

А.А. Ефимов, Л.П. Ефимова, Ю.А. Волченко

### О ПЛАТИНОНОСТИ МЕДНОСУЛЬФИДНЫХ РУД СЕРЕБРЯНСКОГО КАМНЯ (ПЛАТИНОНОСНЫЙ ПОЯС УРАЛА)

Площадь развития Серебрянской ассоциации анортит-клинопироксен-роговообманковых габбро в Кытлымском массиве [Ефимов, Ефимова, 1967] отличается общей «зараженностью» сульфидами меди; более или менее значительные концентрации последних тяготеют к меридиональной зоне длиной более 4 км в поле габбро несколько западнее главной вершины Серебрянского Камня. В этой зоне находятся старые медные рудники, известные как Конжаковские или Серебрянские. По архивным данным [де Геннин, 1828], медные руды были открыты в 1727 г. лялинским рудоискателем Власом Коптяковым. Добыча руды «с лишком по 40000 пуд» в год, при содержании меди в руде 1,5-2 %, производилась до 1743 года. В 1771 г. при посещении Серебрянского Камня академик Иван Лепехин, давший первое описание медного оруденения и вмещающих его пород, обнаружил все рудники давно заброшенными. Последняя известная попытка добычи медных руд, по архивным данным, относится к 1782 г.

В 1940-1941 гг. месторождения Серебрянского Камня были обследованы С.А.Кашиным [1948], отнесшим их к известному волковскому типу. Оруденение, по его мнению, имеет магматический генезис, рудные минералы – борнит и халькопирит – выделялись позднее силикатов и титаномагнетита. Предположение о гидротермальной природе оруденения отвергается им на том основании, что метаморфизм рудосносных пород (в тогдашнем его понимании) проявлен здесь очень слабо. С.А. Кашин привел детальное описание серебрянских руд и вмещающих пород, сопровождаемое химическими анализами и данными по составу породообразующих минералов. Позднее было показано, что вопрос о генезисе серебрянского медного оруденения неотделим от вопроса о генезисе самих серебрянских габбро, которые образовались путем метасоматического преобразования существовавших на их месте габбро другого состава – лабрадоровых габбро-норитов [Ефимов, Кууспалу, 1962; Ефимов, Ефимова, 1967].

Авторы изучили шесть проб из рудных зон пяти старых рудников (табл.): пробы 1 и 2 из наиболее крупного, носившего название Нижнего, или Гилевского рудника, находящегося в 650 м западнее главной вершины Серебрянского Камня, и пробы 3–6 – из более мелких, находящихся на гребне меридионального отрога, протягивающегося на 3 км к югу от главной вершины.

Все пробы, за исключением одной, петрографически однообразны: они представлены роговообманковым или клинопироксен-роговообманковым габбро в общем мезократового облика; лишь проба 2 представляет собой меланократовое габбро, переходящее в горнблендит или роговообманковый клинопироксенит. Рудоносные габбро отличаются от обычных серебрянских габбро лишь присутствием сульфидной вкрапленности различной густоты. Им свойственны полосчатые текстуры; это средне- и крупнозернистые, реже пегматоидные разности. Микроструктура типичная гранобластовая, в местах скопления титаномагнетита сидеронитовая.

Среди силикатов преобладают незональный плагиоклаз состава  $An_{90}$ , зеленоватый в шлифах клинопироксен – высококальциевый салит с железистостью 25–30 ат.% – и замещающая последний, зеленая роговая обманка, количество которой возрастает в габбро с богатой вкрапленностью сульфидов. Иногда роговая обманка является единственным фемическим минералом. Редко и в небольших количествах присутствует клиноцоизит, развивающийся по плагиоклазу, а также апатит.

Среди минералов-оксидов преобладает титаномагнетит в виде вкрапленности и шпиропоподобных скоплений; в изученных пробах его количество варьирует от 0,5 до 10 мас.%. Там, где он ассоциирует с клинопироксеном, его выделения создают сидеронитовую структуру; при появлении роговой обманки эти выделения обычно корродируются и титаномагнетит остается в роговой обманке в виде округлых включений. Зеленая шпинель довольно редка и ассоциирует с титаномагнетитом. Ильменит, количество которого невелико, образует закономерно ориентированные тонкие пластинчатые вроски в магнетите, реже неправильные вроски. Гематит очень редок и наблюдается в виде мелких игольчатых выделений, врастающих в зерна титаномагнетита по периферии и вдоль трещин. Лимонит обычно образует вместе с поздними сульфидами и клиноцоизи-

том тонкие каймы вокруг ранних сульфидных выделений.

Борнит и халькопирит присутствуют во всех пробах, составляя большую часть массы сульфидов; лишь в пробе 6 преобладает халькозин при незначительном количестве борнита и халькопирита. Оба этих минерала повсюду представлены сростаниями, внешние контуры которых ксеноморфны по отношению к цементуемым силикатам. Обычны решетчатые структуры распада твердых растворов. Халькозин и ковеллин развиваются по периферии халькопирит-борнитовых скоплений, образуя каемки переменной ширины, и проникают внутрь скоплений по трещинам. Наблюдаются постепенные переходы от сплошного борнита через субграфические прорастания последнего с голубым халькозином (дигенитом ?) к сплошному халькозину, серовато-белому и белому. Выделения халькозина могут замещаться ковеллином, в массе которого сохраняются реликты пластинчатого белого халькозина. Сфалерит в виде единичных зерен, включенных в борнит, наблюдался лишь в пробе 1. Пирит в заметном количестве установлен там же. В одном случае он, совместно с поздними сульфидами, слагает тонкий прожилок, в другом – отмечен в халькопирите в виде мелких зернышек. В двух других пробах пирит образует единичные зерна величиной 0,05–0,01 мм и мельче, включенные в борнит. Бравойт (никельпирит) в виде зерен размером не более 0,2 мм, рассеянных в борнит-халькопиритовом агрегате, обнаружен в пробах 1, 2, 4. Пентландит наблюдался лишь в пробе 3 в виде изометричного зерна кремового цвета размером около 0,005 мм.

Материал рудных проб и выделенных из них концентратов – коллективного сульфидного и титаномагнетитового – был проанализирован методами мокрой химии (табл.). Валовой состав проб аналогичен таковому безрудных серебрянских габбро. Специфические особенности рудных габбро заключаются в повышенных содержаниях меди (до 6,5 %) и серы. Анализы сульфидных концентратов свидетельствуют о наличии переходов между рудами существенно борнитовыми и халькопиритовыми. Содержания Zn невелики – обычно ниже 0,5%, лишь в пробе 1 обнаружено около 3% Zn; Pb не обнаружен. Вопрос о содержаниях никеля требует изучения; в валовых составах отмечено до 0,18% NiO, однако в полированных шлифах количество никелевых сульфидов – бравоита, а в

# ГЕОХИМИЯ

## Состав рудных проб и концентратов

Компо- ненты	Пр. 1 (рудн. 2)	Пр. 2 (рудн. 2)	Пр. 3 (рудн. 9)	Пр. 4 (рудн. 8)	Пр. 5 (рудн. 6)	Пр.6 (рудн. 5)
<b>Валовой состав проб (рудные габбро), мас.%</b>						
SiO <sub>2</sub>	40,88	не опр.	37,94	37,54	39,95	40,35
TiO <sub>2</sub>	0,75	не опр.	0,95	1,30	0,85	0,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,22	не опр.	20,35	18,21	21,02	16,94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,00	не опр.	8,40	10,49	7,16	4,10
FeO	6,00	не опр.	6,48	8,54	5,48	3,90
MnO	0,06	не опр.	0,08	0,09	0,05	0,02
MgO	7,34	не опр.	5,30	6,60	4,90	6,10
CaO	14,70	не опр.	13,15	13,07	16,00	16,55
Na <sub>2</sub> O	1,40	не опр.	1,60	1,42	0,96	0,95
K <sub>2</sub> O	0,10	не опр.	0,10	0,10	0,05	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05	не опр.	0,41	0,14	не опр.	не опр.
П.п.п.	2,30	не опр.	2,20	1,85	1,56	2,25
NiO	0,18	не опр.	0,18	0,08	0,16	0,12
CoO	0,004	не опр.	0,011	0,007	0,011	0,01
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05	не опр.	0,07	0,12	0,09	0,04
S	0,99	не опр.	0,87	0,38	0,30	1,30
Cu	3,13	не опр.	2,05	0,62	0,86	6,43
Сумма	101,08	не опр.	99,87	100,46	99,37	99,39
<b>Выход рудных концентратов, мас.%</b>						
Магнетит.	0,52	9,35	6,16	9,95	9,38	2,56
Сульфидн.	4,85	2,33	2,70	0,89	0,58	3,87
<b>Состав сульфидных концентратов, мас.%</b>						
SiO <sub>2</sub>	7,7	1,9	3,36	2,5	4,08	1,48
TiO <sub>2</sub>	0,19	0,13	0,13	0,17	0,09	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,66	0,4	1,33	0,8	1,46	0,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,33	23,53	22,43	30,71	16,12	6,29
CoO	0,012	0,036	0,027	0,016	Не обн.	Не обн.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	Не обн.
S	21,8	26,42	25,95	26,55	23,26	19,83
Cu	44,49	43,80	41,87	34,81	49,6	68,24
Zn	2,97	0,57	0,4	0,14	0,09	0,05
<b>Состав магнетитовых концентратов, мас.%</b>						
SiO <sub>2</sub>	5,16	3,3	1,8	1,14	1,1	1,34
TiO <sub>2</sub>	0,56	0,6	0,56	0,56	0,47	0,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,13	0,67	1,33	0,67	0,8	0,67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	87,76	90,04	93,08	95,58	96,17	96,36
MnO	0,19	0,06	0,22	0,27	0,17	0,08
MgO	1,67	1,43	0,54	0,6	0,63	0,34
CaO	1,64	1,00	0,60	0,52	0,66	0,70
Na <sub>2</sub> O	0,22	0,12	0,12	0,10	0,10	0,10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Не обн.	Не обн.	0,02	0,02	0,02	0,02
NiO	0,13	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05
CoO	0,024	0,022	0,024	0,022	0,030	0,027
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,5	0,47	0,5	0,56	0,53	0,42
S	0,18	0,63	0,04	0,03	0,02	0,05
<b>Содержания платиноидов и золота в сульфидных концентратах, г/т</b>						
Pt	1,4	2,2	2,8	не опр.	не опр.	1,0
Pd	11,6	19,0	8,8	не опр.	не опр.	3,9
Rh	0,005	0,005	0,005	не опр.	не опр.	0,005
Ir	<0,01	<0,01	<0,01	не опр.	не опр.	<0,01
Os	0,012	0,006	0,006	не опр.	не опр.	0,006
Ru	0,14	0,12	0,10	не опр.	не опр.	0,006
Au	0,7	1,6	4,4	не опр.	не опр.	2,0
ΣЭПГ	13,17	21,34	11,72	не опр.	не опр.	4,92

Примечание. Не обнаружены V, Pb в сульфидных, K, Cr – в магнетитовых концентратах.

одном случае и пентландита – крайне незначительно. В титаномагнетитовых концентратах содержание  $TiO_2$  (0,5%),  $CoO$  (0,015-0,020%) и  $V_2O_5$  (0,5%) здесь много ниже, чем в сплошных титаномагнетитовых рудах из месторождений Кытлымского массива [Ефимов, Ефимова, 1967]. Данные по выходу рудных концентратов обнаруживают закономерную обратную линейную зависимость между содержаниями сульфидов и титаномагнетита; можно сделать вывод об «антагонизме» титаномагнетитового и сульфидного оруденения. Однако эти два типа минерализации как будто бы не замещают друг друга. По-видимому, уменьшение количества магнетита связано с увеличением количества роговой обманки и равновесных с нею сульфидов.

Четыре сульфидных концентрата из приведенных в таблице были проанализированы в лаборатории Института геологии и геохимии на элементы платиновой группы и золото химико-спектральным и спектрофотометрическим методами (аналитики И.И. Неустроева, О.А. Березикова). Установлено, что сумма ЭПГ колеблется от 4,9 до 21,3 г/т, содержания Au – от 0,7 до 4,4 г/т. Среди ЭПГ явно доминирует Pd – от 3,9 до 19,0 г/т; содержания Pt колеблются от 1 до 2,8 г/т. Концентрации остальных ЭПГ очень низки – от 0,005 до 0,14 г/т. Отношения Pt/Pd находятся в интервале 0,1 – 0,3. Таким образом, серебрянские медные руды относятся к типу сульфидных платино-палладиевых, описанных для нескольких пунктов Платиноносного пояса Урала, и в первую очередь для известного Волковского месторождения (Мурзин др., 1988). Вопрос о том, какая часть ЭПГ рассеяна в виде изоморфной примеси в сульфидах меди и какая – в виде самостоятельных минералов (возможно, теллуридов ЭПГ, как это имеет место в волковских рудах) требует дополнительного изучения.

Вывод о природе габбро Серебрянского Камня, сделанный еще 40 лет тому назад [Ефимов, Кууспалу, 1962] и с тех пор подтвержденный новыми фактами, позволяет даже без специального изучения связанного с габбро медносульфидного оруденения сделать вывод о его метасоматической природе. Старый вывод требует сейчас некоторого уточнения: это одно из проявлений неизохимического водного мета-

морфизма высокой амфиболитовой ступени, имевшего место в ходе тектоно-метаморфической эволюции Платиноносного пояса Урала [Ефимов, 1999]. По времени образования платино-палладиевое медносульфидное оруденение синхронно с формированием анортит-клинопироксен-роговообманкового парагенезиса на месте более раннего лабрадор-двупироксенового габбро-норитового парагенезиса. Бесспорное сходство серебрянского медносульфидного оруденения с известным волковским позволяет предположить генетическое единство того и другого. Главнейшее отличие первого от второго состоит в практическом отсутствии апатита (т.е. фосфора) в породах и рудах. Меденосная площадь Серебрянского Камня изучена только с поверхности и заслуживает более пристального внимания как объект, перспективный на медносульфидное оруденение с довольно значительным, как показано выше, содержанием металлов платиновой группы

#### Список литературы

Геннин В.И. де. Генерал-лейтенантом от артиллерии и кавалером ордена Св. Александра Георгом Вильгельмом де Геннином собранные, натуралии и минералии камер в Сибирских горных и заводских дистриктах, также через него о вновь строенных и старых направленных заводских строениях и прочих курьезных вещах абрисы // Горн. журн. 1828. Ч. 3. Кн. 7. С. 102–128. Кн. 8. С. 69–87. Кн. 9. С. 113–140.

Ефимов А.А. Платиноносный пояс Урала: тектоно-метаморфическая история древней глубинной зоны, записанная в ее фрагментах // Отечеств. геология. 1999. № 3. С. 31–39.

Ефимов А.А., Ефимова Л.П. Кытлымский платиноносный массив. М.: Недра, 1967. 336 с. (Материалы по геологии и полезн. ископ. Урала, вып. 13).

Ефимов А.А., Кууспалу Т.И. О природе анортитовых габбро Серебрянского Камня и связанного с ними медного оруденения // Доклады АН СССР. 1962. Т. 145. № 1. С. 181–184.

Кашин С.А. Медно-титаномагнетитовое оруденение в основных интрузивных породах Урала. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 132 с. (Тр. ИГН АН СССР, вып. 91, серия рудн. м-ний № 9)

Мурзин В.В., Молошаг В.П., Волченко Ю.А. Парагенезис минералов благородных металлов в медно-железо-ванадиевых рудах волковского типа на Урале // Доклады АН СССР. 1988. Т. 300. № 5. С. 1200–1202.