

УДК 546.027:550.42:549

**Антон Вальтер<sup>1</sup>, Олександр Андрєєв<sup>2</sup>, Анатолій Писанський<sup>1</sup>,  
В'ячеслав Павлюк<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Інститут прикладної фізики НАН України,  
вул. Петропавлівська, 8, Суми, Україна, 40000,  
avalter@iop.kiev.ua*

<sup>2</sup>*ННІ "Інститут геології",  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
вул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022,  
andreev@univ.kiev.ua*

<sup>3</sup>*Правобережна геологічна експедиція ДП "Українська геологічна компанія",  
с. Фурси, Білоцерківський р-н, Київська обл., Україна, 09150,  
furgeo@inet.ua*

## **ФОРМУЛИ МІНЕРАЛІВ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ РАДІОГЕННИХ ІЗОТОПІВ**

Описано знахідки мінералів, збагачених радіогенними ізотопами (<sup>87</sup>Sr, <sup>187</sup>Os, <sup>208</sup>Pb). Запропоновано незвичайний ізотопний склад мінералу зазначати безпосередньо в його формулі після крапки.

*Ключові слова:* радіогенний ізотоп, мінерал, ізотопне збагачення, формула мінералу.

У працях [1, 3, 7] описано можливе практичне значення певних радіогенних ізотопів, які можуть бути законсервовані в мінералах з радіоактивними елементами. Виведено здогадно всі випадки природного ізотопного збагачення мінералів стабільними радіогенними ізотопами. Передбачено високу ефективність деяких радіогенних ізотопів для ядерної медицини, маркування цінних паперів, для різних галузей промисловості, сільськогосподарства та в наукових дослідженнях.

Кількість мінералів, у яких можуть нагромаджуватись нові радіогенні ізотопи, з урахуванням твердих розчинів, оцінюють десятками. Нині фактично доведено наявність цінних мінералів, збагачених радіогенними ізотопами.

Наприклад, зафіксовано наявність <sup>187</sup>Os високої ізотопної чистоти в молібденіті Сергіївського родовища (Сурська зеленокам'яна структура, Середнє Придніпров'я). Вміст <sup>187</sup>Os у ньому становить 99,985 ат. % [2] за звичайної природної поширеності <sup>187</sup>Os 1,96 ат. % [8]). За А. Довбнею, <sup>187</sup>Os може утворювати за реакцією <sup>187</sup>Os(γ,p)<sup>186</sup>Re ефективний терапевтичний ізотоп – гамма-випромінювач високої якості для локальної дії на клітини ракових пухлин.

Виявлено достатньо значне ізотопне збагачення <sup>87</sup>Sr – 96 ± (4–6) ат. % – у Rb-біотиті віком 2,14 млрд років [6] (природна поширеність цього ізотопу – 7 ат. % [8]). Зазначе-

ний ізотоп також може бути сировиною для виробництва чистих терапевтичних ізотопів.

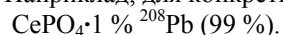
Зафіксовано високе ізотопне збагачення свинцю ізотопом  $^{208}\text{Pb}$  у монациті Побужжя [4, 5]. У регіоні досліджено склад монациту із близько 50 проявів у корінних породах та корах звітрювання гранітів віком 2 млрд років. Десята частина цих проявів припадає на монацит зі свинцем практично моноізотопного складу; ізотопна концентрація  $^{208}\text{Pb} \geq 98,5\%$ . У корінних породах двох проявів навіть попередньо оцінено ресурси цього свинцю.

Зазначимо, що свинець такого ізотопного складу – дуже ефективний теплоносіє для енергетичних ядерних реакторів.

Уважаємо, що такий практично цінний різновид монациту, як і інші наведені мінерали, збагачені радіогенними ізотопами, доцільно зафіксувати вже на рівні надання мінеральним різновидам формульних ознак складу.

Зокрема, нині термін *монацит* використовують для позначення групи мінералів, а мінеральні види виділяють як фосфати переважного рідкісноземельного елемента: у випадку дослідженого мінералу –  $\text{CePO}_4$ .

Ми пропонуємо незвичайний ізотопний склад свинцю монациту зазначати безпосередньо в формулі після крапки. Наприклад, для конкретного взірця:



Такого ж типу формульні позначення пропонуємо використовувати й у інших наведених випадках. Зокрема, для  $^{187}\text{Os}$  концентрацію доцільно позначати в грамах на тонну ( $10^{-4}\%$ ), а у випадку  $^{87}\text{Sr}$  – у  $10^{-4}$  або  $10^{-3}\%$ .

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вальтер А. А. Два доповнення до ядерної мінералогії / А. А. Вальтер // Записки Укр. мінерал. т-ва. – 2011. – Т. 8. – С. 24–29.
2. Вальтер А. А. Природно-чистые редкие изотопы: механизм образования, минеральные носители, практическое значение / А. А. Вальтер // От минералогии до геохимии : сб. науч. трудов, посвящ. 130-летию со дня рождения акад. А. Е. Ферсмана. – Киев, 2013. – С. 247–255.
3. Здобутки в Україні в новому напрямку на межі ядерної фізики та наук про Землю / А. А. Вальтер, І. І. Залюбовський, В. Ю. Сторіжко та ін. // Вісн. Харк. ун-ту. Сер. фіз. “Ядра, частини, поля”. – 2008. – Вип. 1 (37). – С. 21–31.
4. Новий практично важливий різновид монациту Побужжя, збагачений чистим ізотопом свинцю  $^{208}\text{Pb}$  / А. Вальтер, В. Андрєєв, В. Павлюк та ін. // Мінерал. зб. – 2016. – № 66, вип. 1. – С. 119–128.
5. Природный источник в Украине высокообогащённого свинца-208 для ядерной энергетики / А. А. Вальтер, В. Е. Сторижко, А. В. Андреев и др. // Доп. НАН України. – 2015. – № 5. – С. 61–70.
6. Рубидиевый биотит – минеральный носитель чистого изотопа стронция-87 / А. А. Вальтер, Н. П. Дикий, Г. К. Ерёмченко и др. // Доп. НАН України. – 2011. – № 6. – С. 102–106.
7. Nuclear-analytical and mineralogical principles and techniques for prediction and investigation of the native-pure rare isotope occurrence / A. A. Valter, V. E. Storizhko, N. P. Dikiy et al. // Problems of Atomic Science and Technology. Ser. Nuclear Physics Investigations. – 2005. – Vol. 45, N 6. – P. 142–145.

8. Nuclides and Isotopes : Sixteen Edition / J. R. Parrington, H. D. Knox, S. L. Breneman et al. (revised by E. M. Baum, H. D. Knox and T. R. Miller). – Lockheed Martion Corporation, 2002. – 89 p.

*Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018  
прийнята до друку 06.08.2018*

**Anton Valter<sup>1</sup>, Oleksandr Andrieiev<sup>2</sup>, Anatolii Pysanskyi<sup>1</sup>,  
Viacheslav Pavliuk<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Applied Physics of NAS of Ukraine,  
8, Petropavlivska St., Sumy, Ukraine, 40000,  
avalter@iop.kiev.ua*

<sup>2</sup>*Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
90, Vasylykivska St., Kyiv, Ukraine, 03022,  
andreev@univ.kiev.ua*

<sup>3</sup>*Pravoberezhna Geological Expedition of SE "Ukrainian Geological Company",  
Fursy-village, Bilotserkivskyi region, Kyiv district, Ukraine, 09150,  
furgeo@inet.ua*

## **FORMULAS OF MINERALS WITH HIGH RADIOGENIC ISOTOPES CONTENT**

Finds of minerals enriched with radiogenic isotopes are described: molybdenite with <sup>187</sup>Os content 99,985 atomic percent, Rb-biotite with  $96 \pm (4-6)$  atomic percent of <sup>87</sup>Sr and monacite with content of <sup>208</sup>Pb  $\geq 98.5$  %. An unusual isotopic composition of the mineral is proposed to mark directly in its formula after the point.

*Key words:* radiogenic isotope, mineral, isotope enrichment, mineral formula.