

Ю.А. Волченко, В.А. Коротеев, К.К. Золоев, А.Н.Мардиросьян, Л.К.Воронина

**МАЛОСУЛЬФИДНОЕ ПЛАТИНОМЕТАЛЬНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В
УЛЬТРАМАФИТАХ ВОЛКОВСКОГО МАССИВА
(СРЕДНИЙ УРАЛ)**

Выполненная работа продолжает цикл исследований новых для Урала типов платинопроявлений [1-6,8] и посвящена оценке платиноносности массивов сложно дифференцированных рудоносных габбро, формирующихся на предконтинентальной стадии развития уральской подвижной системы.

Золотопалладиевое оруденение в габбро Волковского массива известно давно и связано с собственно медносульфидными и медно-железо-ванадиевыми (апатит - титаномagnetит - медносульфидными) рудами верхних и средних частей разреза. Благороднометальная специализация этих руд определяется резким преобладанием палладия и золота над платиной, постоянным присутствием повышенных содержаний серебра и очень низкими содержаниями остальных платиновых металлов. Для метаморфогенного по своей природе золотопалладиевого оруденения [7-8] установлена сопряженность платиноносности и медистости руд, при этом в медносульфидных рудах верхних частей разреза, содержащих 0,6-4,6 мас.% меди и 1,0-5,0 мас.% серы, содержание платиноидов и золота в сумме достигает 1-7 г/т, в то время как в медносульфидно-апатит-титаномagnetитовых рудах средних частей разреза, содержащих 0,3-0,7 мас.% меди и 0,5-1,2 мас.% се-

ры, их количество не превышает 0,1-0,3 г/т. В нижней части разреза благороднометальное оруденение до последнего времени известно не было.

Малосульфидное платинометальное оруденение нового типа выявлено нами в нижней части разреза Волковского массива в зоне перехода от мафитов к ультрамафитам. В южной периферической части этого массива, в пределах опрокинутого и взброшенного тектонического блока, вскрывается зона перехода от амфибол-пироксеновых и оливиновых такситовых габбро к плагиоклазовым и мономинеральным клинопироксенитам, оливиновым клинопироксенитам и верлитам. Здесь, в непосредственной близости от рудной зоны Баронских титаномagnetитовых месторождений, выявлен и прослежен на сотни метров маломощный (0,5-2 м) прерывистый горизонт тектонизированных и метаморфизованных апатитовых оливинитов, вмещающих концентрированное золото-платино-палладиевое оруденение. Апатитовые оливиниты представляют собой мелкозернистые породы темно-серого и черного цвета полосчатой и пятнисто-полосчатой текстуры, обусловленной неравномерным распределением апатита и рудных минералов. Первичный парагенезис представлен на 70-75 % высокожелезистым оливином (Fa 19-20 %) в виде мелких (0,2-0,5 до 1 мм) зерен, замещенных лизардитом; на 20-25% фторапатитом, по распределению РЗЭ подобным фторапатиту верхних и средних горизонтов Волковского массива [10], в виде катаклазированных зерен размером 0,1-0,6 до 2 мм, акцессорными клинопироксеном, амфиболом, титаномagnetитом и сульфидами (халькопирит, борнит, пирит). Массовая ранняя серпентинизация сопровождалась выделением большого количества железа в виде магнетита (до 7-8 мас.%), формирующего индивидуальные зерна 0,02-0,1 мм и тонкие, секущие апатит и клинопироксен прожилки размером до 2,0 x 0,2 мм, а также каймы вокруг зерен гематитизированного титаномagnetита. Более поздние метаморфогенно-гидротермальные преобразования апатитовых оливинитов связаны с широко проявленными процессами антигоритизации, флогопитизации, хлоритизации, оталькования и сопровождались возникновением новых парагенезисов силикатных и рудных минералов, включая продуктивный на благородные металлы.

Таблица 1

Химический состав (мас. %) апатитовых оливинитов Волковского массива, вмещающих малосульфидное платинометальное оруденение (содержание благородных металлов, г/т)

Компонент	1(56В)*	2(56Р)	3(829/4)	Компонент	1(56В)	2(56Р)	3(829/4)
SiO ₂	29,50	29,23	31,60	H ₂ O*	7,61	5,36	7,73
TiO ₂	0,09	0,04	0,05	S _{общ.}	0,11	0,14	-
Al ₂ O ₃	2,10	1,00	1,80	Cu	1,68	1,50	0,51
Fe ₂ O ₃	9,33	9,65	9,23	Ni	0,009	0,007	0,009
FeO	1,96	1,88	2,14	Co	0,012	0,011	-
MnO	0,15	0,11	0,10	Zn	0,008	0,009	-
MgO	24,28	26,36	25,80	Pt	0,39	0,57	0,40
CaO	12,12	10,61	10,89	Pd	16,00	21,70	14,90
Na ₂ O	0,07	0,11	0,18	Rh	0,004	0,005	<0,04
K ₂ O	0,04	0,02	0,05	Ir	<0,01	<0,01	-
P ₂ O ₅	8,20	7,89	7,82	Os	0,016	0,014	-
Cr ₂ O ₃	<0,01	<0,01	-	Ru	0,033	0,027	-
V ₂ O ₅	0,020	0,017	-	Au	0,74	1,20	3,80
П.п.п.	8,70	9,60	7,80	Ag	7,30	8,10	10,00
Сумма					98,38	98,18	98,00

*Анализы 1(56В) и 2(56Р) выполнены в Институте геологии и геохимии УрО РАН (аналитики И.И. Неустроева, О.А. Березикова, Ю.П. Любимцева, Т.В. Амелина); анализ 3 (829/4) - в ПО "Уралгеология" (аналитики А.Н. Майорова, А.С. Болков).

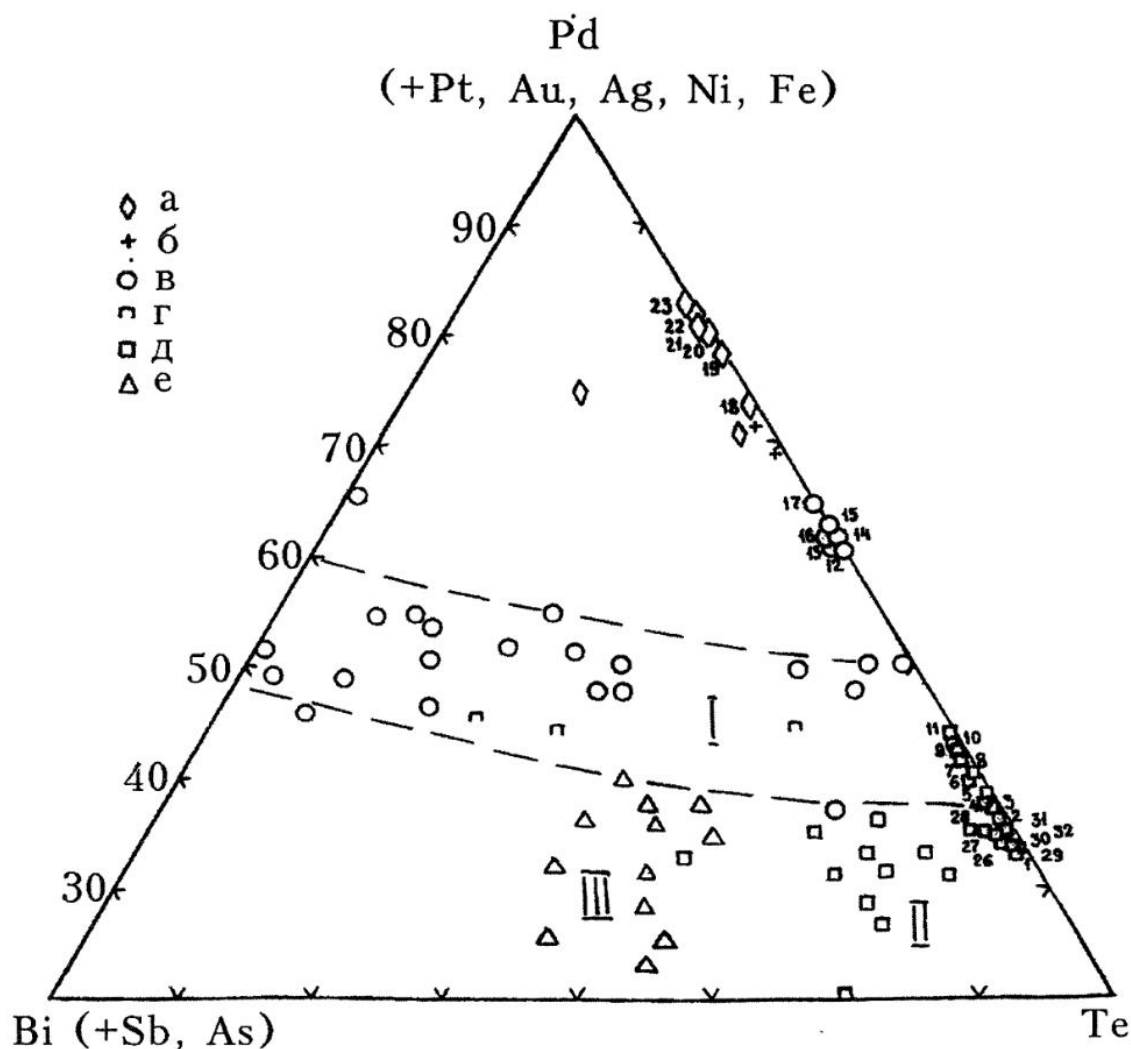


Рис.1. Составы минералов в системе палладий - висмут - теллур.

а - кейтконнит; б - теллуropалладинит; в - котульский; г - палладистый висмутотеллурид; д - меренский; е - майченерит. Знаки без номеров - опубликованные данные по составу природных и синтетических фаз [11]. Пронумерованы данные по составу природных фаз из ультрамафитов Волковского массива. 1 - 5 меренский; 6 - 11 меренский никелистый и никелисто-медистый; 12 - 17 котульский медистый; 18 - 23 кейтконнит медистый и высокомедистый; 24, 25 золото палладийсодержащее; 26 - 32 меренский из верхних и средних частей разреза Волковского массива - габбро с медносульфидным и медносульфидно-апатит-титаномагнетитовым оруденением (по В.В.Мурзину, В.П.Молошагу, Ю.А.Волченко, 1988-1991гг.)

Химический состав апатитовых метаоливинитов, вмещающих благородно-метальное оруденение, представлен в табл. 1. Обращает на себя внимание очень низкое содержание серы (0,11-0,15 мас. %) при повышенном содержании меди (0,51-1,68 мас.%), что согласуется с разнообразием форм нахождения последней, присутствующей в рудах в виде высокомедистых сульфидов, теллуридов и оксидов. Отношение никеля к кобальту в апатитовых оливинитах близко к единице, отношение меди к никелю более 100, что характерно для метаморфогенно-гидротермальных медных руд. Содержание благородных металлов в апатитовых метаоливинитах в сумме составляет 20-30 г/т, при этом около 70 % приходится на палладий, платину и золото, определяя специализацию руд. Ряд убывания плати-

новых металлов в рудах следующий : палладий - платина - рутений - осмий - родий - иридий. В оливиновых магнетитсодержащих клинопироксенитах, вмещающих апатитовые оливиниты, среднее содержание палладия, платины и золота в сумме составляет примерно 0,5 г/т.

Наиболее концентрированное платинометальное оруденение связано с локальными зонами антигоритизации и хлоритизации, в которых содержание сульфидов и теллуридов достигает 0,5-1,0 об.%. Продуктивный на благородные металлы парагенезис представлен борнитом, халькопиритом, никелистым и никелевым карролитом, магнетитом, меренскиитом, котульскитом, кейтконнитом и их никелистыми и медистыми разновидностями, самородным золотом, иногда висмут и палладийсодержащим (табл.2). Размеры выделений сульфидов и теллуридов обычно очень малы (от 0,02 до 0,2 мм), в редких случаях скопления кристаллических зерен и прожилки достигают размеров до 1-2 мм. Собственные минералы палладия и платины присутствуют в виде изолированных зерен и одно-двухфазных кристаллических сростков, заключенных в борните, халькопирите, серпентине, хлорите, магнетит-хлоритовых и карролит-халькопиритовых сростках. Размеры отдельных кристаллических зерен составляют от 5 x 10 до 20 x 20 мкм; встречаются цепочковидные и прожилковидные ветвистые агрегаты размером 100 x (15-20) мкм. Распределение палладия, платины, теллура в отдельных кристаллических зернах меренскиита относительно равномерное, в отличие от котульскита и кейтконнита.

Таблица 2

**Состав минералов благородных металлов в апатитовых оливинитах
Волковского массива, мас. %**

№ п/п	Pd	Pt	Au	Ag	Cu	Fe	Ni	Te	Sb	Bi	Сумма
1*	21,62	0,87	0,0	0,0	1,03	1,46	1,63	69,51	0,16	0,0	96,28
2	20,96	1,21	0,24	0,06	2,05	1,92	2,10	69,20	0,11	0,0	97,85
3	20,00	0,49	0,06	0,02	3,14	2,61	2,12	69,78	0,31	0,08	98,61
4	25,10	0,60	0,06	0,03	2,51	1,60	1,42	70,00	0,30	0,10	101,72
5	21,83	0,60	0,06	0,10	2,24	2,00	2,61	69,09	0,26	0,02	98,81
6	26,00	2,10	0,47	0,20	0,75	0,29	4,11	65,10	0,32	0,19	99,53
7	22,95	0,96	0,35	0,04	3,60	0,70	3,80	67,60	0,18	0,00	100,18
8	21,47	0,80	0,06	0,10	3,98	2,46	2,80	64,50	0,32	0,0	96,49
9	24,50	1,20	0,0	0,05	2,40	2,10	4,10	66,60	0,21	0,0	101,16
10	20,10	0,55	0,0	0,0	5,48	2,95	3,25	64,00	0,22	0,0	96,55
11	21,00	0,85	0,0	0,20	4,10	3,90	3,22	67,00	0,13	0,0	100,40
12	39,00	2,40	0,0	0,20	5,67	4,72	0,0	45,00	0,0	0,0	97,00
13	37,80	1,20	0,61	0,26	5,58	3,90	0,0	42,60	0,12	0,0	92,10
14	39,71	0,13	0,0	0,31	6,58	4,40	0,65	46,10	0,12	0,0	98,00
15	42,10	0,05	0,21	0,05	5,00	4,87	0,0	42,80	0,0	0,0	95,00
16	38,60	0,05	0,40	0,16	6,60	3,88	0,0	41,50	0,09	0,0	91,28
17	42,00	0,16	0,0	0,0	3,41	5,77	1,40	40,00	0,0	0,0	92,74
18	55,00	0,70	0,0	0,20	11,16	0,53	0,0	33,00	0,12	0,0	100,71
19	43,10	0,0	0,0	0,0	18,54	7,26	0,30	29,20	0,0	0,0	98,40
20	51,00	0,25	0,63	0,42	17,78	2,90	0,47	28,00	0,05	0,0	101,50
21	66,89	0,60	0,0	0,10	5,72	0,50	0,18	22,00	0,13	0,0	96,12
22	59,00	0,0	0,12	0,11	13,38	2,00	0,09	23,10	0,06	0,0	97,86
23	41,80	1,25	0,0	0,0	15,10	13,95	0,0	24,00	0,07	0,0	96,12
24	0,05	0,0	84,60	13,20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,25	98,10
25	0,14	0,0	85,40	12,20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,67	98,41

1*-5 - меренскиит; 6-11 - меренскиит никелистый и никелисто-медистый; 12-17 - котульскит медистый; 18-23 - кейтконнит высокомедистый; 24-25 - золото.

Анализы выполнены в Институте геологии и геохимии УрО РАН методами РСМА на приборе JXA-5 (анализаторы Л.К.Воронина, Ю.А.Волченко)

Обнаружены зональные зерна, у которых внутренняя часть сложена кейтконнитом, а внешняя зона - высокомедистым кейтконнитом; установлено обростание котульскита меренскиитом. В целом, соотношения теллуридов палладия в рудах свидетельствуют о следующей временной последовательности их формирования: кейтконнит - котульскит - меренскиит, что фиксирует возрастание потенциала теллура, сурьмы, платины и никеля к концу рудного процесса (см. табл.2). Золото в рудах встречено в виде клиновидных прожилков размером (200-300) x (20-40) мкм, на выклинивании которых отмечается сыпь тонких, 5 x (5 - 10) x 10 мкм изометричных зернышек золота. Прожилки и отдельные зерна его заключены в хлорит-антигоритовом агрегате, содержащем вкрапленность халькопирита, борнита и жилки позднего магнетита. Золото высокопробное, содержащее помимо серебра палладий и висмут (см. табл.2).

Положение составов платино-палладиевых минералов, формирующих оруденение в апатитовых метаоливинитах Волковского массива, на диаграмме системы палладий - висмут - теллур (см. рисунок), фиксирует однотипный в первом приближении характер меренскиитовой минерализации во всех частях разреза Волковского массива (ан. 1-11 оливиниты, ан.26-32 - габбро). Для меренскиитов характерны весьма низкие содержания висмута, сурьмы и мышьяка, так же как и отнюдь не случайное увеличение в минерале к нижним частям разреза содержания платины и особенно никеля (подобно парагенному карролиту). Котульскит и кейтконнит из апатитовых метаоливинитов (ан.12-23) также отличаются от минералов из других известных месторождений [8,11] весьма низкими содержаниями сурьмы, отсутствием висмута и мышьяка. Полученные результаты по высокопалладиевой области системы палладий - теллур существенно дополняют представления о пределах изоморфизма никеля, меди и палладия в котульскитах и кейтконнитах. Выполненное исследование в совокупности с ранее полученными данными по платиноносности разрезов Волковского и Качканарского массивов [1, 2, 5, 7, 8], дает полное представление об эволюции состава и продуктивности типов платинометального оруденения, возникающих в разных частях разреза дифференцированных рудоносных габбро платиноносного пояса и их ореольных образованиях.

Исследование выполнено при содействии и финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 96-05-64816).

Список литературы

1. Волченко Ю.А., Нечеухин В.М., Радыгин А.И. и др. Новый тип платиноидной минерализации в гипербазитах складчатых поясов // Докл. АН СССР. 1975. Т.224, N 1. С.182-185.
2. Волченко Ю.А., Неустроева И.И., Наумова Н.Г. Концентрированное платиноидно-сульфидное оруденение в габбро-гипербазитовых комплексах платиноносного пояса Урала // Достижения науки - производству. Информационные материалы, 2. Институт геологии и геохимии. Свердловск: УрО РАН, 1989. С.22-23.
3. Волченко Ю.А., Коротеев В.А. Распределение и формы нахождения платиноидов в хромитовых рудах альпинотипных комплексов Урала // Современные проблемы минералогии и сопредельных наук. С.-Пб. 1992. С.115-116.
4. Волченко Ю.А., Неустроева И.И., Вилисов В.А. Платиноидное оруденение краевых полосчатых серий альпинотипных комплексов Урала // Ежегодник-1992 / Ин-т геологии и геохимии. Екатеринбург: УрО РАН, 1993. С.77-80.
5. Волченко Ю.А., Золотов К.К., Коротеев В.А. и др. Платина Урала. Платинометальное оруденение и перспективы его освоения // Изв.вузов. Горный журнал. 1994. N 6/94. С.62-85.

6. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Неустроева И.И. Платиновые металлы в колчеданных рудах уральского типа // Ежегодник-1993 / Ин-т геологии и геохимии. Екатеринбург: УрО РАН, 1994. С.134-136.

7. Мурзин В.В., Волченко Ю.А., Молошаг В.П. Золото-палладиевое оруденение в дифференцированных габбровых комплексах Урала // Достижения науки - производству. Информационные материалы. 2. Ин-т геологии и геохимии. Свердловск: УрО РАН, 1988. С.18-19.

8. Мурзин В.В., Молошаг В.П., Волченко Ю.А. Парагенезис минералов благородных металлов в медно-железо-ванадиевых рудах волковского типа на Урале // Докл. АН СССР. 1988. Т.300, N 5. С.1200-1202.

9. Смирнов С.В., Волченко Ю.А. Первая находка платиноидной минерализации в хромитовых рудах Нуралинского массива на Южном Урале // Ежегодник-1991 / Ин-т геологии и геохимии. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. С.115-117.

10. Фоминых В.Г., Холодных В.В. Особенности состава апатита и условия образования титаномагнетитового оруденения Волковского габбрового массива на Среднем Урале // Минералы и минеральное сырье Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. С.89-98.

11. Юшко-Захарова О.Е., Иванов В.В., Соболева Л.Н. и др. Минералы благородных металлов. М.: Недра., 1986. 271с.