

ПОЗИЦИЯ И СОСТАВ ТЕЛЛУРИДОВ Pd В МЕДНЫХ РУДАХ ВОЛКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Г.С. Нечкин, Е.С. Шагалов

Волковское месторождение в одноименном габбровом массиве выходит на поверхность и обладает значительными запасами меди, железа (в малотитанистых титаномагнетитах), апатита, золота, платиноидов. Оно разрабатывается на медь асимметричным карьером, но в последние годы у горнодобывающего предприятия снизился интерес к добыче его очень неоднородных руд [Сурганов, Коротеев и др., 2002]. Руды по меди действительно неоднородны [Нечкин и др., 2003]. Тем не менее, эта отрицательная особенность может быть компенсирована благороднометальной минерализацией, охватывающей не только волковские руды [Мурзин и др., 1988; Молошаг и др., 2000], где даже магнетиты обогащены палладием [Полтавец и др., 2003], но и другие образования массива [Волченко и др., 2001; Аникина и др., 2003]. Наиболее богаты палладием волковские желваковые и гнездовые медные руды, предполагалось, что в форме теллуридов [Нечкин и др., 2003]. Микронзондовые исследования подтвердили это предположение. Изучен состав призматических монозерен платиноидов размером 5-17 мкм, находящихся в трех структурных позициях (таблица). Определения серии элементов выполнены на приборе JXA-5, в ИГиГ УрО РАН.

Субстрат, включающий монозерни платиноидов. Неоднородные медные руды, желваковые и гнездовые, несут хорошо выраженные следы метасоматического образования по габбро и габбровым апатит-титаномагнетитовым рудам.

В желваковых рудах фактически нет халькопирита. Пределом прямого замещения субстрата является почти сплошной борнитовый агрегат, включающий многочисленные призматические зерна платиноидов (часто 3-5 зерен с отличительными признаками меринскиита в поле зрения при среднем увеличении оптического микроскопа). Не встречается ксеноморфных форм и прожилков платиноидов. Поэтому и в соотношениях меренскиит – борнит метасоматическое развитие меринскиита по борниту менее вероятно, чем их сокристаллизация. Содержание палладия в монофракциях борнита достигает 13 г/т. Хорошо выражены две особенности этого агрегата, определяющие позиции (I^A - I^B , таблица) изученных меренскиитов: I^A – в борните (ан.1) присутствуют только реликты апатита, не полностью замещенного борнитом; на площади 0.1 мм² борнит включает три призмы теллурида невыдержанного состава (ан. 2, 3, 4); I^B – кроме апатита в борните

Состав контактирующих минералов в медных рудах Волковского месторождения (мас.%)

| № поз. | № | Минерал | Pd | Pt | Te | Au | Cu | Fe | Ni | S | Se | Сумма |
|-----------|----|---------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|--------|
| Позиция I | 1 | Bt | - | - | - | - | 57.94 | 10.73 | - | 29.00 | 0.61 | 98.28 |
| | 2 | Me | 28.04 | 0.59 | 67.61 | 0.25 | - | - | - | - | 2.38 | 98.87 |
| | 3 | Me | 23.93 | 7.40 | 65.57 | 0.11 | - | - | - | - | 2.46 | 99.47 |
| | 4 | Me? | 15.64 | 19.54 | 63.24 | - | - | - | - | - | - | 98.42 |
| | 5 | Bt | - | - | - | - | 61.73 | 8.97 | - | 27.94 | 0.63 | 99.27 |
| | 6 | Me | 27.93 | 0.52 | 68.04 | 0.66 | - | - | 0.08 | - | 2.05 | 99.28 |
| | 7 | Bt | - | - | - | - | 61.48 | 10.61 | - | 28.56 | 0.92 | 101.57 |
| Поз. II | 8 | Bt | - | - | - | - | 69.80 | 6.61 | - | 24.75 | 1.03 | 102.19 |
| | 9 | Me | 21.80 | 0.22 | 66.04 | 0.46 | 3.00 | 1.07 | 0.82 | 1.74 | 1.70 | 96.85 |
| | 10 | Ср | - | - | - | - | 35.11 | 29.45 | - | 34.25 | 0.44 | 99.25 |
| Поз. III | 11 | Me | 22.37 | 0.29 | 64.59 | 0.16 | 4.95 | 2.42 | - | 1.99 | 1.77 | 98.54 |
| | 12 | Ср | - | - | - | - | 34.92 | 29.53 | - | 34.72 | 0.24 | 99.41 |
| III | 13 | Me | 24.38 | 0.16 | 58.30 | 0.28 | 1.06 | 0.64 | - | 0.11 | 2.10 | 87.03 |

Примечание. № поз. – номер позиции : позиция I: группа I^A – 1, 2, 3, 4; группа I^B – 5, 6, 7. Позиция II: группа II^A – 8, 9; группа II^B – 10, 11. Позиция III – 12, 13. Bt – борнит, Me – меренскиит, Ср – халькопирит. В анализах 9, 11, 13 большое влияние оказывало окружение минерала из-за его малого размера. В анализах присутствуют Bi (до 0,2%), возможно привнесенный в результате эффекта намазывания сплава Вуда. Прочерк – элемент не установлен. Анализы выполнены в ИГТ УрО РАН на приборе JXA-5 (аналитик Е.С. Шагалов), при U=20кВ, ток зонда 30мА, экспозиция 10сек.

присутствуют реликты не распавшегося титаномагнетита, с каймами замещающего борнита (ан. 5), меренскиит (ан.6) располагается в борните (ан. 7) за внешним контуром реликтового титаномагнетита.

Гнездовые руды содержат фрагменты незамещенного габбрового субстрата. Первичное борнитовое замещение в них сменяется халькопиритовым. Халькопирит развивается как по борниту, так и непосредственно по габбровому субстрату. Соответственно меренскиит в этих рудах находится в нескольких позициях (II^A- II^B, III, таблица): II^A – в зерне распавшегося титаномагнетита основное магнетитовое тело, установившееся при распаде (магнетит распада), замещено борнитом (ан. 8), призматические кристаллы меренскиита размещаются в этом борните, часто на границе с элементами ильменитовой решетки, состав одного из них – ан. 9; II^B – борнит, развивающийся по магнетиту распада, замещается халькопиритом (ан. 10), в котором присутствуют (сохраняются ?) призмы меренскиита (ан. 11); III – халькопиритовый агрегат не содержит борнита, а включает только реликты лейкоксенизированного титаномаг-

нетита, в халькопирите (ан. 12) находится призматический кристалл меренскиита (ан. 13), контактирующий с таким титаномагнетитом.

Особенности состава платиноидов и матриц. Во всех изученных случаях меренскииты ассоциируют с сульфидами меди, и просматривается некоторая связь их составов с устанавливаемой минераграфически интенсивностью поступления меди в систему: высокая интенсивность – позиции группы I; средняя – позиция группы II; низкая – позиция III.

Платиноиды группы I располагаются в борните с несколько меньшими содержаниями железа, чем известные для месторождения [Молошаг и др. 2000]. В анионную составляющую борнита, как и всех других минералов изучаемого сообщества, входит селен. На присутствие селена в волковских рудах уже указывалось [Молошаг и др. 2000], но порядок его содержания в конкретных минералах определен впервые. Борнит позиции I^A имеет состав Fe_{0,950} Cu_{4,521} (Se_{0,038} S_{4,491}). Виден избыток серы при недостатке меди. В данном случае, нет оснований предполагать вхождение в борнит какой-либо сульфидной фазы, отступление от теоретического

состава связано с условиями проведения анализа. В этом борните располагается группа из трёх сближенных зерен платиноидов невыдержанного состава: $(\text{Pd}_{0,955} \text{Pt}_{0,011} \text{Au}_{0,005})(\text{Se}_{0,109} \text{Te}_{1,920})$, $(\text{Pd}_{0,835} \text{Pt}_{0,141} \text{Au}_{0,002})(\text{Se}_{0,115} \text{Te}_{1,906})$, $(\text{Pd}_{0,594} \text{Pt}_{0,404})\text{Te}_{2,002}$. В неё входят: меренскиит с примесью золота и платины; близкий меренскииту селеносодержащий теллурид, в котором увеличено содержание платины, по-видимому, за счет палладия и золота; платино-палладистый теллурид, предположительно меренскиитовой структуры. Такие содержания платины в меренскиите (?) волковских руд устанавливаются впервые, ранее лишь подчеркивалось подчиненная роль в нем мончеитового минала [Молошаг и др., 2000].

При неполном замещении борнитом не только апатита, но и титаномагнетита – позиция I^F состав борнита $(\text{Fe}_{0,797} \text{Cu}_{4,826})(\text{Se}_{0,039} \text{S}_{4,333})$, находящегося в контуре замещаемого титаномагнетита, близок к составу $(\text{Fe}_{0,925} \text{Cu}_{4,690})(\text{Se}_{0,056} \text{S}_{4,326})$ этого минерала в окружении титаномагнетита. Меренскиит $(\text{Pd}_{0,951} \text{Au}_{0,012} \text{Pt}_{0,010})(\text{Se}_{0,094} \text{Te}_{1,933})$ в борните титаномагнетитового окружения богаче золотом, чем меренскиит, ассоциирующий с апатитом.

В позиции II, при средней интенсивности привноса меди, в двухфазных борнит-халькопиритовых рудах составы матричных для меренскиитов минералов обладают своими особенностями. Борнит $(\text{Fe}_{0,590} \text{Cu}_{5,485})(\text{Se}_{0,065} \text{S}_{3,859})$, находящийся в контуре титаномагнетитового зерна (группа П^A), среди рассмотренных борнитов, составы которых далеки от теоретических, наиболее богат селеном и имеет повышенное содержание меди. Возможно, в данном конкретном случае в составе борнита присутствует нечетко устанавливаемая дигенитовая фаза. На образование дигенита в волковских рудах как продукта распада борнита уже указывалось [Молошаг и др., 2000]. Входящий в этот борнит меренскиит $(\text{Pd}_{0,697} \text{Cu}_{0,160} \text{Fe}_{0,066} \text{Ni}_{0,048} \text{Au}_{0,008} \text{Pt}_{0,004})(\text{Se}_{0,073} \text{S}_{0,185} \text{Te}_{1,760})$ беден палладием, платиной и обогащен медью, железом, никелем, по сравнению с меренскиитом в позиции I, но здесь нужно иметь в виду меньшую надежность определений (таблица, примечание), чем приводившиеся выше, хотя никель в меренскиите может быть следствием прямого развития матричного борнита по магнетиту. При смене борнитовой матрицы на халькопиритовую (II^B) в халькопирите $\text{Cu}_{1,026} \text{Fe}_{0,977}(\text{Se}_{0,010} \text{S}_{1,987})$, заместившем борнит, остаточный(?) меренскиит $(\text{Pd}_{0,682} \text{Cu}_{0,253} \text{Fe}_{0,140} \text{Pt}_{0,005} \text{Au}_{0,003})(\text{Se}_{0,073} \text{S}_{0,202} \text{Te}_{1,642})$

содержит меньше золота, больше меди, железа; количества серы и селена мало меняются.

В безборнитовой руде (позиция III) халькопирит $\text{Cu}_{1,015} \text{Fe}_{0,975}(\text{Se}_{0,006} \text{S}_{2,004})$ по основному составу и примесям близок к халькопириту борнитсодержащих руд. Находящийся в этом борните меренскиит имеет ориентировочный состав $(\text{Pd}_{0,921} \text{Cu}_{0,067} \text{Fe}_{0,46} \text{Au}_{0,006} \text{Pt}_{0,003})(\text{S}_{0,014} \text{Se}_{0,107} \text{Te}_{1,830})$, в котором всё-таки обращает на себя внимание высокое содержание селена, свойственное меренскиитам борнитового парагенезиса (позиция I^A)

Заключение. В волковских медных рудах из минералов ЭПГ пока удается установить только меренскиит – минерал, содержащий наименьшие количества палладия в ряду его теллуридов, и близкие меренскииту формы. Такой полный минеральный ряд присутствует в золото-палладиевых рудах баронского типа [Волченко и др. 2001]. С обогащением волковских руд медью, т.е. с ростом интенсивности соответствующего рудообразующего процесса, формировавшиеся вместе с борнитом теллуриды палладия обогащались в катионной части платиной, а в анионной – селеном. Вероятно, значительная насыщенность летучими компонентами области кристаллизации желваковых борнитовых руд одновременно обеспечивала высокую плотность заложения в них зародышей платиноидов, за которую, помимо теллура, могли быть ответственны сера и селен. По крайней мере, высокопалладиевые фазы на базе именно этих компонентов устанавливаются [Аникина и др., 20003] в ультрамафитах к юго-востоку от волковского месторождения, при использовании аппаратуры большей разрешающей способности, чем применявшаяся нами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ «Урал-2002» (проект 02-05-96426)

Список литературы

Аникина Е.В., Русин И.А., Филиппов В.Н. и др. Богороднометальное оруденение в ультрамафитах Волковской интрузии на Среднем Урале: минералы и минеральные парагенезисы // Ежегодник-2002 Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 2003. С. 250-260.

Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Неустрובה И.И. и др. Основные минералого-геохимические черты нового Баронского типа золото-палладиевых руд Урала // Ежегодник-2000. Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 2001. С. 148-157.

Молошаг В.П., Коробейников А.Ф. Новые данные о платиноидной минерализации медно-железо-ванадиевых руд // Магматические и метаморфические образования Урала и их металлогения. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 90-101.

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.

Нечкин Г.С., Полтавец З.И. Некоторые генетические особенности медных руд с благородноме-

тальной минерализацией на Волковском месторождении (Средний Урал) // Ежегодник-2002. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 286-290.

Полтавец Ю.А., Сазонов В.Н., Нечкин Г.С. К вопросу об источнике и времени образования благородных металлов на Волковском месторождении медносulfидных руд (Средний Урал) // Ежегодник-2002. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 290-293.

Сурганов А.В., Коротеев В.А., Сергеева Н.А. и др. Минерально-сырьевые ресурсы Урала: состояние и проблемы // Руды и металлы. 2002. N 3. С. 57-70.