

Поваренных А. С. (1966). Кристаллохимическая классификация минеральных видов. Киев, «Наукова думка».

Соболев В. С. (1949). Введение в минералогию силикатов. Изд-во Львовского ун-та.

Франк-Каменецкий В. А. (1967). Информация о сессии Комиссии по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации (Англия, 1966). ЗВМО, вып. 2.

Brindley G. W. (1964). Report on the work of nomenclature and liaison committee of the clay minerals society. Clays and clay miner., v. 25. N. Y. Pergamon Press.

Report of A. J. P. E. A. Nomenclature committee. (1972). A. J. P. E. A. Newsletter, N 7, p. 10.

Report of JMA—JUC joint committee of Nomenclature. (1977).

КНМ ВМО АН СССР: В. А. Франк-Каменецкий (председатель), А. Г. Булах (зам. председателя), Т. Н. Каминская (уч. секретарь), В. Ф. Алядин, И. Д. Борнеман-Старынкевич, М. Н. Годлевский, Г. А. Ильинский, А. И. Кожков, А. А. Кузаренко, Э. Н. Сальдау, Н. Н. Смольянинова, В. Б. Татарский, Т. Н. Шадлу

УДК 549.322.1

Д. члены Н. С. РУДАШЕВСКИЙ, Г. А. МИТЕНКОВ, А. М. КАРПЕНКОВ,
Н. Н. ШИШКИН

СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩИЙ ПЕНТЛАНДИТ Ag(Fe, Ni)₈S₈ — САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ ВИД АРГЕНТОПЕНТЛАНДИТ

Серебросодержащий пентландит был установлен в медно-никелевых рудах норильских месторождений, на никель-кобальтовом арсенидном месторождении Хову-Аксы (Шишкин и др., 1971), а также в некоторых сульфидных месторождениях Финляндии (Vuorelainen и др., 1972). Позже появились публикации (Карпенков и др., 1973; Hall, Stewart, 1973; Mariko и др., 1973, 1974; Scott, Gasparini, 1973; Imai и др., 1974, 1975а, 1975б), свидетельствующие о широком распространении этого минерала в рудах различных месторождений мира.

В первом описании отмечалось, что серебросодержащий пентландит, обладающий структурой типа пентландита, имеет чрезвычайно характерные физические свойства — (пониженную твердость, низкое отражение, буро-коричневый цвет в отраженном свете), резко отличающие его от пентландита и делающие его похожим скорее на борнит, чем на пентландит (Шишкин и др., 1971). Было обращено внимание на относительно постоянное содержание серебра в минерале: величина коэффициента для серебра при расчете на пентландитовую формулу (атомные отношения $S/\Sigma Me = 8/9$) оказалась близкой к единице.

На основании кристаллохимических особенностей структуры пентландита и минералообразующих элементов серебросодержащего пентландита было высказано предположение о преимущественной локализации атомов серебра в октаэдрических позициях структуры. Однако недостаточно полная рентгеновская характеристика минерала (отсутствие монокристалльных исследований) не позволила доказать его структурную индивидуальность, в связи с чем этот минерал рассматривался нами как богатая серебром разновидность пентландита (Шишкин и др., 1971).

Монокристалльные рентгеновские данные, полученные С. Холлом и Дж. Стюартом (Hall, Stewart, 1973), подтвердили предположения о структурных отличиях серебросодержащего пентландита и пентландита, доказали, что 4 атома серебра занимают октаэдрические (4b) позиции в пентландитоподобной структуре $Fm\bar{3}m$, $a_0 = 10.521$. С. Холл и Дж. Стюарт

высказали также мнение, что рассматриваемый минерал не является разновидностью пентландита, а представляет собой самостоятельный минеральный вид. Это мнение было поддержано затем в ряде работ (Scott, Gasparini, 1973; Imai и др., 1975б). Для известных химических составов серебросодержащего пентландита с учетом его структурных особенностей была предложена следующая формула: $Ag_{1-x}(Fe, Ni)_{8+x}S_8$ (Hall, Stewart, 1973).

Химический состав большинства изученных образцов серебросодержащего пентландита из различных месторождений мира (Шишкин и др., 1971; Vuorelainen и др., 1972; Капенков и др., 1973; Hall, Stewart, 1973; Scott, Gasparini, 1973; Imai и др., 1974, 1975б) хорошо соответствует этой формуле (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав, вес. %, серебросодержащего пентландита по опубликованным данным

Анализ	Ag	Ni	Fe	Cu	Co	S	Сумма	Источник
1	13.77	17.05	38.24	0.50	0.07	31.18	100.81	Шишкин и др., 1971
2	14.77	19.05	36.66	0.06	0.03	30.70	101.27	Тот же
3	14.22	23.83	30.33	0.10	0.03	30.91	99.42	» »
4	11.3	20.0	37.0	0.1	0.1	31.5	100.0	Vuorelainen, и др., 1972
5	11.1	20.0	37.2	0.2	0.1	31.8	100.4	Тот же
6	10.7	20.4	37.1	0.4	0.1	31.7	100.4	» »
7	10.2	19.7	37.9	0.3	0.1	31.5	99.7	» »
8	10.3	22.6	34.7	0.4	0.1	31.4	99.5	» »
9	13.78	21.92	33.82	Не опр.	Не опр.	31.44	100.8	Scott, Gasparini, 1973
10	14.03	21.81	33.51	» »	» »	31.42	100.7	Тот же
11	13.91	22.41	33.82	0.04	0.08	30.61	100.8	» »
12	13.14	22.72	33.05	—	—	31.31	100.1	Hall, Stewart, 1973
13	13.34	18.27	38.02	0.05	0.05	31.14	100.87	Капенков и др., 1973.
14	13.68	18.22	37.77	0.18	0.05	30.86	100.76	Тот же
15	13.44	18.73	37.94	0.08	0.06	30.90	100.15	» »
16	13.57	18.58	37.86	0.05	0.06	31.05	100.17	» »
17	19.3	12.8	37.4	0.1	—	30.6	100.2	Imai и др., 1975а
18	19.6	13.4	36.7	0.1	—	30.2	100.0	Тот же
19	20.1	12.6	37.0	0.2	—	29.6	99.5	» »
20	13.4	20.2	36.2	0.3	—	31.3	101.4	Imai и др., 1975б.
21	12.8	20.1	36.0	0.3	—	31.4	100.6	Тот же
22	12.8	20.1	36.0	0.3	—	31.3	100.5	» »

Структурные формулы

ан. 1 — $Ag_{1.05}(Ni_{2.39}Fe_{5.63}Cu_{0.06}Co_{0.01})_{8.09}S_8$	ан. 12 — $Ag_{0.99}(Ni_{3.17}Fe_{4.83}Co_{0.01})_{8.06}S_8$
ан. 2 — $Ag_{1.14}(Ni_{2.71}Fe_{5.48}Cu_{0.01})_{8.20}S_8$	ан. 13 — $Ag_{1.02}(Ni_{2.56}Fe_{5.61}Co_{0.01})_{8.18}S_8$
ан. 3 — $Ag_{1.09}(Ni_{3.37}Fe_{4.51}Cu_{0.01})_{7.90}S_8$	ан. 14 — $Ag_{1.05}(Ni_{2.68}Fe_{5.62}Cu_{0.02}Co_{0.01})_{8.33}S_8$
ан. 4 — $Ag_{0.85}(Ni_{2.77}Fe_{5.40}Cu_{0.01}Co_{0.01})_{8.19}S_8$	ан. 15 — $Ag_{1.03}(Ni_{2.61}Fe_{5.64}Cu_{0.01}Co_{0.01})_{8.29}S_8$
ан. 5 — $Ag_{0.83}(Ni_{2.75}Fe_{5.37}Cu_{0.03}Co_{0.01})_{8.16}S_8$	ан. 16 — $Ag_{1.01}(Ni_{2.62}Fe_{5.60}Co_{0.01})_{8.26}S_8$
ан. 6 — $Ag_{0.80}(Ni_{2.81}Fe_{5.38}Cu_{0.05}Co_{0.01})_{8.25}S_8$	ан. 17 — $Ag_{1.50}(Ni_{1.83}Fe_{5.61}Cu_{0.01})_{7.45}S_8$
ан. 7 — $Ag_{0.77}(Ni_{2.73}Fe_{5.06}Cu_{0.04}Co_{0.01})_{7.84}S_8$	ан. 18 — $Ag_{1.54}(Ni_{1.94}Fe_{5.58}Cu_{0.01})_{7.53}S_8$
ан. 8 — $Ag_{0.78}(Ni_{3.14}Fe_{5.08}Cu_{0.05}Co_{0.01})_{8.28}S_8$	ан. 19 — $Ag_{1.61}(Ni_{1.86}Fe_{5.74}Cu_{0.03})_{7.63}S_8$
ан. 9 — $Ag_{1.04}(Ni_{3.05}Fe_{4.94})_{7.99}S_8$	ан. 20 — $Ag_{1.02}(Ni_{2.82}Fe_{5.31}Cu_{0.04})_{8.17}S_8$
ан. 10 — $Ag_{1.06}(Ni_{3.03}Fe_{4.90})_{7.93}S_8$	ан. 21 — $Ag_{0.97}(Ni_{2.80}Fe_{5.27}Cu_{0.04})_{8.11}S_8$
ан. 11 — $Ag_{1.08}(Ni_{3.20}Fe_{5.07}Cu_{0.01})_{8.29}S_8$	ан. 22 — $Ag_{0.97}(Ni_{2.81}Fe_{5.28}Cu_{0.04})_{8.13}S_8$

Однако Т. Марико и соавторы, затем Н. Имаи и соавторы (Mariko и др., 1973, 1974; Imai и др., 1975а) сообщили о серебросодержащем пентландите из месторождения Камаиши (Япония) с 19.3—20.1 вес. % Ag (табл. 1), и было высказано предположение (Imai и др., 1975а), что серебро может замещать другие металлы в тетраэдрических (32f) позициях. Однако те же авторы (Imai и др., 1975б) сообщают, что исследование минерала из Сэдбери (Канада) не подтвердили высказанных ими ранее предположений.

Для выяснения возможных пределов изоморфных замещений в структуре серебросодержащего пентландита нами проведены дополнительные исследования химического состава этого минерала из руд Октябрьского и Талнахского месторождений, где он является широко распространенным аксессуаром. Оказалось, что состав серебросодержащего пентландита различных образцов из разных типов руд, в том числе и из ассоциации с самородным серебром,¹ относительно постоянный, а его средний химический состав рассчитывается на формулу, близкую к стехиометрической,² предложенную С. Холлом и Дж. Стюартом (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав, вес. %, серебросодержащего пентландита из руд Талнахского и Октябрьского месторождения (новые данные)

Анализ	Ag	Ni	Fe	S	Сумма
1	13.2	20.6	36.6	31.8	102.2
2	13.8	21.6	33.7	31.5	100.6
3	13.1	21.8	35.6	30.0	100.5
4	12.7	20.3	36.0	31.0	102.1
5	13.6	21.6	31.9	31.9	99.9
6	13.7	21.6	33.7	31.5	99.2
7	12.3	21.8	34.9	31.2	100.5
8	13.3	21.6	35.0	31.3	100.1
9	12.4	20.2	36.3	30.8	101.5
10	12.9	20.3	35.6	32.1	99.7
11	13.6	21.5	34.6	32.0	100.8
12	13.3	20.6	34.4	31.9	102.0
13	14.1	21.1	33.7	32.0	100.2
14	13.8	22.4	34.4	30.8	100.7
15	13.8	22.5	34.3	31.3	101.3
Среднее	13.3±0.3	21.3±0.4	34.7±0.6	31.4±0.3	100.7±0.5

Структурная формула



Примечание. MS-46 «Камака», 20 кВ, 20–25 нА, диаметр зонда 1–2 мкм; эталоны: чистые Ag, Ni, Fe и пирит (на S). Расчет относительных интенсивностей на концентрации выполнен методом «гипотетического состава» по указанным ранее формулам (Шашкин и др., 1971) на ЭВМ М-222. Доверительные интервалы среднего арифметического содержания элементов рассчитаны для $P = 95\%$.

Имеющиеся в настоящее время сведения о физических свойствах, химическом составе³ и структурной характеристике серебросодержащего пентландита позволили вновь вернуться к вопросу о положении его в общей систематике минералов.

По нашему предложению, согласованному с С. Холлом и Дж. Стюартом, данные о серебросодержащем пентландите обсуждались в КНМ ВМО АН СССР и КНМ ММА, и этот минерал был утвержден в качестве самостоятельного минерального вида. С учетом особенностей химического состава и структуры новый минерал назван аргентопентландит (argento-pentlandite).

Следует отметить, что наш минерал является не единственным соединением с «упорядоченной» структурой типа пентландита $Fm\bar{3}m$, с увели-

¹ Обнаружены также тончайшие (субмикроскопические) сростания рассматриваемого минерала с самородным серебром.

² Та же формула, по устному сообщению Г. В. Спиридонова, характерна и для серебросодержащего пентландита из медно-никелевого месторождения «Спутник» (Печенгское рудное поле).

³ Для минерала из рудника Камаиши (Япония), по нашему мнению, необходимы дополнительные исследования его однородности и структурных особенностей (монокристаллическая съемка).

ченным (по сравнению с пентландитом) параметром элементарной ячейки и «бронитоподобными» физическими свойствами. К таким минералам относятся шадлунит (Pb, Mn, Cd) (Cu, Fe)₈S₈ (Евстигнеева и др., 1973) и, видимо, медистый пентландит Cu_{1-x}(Fe, Ni)_{8+x}S₈ (Митенков и др., 1970).

Литература

- Евстигнеева Т. Л., Генкин А. Д., Тронева Н. В., Филимонова А. А., Цепин А. И. (1973). Шадлунит — новый сульфид меди, железа, свинца, марганца и кадмия из медно-никелевых руд. ЗВМО, вып. 1.
- Карпенков А. М., Митенков Г. А., Михайлова В. А., Рудашевский Н. С., Сидоров А. Ф., Шишкин Н. Н. (1973). О находке серебродержащего пентландита в рудах Седбери. ЗВМО, вып. 3.
- Митенков Г. А., Будько И. А., Михайлова В. А., Карпенков А. М., Шишкин Н. Н. (1970). Медистый пентландит в рудах Талнахского месторождения. ЗВМО, вып. 6.
- Шишкин Н. Н., Митенков Г. А., Михайлова В. А., Рудашевский Н. С., Сидоров А. Ф., Карпенков А. М., Кондратьев А. В., Будько И. А. (1971). Богатая серебром разновидность пентландита. ЗВМО, вып. 2.
- Hall S. R., Stewart J. M. (1973). The crystal structure of argentian pentlandite (Fe, Ni)₈AgS₈, compared with the refined structure of pentlandite (Fe, Ni)₈S₈. Canad. Miner., v. 12.
- Imai N., Mariko T., Shiga Y. (1974). A new occurrence of argentian pentlandite from the Falconbridge Mine, Sudbury Area, Canada, with some comments on its nomenclature. Mining Geol., v. 24.
- Imai N., Mariko T., Shiga Y. (1975a). A high-argentian pentlandite from the Nippo ore deposit of the Kamaishi Mine, Iwate prefecture, Japan (submitted to Miner. Deposita).
- Imai N., Mariko T., Shiga Y. (1975b). Argentian pentlandite from the Falconbridge Mine in the Sudbury Area of Ontario, Canada. Mining Geol., v. 25, N 131.
- Mariko T., Imai N., Shiga Y. (1973). A new occurrence of argentian pentlandite from the Kamaishi Mine, Iwate prefecture, Japan. Mining Geol., v. 23.
- Mariko T., Imai N., Shiga Y. (1974). Occurrence and paragenesis of the nickel and cobalt-bearing minerals from the Kamaishi Mine, Iwate prefecture, Japan. Mining Geol., v. 24.
- Scott S. D., Gasparri E. (1973). Argentian pentlandite, (Fe, Ni)₈AgS₈, from Bird River, Manitoba. Canad. Miner., v. 12.
- Vuorelainen Y., Hakli T. A., Rapunen H. (1972). Argentian pentlandite from some Finnish sulfide deposits. Amer. Miner., v. 57, N 1—2.

Институт «Гипроникель»,
Ленинград.

Поступила в редакцию
18 мая 1976 г.

УДК 549.732

Д. члены М. А. СИМОНОВ, С. В. МАЛИНКО, почетный член
Н. В. БЕЛОВ, Е. В. КАЗАНСКАЯ, Ю. К. ЕГОРОВ-ТИСМЕНКО,
М. В. ФЕДОРЕНКО, Е. Л. БЕЛОКОНЕВА, Н. А. ЯМНОВА,
Н. Н. КУЗНЕЦОВА

НОВЫЙ МИНЕРАЛ ГЕКСАГИДРОБОРИТ Ca[V(OH)₄]₂·2H₂O

Новый минерал — шестиводный метаборат кальция — установлен в образце курчатовито-сахайтовой руды из месторождения Солонго Бурятской АССР. В соответствии с составом новому минералу присвоено название гексагидроборит (hexahydroborite).¹

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов (КНМ) Всесоюзного минералогического общества 30 сентября 1976 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 4 июня 1977 г.