

НОВЫЙ ПАРАГЕНЕЗИС ПЛАТИНО-ПАЛЛАДИЕВЫХ МИНЕРАЛОВ И АМАЛЬГАМОИДОВ В МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ КОМПЛЕКСАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Волченко Ю.А. (volchenko@igg.uran.ru), Коротеев В.А., Евстигнеева Т.Л., Воронина Л.К., Нестерова С.И.

Уральское отделение. Институт геологии и геохимии УрО РАН

NEW PARAGENESIS OF PLATINO-PALLADIUM MINERALS AND AMALGAMES IN THE MAFIT-ULTRAMAFIT COMPLEX OF MIDDLE URALS

Volchenko Yu.A., Koroteev V.A., Evstigneeva T.L., Voronina L.K., Nesterova S.I.

Urals branch. Institute of Geology and Geochemistry, Ural Division of RAS

В объеме руд Уральского типа, связанных в первую очередь с дунитовыми членами габбро-пироксенит-дунитовой формации собственно Платиноносного пояса Урала, нами на основе минералогеохимических и структурно-геологических критериев выделены три подтипа платинопроявлений, различающихся относительной степенью связи хром-ферришпинелидов и платины, морфологией, размером и составом ее выделений, составом хромшпинелида и оливина: хромитовый, дунитовый и пегматитовый подтипы. Впервые выделенный и детально исследованный нами на основе Бутыринского и других аналогичных платинопроявлений пегматитовый подтип платино-палладиевых руд (1) содержит необычный новый парагенезис минералов палладия, платины и ртути: палладистую тетраферроплатину, палладистый туламинит, потарит, амальгамиды платинисто-палладистой меди переменного состава, палладистую и платинистую медь. На основе исследования около 100 фаз различными методами РСМА выяснен их типоморфизм и типохимизм (табл. 1, 2 и рис. 1). Исследованные фазы встречаются в полированных шлифах и цементационных препаратах в виде моновыделений и сростков двух-четырех минералов ЭПГ с ферри-хромшпинелидами, клинопироксенами, сульфидами цветных металлов и самородной медью. Размеры выделений и сростков изменяются от 10-30 мкм до 100-400 мкм. Результаты гранулометрического анализа: зерна размером 10-100 мкм – 87,5%; 100-400 мкм – 12%; 400 мкм и более – 0,5%.

Тетраферроплатина палладистая слагает выделения от 20*40 до 100*200 мкм, средние размеры – 75 мкм. Содержание палладия в тетраферроплатине от 1,7 до 5,8 мас.%, среднее содержание 4 мас.%. Постоянно присутствуют ощутимые, а иногда и повышенные (до 4,4 мас.%) примеси ртути, среднее содержание которой составляет 0,88 мас.%. Морфология выделений тетраферроплатины различна: овальные, изометричные, пластинчатые и квадратные зерна с узкими (до 10-20 мкм) каймами, сложенными пористыми амальгамами с включениями самородной меди и реликтами

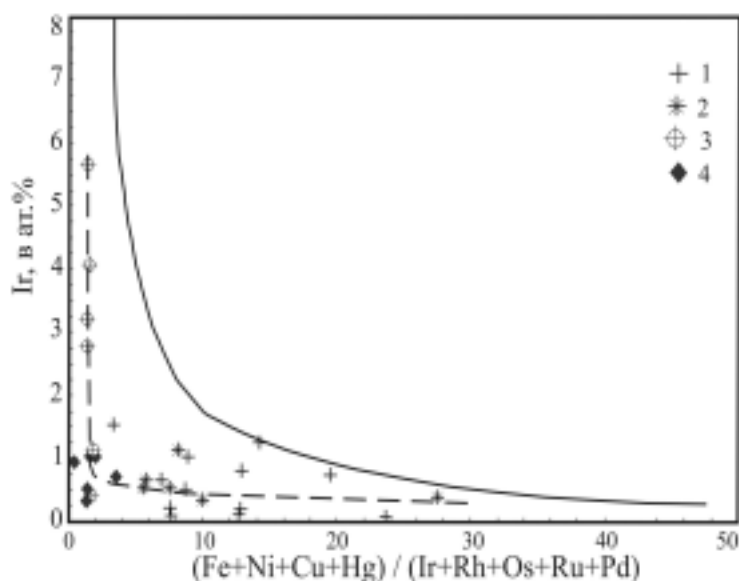


Рис. 1. Эволюция состава минералов платиновых металлов в месторождениях Уральского типа. Черная толстая линия – хромитовый подтип, черная тонкая линия – дунитовый подтип, черный пунктир – пегматитовый подтип.

1. тетраферроплатина палладистая, медистая, малоиридиевая, ртутьсодержащая
2. туламинит палладистый ртутьсодержащий
3. потарит медистый, иридийсодержащий
4. медь палладистая и платинистая.

**Химический состав собственных минералов благородных металлов в рудах
пегматитового подтипа (в мас.%)**

№	№ обр.	Pt	Pd	Rh	Ir	Au	Fe	Cu	Ni	Hg	Сумма
Тетраферроплатина палладистая											
1	Б-1-10	71,96	4,20	0,02	0,60	0,02	14,00	6,62	0,26	0,63	98,31
2	Б-1-13	70,50	5,20	0,11	1,04	-	11,60	8,20	0,92	1,04	98,61
3	Б-1-19	70,20	2,00	0,04	1,80	-	11,61	10,90	0,64	0,90	98,09
4	Б-1-21	71,50	1,74	0,06	1,12	-	12,10	11,00	0,56	0,46	98,54
5	Б-1-22	69,20	4,50	0,06	1,60	-	13,30	11,80	0,81	0,39	101,66
6	Б-1-25	72,29	2,80	0,05	1,20	-	10,94	10,89	2,03	0,41	100,61
7	Б-1-50	66,00	3,98	-	-	-	12,63	13,85	1,50	0,60	98,56
8	Б-2-1	69,90	3,60	-	-	-	14,90	10,00	сл.	сл.	98,40
9	Б-2-2	67,86	3,64	-	-	-	13,40	9,40	0,78	сл.	95,08
10	Б-2-31	62,45	5,80	-	-	-	14,30	7,10	0,90	4,45	95,00
11	Б-2-32	68,60	4,98	-	-	-	16,20	8,20	0,80	сл.	98,78
12	Б-2-33	68,10	2,10	-	-	-	14,00	12,84	0,95	сл.	97,99
Туламинит палладистый											
13	Б-1-1	70,68	1,90	0,05	0,48	-	12,63	10,93	1,10	0,71	98,48
14	Б-1-2	70,42	3,89	0,03	1,66	0,03	11,14	8,25	0,73	5,00	101,15
15	Б-1-8	63,00	6,49	0,04	0,91	0,02	4,34	11,80	2,46	12,90	101,96
16	Б-1-12	71,80	6,55	0,11	0,82	0,02	9,96	11,90	0,38	0,41	101,95
17	Б-1-16	68,90	5,80	0,03	0,78	-	11,90	13,00	1,27	0,57	102,25
18	Б-1-18	71,00	1,50	0,03	0,56	-	11,64	14,60	0,72	0,38	100,43
19	Б-1-41	62,20	4,10	-	-	-	16,90	12,20	1,87	сл.	97,27
20	Б-1-42	61,57	2,55	-	-	-	16,00	14,00	1,91	сл.	96,04
21	Б-1-43	63,00	2,10	-	-	-	15,00	12,68	3,24	сл.	96,02
22	Б-1-53	60,93	5,10	-	-	-	12,90	19,72	1,90	сл.	100,55
23	Б-1-57	69,89	2,64	-	-	-	13,39	14,21	сл.	2,66	102,79
24	Б-1-63	60,72	9,73	-	-	-	11,60	10,81	3,40	4,61	100,87
25	Б-2-25	67,20	3,25	-	-	-	12,42	12,17	сл.	3,70	98,74
26	Б-2-13	54,90	8,10	-	-	-	11,90	12,10	сл.	7,10	94,10
27	Б-2-28	71,50	сл.	-	-	-	10,90	13,71	1,31	сл.	97,42
28	Б-2-34	54,80	7,80	-	-	-	12,40	19,63	сл.	сл.	94,63
29	Б-2-25а	65,70	3,25	-	-	-	11,60	11,90	сл.	3,80	96,26
Потарит медистый											
30	Б-1-5	6,22	34,80	-	0,60	0,04	2,11	21,10	0,29	33,10	98,26
31	Б-1-15	5,60	30,90	-	4,60	-	5,20	5,80	0,74	43,30	96,17
32	Б-1-20	2,90	31,30	-	5,90	0,04	2,10	10,41	1,05	43,74	97,44
33	Б-1-14	5,10	31,40	-	4,00	-	3,00	9,30	0,39	44,00	97,21
34	Б-1-24	3,53	30,40	-	8,00	0,04	1,06	8,90	0,45	45,40	97,78
35	Б-1-29	сл.	33,74	-	-	-	0,56	4,84	сл.	63,54	102,68
36	Б-1-32	0,65	32,84	-	-	-	0,77	4,18	сл.	61,37	99,81
37	Б-1-49	сл.	33,79	-	-	-	0,30	3,49	сл.	62,40	99,98
38	Б-1-56	7,24	31,52	-	-	-	3,93	3,00	сл.	55,14	100,83
39	Б-2-24	18,00	27,00	-	-	-	3,70	4,70	сл.	45,90	99,30
Амальгамы платинисто-палладистой меди											
40	Б-1-3	35,94	16,10	-	1,15	-	4,65	22,40	0,51	17,82	98,59
41	Б-1-4	38,30	24,66	-	0,78	-	2,27	9,54	0,64	25,21	101,42
42	Б-1-6	20,71	30,63	-	0,47	-	3,67	5,12	3,37	36,80	100,79
43	Б-1-9	15,10	33,09	-	1,70	-	4,74	11,43	2,36	30,41	98,83
44	Б-1-11	32,70	30,43	-	0,32	-	2,66	3,00	0,41	31,78	101,32
45	Б-1-17	20,61	26,20	0,10	1,80	-	3,60	15,00	2,00	32,60	101,91

Всероссийская научная конференция

46	Б-1-9а	37,40	5,91	-	-	-	7,37	46,55	0,81	0,98	99,02
47	Б-1-33	2,73	25,37	-	-	-	1,02	32,75	сл.	36,63	98,50
48	Б-1-39	1,01	29,67	-	-	-	2,78	10,24	сл.	53,30	97,00
49	Б-1-40	3,30	27,89	-	-	-	5,57	29,92	сл.	30,30	96,98
50	Б-1-58	4,20	25,96	-	-	-	3,63	9,77	сл.	50,48	94,04
51	Б-1-61	32,54	18,90	-	-	-	6,69	13,50	сл.	27,60	99,23
52	Б-1-62	17,66	22,60	-	-	-	3,75	28,21	0,65	25,46	98,33
53	Б-2-3	39,00	25,00	-	-	-	8,62	11,70	сл.	10,90	95,22
54	Б-2-5	40,87	24,64	-	-	-	10,90	12,00	сл.	10,40	98,81
55	Б-2-24а	17,40	26,37	-	-	-	4,48	4,46	сл.	45,65	98,36
56	Б-2-26	30,33	18,60	-	-	-	7,50	13,40	сл.	28,60	98,43
57	Б-2-12	23,35	23,77	-	-	-	5,57	6,40	сл.	37,95	97,04
58	Б-2-25	сл.	32,70			Ag- 2,92	12,00	1,50	сл.	52,39	101,50
59	Б-2-29	сл.	29,86	-	-	-	3,98	33,19	сл.	32,60	99,63
60	Б-2-30	44,18	16,90	-	-	-	9,90	11,00	0,50	20,00	102,48
61	Б-2-18	сл.	30,64	-	-	-	12,30	11,28	сл.	44,74	98,96
62	Б-2-19	31,00	19,00	-	-	-	17,50	9,90	сл.	13,00	90,40
63	Б-2-26а	27,92	21,83	-	-	-	7,20	9,52	сл.	30,75	97,22
Медь палладистая и платинистая											
64	Б-1-52	22,16	19,92	-	-	-	5,24	54,53	-	-	101,85
65	Б-2-4	58,10	15,54	-	-	-	12,00	14,64	-	-	100,28
66	Б-2-5	-	8,2	-	-	-	11,40	76,50	-	-	96,10
67	Б-2-6	-	6,7	-	-	-	11,9	75,90	-	-	94,50
Атомные концентрации											
1	Б-1-10	47,64	5,10	0,03	0,40	-	32,38	13,46	0,57	0,41	100,00
2	Б-1-13	46,67	6,31	0,14	0,70	-	26,82	16,67	2,02	0,67	100,00
3	Б-1-19	45,95	2,40	0,05	1,20	-	26,53	21,91	1,39	0,57	100,00
4	Б-1-21	46,34	2,07	0,07	0,74	-	27,39	21,89	1,21	0,29	100,00
5	Б-1-22	41,95	5,00	0,07	0,99	-	28,17	21,96	1,63	0,23	100,00
6	Б-1-25	45,89	3,26	0,06	0,77	-	24,26	21,23	4,28	0,25	100,00
7	Б-1-50	39,88	4,41	-	-	-	26,66	25,69	3,01	0,35	100,00
8	Б-2-1	43,89	4,15	-	-	-	32,68	19,28	-	-	100,00
9	Б-2-2	44,41	4,37	-	-	-	30,64	18,89	1,70	-	100,00
10	Б-2-31	41,04	6,99	-	-	-	32,83	14,33	1,97	2,84	100,00
11	Б-2-32	42,31	6,63	-	-	-	34,90	15,53	1,64	-	100,00
12	Б-2-33	41,67	2,36	-	-	-	29,92	24,12	1,93	-	100,00
13	Б-1-1	45,09	2,22	0,06	0,31	-	28,14	21,41	2,33	0,44	100,00
14	Б-1-2	46,65	4,73	0,04	1,12	-	25,78	16,78	1,61	3,28	100,00
15	Б-1-8	42,47	8,02	0,05	0,62	-	10,22	24,63	5,51	8,46	100,00
16	Б-1-12	45,48	7,61	0,13	0,53	-	22,04	23,15	0,80	0,25	100,00
17	Б-1-16	41,35	6,38	0,03	0,48	-	24,95	23,95	2,53	0,33	100,00
18	Б-1-18	43,66	1,69	0,04	0,35	-	25,00	27,57	1,47	0,23	100,00
19	Б-1-41	36,11	4,36	-	-	-	34,27	21,65	3,61	-	100,00
20	Б-1-42	35,91	2,73	-	-	-	32,60	25,07	3,70	-	100,00
21	Б-1-43	37,30	2,28	-	-	-	31,02	23,05	6,35	-	100,00
22	Б-1-53	33,44	5,13	-	-	-	24,73	33,23	3,47	-	100,00
23	Б-1-57	41,67	2,89	-	-	-	27,89	26,01	-	1,54	100,00
24	Б-1-63	36,13	10,62	-	-	-	24,11	19,75	6,72	2,67	100,00
25	Б-2-25	42,66	3,78	-	-	-	27,55	23,72	-	2,29	100,00
26	Б-2-13	35,40	9,58	-	-	-	26,81	23,76	-	4,45	100,00
27	Б-2-28	45,83	-	-	-	-	24,40	26,98	2,79	-	100,00
28	Б-2-34	31,73	8,28	-	-	-	25,08	34,90	-	-	100,00
29	Б-2-25а	43,11	3,91	-	-	-	26,59	23,97	-	2,43	100,00

34	Б-1-24	2,45	38,71	-	5,55	-	2,57	18,98	1,04	30,67	100,00
35	Б-1-29	-	44,04	-	-	-	1,39	10,58	-	43,99	100,00
36	Б-1-32	0,48	44,25	-	-	-	1,98	9,43	-	43,86	100,00
37	Б-1-49	-	46,10	-	-	-	0,78	7,97	-	45,15	100,00
38	Б-1-56	5,11	40,81	-	-	-	9,70	6,51	-	37,87	100,00
39	Б-2-24	12,47	34,66	-	-	-	11,22	9,82	-	31,83	100,00
40	Б-1-3	21,06	17,29	-	0,68	-	9,52	40,29	0,99	10,15	100,00
41	Б-1-4	25,85	30,51	-	0,54	-	5,35	19,77	1,44	16,54	100,00
42	Б-1-6	13,54	36,72	-	0,31	-	8,41	10,28	7,32	23,40	100,00
43	Б-1-9	9,06	36,41	-	1,04	-	9,94	21,06	4,71	17,78	100,00
44	Б-1-11	23,42	39,96	-	0,23	-	6,66	6,60	0,98	22,14	100,00
45	Б-1-17	12,28	28,66	0,11	1,09	-	7,50	27,47	3,96	18,91	100,00
46	Б-1-9а	17,09	5,12	-	-	-	11,62	64,52	1,22	0,44	100,00
47	Б-1-33	1,45	24,61	-	-	-	1,89	53,21	-	18,85	100,00
48	Б-1-39	0,68	36,66	-	-	-	6,54	21,19	-	34,93	100,00
49	Б-1-40	1,69	26,19	-	-	-	9,97	47,06	-	15,10	100,00
50	Б-1-58	2,93	33,15	-	-	-	8,83	20,89	-	34,20	100,00
51	Б-1-61	20,48	21,82	-	-	-	14,71	26,09	-	16,90	100,00
52	Б-1-62	9,51	22,31	-	-	-	7,05	46,63	1,16	13,33	100,00
53	Б-2-3	24,15	28,39	-	-	-	18,65	22,25	-	6,57	100,00
54	Б-2-5	23,89	26,41	-	-	-	22,26	21,54	-	5,91	100,00
55	Б-2-24а	12,47	34,66	-	-	-	11,22	9,82	-	31,83	100,00
56	Б-2-26	19,00	21,37	-	-	-	16,42	25,78	-	17,43	100,00
57	Б-2-12	16,33	30,49	-	-	-	13,61	13,75	-	25,82	100,00
58	Б-2-25	-	36,85	-	Ag- 3,25	-	25,76	2,83	-	31,31	100,00
59	Б-2-29	-	27,07	-	-	-	6,87	50,39	-	15,68	100,00
60	Б-2-30	26,84	18,82	-	-	-	21,00	20,51	1,00	11,82	100,00
61	Б-2-18	-	31,69	-	-	-	24,24	19,53	-	24,54	100,00
62	Б-2-19	18,23	20,49	-	-	-	35,96	17,88	-	7,44	100,00
63	Б-2-26а	18,34	26,29	-	-	-	16,52	19,20	-	19,65	100,00
64	Б-1-52	9,07	14,94	-	-	-	7,49	68,50	-	-	100,00
65	Б-2-4	33,49	16,43	-	-	-	24,17	25,91	-	-	100,00
66	Б-2-5	-	5,19	-	-	-	13,75	81,06	-	-	100,00
67	Б-2-6	-	4,28	-	-	-	14,49	81,23	-	-	100,00

Примечание: анализ образцов проводился рентгено-спектральным методом на приборе JXA-5 в Институте геологии и геохимии УрО РАН (аналитик Л.К. Воронина), а так же на сканирующем электронном микроскопе фирмы JEOL, оснащенный энерго-дисперсионными приставками: JSM-5300+ЭДД INCA (Oxford), 2. JSM-5610+ЭДД JED-2300 (JEOL) в институте ИГЕМ, аналитик Трубкин Н.В. Образцы: 1-12 тетраферроплатина палладистая, медистая, малоиридийная, ртутьсодержащая; 13-29 туламинит палладистый ртутьсодержащий; 30-39 потарит медистый, иридийсодержащий; 40-63 амальгамы платинисто-палладистой меди; 64-67 медь палладистая и платинистая.

сульфидов цветных металлов. Отношение базисных металлов к сумме благороднометаллических примесей составляет около 10. Типохимизм тетраферроплатины в первую очередь определяется повышенным, а иногда и высоким содержанием палладия и меди, при устойчиво низких содержаниях иридия и наличии характерных примесей ртути.

Туламинит палладистый слагает выделения размером от 5-10-20 до 100-150 мкм, средние размеры 70 мкм. Содержание палладия в туламините изменяется в широких пределах: от 1,5-2 до 9,7 мас.%, среднее содержание 4,4 мас.%. Содержание ртути изменяется в широких пределах от следов и 0,1 до 7-12 мас.%, среднее содержание 2,5 мас.%. Туламинит слагает мелкие и тонкие кристаллы квадратной и треугольной формы, реже пластинчатой и клиновидной формы в сростках с тетраферроплатиной палладистой, амальгамами и сульфидами цветных металлов. Отношение базисных металлов к сумме благороднометаллических примесей около 10. Типохимизм туламинита определяется высокими содержаниями палладия и постоянными примесными количествами ртути.

Таблица 2

Химический (в мас.%) состав сульфидов, арсенидов и сульфотеллуридов с примесями благородных металлов

№п.п.	№ фазы	Cu	Fe	Ni	Co	Pt	Pd	Rh	Au	Ag	Hg	S	As	Te	Сумма
1	Б-1-46	12,50	24,80	27,90	сл.	0,30	6,00	0,20	сл.	-	3,00	27,00	-	-	101,70
2	Б-1-24	0,60	30,20	30,59	3,94	-	-	-	сл.	-	-	31,80	-	-	97,13
3	Б-1-36	28,10	27,60	7,10	0,10	-	-	-	0,10	-	-	30,35	-	-	93,35
4	Б-2-18	33,59	30,64	-	сл.	-	-	-	0,10	-	-	34,30	-	-	98,63
5	Б-1-51	56,50	6,20	6,90	1,34	-	-	1,03	-	-	-	24,40	-	-	96,37
6	Б-1-59	67,40	6,30	0,30	сл.	-	-	-	0,10	-	-	24,00	-	-	98,10
7	Б-2-20	24,50	23,30	0,80	сл.	-	-	-	0,10	17,02	-	24,20	-	11,92	101,84
8	Б-1-70	0,10	1,10	49,80	сл.	4,00	1,00	0,12	0,40	0,10	-	-	46,00	-	102,62
Атомные концентрации															
1	Б-1-46	9,68	21,84	23,38	-	0,08	2,77	0,10	-	-	0,74	41,42	-	-	100,00
2	Б-1-24	0,44	25,39	24,46	3,14	-	-	-	-	-	-	46,57	-	-	100,00
3	Б-1-36	20,19	25,26	6,09	0,09	-	-	-	0,03	-	-	48,37	-	-	100,00
4	Б-2-18	24,62	25,55	-	-	-	-	-	0,02	-	-	49,81	-	-	100,00
5	Б-1-51	46,52	5,81	6,15	1,19	-	-	0,52	-	-	-	39,81	-	-	100,00
6	Б-1-59	55,03	5,85	0,27	-	-	-	-	0,03	-	-	38,83	-	-	100,00
7	Б-2-20	21,15	22,89	0,75	-	-	-	-	0,03	8,66	-	41,40	-	5,13	100,00
8	Б-1-70	0,10	1,30	55,90	-	1,35	0,62	0,08	0,13	0,06	-	-	40,46	-	100,00

Примечание: Анализ проводился рентгеноспектральным методом на сканирующем электронном микроскопе фирмы JEOL, оснащенном энерго-дисперсионными приставками: 1. JSM-5300 + ЭДП ИСА (Oxford), 2. JSM-5610 + ЭДП JED-2300 (JEOL) в институте ИГЕМ, аналитик Трубкин Н.В. Образцы: 1-2 пентландит; 3-4 халькопирит; 5-6 борнит; 7- сульфотеллурид Cu, Fe, Ag; 8- маухерит с повышенными содержаниями Pt, Pd, Rh.

Потарит медистый встречается в виде сростков с хромтитаномагнетитом, туламинитом, клинопироксеном, сульфидами цветных металлов и тетраферроплатиной. Размеры выделений от 5-10 мкм до 50 мкм, средние размеры 30 мкм. Содержание палладия в потарите составляет от 27 до 34,8 мас.%. Содержание меди от 3 до 21,1 мас.%, среднее ее содержание 7,57 мас.%. Содержание ртути от 33,1 до 63,5 мас.%. Кристаллические зерна потарита имеют изометричную, квадратную, пластинчатую форму. Отношение базисных металлов к сумме благороднометаллических примесей составляет 1,2-1,6. Типохимизм потарита определяется повышенными содержаниями меди, платины и железа.

Амальгамы платинисто-палладистой меди встречаются очень часто. Присутствуют в виде самостоятельных выделений, а также коррозийных кайм с реликтовыми включениями сульфидов цветных металлов и платино-палладиевых фаз. Размеры выделений от 10-20 до 130 мкм, средние размеры 50 мкм. Содержание палладия в амальгамах от 6 до 33 мас.%, среднее 24,4 мас.%. Содержание платины от 1,0 до 40,87 мас.%, среднее содержание 21,5. Содержание меди от 3,0 до 46,5 мас.%, среднее содержание меди 15,0 мас.%. Содержание ртути изменяется в широких пределах от 1,0-10,4 до 50-53 мас.%, что и определяет разнообразие типов амальгам платинисто-палладистой меди. Амальгамы слагают пятна, каймы, полосы шириной до 30-40 мкм, и зональные пятнисто-прожилково-сетчатые образования. Отношение базисных металлов к сумме благороднометаллических примесей составляет 1-2-3 до 10. Типохимизм амальгам определяется постоянным присутствием повышенных и высоких количеств меди, и наличием примесных количеств иридия и никеля.

Медь палладистая и палладисто-платинистая. Размеры ее выделений от 10-20 мкм до 160 мкм, средние размеры 60 мкм. Содержание палладия в самородной меди с реликтовыми включениями сульфидов железа и меди от 6,7 до 19,9 мас.%. Среднее содержание палладия 12,6 мас.%. Содержание платины от 22 до 58 мас.%. Самородная медь находится в виде очень мелких зерен-включений в хромтитаномагнетите и различных сульфидах, а так же в пористых каймах, обрастающих туламинит и палладистую тетраферроплатину. Морфология зерен каплевидная, изометричная и клиновидная. Типохимизм самородной меди определяется отсутствием ртути и повышенными содержаниями палладия, железа, а иногда и платины.

В парагенных перечисленным платинометаллическим минералам сульфидах, сульфотеллуридах и арсенидах цветных металлов (табл. 2) впервые установлены ощутимые примесные количества благородных металлов. Так, в арсенидах никеля типа маухерита, содержится до 6-7 мас.% платины, до 1 мас.% палладия и иридия. В медистом пентландите, содержащем до 12,5 мас.% меди, установлены десятые доли до 0,3 мас.% платины и родия, и до 6 мас.% палладия. Железо-платиновые сплавы, обогащенные палладием и медью, составляют более 60% от общего количества идентифицированных минеральных фаз (табл. 1). Более 40% встреченных фаз представлены амальгамами переменного состава на основе палладия, платины и меди – потариты, амальгамиды платинисто-палладистой меди. Менее 1% фаз сложены сульфидами, сульфотеллуридами и арсенидами цветных металлов и продуктами их изменения, содержащими ощутимые примесные количества палладия, платины, родия. Осмий и рутений отсутствуют, родий содержится в минимальных количествах. Общая эволюция состава минералов платиновых металлов в проявлениях пегматитового подтипа показана на рис. 1. В составе нового парагенезиса присутствуют малохромистые высокожелезистые и высокотитанистые шпинели (хромтитаномагнетиты) и умеренно железистые силикаты (оливины и клинопироксены) с железистостью 8,2-8,6 мол.% и 7,5-12 мол.% соответственно. Для оливинов характерно повышенное содержание CaO до 0,56 мас.%. Рассчитанные параметры термодинамического режима формирования этих руд свидетельствуют об условиях сравнительно низких температур (660-820°C), при относительно высоких значениях фугитивности кислорода ((+1,3)-(+3,5))log единиц относительно буфера FMQ.

Таким образом, платино-палладиевые хромтитаномагнетитовые руды в дунит-пегматитовых и клинопироксенит-пегматитовых жилах не могут рассматриваться в качестве аналога, а тем более генотипа пироксенитовых палладиевых руд Урала, но дают представление о заключительных наиболее низкотемпературных процессах протекавших в платиновых месторождениях Уральского типа. Резко преобладающий мелкий и пылевидный металл с размером зерен менее 100-50 мкм определяет практически нероссыпеобразующий характер руд пегматитового подтипа. Таким образом, впервые установлены новые минеральные виды платины и палладия в рудах Уральского типа: палладистая тетраферроплатина, палладистый туламинит, потариты медистые, различные амальгамоиды платинисто-палладистой меди, медь самородная платинистая и палладистая.