом, нігерити ШТРР району представлені двома полісомними серіями, серед яких нігерит  $6N6S$  домінує (табл. 1). За розподілом катіонів шпінелевого шару вони поділяються на Fe-нігерит ( $T_{Fe}$  — 46—76 ат.%) та Zn-нігерит ( $T_{Zn}$  — 58—100 ат.%). Вміст Mg варіює від 0 до 7,1 та зрідка сягає 17,8 ат.%. Вирізняється окрема до-сить рідкісна група нігеритів Північностанкуватського родовища з високим вмістом MnO 4,5—6,25 ваг.% (табл. 1, ан. 16—20).

*Каситерит* ( $SnO_2$ ) є головним мінералом-концентратом стануму в літєвих пегматитах і пов'язаних з ними метасоматитах у ШТРР. Високий (до 0,6—0,8 %) вміст стануму визначено за допомогою спектрального аналізу в деяких пробах альбіт-петалітових пегматитів Північностанкуватського родовища. В родовищі Надія середній вміст стануму (за п'ятьма пробами) в літєвих пегматитах досягає 0,17 %. У більшості випадків каситерит є постійною складовою полімінеральних зростків із мінералами групи колумбіт — танталіт, ільменорутит — стрюверит, мікролітом. Трапляються місця тонкі зростки за участю уранініту, ксено-

тиму, трифіліну і хризоберилу. Форма виділень каситериту досить різноманітна: від алотріоморфнозернистих агрегатів (5—8 мм) до ідіоморфних ізометричних зерен та короткопризматичних і дипірамідальних кристалів розміром 0,05—0,6 мм у перетині. Часто відмічаються алотріоморфнозернисті агрегати каситериту в асоціації з уранінітом та антроксолітом, а також зерна з включеннями колумбіту (рис. 3 *d, e*). Деяким зернам каситериту властива двійникова і зональна будова із залишками часткової перекристалізації. Іноді спостерігаються структури розпаду твердих розчинів колумбіту у каситериті, а також складні проростання з мікролітом та мінералами ряду ільменорутит — стрюверит. Забарвлення каситериту різноманітне: від блідо-жовтого та безбарвного до жовто-коричневого, червоно-бурого і темно-коричневого. За даними мікрозондового аналізу (табл. 2), характерними домішками в каситеритах є тантал і ніобій, вміст яких у ПРП в середньому досягає, %:  $Ta_2O_5$  — 2,62,  $Nb_2O_5$  — 0,51; у СРП:  $Ta_2O_5$  — 0,92,  $Nb_2O_5$  — 0,30. Причому вміст танталу суттєво переважає вміст ніобію, що є характерною типохімічною ознакою каситеритів із рідкіснометалевих пегматитів [4]. У каситеритах із Липнязького рудопрояву (ан. 8с, 9с) відмічено домішки індію в кількості 0,13—0,14 %. З інших елементів у каситеритах визначено Fe, Ti, а іноді W.

*Станін* ( $Cu_2FeSnS_4$ ) уперше виявлений нами в докембрії УЩ [19]. Мінерал є досить типовим для літєвих пегматитів Станкуватського родовища, де відмічений у парагенетичній асоціації з халькопіритом та сфалеритом. Серед інших рудних мінералів, які супроводжують цю мінеральну асоціацію, варто відмітити також каситерит, молібденіт, графіт та пірит.

Найпоширенішими в літєвих пегматитах є алотріоморфнозернисті агрегати взаємопроростання станіну зі сфалеритом та графітом (рис. 3, *f*). Іноді спостерігаються субмікроскопічні включення станіну в сфалериті. За даними мікрозондового аналізу (табл. 3) в хімічному складі станіну виявлено значні домішки цинку (4,97—12,88 %). Серед інших елементів-домішок у станіні виявлено In, Cd, Sb, Pb. Температура утворення станіну, визначена за станін-сфалеритовим геотермометром, становить 210—290 °C [5].

**Станум в акцесорних мінералах.** Окрім згаданих вище власних мінералів, станум як ізоморфний елемент постійно присутній у літє-

вих пегматитах у складі мінералів групи колумбіту — танталіту, де його вміст змінюється в межах від слідів до 9,40 %. Водночас, переважна більшість проаналізованих мінералів характеризується відносно низькими значеннями вмісту стануму, які змінюються в діапазоні 0,3—1 %. Аномально високі значення вмісту (9,20 %) були визначені для з іксіоліту з мусковітизованого двополювошпатового пегматиту Дорофіївського рудопрояву (ПРП). Подібні значення вмісту було встановлено й для скандієвмісного танталіт-колумбіту Ярошівської ділянки (ПРП). Титаніт Мостового рудопрояву танталу (ПРП) містить до 2 ваг. %  $\text{SnO}_2$ .

**Висновки.** Наявність декількох стадій формування мінералізації стануму з типовим набором рудних мінералів свідчить про досить тривалий процес її еволюції, що пов'язано з регіональними особливостями рудоутворення. Поведінка стануму в процесі рідкіснометалевого рудогенезу багато в чому подібна до поведінки несумісних високочарядних елементів *HFSE* (*High Field Strength Elements*) Nb, Ta, W,

типових для пегматитів комплексного типу сімейства *LCT* (Li-Cs-Ta) [29, 30]. На рідкіснометалевих родовищах проявлена здатність стануму утворювати (окрім чотирьохвалентного катіона), комплексні аніони з киснем і сіркою. Головним мінералом-концентратом стануму є каситерит. В акцесорній кількості відмічені нігерит і станін. За результатами електронно-мікроскопового вивчення, нігерити Шполянсько-Ташлицького району представлені двома полісоматичними серіями, серед яких домінує *6N6S*. За розподілом катіонів шпінелевого шару серії, в свою чергу, поділяються на підгрупи: Fe ( $T_{\text{Fe}}$  — 46—76 ат. %) та Zn ( $T_{\text{Zn}}$  — 58—100 ат. %). Вміст Mg варіює від 0 до 7,1 та зрідка сягає 17,8 ат. %. Існує окрема група фероманганонігеритів Північностанкуватського родовища з високим вмістом MnO — до 4,5—6,25 ваг. % ( $T_{\text{Mn}}$  — 29,8—36,0 ат. %), виявлена нами вперше. Знахідка нігериту має важливе пошукове значення, адже він має високу твердість і може накопичуватись в шліхових ореолах навколо тіл літієвих пегматитів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Безвинний В.П. Рідкіснометалева та золоте зруденіння і метасоматичні процеси Петроострівського рудного поля. *Зб. наук. пр. УкрДГРІ*. 2005. № 1. С. 82—84.
2. Бондаренко С.Н., Бугаєнко В.Н., Семка В.А., Яковлев Б.Г. Ультраосновной-основной магматизм центральной части Братско-Звенигородской зоны (Ингуло-Ингулецкий геоблок). *Геология і магматизм докембрію Українського щита* / Ред. М.П. Щербак ; НАН України. Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення. Київ, 2000. С. 132—134.
3. Бондаренко С.Н., Бугаєнко В.Н., Семка В.А., Яковлев Б.Г. Эссекситы постметаморфической серии субщелочных пироксенитов в раме Корсунь-Новомиргородского плутона. *Геология і магматизм докембрію Українського щита* / Ред. М.П. Щербак ; НАН України. Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення. Київ, 2000. С. 134—136.
4. Годовиков А.А. Минералогия. М.: Недра, 1975. 519 с.
5. Горжевский С.А., Сидоренко Г.А., Гинзбург А.И. Титано-танталониобаты. М.: Недра, 1974. 343 с.
6. Грінченко О.В., Бондаренко С.М., Сьомка В.О., Іванов Б.Н., Канунікова Л.І. Речовинний склад та вік Та-Nb мінералізації в пегматоїдах Шполянсько-Ташлицького рідкіснометалевого рудного району. *Геохронологія та рудоносність докембрію та фанерозою (Київ, 17—18 листоп., 2015 р.)*: Зб. тез наук. міжнар. конф. Київ, 2015. С. 87—88.
7. Зубков Л.Б., Галецкий Л.С. О ниобо-танталоносном каситерите из коренных пород северо-западной части Украинского кристаллического щита. *Докл. АН СССР*. 1966. **169**, № 3. С. 660—663.
8. Ивантишин М.Н., Клочков В.Т., Личак И.Л. и др. Пьезокварцевые пегматиты Волыни. Киев: Изд-во АН УССР, 1957. 204 с.
9. Іванов Б.Н., Маківчук О.Ф., Бугаєнко В.М., Лисенко В.В., Єрьоменко Г.К. Основні типи рідкіснометальних родовищ і рудопроявів в західній частині Кіровоградського блоку. *Зб. наук. пр. УкрДГРІ*. 2000. № 1—2. С. 101—107.
10. Каложный В.А., Ляхов Ю.В. Включения каситерита и флюорита в кристаллах из пегматитов Волыни. *Докл. АН СССР*. 1962. **143**, № 5. С. 1182—1185.
11. Курило С.І., Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Степанюк Л.М., Карли З.В. Літієва мінералізація Інгульського мегаблоку Українського щита. *Геология і корисні копалини України: Тези доп. наук. конф., присвяченої 100-му ювілею Нац. акад. наук України та Державної служби геології та надр України, 2—4 жовт. 2018 р.*, ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України. Київ, 2018. С. 109—111.
12. Куц В.П. Нові дані про оловоносність кристалічних порід Приазов'я. *Допов. АН УРСР*. Сер. Б. 1966. № 5. С. 632—633.

13. Лучицкий В.И., Минаков М.А. Оловоносность северо-западной части Украинской кристаллической гряды. *Сов. геология*. 1939. **9**, № 4—5. С. 142—143.
14. Металлиды С.В., Нечаев С.В. Сушано-Пержанская зона (геология, минералогия, рудоносность). Киев: Наук. думка, 1983. 136 с.
15. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. *Металлические полезные ископаемые* / Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И., Кулиш Е.А., Нечаев С.В., Третьяков Ю.И., Шумлянський В.А.; Науч. ред. Н.П. Шербак, А.Б. Бобров. Киев-Львов : Центр Европы, 2005. 785 с.
16. Минералы. *Справ.* / Под ред. Ф.В. Чухрова, Э.М. Бонштедт-Куллетской. М.: Наука, 1967. Т. 2, Вып. III. С. 116—118.
17. Нечаев С.В., Кривдик С.Г., Семка В.А. и др. Минерализация олова, вольфрама и молибдена в Украинском щите. Киев: Наук. думка, 1986. 212 с.
18. Нечаев С.В., Бондаренко С.Н., Нечаев С.Вл. Танталониобаты из пегматитов центральной части Украинского щита. *Геол. журн.* 1992. № 3. С. 85—88.
19. Нечаев С.В., Бондаренко С.Н. Новые рудные минералы Украинского щита. *Минерал. журн.* 1993. **15**, № 4. С. 17—28.
20. Нечаев С.В., Макивчук О.Ф., Белых Н.А., Иванов Б.Н., Кузьменко А.В., Прытков Ф.Я., Бондаренко С.Н., Бугаенко В.Н., Семка В.А. Новый редкометалльный район Украинского щита. *Геол. журн.* 1991. № 4. С. 119—122.
21. Нечаев С.В., Оставненко А.И., Сьомка В.О., Наседкіна Р.Ф. Склад вольфрамиту з першого на Україні корінного олов'яно-вольфрамового рудопрояву. *Доп. АН УРСР*. Сер. Б. 1982. № 11. С. 15—17.
22. Нечаев С.В., Сьомка В.О., Степченко С.Б. та ін. Нові дані про склад каситеритів з рудопроявів північного заходу Українського щита. *Доп. АН УРСР*. Сер. Б. 1983. № 9. С. 17—20.
23. Степанюк Л.М., Грінченко О.В., Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Курило С.І., Довбуш Т.І. Геохронологія гранітоїдів Інгульського мегаблоку в зв'язку з їх літєносністю. *Вісник КНУ, Сер. Геол.* 2016. Вип. 4 (74). С. 12—17.
24. Сьомка В.О., Мельниченко Б.Ф., Бондаренко С.М., Грінченко О.В., Сьомка Л.В. Мінеральний склад вольфрамітоносних грейзенів Жовторіченського рудного поля (Криворізько-Кременчуцька шовна зона). *Геохімія та рудоутворення*. 2011. № 30. С. 69—75.
25. Armbruster T. Revised nomenclature of hōgbomite, nigerite and taaffeite minerals. *Eur. J. Mineral.* 2002. **14**, № 2. P. 389—395.
26. Bannister F.A., Hey M.H., Stadler H.P. Nigerite, a new tin mineral. *Mineral. Mag.* 1947. **28**. P. 129—136.
27. Burke E.A.J., Lof P., Hazebroek H.P. Nigerite from the Rosendal pegmatite and aplites, Kemiö Island, southwestern Finland. *Bull. Geol. Soc. Finland.* 1977. **49** (2). P. 151—157.
28. Jacobson R., Webb J.S. The Occurrence of Nigerite, a New Tin Mineral in Quartz-Sillimanite-Rocks from Nigeria. *Mineral. Mag.* 1947. **28**. P. 118—128.
29. Cerny P., Ercit T.S. The classification of granitic pegmatites revisited. *Canad. Miner.* 2005. **43**. P. 2005—2026.
30. Linnen R.L. The solubility of Nb-Ta-Zr-Hf-W in granitic melts with Li an Li + F: Constraints for mineralization in rare metal granites and pegmatites. *Econ. Geol.* 1998. **93**. P. 1013—1025.

Надійшла 10.06.2019

## REFERENCES

1. Bezvynnyi, V.P. (2005), *Zb. nauk. pr. UkrDHRI*, No. 1, Kyiv, UA, pp. 82-84 [in Ukrainian].
2. Bondarenko, S.N., Buhaenko, V.N., Syomka, V.A. and Yakovlev, B.H. (2000), *Precambrian geology and magmatism in the Ukrainian Shield*, in Shcherbak, M.P. (ed.), M.P. Semenenko IGMOF of NAS of Ukraine, Kyiv, UA, pp. 132-134 [in Russian].
3. Bondarenko, S.N., Buhaenko, V.N., Syomka, V.A. and Yakovlev, B.H. (2000), *Precambrian geology and magmatism in the Ukrainian Shield*, in Shcherbak, M.P. (ed.), M.P. Semenenko IGMOF of NAS of Ukraine, Kyiv, UA, pp. 134-136 [in Russian].
4. Hodovikov, A.A. (1975), *Mineralohiia*, Nedra, Moscow, RU, 519 p. [in Russian].
5. Horzhevskiy, S.A., Sidorenko, H.A. and Hinzburh, A.I. (1974), *Titano-tantaloniobaty*, Nedra, Moscow, RU, 343 p. [in Russian].
6. Hrinchenko, O.V., Bondarenko, S.M., Syomka, V.O., Ivanov, B.N. and Kanunikova, L.I. (2015), *Zb. tez nauk. mizhnar. konf.*, Kyiv, 17-18 lystop. 2015, IGMOF of the NAS of Ukraine, Komprint, Kyiv, UA, pp. 87-88 [in Ukrainian].
7. Zubkov, L.B. and Haletskiy, L.S. (1966), *Dokl. AN SSSR*, Vol. 169, No. 3. Moscow, RU, pp. 660-663 [in Russian].
8. Ivantishin, M.N., Klochkov, V.T., Lychak, I.L. and et al. (1957), *Piezokvartsevyeh pehmatity Volyni*, Izd-vo AN UkrSSR, Kyiv, UA, 204 p. [in Russian].
9. Ivanov, B.N., Makivchuk, O.F., Buhaienko, V.M., Lysenko, V.V. and Yeriomenko, H.K. (2000), *Zb. nauk. pr. UkrDHRI*, No. 1-2, Kyiv, UA, pp. 101-107 [in Ukrainian].
10. Kaliuzhnyi, V.A. and Liakhov, Yu.V. (1962), *Dokl. AN SSSR*, Vol. 143, No. 5, Moscow, RU, pp. 1182-1185 [in Russian].
11. Kurylo, S.I., Syomka, V.O., Bondarenko, S.M., Stepanyuk, L.M. and Karly, Z.V. (2018), *Tezy dopov. nauk. konf. 100-mu yuvileiu Natc. akad. nauk Ukrainy ta Derzhavnoi sluzhby heolohii ta nadr Ukrainy*, 2-4 zhovt. 2018 p., M.P. Semenenko IGMOF of NAS of Ukraine, FOP Kravchenko Ya.O., Kyiv, UA, pp. 109-111 [in Ukrainian].

12. Kuts, V.P. (1966), *Dopov. AN URSSR*, Ser. B, No. 5, Kyiv, UA, pp. 632-633 [in Ukrainian].
13. Luchitskiy, V.I. and Minakov, M.A. (1939), *Sov. heolohiia*, Vol. 9, No. 4-5, Moscow, RU, pp. 142-143 [in Russian].
14. Metalidi, S.V. and Nechaev, S.V. (1983), *Sushchano-Perzhanskaia zona (heolohiia, mineralohiia, rudonosnost)*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 136 p. [in Russian].
15. Hursky, D.S., Esypchuk, K.E., Kalinin, V.I., Kulish, E.A., Nechaev, S.V., Tretyakov, Yu.I. and Shumlyansky, V.A. (2005), *Metallic and non-metallic deposits of Ukraine*, Vol. I, *Metallic deposits*, in Shcherbak, M.P. and Bobrov, O.B. (eds), Tsentr Evropy, Kyiv-Lviv, UA, 785 p. [in Russian].
16. Chukhrov, F.V. and Bonshtedt-Kupletskaya, E.M. (eds) (1967), *Mineraly, Sprav.*, Nauka, Moscow, RU, Vol. 2, Vyp. III, Nauka, Moscow, RU, pp. 116-118 [in Russian].
17. Nechaev, S.V., Kryvdik, S.G., Syomka, V.A. and et al. (1986), *Mineralizatsiia olova, volframa i molibdena v Ukrainskom shchite*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 212 p. [in Russian].
18. Nechaev, S.V., Bondarenko, S.N. and Nechaev, S.V. (1992), *Geol. zhurn.*, No. 3, Kyiv, UA, pp. 85-88 [in Russian].
19. Nechaev, S.V. and Bondarenko, S.N. (1993), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 15, No. 4, Kyiv, UA, pp. 17-28 [in Russian].
20. Nechaev, S.V., Makivchuk, O.F., Belykh, N.A., Ivanov, B.N., Kuzmenko, A.V., Prytkov, F.Ya., Bondarenko, S.N., Buhaenko, V.N. and Syomka, V.A. (1991), *Geol. zhurn.*, No. 4, Kyiv, UA, pp. 119-122 [in Russian].
21. Nechaev, S.V., Ostavnenko, A.I., Syomka, V.O. and Nasedkina, R.F. (1982), *Dopov. AN URSSR*, Ser. B, No. 11, Kyiv, UA, pp. 15-17 [in Ukrainian].
22. Nechaev, S.V., Syomka, V.O., Stepchenko, S.B. and et al. (1983), *Dopov. AN URSSR*, Ser. B, No. 9, Kyiv, UA, pp. 17-20 [in Ukrainian].
23. Stepanyuk, L.M., Hrinchenko, O.V., Syomka, V.O., Bondarenko, S.M., Kurylo, S.I. and Dovbush, T.I. (2016), *Visnyk Kyiv. Nats. Univ., Ser. Geol.*, Iss. 4 (74), Kyiv, UA, pp. 12-17 [in Ukrainian].
24. Syomka, V.O., Melnichenko, B.F., Bondarenko, S.M., Hrinchenko, O.V. and Syomka, L.V. (2011), *Geokhimiia ta rudoutvorennia*, No. 30, Kyiv, UA, pp. 69-75 [in Ukrainian].
25. Armbruster, T. (2002), *Eur. J. Mineral.*, Vol. 14, No. 2, pp. 389-395.
26. Bannister, F.A., Hey, M.H. and Stadler, H.P. (1947), *Mineral. Mag.*, Vol. 28, pp. 129-136.
27. Burke, E.A.J., Lof, P. and Hazebroek, H.P. (1977), *Bull. Geol. Soc. Finland*, Vol. 49, No. 2, pp. 151-157.
28. Jacobson, R. and Webb, J.S. (1947), *Mineral. Mag.*, Vol. 28, pp. 118-128.
29. Cerny, P. and Ercit, T.S. (2005), *Canad. Mineral.*, Vol. 43, pp. 2005-2026.
30. Linnen, R.L. (1998), *Econ. Geol.*, Vol. 93, pp. 1013-1025.

Received 10.06.2019

С.Н. Бондаренко, В.А. Сёмка,  
С.И. Курило, Л.М. Степанюк, Н.А. Донской

Институт геохимии, минералогии и рудообразования  
им. Н.П. Семеновко НАН Украины  
03142, г. Киев, Украина, пр-т Акад. Палладина, 34  
E-mail: sbond.igmr@gmail.com

#### МИНЕРАЛИЗАЦИЯ СТАНУМА В ЛИТИЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ШПОЛЯНО-ТАШЛЫКСКОГО РУДНОГО РАЙОНА УКРАИНСКОГО ЩИТА

Изложены результаты изучения минерализации станума в литиевых пегматитах и метасоматитах редкометалльных месторождений Шполяно-Ташлыкского рудного района Украинского щита. Минерализация связана с комплексом метасоматических процессов, происходящих среди ультраметаморфических толщ палеопротерозойского возраста в западной части Ингульского мегаблока. Выделено несколько последовательных стадий в процессе ее образования: ранняя оксидная (акцессорная) — нигерит, Sn-содержащий ганит; средняя оксидная — касситерит (главный минерал-концентратор Sn) и поздняя сульфидная — станин. Кроме того, значительное количество станума на разных стадиях минералообразования распределялось в виде изоморфных включений в слюдах, шпинелях, тантало-ниобатах, титанитах и др. Главным рудным минералом-концентратором станума служит касситерит. Согласно результатам электронно-микронного изучения, нигериты Шполяно-Ташлыкского рудного района представлены двумя полисоматическими сериями (*polysomatic series*), среди которых преобладает 6N6S. По распределению катионов шпинелевого слоя серии разделены на подгруппы: Fe ( $T_{Fe}$  — 46—76 ат. %) и Zn ( $T_{Zn}$  — 58—100 ат. %). Впервые установлена отдельная группа ферроманганонигеритов в Северостанковатском месторождении с высоким содержанием MnO — до 4,5—6,25 вес. % ( $T_{Mn}$  29,8—36,0 ат. %). Последняя разновидность нигерита обнаружена нами в Северостанковатском месторождении впервые.

*Ключевые слова:* нигерит, станин, касситерит, петалит, сподумен, литиевые пегматиты.

*S.M. Bondarenko, V.O. Syomka,*

*S.I. Kurylo, L.M. Stepanyuk, N.A. Donskoy*

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,  
Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

E-mail: sbond.igmr@gmail.com

**TIN MINERALIZATION IN THE LITHIUM DEPOSITS  
OF THE SHPOLA-TASHLYK ORE DISTRICT OF UKRAINIAN SHIELD**

The results of research on tin mineralization in lithium pegmatites and metasomatites of rare metal deposits of Shpola-Tashlyk ore district of Ukrainian Shield are presented. The mineralization is associated with metasomatic processes occurred among Paleoproterozoic ultrametamorphic series in the western part of the Ingul megablock. Several stages of the mineralization are distinguished: early oxide (accessory) — nigerite; Sn-bearing — gahnite; middle oxide — cassiterite (main ore mineral of Sn) and late sulfide — stannine. Moreover, tin is largely scattered and occurred as isomorphic inclusions in spinel, tantalum and niobium minerals, titanite and other minerals formed at different stages. Cassiterite is the main ore mineral of Sn. On the results of microprobe research, the nigerites of Shpola-Tashlyk district are represented by two polysomatic series, with 6N6S being predominant among others. Then, on the distribution of cations of spinel layer, the series are subdivided into subgroups: Fe ( $T_{Fe}$  — 46–76 at. %) and Zn ( $T_{Zn}$  — 58–100 at. %). Single group of ferromanganese nigerites with high MnO up to 4.5–6.25 wt % ( $T_{Mn}$  29.8–36.0 at. %) is found in the Pivnichnostankuvatka deposit for the first time.

*Keywords:* nigerite, stannine, cassiterite, petalite, spodumene, lithium pegmatite.