

обрамления Сибирского кратона и критерии поисков сульфидно-никелевых руд // Руды и металлы. 2006. № 6. С. 26-30.

3. Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б., Павлова Л.А. Первая находка минералов ЭПГ в сульфидных рудах ультрабазитов Ийско-Кукшерского прогиба // Докл. РАН. 2008. Т. 419. № 3. С. 384-386.

4. Симонов В.А., Колобов В.Ю., Пейве А.А. Петрология и геохимия геодинамических процессов в Центральной Атлантике. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ, 1999. 224 с.

АКЦЕССОРНАЯ СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ПЛАТИНОНОСНОГО ПОЯСА (НА ПРИМЕРЕ КОСЬВИНСКОГО ДУНИТОВОГО ТЕЛА КЫТЛЫМСКОГО МАССИВА)

Молошаг В.П., Гараева А.А., Нечкин Г.С., Воронина Л.К.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

e-mail: moloshag@igg.uran.ru

THE ACCESSORY SULFIDE MINERALIZATION OF THE URAL PLATINUM BELT (ON EXAMPLE OF KOS'VA DUNITE BODIES, KYTLYM MASSIF)

Moloshag V.P., Garaeva A.A., Nechkin G.S., Voronina L.K.

Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia

e-mail: moloshag@igg.uran.ru

Accessory base metal sulfide minerals, native copper, platinum group minerals (PGM) and amalgams have been studied and described in ultramafites of the Kos'va dunite body, Kytlym massif. A new sulfide is representative by solid-solution between heaslewodite $(\text{Ni,Fe})_{3\pm x}\text{S}_2$ and intermediate $\text{Cu}_{1\pm x}\text{Fe}_{1\pm y}\text{S}$ solid-solution was described in association with sulfides and PGM. This mineral was obtained by experimental work under 760°C [6]. Its composition may be used for determination of sulfur fugacity.

Результаты изучения минералогии элементов платиновой группы (ЭПГ) с помощью современных методов в Кытлымском и других массивов Платиноносного пояса, отражены в цикле работ 2002-07 гг. опубликованных Е.В. Пушкаревым с соавторами [4]. В последующих публикациях Ю.А. Волченко с соавторами 2005-07 выполнено описание текстур ЭПГ-содержащих хромититов в дунитах и пироксенитах, а также подтверждены ранее опубликованные результаты исследований состава минералов ЭПГ [1]. Наряду с известным коренным выходом клинопироксенитовой жилы с палладий-платиновой минерализацией, открытой Н.В. Бутыриным в 1948 году, установлены новые проявления данного типа минерализации в аллювии и коренном залегании [2, 5]. В предлагаемой статье основное внимание уделено составу акцессорных сульфидов меди, железа и никеля (base-metal sulfide), поскольку они присутствуют в парагенетической ассоциации с минералами ЭПГ, а также могут быть индикаторами условий их образования.

Акцессорные сульфиды представлены хизлевудитом $\text{Hz} - (\text{Ni,Fe})_{3-x}\text{S}_2$, пентландитом $\text{Pn} - (\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$, моносульфидным твердым раствором $\text{Mss} - (\text{Fe,Ni})_{1\pm x}\text{S}$, промежуточным твердым раствором $\text{Iss} - (\text{Fe,Cu})\text{S}$ и – твердыми растворами Hz-Iss , Mss-Iss четверной системы Fe-Ni-Cu-S [6]. Особенностью состава хизлевудита и образуемыми им твердыми растворами, является дефицит металлов по сравнению с идеальным соотношением металлов к сере, что отражено в таблицах 1, 2, где приведены составы их представительных образцов. Для существенно никелевой низкотемпературной модификации это соотношение составляет 3 : 2, при преобладании никеля что отвечает формуле Ni_3S_2 . Впервые обнаруженные нами твердые растворы хизлевудита Hz-Iss ранее получены экспериментальным путем при температуре 760°C [6]. Исходя из наличия изо- и тетраферроплатины в парагенезисе с названными сульфидными и данных упомянутой работы можно заключить, что логарифм летучести серы примерно составлял –5.5. Состав представитель-

Таблица 1

Состав акцессорных сульфидов, вес. %

№ обр.	фаза	Fe	Pt	Cu	S	Ni	Сумма
1026	H _z	33.48	0.04	0.07	29.56	34.63	99.78
968	M _{ss}	0.32	0.21	66.28	33.69	0.16	100.66
968	P _n	38.48	0.00	0.00	33.86	27.76	100.10
960	H _z -I _{ss}	1.93	0.00	56.21	28.09	14.22	100.44
960	Pt-H _z -I _{ss}	7.35	32.19	30.73	23.10	8.60	100.98
983	H _z	54.42	0.03	0.59	24.37	18.87	98.28
983	H _z	54.05	0.00	1.27	25.78	19.41	100.51
983	H _z -I _{ss}	43.25	0.00	21.33	20.19	14.97	99.74
961-1	M _{ss} -I _{ss}	8.44	0.00	35.63	34.03	22.15	100.27
961-2	M _{ss} -I _{ss}	14.02	8.98	10.53	32.51	25.02	96.45
961-3	M _{ss} -I _{ss}	9.14	0.06	32.18	33.82	23.35	99.21

Примечание. Анализы, представленные в таблицах 1-5, выполнены на микроанализаторе JXA-5. Содержания Ir, Os ниже чувствительности метода. Весовые количества % Pd и Hg в образцах 961-2 и 961-3 составляют (4.24; 1.14) и (0.65; 0.00) соответственно.

Обозначения: H_z – (Ni,Fe)₃₋₈S хизлевудит, P_n – (Ni,Fe)₉S₈ пентландит, M_{ss} – (Fe,Ni)₁₋₈S моносulfидный твердый раствор; I_{ss} – (Fe,Cu)S промежуточный твердый раствор; H_z-I_{ss}, M_{ss}-I_{ss} – серии твердых растворов четверной системы Fe-Ni-Cu-S [6].

Таблица 2

Состав акцессорных сульфидов ат. %

№ обр.	фаза	Fe	Pt	Cu	S	Ni	Σ M	S	x
1026	H _z	28.37	0.01	0.05	43.64	27.93	2.5827	2.0000	0.4173
968	M _{ss}	0.27	0.05	49.59	49.96	0.13	1.0526	1.0000	–
968	P _n	31.06	–	–	47.62	21.32	9.2944	8.0000	–
960	H _z -I _{ss}	1.69	–	43.42	43.00	11.89	2.3226	2.0000	0.6774
960	Pt-H _z -I _{ss}	8.00	9.97	29.37	43.78	8.90	2.5710	2.0000	–
983	H _z	47.18	0.01	0.45	36.80	15.57	2.6106	2.0000	0.3894
983	H _z	45.60	–	0.94	37.88	15.58	2.6370	2.0000	0.3630
983	H _z -I _{ss}	38.82	–	16.82	31.57	12.79	2.7302	2.0000	0.2698
961-1	M _{ss} -I _{ss}	7.03	–	26.09	49.34	15.68	1.0894	1.0000	–
961-2	M _{ss} -I _{ss}	12.88	2.35	8.51	52.03	21.87	0.9347	1.0000	–
961-3	M _{ss} -I _{ss}	7.69	0.01	23.78	49.54	18.68	1.0743	1.0000	–

Примечание. Атомные количества % Pd и Hg в образцах 961-2 и 961-3 составляют (2.05; 0.29) и (0.29; 0.00) соответственно.

Таблица 3

Состав интерметаллидов платины

№ обр.	формула	Fe	Pt	Cu	Ir	Pd	Hg	Os	Ni	Сумма
1026	Pt ₂ FeCu	10.08	75.28	12.73	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	99.26
1073	Pt ₂ FeCu	17.55	67.71	12.27	0.00	1.18	0.00	0.00	0.70	99.41
1073	Pt ₂ FeCu	15.13	71.33	11.49	0.00	0.91	0.00	0.00	0.70	99.56
1073	PtFe	20.73	75.01	1.56	0.89	1.11	0.00	0.00	0.35	99.65
961	Pt ₂ FeCu	10.97	72.47	13.85	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	98.51
1081	Pt ₂ FeCu	13.15	74.30	10.28	0.00	1.45	0.00	0.00	0.61	99.79
1081	(Pt, Ir,.) ₃ Fe	7.99	48.69	3.46	30.52	4.10	0.00	2.33	0.54	97.63
968	Pt ₂ FeCu	11.72	69.08	14.42	0.00	0.00	0.00	3.71	0.06	98.99
979	Pt ₂ FeCu	14.61	73.22	10.62	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	99.04

ных образцов интерметаллидов платины приведен в табл. 3. Косвенным подтверждением данной умеренной оценки летучести серы является отсутствие железо-никелевых интерметаллидов и борнита в ассоциации с исследуемыми минералами. Заслуживает внимания достаточно часто

Таблица 4

Состав самородной меди

№ обр.	Fe	Pt	Cu	Pd	Ni	Сумма
1026	0.67	0.03	98.44	0.00	0.15	99.28
1026	0.32	0.00	98.07	0.00	0.00	98.39
968	0.22	0.30	97.88	0.29	0.17	98.86
968	0.23	0.20	98.02	0.00	0.15	98.61
983	11.32	0.00	88.41	0.00	0.00	99.73

Примечание. Содержания Ir, Os, Hg, S ниже чувствительности метода.

Таблица 5

Амальгамы и ртутьсодержащие интерметаллиды

№ обр.	Fe	Pt	Cu	Ir	Pd	Hg	Os	S	Ni	Сумма
1026	5.75	27.31	5.02	0.00	1.43	35.96	4.33	0.00	0.00	96.80
1026	1.75	0.46	36.40	0.00	17.50	37.66	4.67	0.20	0.54	99.18
1026	15.34	55.40	0.96	3.98	1.02	7.90	8.44	0.05	1.12	94.21
961	7.77	0.94	6.94	0.00	24.74	59.57	0.00	0.00	0.00	99.97
968	0.13	0.62	1.76	0.00	30.34	63.41	3.11	0.00	0.22	99.59
968	0.48	0.64	10.56	0.00	25.35	58.94	1.98	0.00	0.38	98.33
968	4.57	0.33	11.29	0.00	24.78	54.99	1.78	0.00	0.38	98.14
968	4.79	30.20	27.70	0.00	15.70	18.18	1.77	0.00	1.11	99.44
961	7.77	0.94	6.94	0.00	24.74	59.57	0.00	0.00	0.00	99.97

встречающаяся в данной ассоциации самородная медь, которая может содержать примеси палладия и платины (табл. 4).

Наряду с этим в клинопироксенитах Бутыринской жилы нами обнаружена ранее неизвестная в коренных и россыпных месторождениях платины на Урале природная амальгама палладия – потарит (Pd,Cu)Hg [2, 5]. Состав данного минерала отличается разнообразием примесей и широким диапазоном изменения их концентрации (табл. 5). Потарит является одной из ведущих минеральных форм палладия, что подтверждено также исследованиями Ю.А. Волченко с соавторами [1]. Среднее содержание ртути в гипербазитах данных массивов составляет $1.5 \cdot 10^{-6}$ %, но в отдельных участках отмечаются спорадически повышенные значения, достигающие $n \cdot 10^{-5}$ %, которые интерпретируются с позиций позднего, наложенного поступления ртути по зонам глубоких разломов [3]. Эти представления согласуются с поздним внедрением клинопироксенитовых жил, содержащих палладиевую и ртутную минерализацию, в дуниты.

Таким образом, состав акцессорных сульфидных минералов и интерметаллидов платины в перспективе может служить одним из индикаторов физико-химических условий платиноидной минерализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волченко Ю.А., Иванов К.С., Коротеев В.А., Оже Т. Структурно-вещественная эволюция комплексов Платиноносного пояса Урала при формировании хромит-платиновых месторождений уральского типа. Часть II // Литосфера. 2007. № 4. С. 73-101.
2. Молошаг В.П., Хачай О.А., Гараева А.А., Нечкин Г.С., Неустроева И.И., Воронина Л.К. Минералого-геохимические особенности распределения палладий-платиновой минерализации в дунитах (на примере дунитового тела Косьювинского плеча) // Ежегодник-2005. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 375-378.
3. Озерова Н.А. Ртуть и эндогенное рудообразование. М.: Наука, 1986. 232 с.
4. Пушкарев Е.В., Аникина Е.В., Гарути Дж., Заккарини Ф. Хром-платиновое оруденение нижнетатагильского типа на Урале: структурно-вещественная характеристика и проблема генезиса // Литосфера. 2007. № 3. С. 28-65.
5. Хачай О.А., Молошаг В.П., О.Ю.Хачай, Новгородова Е.Н., Доломанский Ю.К. Комплексный геолого-геофизический подход к изучению процесса россыпеобразования на флангах Лобвинского месторождения платины // Геофизический журнал. 2005. Т. 27. № 4. С. 667-677.
6. Peregoedova A., Ohnenstetter M. Collectors of Pt, Pd and Rh in a S-poor Fe-Ni-Cu sulfide system at 760°C: Experimental data and application to ore deposits // Canadian Mineralogist. 2002. V. 40. P. 527-561.