

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.327(=924.9)

© С. Н. БРИТВИН,* д. чл. Н. С. РУДАШЕВСКИЙ,** д. чл. А. Н. БОГДАНОВА,***
д. чл. Д. К. ЩЕРБАЧЕВ****

ПАЛЛАДОДИМИТ (Pd, Rh)₂As — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ИЗ РОССЫПИ РЕКИ МИАСС (УРАЛ)¹

S. N. BRITVIN, N. S. RUDASHEVSKY, A. N. BOGDANOVA, D. K. SHCHERBACHOV. PALLADODYMITE
(Pd, Rh)₂As, A NEW MINERAL FROM A PLACIER OF THE MIASS RIVER, THE URALS

* Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра минералогии, 199034,
Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9

** ЗАО «Механобр-Аналит», 199026, Санкт-Петербург, 21-я линия, 8А

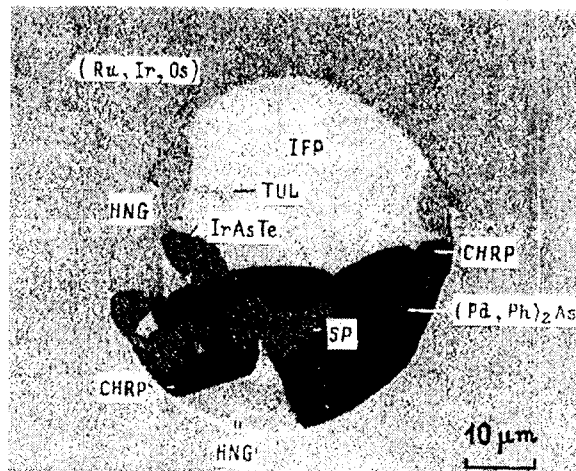
*** Геологический институт КНЦ РАН, 184200, Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, 14

**** Всероссийский научно-исследовательский институт
минерального сырья (ВИМС), 109017, Москва, Старомонетный пер., 31

Palladodymite has been found in a small unnamed placer deposit in the upper Miass river, South Ural, Russia. It forms inclusions up to 30 × 70 μm in native ruthenium. Associated minerals are isoferroplatinum, cherepanovite, rhodian irarsite, hongshiite, sperrylite, tulameenite, unnamed IrAsTe. In reflected light palladodymite is brownish-gray with bluish tint. Distinctly anisotropic from bluish-gray to reddish-brown. $R_{\max}-R_{\min}$ (λ) in air (%): 50.5—45.5 (420), 50.6—45.4 (440), 50.7—45.5 (460), 51.6—45.8 (480), 52.6—46.5 (500), 53.3—46.9 (520), 54.0—46.8 (540), 54.8—46.9 (560), 56.2—48.0 (580), 57.6—48.5 (600), 57.8—48.9 (620), 58.2—49.5 (640), 59.1—50.2 (660), 59.7—50.6 (680), 60.6—50.8 (700). VHN (load 20 g) 546—611 kg/mm², mean 566 kg/mm². D (calc) 11.3 g/cm³. Brittle. Cleavage and parting are none observed. Chemical composition (wt %), mean of 4 analyses: Ru 2.4, Rh 27.6, Pd 33.5, Os 1.0, Ir 1.7, Pt 4.4, Ni 3.0, As 26.5, total 100.1. Empirical formula based on 3 atoms per formula unit: (Pd_{0.90}Rh_{0.77}Ni_{0.15}Ru_{0.07}Pt_{0.06}Ir_{0.03}Os_{0.02})_{2.00}As_{1.01} corresponding to (Pd,Rh)₂As. Orthorhombic, $Pnma$, a 5.91 (2), b 3.90 (1), c 7.34 (2) Å, V 169 Å³, Z = 4. Strongest lines of powder diffraction pattern [d (hkl): 2.43 (10) (112), 2.24 (5) (211), 2.06 (1) (013), 1.838 (5) (004)]. It is named on the chemical composition, PALLADium and Greek βίτσος (twin), as it is Pd-dominant analog of rhodarsenide. It is isostructural with rhodarsenide; polymorphous with palladoarsenide and palladobismutharsenide.

Первый природный арсенид палладия, отвечающий по составу чистому Pd₂As, был описан В. Д. Бегизовым (Бегизов и др., 1974) из Октябрьского месторождения Норильского рудного поля. Позднее Л. Кабри (Cabri e. a., 1976) описал висмутоарсенид палладия Pd₂(As, Bi) из месторождения Стиллиуотер (США) и назвал минерал бисмутоарсенидом. В том же году А. Д. Генкиным (Генкин и др., 1976) установлен арсенид состава PdNiAs, названный маякитом (по руднику Маяк, Норильск). По химическому составу все эти минералы отвечают стехиометрии M₂As с преобладанием палладия в катионной части, однако имеют различные кристаллические структуры. Как оказалось, существует еще один арсенид аналогичной стехиометрии, имеющий состав (Pd,Rh)₂As и структуру высокотемпературной модификации арсенида родия, β-Rh₂As. Новому минералу дано название палладодимит (palladodymite) по элементу палладий и греческому слову βίτσος (димос — близнец), поскольку минерал является палладиевым

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всероссийского минералогического общества РАН 30 апреля 1997 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциацией 2 апреля 1998 г.



Обособление палладодимита $(Pd, Rh)_2As$ в рутении (Ru, Ir, Os) .

Ассоциация: черепановит (CHRP), хонгшиит (HNG), туламинит (TUL), сперрилит (SP), unnamed mineral (IrAsTe) изоферроплатина (IFP). Фото в обратно-рассеянных электронах.

Segregation of palladodymite $(Pd, Rh)_2As$ in ruthenium (Ru, Ir, Os) .

аналогом родарсенида, $(Rh, Pd)_2As$, также недавно обнаруженного в природе (Tarkian *et al.*, 1997).

Минерал встречается при изучении минералогии тяжелого шлиха из небольшой аллювиальной россыпи в верховьях реки Миасс, Южный Урал, в которой уже был описан полкановит $Rh_{12}As_7$ (Бритвин и др., 1998). Аналогично полкановиту палладодимит образует редкие включения в зернах самородного рутения, находится в тесных сростаниях с изоферроплатиной, хонгшиитом, туламинитом, сперрилитом, черепановитом, родистым ирарситом и unnamed минералом состава IrAsTe (см. рисунок). Согласно нашим наблюдениям, перечисленные минералы представляют собой позднюю ассоциацию, выполняющую пустоты (отрицательные кристаллы) в монокристаллах рутения. Форма зерен пластинчатая, подчинена совершенной спайности по $\{0001\}$ кристалла-хозяина. В зависимости от ориентировки кристалла в аншлифе форма среза включения может варьировать от округлой до нитевидной. Как правило, размер включений составляет 10—20 мкм, иногда достигает 200—250 мкм. Максимальный размер обособлений палладодимита 30×70 мкм.

В отраженном свете палладодимит коричнево-серый с голубоватым оттенком. Отчетливо анизотропен с цветовыми эффектами от голубовато-серого до красновато-коричневого. Слабо плеохроирует в голубовато-коричневых тонах. Внутренние рефлексы отсутствуют. Спектры отражения (табл. 1) измерены на автоматическом микроспектрофотометре МСФП (ЛОМО) с шагом измерения 20 мкм. Число

Таблица 1

Отражение (%) палладодимита
Reflection (R , %) of palladodymite

λ , нм	R_{\max}	R_{\min}	λ , нм	R_{\max}	R_{\min}
420	50.5	45.5	580	56.2	48.0
440	50.6	45.4	600	57.6	48.5
460	50.7	45.5	620	57.8	48.9
480	51.6	45.8	640	58.2	49.5
500	52.6	46.5	660	59.1	50.2
520	53.3	46.9	680	59.7	50.6
540	54.0	46.8	700	60.6	50.8
560	54.8	46.9			

Таблица 2

Результаты расчета рентгенограммы палладодимита в сравнении с данными для родарсенида и синтетического β -Rh₂As

X-ray powder diffraction data for palladodymite in comparison with data for rhodarsenide and synthetic β -Rh₂As

hkl	Палладодимит			Родарсенид (Tarkian e. a., 1997)		β -Rh ₂ As (Quesnel, Heyding, 1962)	
	I	d _{изм}	d _{расч}	I	d _{изм}	I	d _{изм}
112	10	2.43	2.437	7	2.426	80	2.424
210				4	2.348	40	2.343
202						20	2.289
103						20	2.248
211	5	2.24	2.243	10	2.237	100	2.232
013	1	2.06	2.075	8	2.067	40	2.071
020						80	1.947
113				6	1.935		
301						20	1.894
203				5	1.860	20	1.878
004	3	1.838	1.838	3	1.828	18	1.832
104						6	1.751
302						20	1.731
311	1	1.710	1.710	1	1.694	14	1.703
213						18	1.692
220				1	1.610		
114						6	1.598
204				2	1.548		
222	1	1.484	1.488			14	1.487
123				1	1.475	20	1.475
401						14	1.445
313				1	1.426	14	1.423
105							
320				3	1.384		
410	1	1.380	1.382			14	1.374
015	1	1.373	1.376				
321				1	1.351	25	1.358
304						14	1.337
115				1	1.337		
024							
205				3	1.306	14	1.314
124	1	1.305	1.304	1	1.300		
322				1	1.291	35	1.296
031				2	1.278		
314	1	1.272	1.270	1	1.268	35	1.268
403				1	1.258		
131	1	1.252	1.251			8	1.247
006				1	1.218		
224	1	1.219	1.218	1	1.212	6	1.216
323						18	1.201

отсчетов для каждой длины волны 7 с последующим усреднением. В качестве эталона использован аттестованный на ЛОМО кремний.

Твердость микровдавливания измерялась на микроскопе Neophot-2 (Carl Zeiss, Jena) при помощи объектива-микротвердомера с пирамидой Виккерса. Значения микротвердости при нагрузке 20 г составили 546—611 кг/мм² (n = 6), среднее 566 кг/мм². Спайность и отдельность не наблюдались. Палладодимит очень хрупок, что позволило отобрать материал для рентгенометрического исследования при сравнительно малом количестве вещества.

Таблица 3

Химический состав палладодимита (мас. %)
Chemical composition of palladodymite (wt %)

Компо- нент	Анализ				средний
	1	2	3	4	
Ru	2.1	2.6	2.1	2.8	2.4
Rh	26.9	28.9	27.9	26.7	26.7
Pd	34.4	32.3	33.7	33.5	33.5
Os	0.8	1.1	1.3	0.7	1.0
Ir	1.8	1.5	1.3	2.0	1.7
Pt	5.1	3.7	4.8	4.0	4.4
Ni	2.8	3.1	3.1	2.8	3.0
As	26.1	26.5	26.4	27.0	26.5
Сумма	100.0	99.7	100.6	99.5	100.1

Примечание. Условия анализа: ускоряющее напряжение 30 кВ, ток 5 нА, эталоны: для Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Fe, Ni, Cu — металлы, для As — синтетический InAs.

Рентгенометрическое исследование палладодимита выполнено методом Дебая—Шеррера в камере РКУ-114.6 мм, F_{α_2} -излучение. Порошкограмма минерала (табл. 2) близка к таковой синтетического β -Rh₂As и родарсенида. По аналогии для палладодимита принята ромбическая сингония с возможной пространственной группой *Rh*ma. Индексирование рентгенограммы и уточнение параметров элементарной ячейки привели к следующим результатам: $a_0 = 5.91$ (2), $b_0 = 90$ (1), $c_0 = 7.34$ (2) Å, $V_0 = 169$ Å³, $Z = 4$. Расчетная плотность $D_{\text{расч.}} = 11.3$ г/см³.

Химический состав минерала (табл. 3) изучен на сканирующем электронном микроскопе SAMSCAN с энергодисперсионным анализатором LINK-AN10000. Эмпирическая формула рассчитана по среднему из 4 анализов исходя из 3 атомов на формульную единицу: (Pd_{0.90}Rh_{0.77}Ni_{0.15}Ru_{0.07}Pt_{0.06}Ir_{0.03}Os_{0.02})_{2.00}As_{1.01}. Идеализированная формула (Pd, Rh)₂As. Хотелось бы отметить, что недавно описанный минерал родарсенид (Tarkian e. a., 1997) имеет химический состав (по двум зернам) (Rh_{1.67}Pd_{0.34})_{2.01}As_{0.99} и (Rh_{1.07}Pd_{0.94}Pt_{0.03})_{2.04}(As_{0.91}Sb_{0.04}Te_{0.01})_{0.96}. Последний анализ уже весьма близок к составу палладодимита. Можно предположить, что существует непрерывный изоморфный ряд β -Rh₂As — (Pd, Rh)₂As, по крайней мере до состава палладодимита. Однако для чистого Pd₂As неизвестен полиморф со структурной β -Rh₂As, поэтому на участке (Pd, Rh)₂As—Pd₂As несомненно имеется разрыв смешимости с переходом к структуре моноклинного палладоарсенида.

Эталонный образец палладодимита передан на хранение в Горный музей Санкт-Петербургского горного института.

Список литературы

- Бегизов В. Д., Мещанкина В. И., Дубакина Л. С. Палладоарсенид Pd₂As — новый природный арсенид палладия из медно-никелевых руд Октябрьского месторождения // ЗВМО. 1974. Вып. 1. С. 104—107.
- Бритвин С. Н., Рудашевский Н. С., Богданова А. Н., Щербачев Д. К. Полкановит Rh₁₂As₇ — новый минерал из россыпей реки Миасс (Урал) // ЗВМО. 1998. Вып. 2. С. 60—62.
- Генкин А. Д., Евстигнеева Т. Л., Тронева Л. В., Вальсов Л. Н. Маякит, PdNiAs — новый минерал из медно-никелевых сульфидных руд // ЗВМО. 1976. С. 698—703.
- Cabri L. J., Chen Tzong T., Stewart John M., Laflamme J. H. G. Two new palladium-arsenic-bismuth minerals from the Stillwater Complex Montana // Canad. Miner. 1976. Vol. 14. P. 410—413.
- Tarkian M., Krstić S., Klaska K.-H., Liessmann W. Rhodarsenide (Rh,Pd)₂As, a new mineral // Eur. J. Mineral. 1997. Vol. 9. P. 1321—1325.
- Quensel J. C., Heyding R. D. Transition metal arsenides V. A note on the rhodium/arsenic system and the monoclinic diarsenides of the cobalt family // Canad. J. Chem. 1962. Vol. 40. P. 814—818.

Поступила в редакцию
2 декабря 1998 г.