

В. В. Мурзин

## РЕДКИЕ РУДНЫЕ МИНЕРАЛЫ ПРИОЗЕРНОГО ЗОЛОТОКВАРЦЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

V. V. Murzin

### RARE ORE MINERALS OF PRIOZYERNOE GOLD-QUARTZ DEPOSIT

In quartz veins, ore mineralization are represented by pyrite and chalcopyrite (former data). Author had established some rare minerals of Ni, Cd, Au, Ag, zBi.

Приозерное месторождение расположено в 25 км к северу от г. Краснотурьинска в пределах Ус-тейского массива альпинотипных гипербазитов. Рудоносная зона — несколько кварцевых жил, приуроченных к контакту небольшого тела диоритов и диоритовых порфириров с апогарцбургитовыми серпентинитами (рис. 1). Месторождение открыто в 1894 году и отрабатывалось на кварцевые флюсы мелеплавильного производства с попутной добычей золота. В литературе оно описывалось лишь однажды [7].

Рудная минерализация кварцевых жил убога и представлена, по данным В. П. Трифонова [7], редкой вкрапленностью пирита, галенита, аргентита (нами не обнаружен) и халькопирита. Нашим исследованием в месторождении установлен целый ряд редких минералов никеля, кадмия, золота, серебра, висмута. Химический состав их определялся на рентгеноспектральном микроанализаторе JXA-5 в Институте геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого УрО РАН (аналитик Б. Л. Вигоров). Условия анализа: ускоряющее напряжение 20 кв, стандарты: чистые металлы (Au, Ag, Bi, Ni, Co), ZnS, CdS, PbS, CuFeS<sub>2</sub>, GaSb, HgTe.

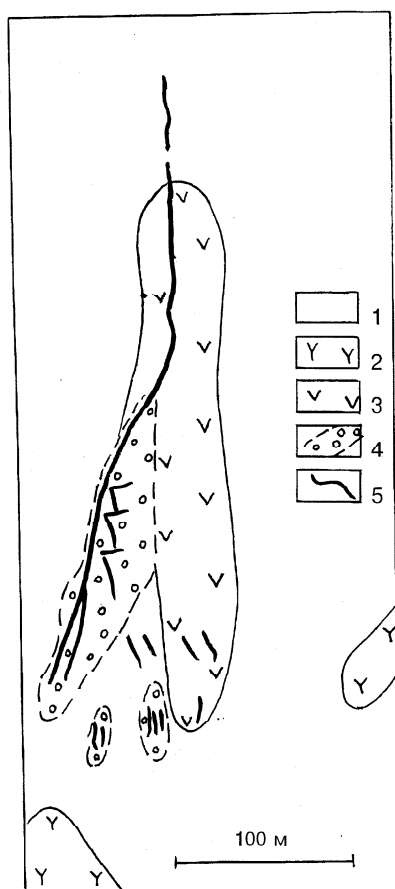


Рис. 1 Схематическая геологическая карта Приозерного месторождения (по А. М. Шакирову).

1 — серпентиниты; 2 — андезитовые порфириды; 3 — диориты и диоритовые порфириды; 4 — зоны безызитизации-лиственитизации; 5 — кварцевые жилы.

Руды месторождения сформированы в две стадии, разделенные периодом внутрирудных деформаций. В первую стадию синхронно со становлением окolorудных метасоматитов безызит-лиственитовой формации отлагались сульфиды золото пирротин-полиметаллически-теллуридной минеральной ассоциации с пирротин-полиметаллическим, теллуридным и сульфидно-никелевым парагенезисами.

Пирит — наиболее ранний рудный минерал. Он развит в виде редкой рассеянной вкрапленности в окolorудных породах, реже в кварце. Это кристаллы кубической формы размерами до 3 мм, часто раздробленные и замещенные по трещинкам поздними сульфидами. По данным лазерного микроанализа он содержит примеси никеля (0.008—0.023 %) и кобальта (0.01—0.062 %).

В метасоматитах агрегаты зерен пирита цементируются миллеритом и полидимитом, выделения которых, имея размеры до 0.2 мм, часто образуют сростки между собой, а также с халькопиритом. Химический состав сульфидов никеля приведен в табл. 1. Из примесных компонентов в миллерите преобладает железо (до 2.3 %), однако постоянны примеси кобальта (до 0.5 %) и меди (до 0.1 %). Полидимит относится к кобальт- и железосодержащему (до 13.9 % Co и 6.6 % Fe) и занимает промежуточное положение в ряду полидимит NiNi<sub>2</sub>S<sub>4</sub>-зигенит CoNi<sub>2</sub>S<sub>4</sub>.

Среди рудных минералов пирротин-полиметаллически-теллуридной минеральной ассоциации преобладают галенит и халькопирит, образующие гнездообразную вкрапленность вдоль

Таблица 1

Химический состав сульфидов никеля Приозерного месторождения									
№ п.п.	Минерал	Химический состав, мас. %							
		Ni	Co	Cu	Fe	Ag	Sb	S	Сумма
1	Аргентопент-ландит	19.6	0.1	1.0	5.6	3.1	-	1.3	100.7
2	То же	20.5	0.1	0.9	35.0	13.0	-	31.2	100.7
3	Ульманнит	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.4	15.1	99.5
4	То же	27.1	0.2	0.0	0.0	0.0	56.9	15.0	99.2
5	Миллерит	62.3	0.0	0.0	1.7	0.0	-	34.7	98.7
6	То же	62.7	0.3	0.1	0.7	0.0	-	36.1	99.9
7	"-	63.0	0.2	0.1	2.3	0.0	-	35.5	101.1
8	"-	61.7	0.4	0.1	0.5	0.0	-	35.7	98.4
9	"-	62.5	0.5	0.1	0.2	0.0	-	35.6	98.9
10	Полидимит	41.6	9.1	0.0	6.6	0.0	-	42.6	99.9
11	То же	41.0	13.9	0.0	2.6	0.0	-	42.4	99.9

Кристаллохимические формулы:

- |  |   |
|--|---|
| 1. Ag <sub>0.99</sub> (Fe <sub>5.20</sub> Ni <sub>2.72</sub> Cu <sub>0.12</sub> CO <sub>0.01</sub> ) <sub>8.05</sub> S <sub>7.96</sub> | 7. (Ni <sub>0.96</sub> Fe <sub>0.04</sub> ) <sub>1.00</sub> S <sub>1.00</sub>                     |
| 2. Ag <sub>0.98</sub> (Fe <sub>5.11</sub> Ni <sub>2.85</sub> Cu <sub>0.11</sub> CO <sub>0.01</sub> ) <sub>8.08</sub> S <sub>7.94</sub> | 8. (Ni <sub>0.96</sub> Co <sub>0.01</sub> Fe <sub>0.01</sub> ) <sub>0.98</sub> S <sub>1.02</sub>  |
| 3. Ni <sub>0.98</sub> Sb <sub>1.01</sub> S <sub>1.00</sub>   | 9. (Ni <sub>0.97</sub> CO <sub>0.01</sub> ) <sub>0.98</sub> S <sub>1.02</sub>                     |
| 4. (Ni <sub>0.99</sub> CO <sub>0.01</sub> ) <sub>1.00</sub> Sb <sub>1.00</sub> S <sub>1.00</sub>                                       | 10. (Ni <sub>2.15</sub> CO <sub>0.47</sub> Fe <sub>0.36</sub> ) <sub>2.98</sub> S <sub>4.02</sub> |
| 5. (Ni <sub>0.98</sub> Fe <sub>0.03</sub> ) <sub>1.01</sub> S <sub>0.99</sub>  | 11. (Ni <sub>2.12</sub> CO <sub>0.72</sub> Fe <sub>0.14</sub> ) <sub>2.98</sub> S <sub>4.02</sub> |
| 6. (Ni <sub>0.97</sub> Fe <sub>0.03</sub> ) <sub>1.00</sub> S <sub>1.00</sub>  |   |

Примечание: Анализы: 1—5 — из кварцевых жил, 6—11 — из метасоматитов

трещин в жильном кварце с размерами выделений до 10 мм. Редкие минералы ассоциации — пирротин, фазы ряда ZnS-CdS, теллуриды Pb, Ag, Bi, сульфиды никеля, самородное золото присутствуют в виде вкрапленности в галените, реже в кварце. Размеры их частиц, как правило, не превышают 0.1 мм.

Фазы ряда ZnS-CdS — мелкие включения неправильной формы в халькопирите или галените. Иногда содержат эмульсионную вкрапленность халькопирита. Более ранняя фаза, синхронная с халькопиритом, принадлежит кадмиевому сфалериту и содержит 12.3—19.3 % Cd (табл. 2). Выделяющаяся несколько позднее фаза с 43.3—44.5 % Cd образует вроски в галените, иногда отчетливо корродирующем халькопирит, и отнесена нами к цинковому гринокиту. Обе фазы характеризуются повышенной железистостью — 1.9—7.7 % Fe. Увеличение содержаний кадмия в фазах (Zn,Cd)S к концу рудоотложения подчеркивается также зональным распределением компонентов в выделениях цинкового гринокита с обогащением этим элементом их краевых частей относительно центральных (рис. 2).

Таблица 2

Химический состав фаз ряда ZnS-CdS Приозерного месторождения									
№ п.п.	Минерал	Химический состав, мас. %							
		Zn	Fe	Mn	Cd	Hg	Cu	S	Сумма
1	Cd-сфалерит	50.8	6.4	0.0	12.3	0.0	0.3	28.4	98.2
2	То же	51.5	7.4	0.0	12.4	0.1	0.7	29.6	101.7
3	"-	48.9	6.0	0.0	15.7	0.1	0.1	28.0	98.8
4	"-	47.2	7.7	0.0	14.4	0.0	0.0	31.6	100.9
5	"-	44.2	3.5	0.1	19.3	0.1	0.0	31.7	98.9
6	Zn-гринокит	27.7	1.9	0.0	44.5	0.1	0.2	25.0	99.4
7	То же	25.9	4.0	0.1	43.3	0.1	0.0	26.8	100.2

Кристаллохимические формулы:

- |   |   |
|---|---|
| 1. $(\text{Zn}_{0.82}\text{Fe}_{0.12}\text{Cd}_{0.12})_{1.06}\text{S}_{0.94}$                 | 5. $(\text{Zn}_{0.71}\text{Fe}_{0.07}\text{Cd}_{0.18})_{0.96}\text{S}_{1.04}$ |
| 2. $(\text{Zn}_{0.81}\text{Fe}_{0.13}\text{Cd}_{0.11}\text{Cu}_{0.01})_{1.06}\text{S}_{0.94}$ | 6. $(\text{Zn}_{0.52}\text{Fe}_{0.04}\text{Cd}_{0.49})_{1.05}\text{S}_{0.95}$ |
| 3. $(\text{Zn}_{0.80}\text{Fe}_{0.11}\text{Cd}_{0.15})_{1.06}\text{S}_{0.94}$                 | 7. $(\text{Zn}_{0.47}\text{Fe}_{0.08}\text{Cd}_{0.46})_{1.01}\text{S}_{0.99}$ |
| 4. $(\text{Zn}_{0.73}\text{Fe}_{0.14}\text{Cd}_{0.13})_{1.00}\text{S}_{1.00}$                 |   |

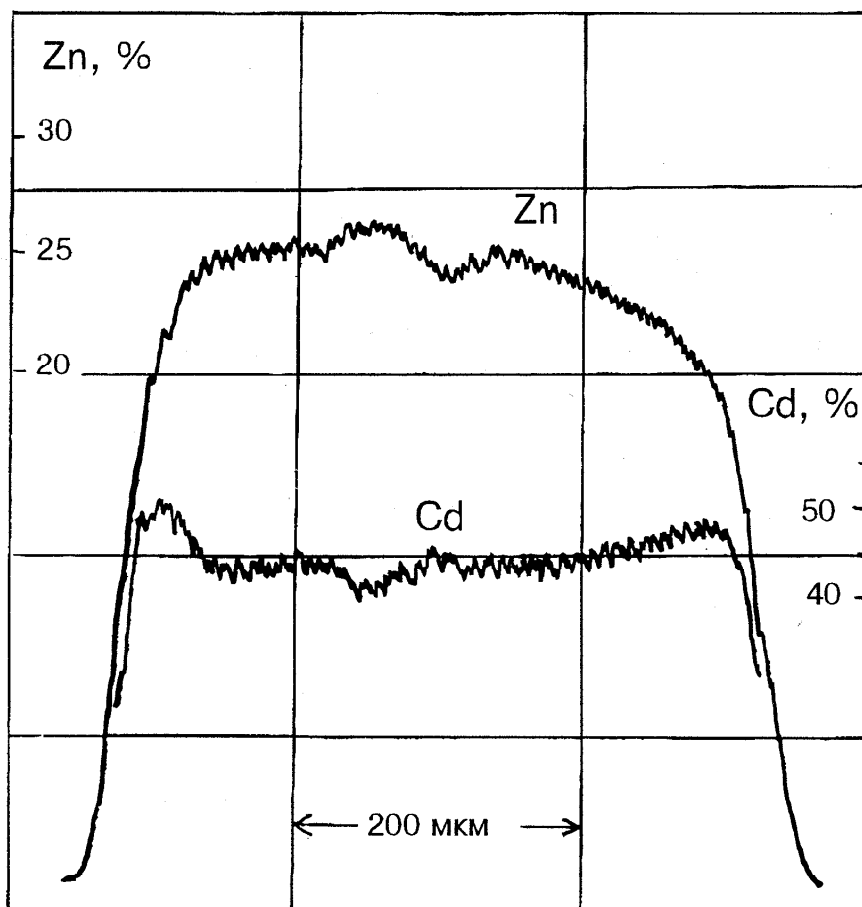


Рис. 2. Зональное распределение цинка и кадмия в выделении цинкового гринокита.

Минералы сульфидно-никелевого парагенезиса кварцевых жил представлены миллеритом  $\text{NiS}$ , ульманнитом  $\text{NiSbS}$  и аргентопентландитом  $\text{Ag}(\text{Fe},\text{Ni})_8\text{S}_8$ . Выделения миллерита образуют вросстки неправильной формы в галените размерами до 0.1 мм. В отличие от миллерита из метасоматитов в данном миллерите отсутствуют примеси меди и кобальта при чувствительности микроанализа на эти элементы 0.03 % (см. табл. 1, ан. 5).

Ульманнит — белые изотропные выделения размерами 0.05—0.1 мм. Часто фиксируются элементы их огранки. Минерал стехиометричен (см. табл. 1, ан. 3, 4). Из примесей в одном из зерен обнаружено 0.2 %  $\text{Co}$ .

Аргентопентландит — изометрично-угловатые включения размерами 0.03—0.05 мм в халькопирите. Кремевый, изотропный. Кроме основных компонентов содержит примеси меди (0.9—1.0 %) и кобальта (0.1 %) (см. табл. 1, ан. 1.2). По соотношению железа и никеля сходен с аргентопентландитом из медных руд в антофиллитовых метасоматитах Карасьевогорского проявления [4].

Теллуридный парагенезис представлен теллуридами и сульфотеллуридами  $\text{Pb}$ ,  $\text{Bi}$  и  $\text{Ag}$  — тетрадимитом  $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ , алтаитом  $\text{PbTe}$ , гесситом  $\text{Ag}_2\text{Te}$ , штюцитом  $\text{Ag}_5\text{Te}_3$  и фазой  $\text{Ag}_3\text{TeS}$ . Вытянутые или, реже, изометричные выделения тетрадимита и гессита обнаруживаются в виде вростков в галените. Округлые зерна алтаита заключены в кварце. Химический состав этих теллуридов отвечает стехиометрическим соотношениям компонентов. Алтаит — серебросодержащий (1.1 %  $\text{Ag}$ ) (табл. 3, ан. 1—5).

Единственное зерно штюцита овальной формы и размером около 0.07 мм образует сросток с кварцем в галените. В отраженном свете минерал серый, покрытый буроватой пленкой. Отчетливо

анизотропный. Дефицит серебра по отношению к формуле  $Ag_3Te_3$  составил 0.16 ф. е. (см. табл. 3, ан. 6).

Также единственное выделение сульфотеллурида серебра в галените имеет угловатую форму и размеры 0.05?0.08 мм. Оно имеет оптические свойства, близкие к штюцититу. Химический состав минерала хорошо пересчитывается на формулу  $Ag_3TeS$  (см. табл. 3, ан. 7). Фаза с таким составом

Таблица 3

Химический состав теллуридов Приозерного месторождения

№ п.п.	Минерал	Химический состав, мас. %							
		Bi	Pb	Ag	Cu	Fe	Te	S	Сумма
1	Тетрадимит	58.6	0.0	-	0.0	0.0	36.0	4.4	99.0
2	То же	58.9	0.0	-	0.0	0.0	35.9	4.3	99.1
3	"-	59.1	0.0	-	0.0	0.0	37.1	4.6	100.8
4	Алтаит	-	61.8	1.1	0.0	0.0	38.3	0.0	101.2
5	Гессит	-	-	62.0	0.0	0.0	38.3	0.0	100.3
6	Штюцит	-	-	55.8	0.4	0.1	41.2	0.1	97.6
7	Фаза $Ag_3TeS$	-	-	63.1	0.4	0.1	26.9	6.9	97.4

Кристаллохимические формулы:

1.  $Bi_{2.00}Te_{2.02}S_{0.98}$
2.  $Bi_{2.02}Te_{2.02}S_{0.96}$
3.  $Bi_{1.97}Te_{2.03}S_{1.00}$
4.  $Pb_{0.98}Ag_{0.03}Te_{0.99}$
5.  $Ag_{1.97}Te_{1.03}$
6.  $(Ag_{4.76}Cu_{0.06}Fe_{0.02})_{4.84}(Te_{2.97}S_{0.03})_{3.00}$
7.  $(Ag_{2.87}Cu_{0.03}Fe_{0.01})_{2.91}Te_{1.03}S_{1.06}$

как минеральный вид не зарегистрирована и ранее описывалась В. П. Молошагом и Б. Л. Вигоровым в колчеданных рудах Гайского месторождения [3].

Золотоносность руд Приозерного месторождения связана с мелкими частицами (0.1 мм и менее) самородного золота, зафиксированными нами в краевых частях крупных выделений галенита, а также в виде прожилков в кварце. Проба золотин пониженная — 804—862 (3 зерна). В них обнаружены примеси серебра (13.8—19.5 %), меди (до 0.3 %) и ртути (0.06—0.07 %).

Образование редких рудных минералов Приозерного месторождения происходило как в кварцевых жилах, так и в околожильных метасоматитах при достаточно низких температурах — менее 300 °С. Так, парагенезис полидимит+миллерит в листовенитах устойчив ниже 282 °С, а штюцит в кварцевых жилах — ниже 265—295 °С [1].

Появление минералов теллура обусловлено базальтоидным типом мелких массивов верхнелобвинского комплекса, с которыми генетически и пространственно связаны кварцевые жилы [5]. Не вызывает сомнений образование минералов никеля при заимствовании этого компонента из вмещающих гипербазитов, как это установлено в Березовском месторождении [8]. По крайней мере в других месторождениях в связи с магматитами верхнелобвинского комплекса (Ларьковском, Травянском, Богомолковском и др.) минералы никеля не обнаружены.

Наконец, необычайно высокие содержания кадмия в фазах ряда  $ZnS-CdS$  вряд ли обусловлены температурным режимом или повышенной щелочностью гидротермального раствора, как это показано для некоторых месторождений [2, 6]. Судя по парагенезисам рудных и нерудных минералов, эти параметры являются типовыми для березит-лиственитовой формации. Наиболее вероятная причина появления кадмиевых фаз в нашем случае — высокие соотношения  $Cd/Zn$  в гидротермальном растворе и небольшая масса других минералов-концентраторов кадмия (блеклых руд или других). Некоторый рост щелочности растворов по мере отложения рудной минерализации вызвал, по-видимому, тенденцию роста кадмиевистости фаз  $(Zn,Cd)S$  в ходе рудоотложения, а также зональное распределение кадмия в них.

## Литература

1. Воган Д., Крейг Дж. Химия сульфидных минералов. Москва: Мир, 1981. 575 с.
2. Доронин А. Я. Оценка кислотности-щелочности процессов рудоотложения по Cd-содержащему сфалериту // Геохимия, петрография и минералогия месторождений Сибири. Томск, 1984. С. 7—10.
3. Молошаг В. П., Вигоров Б. Л. Новые данные о теллуридах колчеданных месторождений // Ежегодник-1979/Институт геологии и геохимии. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1980. С. 107—109.

4. Мурзин В. В., Волченко Ю. А., Вилисов В. А. Типоморфизм минеральных ассоциаций кобальтово-медных руд Карасьеговского месторождения//Ежегодник-1990/Институт геологии и геохимии. Свердловск: УрО АН СССР. 1991. С. 111—113.

5. Мурзин В. В., Смирнов В. Н., Сазонов В. Н., Ведерников В. В. Минералогические особенности золотого оруденения, связанного с магматизмом габбро-гранитоидного и тоналит-гранодиоритового типов (на примере Петрокаменско-Верхотурской структурно-формационной зоны, Ср. Урал)//Изв. УГГА. Сер. геология и геофизика. Екатеринбург, 1996. № 5. С. 45—48.

6. Онтюев Д. О., Дружинин А. В., Цепин А. И. и др. Минералы ряда гринокит-вюртцит Кти-Гебердинского месторождения//Новые данные о минералах. Вып. 29. Москва: Наука. 1981. С. 152—157.

7. Трифонов В. П. Золоторудные месторождения северной части Среднего Урала//200 лет золотой промышленности Урала. Свердловск: УФАН СССР. 1948. С. 169—176.

8. Чесноков Б. В., Котыбаева Н. Н., Бушмакин А. Ф. Эндогенные минералы висмута и никеля Березовского золоторудного месторождения на Урале//Труды СГИ, 1975. Вып. 106. С. 123—127.