

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.352.24 (547.2)

© 1990 г.

Д. чл. Э. М. СПИРИДОНОВ, И. В. ПЕТРОВА, Д. М. ДАШЕВСКАЯ,
Е. П. БАЛАШОВ, Л. М. КЛИМОВАРОЩИНИТ¹ $\text{Ag}_{19}\text{Pb}_{10}\text{Sb}_{51}\text{S}_{96}$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ
ГРУППЫ АНДОРИТА

Сурьмяные сульфосоли Ag и Pb группы андорита представляют собой упорядоченные сверхструктуры, устойчивые ниже 300 °С и в ряде случаев образующиеся при отжиге относительно высокотемпературного твердого раствора на основе андорита $\text{Me}_{20}\text{S}_{24}$ с широкой областью гомогенности вдоль линии $\text{PbS}—\text{AgSb}_3\text{S}_5$ (Hoda, Chang, 1975). В этой группе известны (Бородаев и др., 1971; Свешникова, 1975; Мозгова и др., 1983; Моёло, 1983; Makovicky, Mummé, 1983; Моёло е. а., 1984, 1989; Чвилева и др., 1988; Кузьмина, 1989) андорит $\text{Ag}_4\text{Pb}_4\text{Sb}_{12}\text{S}_{24}$ ($\text{AgPbSb}_3\text{S}_6$: андорит-VI — $\text{Ag}_{24}\text{Pb}_{24}\text{Sb}_{72}\text{S}_{144}$, андорит-IV — $\text{Ag}_{15}\text{Pb}_{18}\text{Sb}_{47}\text{S}_{96}$); рамдорит $\text{Ag}_3\text{Pb}_6\text{Sb}_{11}\text{S}_{24}$; физелиит $\text{Ag}_5\text{Pb}_{14}\text{Sb}_{21}\text{S}_{48}$; наказеит $\text{Ag}_3\text{CuPb}_4\text{Sb}_{12}\text{S}_{24}$ (до $\text{Ag}_{15}\text{Cu}_2\text{Pb}_{24}\text{Sb}_{49}\text{S}_{96}$); учукчакуаит $\text{Ag}_2\text{Pb}_6\text{Mn}_2\text{Sb}_{10}\text{S}_{24}$; близкий к ним овихиит $\text{Ag}_3\text{Pb}_8\text{Sb}_9\text{S}_{24}$. Серебро частично замещается Cu; свинец — Mn, Fe, Cd и Sn; сурьма — Bi и As; сера — Se. Сверхструктуры минералов стабилизированы примесями: наказеит — Cu, физелиит — Fe, андорит — Cu (медистый андорит-VI — $\text{Ag}_{21}\text{Cu}_3\text{Pb}_{24}\text{Sb}_{72}\text{S}_{144}$); Mn (марганцовистый андорит — $\text{Ag}_{16}\text{Pb}_{10}\text{Mn}_6\text{Sb}_{48}\text{S}_{96}$), Fe (железистый андорит-VI — $\text{Ag}_{24}\text{Pb}_{21}\text{Fe}_3\text{Sb}_{72}\text{S}_{144}$); рамдорит — Mn и Fe [железисто-марганцовистый рамдорит — $\text{Ag}_5\text{Pb}_{11}(\text{Mn}, \text{Fe})_3\text{Sb}_{21}\text{S}_{48}$], Cd (кадмистый рамдорит — $\text{Ag}_{5.5}\text{Pb}_{12}\text{Cd}_1\text{Sb}_{21.5}\text{S}_{48}$) — (Moёlo е. а., 1984).

Минералы группы андорита по составу отчетливо отличаются от минералов — промежуточных твердых растворов серии галенит—миаргирит: фрейсленита AgPbSbS_3 , броньярдита $\text{Ag}_2\text{PbSb}_2\text{S}_5$, диафорита $\text{Ag}_3\text{Pb}_2\text{Sb}_3\text{S}_8$ (рис. 1). Новая сурьмяная сульфосоли Ag и Pb — рощинит $\text{Ag}_{19}\text{Pb}_{10}\text{Sb}_{51}\text{S}_{96}$ — по составу принадлежит андоритовой серии (рис. 1).

Обобщенная формула минералов группы андорита $\text{Ag}_x\text{Pb}_{3-2x}\text{Sb}_{2+x}\text{S}_6$ (Makovicky, Mummé, 1983; Моёло е. а., 1989), характерное изоморфное замещение $2\text{Pb}^{2+} = \text{Ag}^+ + \text{Sb}^{3+}$. Величина x (%) в обобщенной формуле показывает степень «андоритового замещения»; в работах Ю. С. Бородаева и соавторов (1971), Н. Н. Мозговой и соавторов (1983) и других рекомендуется широко использовать эту величину, и при значениях x более 100 % применять термин «сверхзамещенный». О. В. Кузьминой (1989) показано существование в минералах группы андорита изоморфных замещений иного типа: $\text{Pb}^{2+} = 2\text{Ag}^+$ и др. Таким образом, величина x (степень «андоритового замещения») не является универсальной характеристикой минералов группы андорита.

Рощинит установлен нами в рудах месторождения Кварцитовые Горки

¹ Минерал (№ 89-006) и его название утверждены 1 апреля 1989 г. Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации.

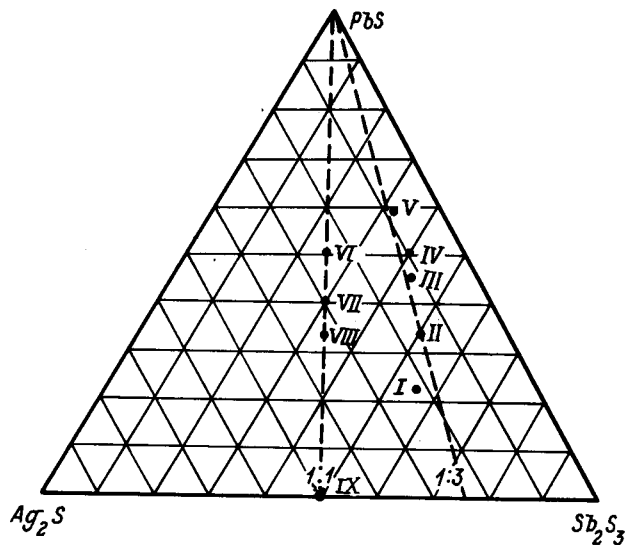


Рис. 1. Составы рошинита, минералов группы андорита и группы фрейслебенита на диаграмме $PbS-Ag_2S-Sb_2S_3$ (мол. %).
 I — рошинит, II — андорит, III — рамдорит, IV — физелинит, V — овихит, VI — фрейслебенит, VII — диафорит, VIII — броньярдит, IX — мнгаргирит.

(Северный Казахстан) на глубинах 290—350 м. Месторождение принадлежит позднеордовикской плутогенной малосульфидной золото-кварцевой формации (Спиридонов и др., 1973), ее наименее глубинной золото-антимонитовой фации (Назьмова и др., 1978; Спиридонов и др., 1986; Спиридонов, 1987), и представляет собой рудные штокверки вдоль разломов, оперяющих глубинный Целиноградский разлом. По геологическим данным определено, что месторождение формировалось на глубинах 1—1.5 км. Рудные тела расположены в центральных частях ореолов березитизированных и лиственитизированных пород и представляют собой те же метасоматиты с несколькими поколениями прожилков кварцевого, карбонат-кварцевого и карбонатного состава с вкрапленностью, гнездами и прожилками сульфидов и золота. Короткометражные карбонат-кварцевые жилы редки. Оценка давления в ходе рудообразования по сфалерит-пирротин-пиритовому геобарометру — около 0.5 кбар; результаты криометрических исследований и гомогенизации первичных углекислотно-водных и водно-углекислотных включений в кварце и карбонатах руд дают 0.3—0.8 кбар (измерения В. Ю. Прокофьева).

Рудная минерализация позднеордовикского возраста Кварцитовых Горок представлена следующими ассоциациями минералов: реликтовой (осадочный пирит, силикаты, хромит), ранней карбонат-кварцевой, ранней полиметаллической, поздней (главной) полиметаллической, продуктивной. Первые 4 ассоциации имеют устойчивый состав во всем объеме месторождения, продуктивная минерализация на северном и южном участках заметно различается.

Ранняя карбонат-кварцевая ассоциация представлена ранней генерацией прожилков, сложенных кварцем, анкеритом и часто сидеритом, с хлоритом, серицитом, пирофиллитом, Сг-фенгитом, пиритом, пирротином, магнетитом, рутилом, шеелитом, халькопиритом, кубанитом, железистым сфалеритом и тальком. Температура гомогенизации газово-жидких включений в кварце и карбонатах 310—255 °С, концентрация солей во включениях 6—7 % экв. NaCl, концентрация углекислоты 2.1—2.6 моль/кг раствора, газово-жидкие включения содержат примесь метана. Широко распространена на месторождении ранняя полиметаллическая ассоциация, которая включает пирит, арсенопирит (с нор-

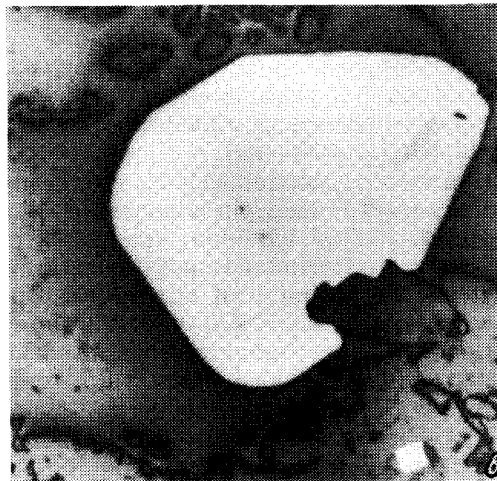
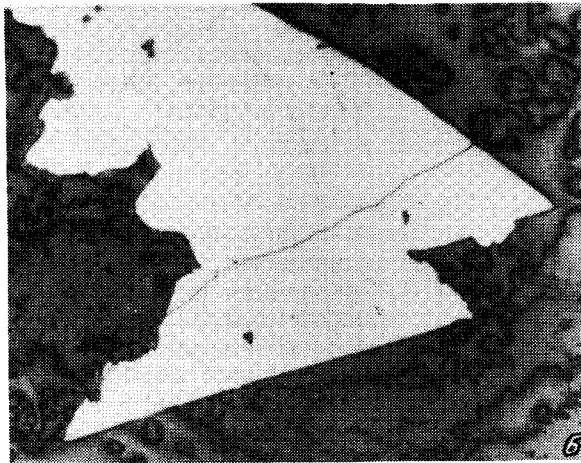
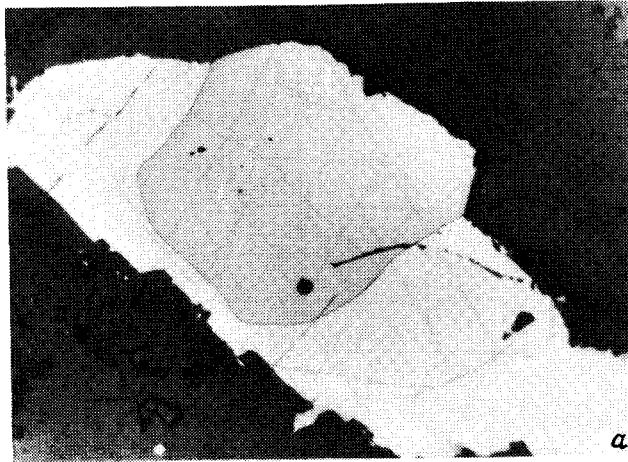


Рис. 2. Выделения рошинита в кальците и агрегатах кварца и кальцита. Полированный шлиф.
Кварцитовые Горки, северный участок, глубина 323 м.

a — срастание рошинита (белый) с тетраэдритом (светло-серый), длина сростка около 2 мм; *б* — метакристалл рошинита размером около 1 мм, поперечный срез; *в* — кристалл рошинита размером 1.5 мм, продольный срез.

мальной зональностью: ядро обогащено As, края — S), пирротин, кубанит, халькопирит, борнит, сфалерит, теннантит (бедный Ag и Hg), герсдорфит, никелистый пирит, галенит, джемсонит, бурнонит, тетраэдрит (бедный Ag и Hg), кальцит и смешанослойные глинистые минералы. Ранние минеральные ассоциации в центральных частях рудных тел в заметной степени замещены агрегатами минералов поздней полиметаллической и продуктивной ассоциаций. В этих местах минеральные агрегаты ранних стадий кливажированы и брекчированы, содержат гнезда, прожилки, вростки жильных и рудных минералов поздних стадий минералообразования.

Широко распространенная в рудных телах поздняя полиметаллическая ассоциация представлена радиально-лучистыми агрегатами мышьяковистого пирита (2.5—5 мас.% As, до 0.8% Sb), арсенопиритом, анкеритом, ферродоломитом, маложелезистым ртутистым сфалеритом, каолинитом, гнездами и прожилками кальцита с примазками графитоида. Температуры декрепитации пирита в атмосфере аргона 250—220 °С, температуры гомогенизации газожидких включений в кальците 230—205 °С. Зональность арсенопирита в рудах южного участка нормальная (прямая), в рудах северного участка — обратная (внешние зоны заметно богаче As, чем внутренние).

Агрегаты минералов продуктивной ассоциации (антимонит, сурьмяные сульфосоли Pb, Fe, Cu, Ag и самородное золото) слагают микро-, макрогнезда и прожилки, метасоматические вростки, рассеянную вкрапленность среди всех более ранних образований, цементируют их обломки. Весьма часто они развиты в прожилках и гнездах позднего кальцита. Эволюция минерального состава продуктивной ассоциации различна для южного и северного участков Кварцитовых Горок. Очевидно, с этого времени здесь действовали две обособленные рудоносные гидротермальные системы. Эволюция микропарагенезов продуктивной ассоциации в этих участках месторождения следующая.

Южный участок: антимонит+цинкенил+бертьерит+джемсонит+халькостибит+бурнонит → антимонит+джемсонит+бурнонит+тетраэдрит (Ag_{ср.} 5.2 мас.%, Hg_{ср.} 0.49 %, n=20)+самородное ртутистое золото I (средний состав: Au 89.5 мас.%, Ag 7.0 %, Hg 4.1 %, n=4) → бурнонит+буланжерит+тетраэдрит мышьяковистый (Ag 21.9 мас.%, Hg 0.12 %, n=17)+самородное ртутистое золото II (Au 76.9 мас.%, Ag 20.0 %, Hg 3.4 %, n=27)+галенит → галенит+аргентотеннантит (Ag_{ср.} 31.1 мас.%, Hg следы, n=4) с каймами обрастания аргентотетраэдрита (Ag_{ср.} 31.5 мас.%, Hg следы, n=3)+самородное ртутистое золото (ртутистый электрум) III (Au 68.5 мас.%, Ag 29.3 %, Hg 1.7 %, n=9) — (Спиридонов и др., 1986; Спиридонов, 1987, и др.). И так, на южном участке эволюция рудоносных гидротерм шла с накоплением Ag, Pb, As и истощением Sb и Hg; практически вся масса серебра фиксировалась в блеклых рудах, собственные сульфосоли Ag не возникли.

Северный участок: антимонит+цинкенил+халькостибит+бертьерит+джемсонит+теннантит (Ag 4.1 мас.%, Hg 3.3 %, n=35) с каймами тетраэдрита мышьяковистого (Ag 4.1 мас.%, Hg 3.1 %, n=6) → антимонит+цинкенил+тетраэдрит (Ag 7.3 мас.%, Hg 1.6 %, n=6)+самородное ртутистое золото I (Au 86.6 мас.%, Ag 8.1 %, Hg 4.9 %, n=256) → антимонит+цинкенил+халькостибит+тетраэдрит (Ag 13.2 мас.%, Hg 1.2 %, n=16)+андорит-VI+самородное ртутистое золото II (Au 75.6 мас.%, Ag 18.6 %, Hg 5.9 %, n=92) или антимонит+цинкенил+халькостибит+джемсонит+серебристый тетраэдрит+рошинит+самородное ртутистое золото II+андорит-VI+фюлэппит → антимонит+халькостибит+миаргирит+кубанит+самородное ртутистое золото (ртутистый электрум) III (Au 64.5 мас.%, Ag 25.1 %, Hg 11.8 %, n=4) — (Назьмова, Спиридонов, 1979; Спиридонов, 1987; Чвилева и др., 1988). И так, на северном участке эволюция рудоносных гидротерм шла с накоплением Ag, Sb, Hg и истощением Pb и As. В ранних парагенезах продуктивной ассоциации вся масса серебра заключена в блеклых рудах, в поздних парагенезах

Таблица 1

Гониометрические данные по четырем кристаллам рошинита
(размером около 3 мм каждый)

<i>hkl</i>	Физмер.	Фтеор.	Физмер.	Фтеор.	<i>hkl</i>	Физмер.	Фтеор.	Физмер.	Фтеор.
100	89° 54'	90°	90°	90°	201	86 30	90	32° 11'	33° 06'
210	71 31	71° 16'	90	90	111	56 03	55 50	24 11	21 31
110	55 50	55 50	90	90	252	30 35	30 32	35 12	32 42
230	44 45	44 30	90	90	031	0 05	0	32 50	33 37
010	0 05	0	90	90	041	0 05	0	40 00	41 33
001									

Примечание. Данные измерений Л. М. Климовой.

появились Pb—Ag сульфосоли (андорит-VI и рошинит), а затем и сульфосоли Ag (миаргирит AgSbS_2). В ходе рудоотложения понижалась фугитивность серы, что фиксируется обратной зональностью арсенопирита, существенным ростом содержания ртути в самородном золоте, появлением кубанита в наиболее поздних микропарагенезах минералов.

Таким образом, рошинит возник в наименее глубинном из плутоногенных месторождений золото-кварцевой формации, на поздних стадиях рудоотложения при температуре $\sim 200^\circ\text{C}$ и давлении 0.5 кбар в тех участках, где эволюция гидротерм шла с накоплением Ag и Sb при истощении Pb и As в условиях пониженной фугитивности серы.

Рошинит находится преимущественно в кальците, слагает короткопризматические, часто округлые кристаллы размером от 0.05 до 4 мм, обычно 0.5—1 мм, а также сростания с мышьяковистым тетраэдритом, с ртутистым золотом, реже с фюльппитом, с цинкенимом и антимонитом. Изредка наблюдались полиминеральные сростания: рошинит, тетраэдрит, ртутистое золото, антимонит, фюльппит, цинкеним, андорит-VI, халькостибит, джемсонит.

Кристаллы рошинита представляют комбинацию преобладающих граней ромбической призмы и многочисленных ромбических бипирамид (рис. 2, 3, табл. 1). На гранях ромбической призмы нередко заметна продольная штриховка. Минерал серебристо-серого до свинцово-серого цвета, с металлическим блеском, цвет черты светлый стально-серый, излом криволинейный. Минерал очень хрупкий. Твердость микровдавливания (кгс/мм^2) 53—143, в среднем 95 ($n=11$, ПМТ-3, $P=10-20$ г, прибор тарирован по NaCl, измерения выпол-

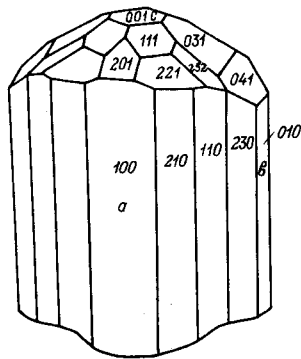


Рис. 3. Рисунок кристалла рошинита длиной около 3 мм (зарисовка Л. М. Климовой).

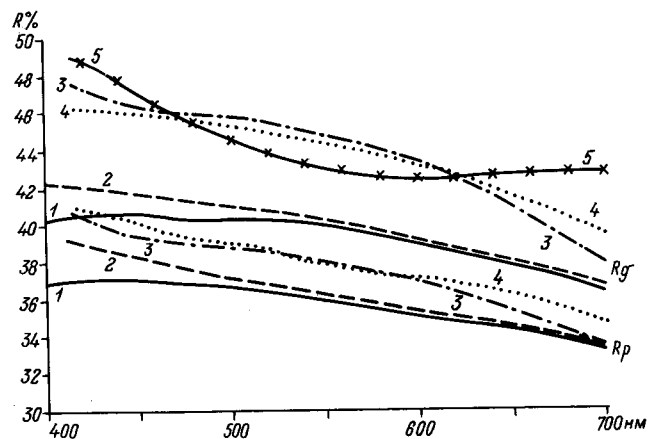


Рис. 4. Спектры отражения рошинита (1), андорита (2), физелинта (3), овшинита (4) (2—4: Picot, Johan, 1977) и галенита (5: Чвилева и др., 1988).

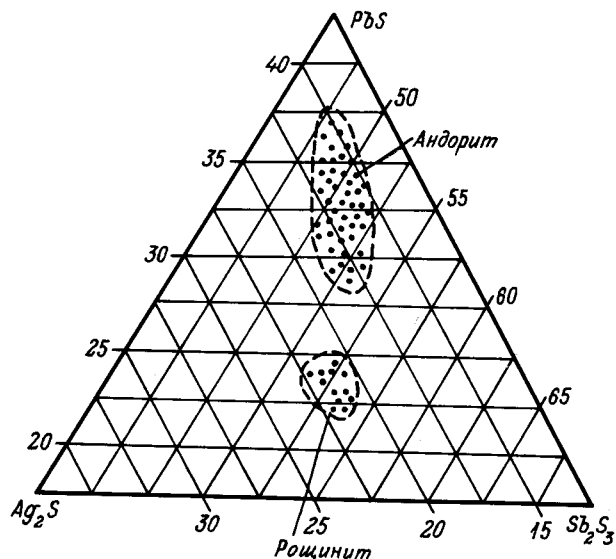


Рис. 5. Поля составов рошинита (данные авторов) и андорита (Свешникова, 1975; Мозгова и др., 1983; Moëlo, 1983; Moëlo e. a., 1989) на диаграмме $PbS-Ag_2S-Sb_2S_3$ (мол.%).

нены С. И. Лебедевой). Эта константа для нового минерала заметно ниже, чем у похожего андорита ($140-245 \text{ кгс/мм}^2$). Плотность (обр. 1, три измерения): 5.28, 5.27 и 5.25; в среднем 5.26_5 г/см^3 (измерена методом гидростатического взвешивания В. Ф. Недобой); рентгеновская плотность для обр. 1 — 5.263 г/см^3 .

В отраженном свете рошинит белый, серовато-белый с очень слабым голубоватым оттенком; в контакте с блеклой рудой отчетливо светлее, в контакте с золотом — серый (похож на блеклую руду). Минерал умеренно отражающий: отражение ниже, чем у галенита, выше, чем у тетраэдрита, близкое с андоритом (рис. 4). Рошинит — самый низкоотражающий минерал группы андорита. Спектры отражения близки с андоритом, заметно отличаются (ниже) только в сине-зеленой области. Двухотражение слабое, заметно только на продольных призматических сечениях. Рошинит отчетливо анизотропен, поперечные сечения округлой формы почти изотропны. Отражение (%) в воздухе (обр. 1) R_g и R_p — 40.3 и 36.9 (400 нм), 40.4 и 37.0 (420), 40.5 и 37.0 (440), 40.5 и 36.9 (460), 40.3 и 36.6 (480), 40.2 и 36.3 (520), 40.0 и 36.0 (540), 39.7 и 35.7 (560), 39.3 и 35.3 (580), 38.9 и 35.0 (600), 38.5 и 34.7 (620), 38.0 и 34.4 (640), 37.5 и 34.0 (660), 37.0 и 33.6 (680), 36.3 и 33.0 (700 нм); измерения выполнены Т. Н. Чвилёвой на микрорефлектометре «Блеск», эталон — металлический кремний, диаметр зонда 10 мкм.

Химический состав рошинита и ассоциирующихся с ним минералов определен с помощью электронного микросонда Camebax (25 кВ, 15 нА), эталоны — химически анализированные гессит (для Ag), андорит (Ag, Pb, Sb, S), самородное золото (Au), халькостибит (Cu, Sb, S), антимонит (Sb, S), галенит и алтаит (Pb_{Mn}), киноварь (Hg), пирит (Fe), синтетические GaAs (As), ZnSe (Zn), CdSe (Se), Mn (Mn), Sb (Sb). Состав минералов рассчитан по программе CORRECS. Химический состав рошинита колеблется в сравнительно узких пределах (табл. 2, рис. 5), часть сурьмы замещена As, часть серебра — Cu, небольшая часть свинца — Zn и Hg. Пересчет состава ан. 1 с учетом плотности и объема элементарной ячейки ($K = \frac{V \cdot d \cdot 0.006023}{Z} = 132.4065$) приводит к формуле $(Ag_{17.81}Cu_{1.58})_{19.39}(Pb_{10.57}Zn_{0.22}Fe_{0.05}Mn_{0.05}Hg_{0.25})_{11.14}(Sb_{46.88}As_{3.64})_{50.52}S_{95.47}$, сумма атомов 176.52.

Таблица 2

Химический состав рошинита месторождения Кварцитовые Горки, Северный Казахстан

Компонент	Ан. 1 (n=4)		Ан. 2 (n=3)		Ан. 3 (n=3)		Ан. 4 (n=6)		Ан. 5 (n=14)		Вариация состава, мас. %
	мас. %	форм. ед.	мас. %	форм. ед.	мас. %	форм. ед.	мас. %	форм. ед.	мас. %	форм. ед.	
Ag	14.51	17.75	14.76	17.80	14.68	18.30	14.25	17.65	13.99	17.11	13.87—14.76
Cu	0.76	1.56	0.58	1.21	0.96	2.01	0.94	1.96	0.81	1.68	0.51—0.99
Pb	16.54	10.51	17.93	11.26	15.02	9.71	15.15	9.76	15.01	9.55	14.85—18.08
Zn	0.11	0.20	He обн.	—	0.19	0.40	0.22	0.45	0.03	0.07	0.00—0.26
Fe	0.02	0.05	»	»	0.05	0.10	0.05	0.10	0.02	0.05	0.00—0.05
Mn	0.02	0.05	0.04	0.10	Сл.	—	He обн.	—	Сл.	—	0.00—0.04
Hg	0.38	0.25	He обн.	—	0.69	0.45	0.77	0.50	0.10	0.07	0.00—0.89
Sb	43.11	46.77	41.41	44.15	44.38	48.98	44.67	49.23	45.34	49.12	41.41—45.95
As	2.06	3.62	4.11	7.84	Сл.	—	Сл.	—	1.56	2.74	Сл.—5.56
S	23.12	95.24	23.10	93.63	22.93	96.04	23.13	96.35	23.24	95.61	22.93—23.60
Сумма	100.63	176	101.93	176	98.90	176	99.31	176	100.10	176	
Sb _{ф.е./} (Sb+ +As _{ф.е./}) %	92.8		84.9		100		100		94.7		

Примечание. Au, Se, Co, Ni, Bi и Te не обнаружены. Микрозонд Сатевах, анализы выполнены Э. М. Спиридоновым (ан. 1—3 и 5) и Д. М. Дашевской (ан. 4).

Таблица 3

Химический состав рудных минералов, находящихся в сростаниях с рошингом

Компонент	Мышьяковистый тетраэдрит		Андорит		Цинкениит		Антимонит		Ртутистое золото (8) %
	(6) %	форм. ед.	(2) %	форм. ед.	(2) %	форм. ед.	(2) %	форм. ед.	
Ag	8.24	1.26	12.66	0.99	11.22	0.90	0.54	0.18	17.65
Au	0.01	—	0	—	0	—	0	—	75.97
Cu	33.42	8.67	0.34	0.05	0.63	0.09	0.44	0.25	0.08
Zn	5.58	1.41	Сл.	—	0	—	0.64	0.35	0
Fe	1.05	0.31	0.12	0.02	0.01	—	0.39	0.25	0.03
Hg	3.96	0.32	Сл.	—	Сл.	—	Сл.	—	6.53
Pb	0	—	23.18	0.94	23.85	1.00	30.04	5.24	0
Mn	0.01	—	0	—	Сл.	—	Сл.	—	0
As	9.07	2.00	0.97	0.11	1.60	0.18	6.58	3.18	0
Sb	15.24	2.06	41.8	2.90	39.45	2.80	36.60	10.87	0
S	25.19	12.93	22.74	5.98	22.32	6.03	23.65	26.68	0
Se	0.19	0.04	0.11	0.01	Сл.	—	Сл.	—	0
Сумма	101.93	29	102.00	11	99.08	11	98.88	47	100.26
Sb _{ф.е.} / (Sb + As _{ф.е.}), %		50.7		96.3		94.0		77.4	
									95.4

Примечание. Микрозонд Сатебах, анализы выполнены Э. М. Спиридоновым. В скобках — число анализов.

Таблица 4

Рентгенограммы минералов группы андорита

Рошинит, обр. 1				Андорит (ASTM, N 10-499)		Наказеит (ASTM, N 13-462)		Рамдорит (Бородаев и др., 1971)	
<i>I</i>	<i>d</i> _{изм.}	<i>d</i> _{расч.}	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм.}	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм.}	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм.}
1	3.33	3.313	221	10	3.30	10	3.30	10	3.32
6	3.24	3.225	400	—	—	1.5	3.25	—	—
—	—	—	—	—	—	1.5	3.20	—	—
2	2.96	2.980	311	2	3.01	4	2.997	3	3.04
—	—	—	—	—	—	—	—	6	2.94
8	2.85	2.847, 2.841	260, 241	8	2.90	8	2.893	—	—
—	—	—	—	—	—	3.5	2.864	—	—
—	—	—	—	4	2.76	—	—	5	2.78
6	2.70	2.725	331	—	—	5	2.741	—	—
—	—	—	—	0.5	2.38	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	2	2.30
2	2.243	2.233	280	2	2.27	3	2.267	—	—
—	—	—	—	0.5	2.21	—	—	5	2.21
—	—	—	—	2	2.15	1.5	2.130	—	—
3	2.103	2.105, 2.097	012, 620	2	2.09	1	2.096	2	2.09
3	2.049	2.048	181	3	2.06	2	2.062	—	—
3	1.989	1.995, 1.985	461, 132	1	2.02	2	2.012	—	—
3	1.963	1.969, 1.960	222, 640	1	1.977	1.5	1.969	—	—
2	1.941	1.935	042	—	—	—	—	—	—
0.5	1.914	1.915, 1.913	480, 142	1	1.914	1.5	1.916	—	—
—	—	—	—	3	1.888	3.5	1.880	1	1.904
5	1.866	1.869, 1.866	381, 471	—	—	2.5	1.876	—	—
1	1.810	1.810	561	0.5	1.821	—	—	1	1.815
10	1.765	1.765	342	3	1.784	2	1.785	—	—
1	1.684	1.687, 1.683	670, 711	0.5	1.684	—	—	—	—
<i>a</i> , Å		12.90±0.03			12.98		13.03		13.03
<i>b</i> , Å		19.04±0.06			19.15		19.18		19.18
<i>c'</i> , Å		4.236±0.009			4.260		4.260		4.260

Примечание. Условия съемки для рошинита: РКД 57.3, Fe-излучение, Мп-фильтр, аналитик И. В. Петрова.

Средний химический состав рошинита (по данным табл. 2, $n=30$): Ag 14.26 ± 0.28 , Cu 0.82 ± 0.16 , Pb 15.53 ± 0.55 , Zn 0.09 ± 0.04 , Fe 0.03 ± 0.01 , Мп следы, Ng 0.32 ± 0.14 , Sb 44.42 ± 0.79 , As 1.42 ± 0.73 , S 23.15 ± 0.19 , сумма 100.04; эмпирическая формула, рассчитанная на 176 атомов: $\text{Ag}_{17.50}\text{Cu}_{1.71} \cdot \text{Pb}_{9.93}\text{Zn}_{0.19}\text{Fe}_{0.05}\text{Hg}_{0.16}\text{Sb}_{48.30}\text{As}_{2.52}\text{S}_{95.59}$, округленно $\text{Ag}_{17}\text{Cu}_2\text{Pb}_{10}\text{Sb}_{48}\text{As}_3\text{S}_{96}$ или $(\text{Ag}, \text{Cu})_{19}\text{Pb}_{10}(\text{Sb}, \text{As})_{51}\text{S}_{96}$. Реальные вариации состава рошинита $\text{Ag}_{17}^{(+1.0)}\text{Cu}_2^{(+0.0)}\text{Pb}_{10}^{(+1.4)}\text{Sb}_{48}^{(+1.1)}\text{As}_3^{(+4.8)}\text{S}_{96}^{(+0.4)}$. В целом состав рошинита близок к $\text{Ag}_{19}\text{Pb}_{10}\text{Sb}_{51}\text{S}_{96} = 19\text{AgSbS}_2 + 10\text{PbS} + 16\text{Sb}_2\text{S}_3$. От других минералов группы андорита рошинит отличается существенно повышенным содержанием сурьмы и пониженной концентрацией свинца (рис. 1, 5). Состав рошинита фиксирует специфические условия поздних стадий рудоотложения северного участка Кварцитовых Горок: обилие Sb (антимонита), богатство Ag, относительный дефицит Pb. Состав рошинита близок синтетической фазе андорит-XXIV, полученной гидротермальным методом при 300 °С (Мозгова и др., 1983).

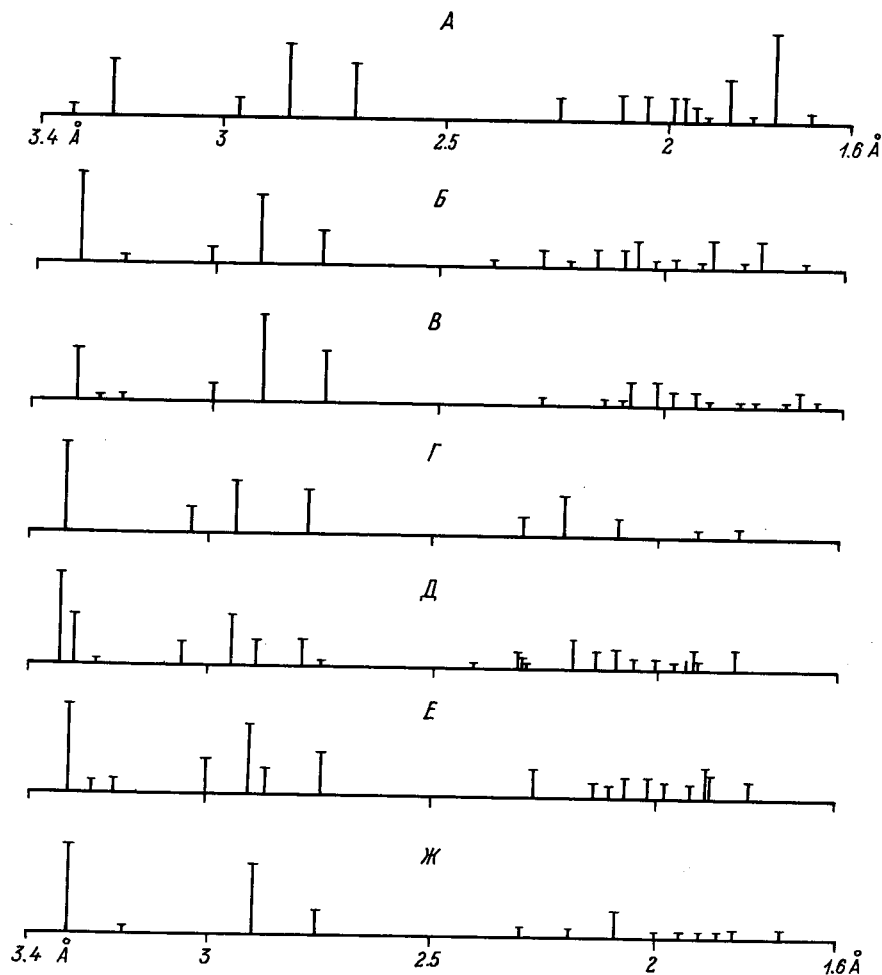


Рис. 6. Штрихдиаграммы рошинита $\text{Ag}_{19}\text{Pb}_{10}\text{Sb}_{51}\text{S}_{96}$ (А), андорита-IV $\text{Ag}_{15}\text{Pb}_{18}\text{Sb}_{47}\text{S}_{96}$ (Б: ASTM, № 10-499), андорита-VI $\text{Ag}_{26}\text{Pb}_{20}\text{Sb}_{74}\text{S}_{144}$ (В: Чвилёва и др., 1988), рамдорита $\text{Ag}_3\text{Pb}_6\text{Sb}_{11}\text{S}_{24}$ (Г: Бородаев и др., 1971), физелинита $\text{Ag}_5\text{Pb}_{14}\text{Sb}_{21}\text{S}_{48}$ (Д: ASTM, № 23-753), наказейта $\text{Ag}_3\text{CuPb}_4\text{Sb}_{12}\text{S}_{24}$ (Е: ASTM, № 13-462), учукчакуанта $\text{Ag}_2\text{Mn}_2\text{Pb}_6\text{Sb}_{10}\text{S}_{24}$ (Ж: Moëlo e. a., 1984).

В ассоциации рошинит—андорит—антимонит—фюлëппит—цинкениит—блеклая руда—ртутистое золото основная масса Ag сконцентрирована в рошините и андорите, Ng — в самородном золоте и блеклой руде, Se и As — в блеклой руде. Наиболее высокая и близкая сурьмянистость у андорита, рошинита, антимонита и фюлëппита, заметно ниже у цинкениита, самая низкая (около 50 %) у мышьяковистого тетраэдрита (табл. 2, 3).

В перуанских вулканогенных месторождениях серебра Julcani и El Mechero описаны мышьяковисто-висмутистый андорит (А) и медисто-мышьяковисто-висмутистый андорит (Б), которые по составу отличны от андорита и близки к рошиниту. Их составы по данным из работы (Moëlo e. a., 1989): А (ан. 29—33, 43, 44, 58), Б (ан. 55—57) и среднее для двух месторождений В — Ag 12.07, 13.12 и 12.60, Cu 1.30, 0.46 и 0.88, Pb 16.03, 15.56 и 15.80, Mn 0.25, — и 0.12, Cd 0.20, — и 0.10, Sb 30.87, 26.98 и 28.93, Bi 11.53, 21.51 и 16.52, As 3.60, 1.63 и 2.62, S 22.47, 20.74 и 21.61, сумма 98.32, 100.00 и 99.18; формулы:

А — (Ag_{15.46}Cu_{2.83})_{18.29}(Pb_{10.69}Mn_{0.64}Cd_{0.25})_{11.58}(Sb_{35.04}Bi_{7.63}As_{6.63})_{49.30}S_{96.83},
 Б — (Ag_{17.88}Cu_{0.07})_{18.95}Pb_{11.04}(Sb_{32.58}Bi_{15.13}As_{3.21})_{50.92}S_{95.09},
 В — (Ag_{16.64}Cu_{1.97})_{18.61}(Pb_{10.86}Mn_{0.31}Cd_{0.13})_{11.30}(Sb_{33.85}Bi_{11.27}As_{4.97})_{50.09}S_{96.00},

что близко к Ag₁₉Pb₁₁Sb₅₀S₉₆.

Итак, содержания примесей в рошините достигают (мас. %): Bi 22, As 5.5, Cu 1.5, Hg 1, Mn и Zn 0.3, Cd 0.2 и Fe 0.1. В близком по составу андорите содержания примесей достигают (в мас. %): Bi 29, Mn 7, Cu и As 3, Fe и Cd 1, Sn 0.5 (Moëlo e. a., 1989).

Рошинит по рентгенометрическим и гониометрическим данным имеет ромбическую сингонию. Параметры элементарной ячейки (Å), рассчитанные МНК по порошкограмме: $a=12.90$ (3), $b=19.04$ (6), $c'=4.233$ (9). Они близки к параметрам решетки, полученным при монокристалльной съемке на автоматическом дифрактометре Syntex P1 (Å): $\underline{a}=12.946$ (19), $\underline{b}=19.048$ (10), $\underline{c}'=4.233$ (3). На рентгенограммах вращения установлены «вставные» слоевые линии, отвечающие параметру $\underline{c}=4\underline{c}'$, т. е. $\underline{c}=16.932$ (12) Å. Объем элементарной ячейки рошинита 4175.4 \AA^3 , $Z=1$. При исследовании структуры минерала И. В. Петрова установила субъединицу рошинита $P 2_1ma$ и вероятную пространственную группу $Pmna$ (?). Структура рошинита отлична от структуры других минералов группы андорита. Она представляет новый структурный тип (см. статью И. В. Петровой и др. «Структура рошинита. . .»). Соотношение осей решетки рошинита: $\underline{a} : \underline{b} : \underline{c}=0.6740 : 1 : 0.2227$ (по измерениям кристаллов) и $\underline{a} : \underline{b} : \underline{c}=0.6797 : 1 : 0.2222$ (по параметрам элементарной ячейки).

Рентгенограмма порошка рошинита в существенной степени отлична от рентгенограмм других минералов группы андорита (табл. 4, рис. 6). Наиболее сильные отражения (Å) на рентгенограмме: 3.24 (6) (400), 2.85 (8) (260, 241), 2.70 (6) (331), 1.866 (5) (381, 471), 1.765 (10) (342).

От сходного андорита рошинит отличается отсутствием двойников и плеохроизма, пониженной твердостью, повышенным содержанием Sb и Ag и пониженным Pb, а также по рентгенограмме. На поперечных сечениях кристаллов рошинит оптически сходен с тетраэдритом, от которого отличается анизотропией, по спектрам отражения, более низкой твердостью, а также наличием свинца.

Минерал назван в честь Юрия Владимировича Рошина (1934—1979), замечательного исследователя геологии Центрального Казахстана.

Типичные образцы рошинита находятся в Минералогическом музее АН СССР им. А. Е. Ферсмана (Москва) и в Горном музее (Ленинград):

Список литературы

- Бородаев Ю. С., Свешникова О. Л., Мозгова Н. Н. и др. О неоднородности рамдорита // Докл. АН СССР. 1971. Т. 199. № 5. С. 1138—1141.
- Кузьмина О. В. Кристаллохимические особенности некоторых сульфосолей с элементами галенитовой структуры // Авторефер. дис. . . канд. геол.-мин. н. М., 1989. 22 с.
- Мозгова Н. Н., Бортников Н. С., Органова Н. И. и др. Новые данные о гомологической серии андорита // Минер. журнал. 1983. № 1. С. 17—33.
- Назьмова Г. Н., Спиридонов Э. М. Ртутистое золото // Докл. АН СССР. 1979. Т. 246. № 3. С. 702—705.
- Назьмова Г. Н., Спиридонов Э. М., Шалаев Ю. С. Минеральная и геохимическая зональность золотых месторождений Северного Казахстана // Вестн. МГУ. Сер. геол. 1978. № 1. С. 66—73.
- Свешникова О. Л. Химический состав и классификация сульфоантимонидов свинца и серебра // Тр. Минер. музея АН СССР. 1975. Вып. 24. С. 107—119.
- Спиридонов Э. М. Типоморфные особенности блёклых руд некоторых плутоногенных, вулкано-генных, телетермальных месторождений золота // ГРМ. 1987. № 6. С. 83—91.
- Спиридонов Э. М., Соколова Н. Ф., Гапеев А. К. и др. Новый минерал — аргентотеннантит // Докл. АН СССР. 1986. Т. 290. № 1. С. 206—211.
- Спиридонов Э. М., Филиппов М. П., Соколова Н. Ф. и др. Геологическое строение и возраст месторождений Кварцитовые Горки в Северном Казахстане // Бюл. МОИП. Сер. геол. 1973. Т. 48. Вып. 5. С. 159—160.

- Чвилёва Т. Н., Безсмертная М. С., Спиридонов Э. М.** и др. Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете. М.: Недра, 1988. 504 с.
- Hoda S. N., Chang L. L. Y.** Phase relations in the system $PbS-Ag_2S-Sb_2S_3$ and $PbS-Ag_2S-Bi_2S_3$ // Amer. Miner. 1975. Vol. 60. P. 621—633.
- Makovicky E., Mumme W. G.** The crystal structure of ramdohrite, $Pb_6Sb_{11}Ag_3S_{24}$, and its implications for the andorite group and zinckenite // Neues Jb. Mineral. Abh. 1983. H. 147. S. 58—79.
- Moëlo Y.** Contribution a l'etude des conditions naturelles de formation des sulfures complexes d'antimoine et plomb (sulfosels de Pb/Sb) // Document BRGM. N 55. Orleans. 1983. 624 p.
- Moëlo Y., Makovicky E., Karup-Møller S.** Sulfures complexes plomboargentiferes: mineralogie et cristallographie de la serie andorite—fizelyite, $(Pb, Mn, Fe, Cd, Sn)_{3-2x}(Ag, Cu)_x(Sb, Bi, As)_{2+x}(S, Se)_6$ // Document BRGM. N 167. Orlean. 1989. 107 p.
- Moëlo Y., Oudin E., Picot P., Caye R.** L'uchucchacuaite, $AgMnPb_3Sb_5S_{12}$, une nouvelle espece minerale de la serie de l'andorite // Bull. Miner. 1984. Vol. 107. P. 597—604.
- Picot P., Johan Z.** Atlas des mineraux metalliques. Memoire BRGM. N 90. Paris, 1977. 406 p.
- Московский университет
Институт физики Земли
Горно-обогатительный комбинат Каззолото
- Поступила в редакцию
24 июля 1989 г.

УДК 549.6

© ЗВМО, вып. 5, 1990 г.

Д. члены Б. В. ЧЕСНОКОВ, Э. В. ЛОТОВА, Е. Н. НИГМАТУЛИНА,
В. С. ПАВЛЮЧЕНКО, А. Ф. БУШМАКИН

ДМИШТЕЙНБЕРГИТ $CaAl_2Si_2O_8$ (ГЕКСАГОНАЛЬНЫЙ) — НОВЫЙ МИНЕРАЛ¹

Новый минерал — гексагональный аналог анортита — найден Б. В. Чесноковым в 1987 г. в образцах, в которых ранее были им же найдены кристаллы ромбического аналога анортита — святославита. Образцы собраны на терриконе шахты № 45 (г. Копейск) в Челябинском угольном бассейне. Минерал получил название дмиштейнбергит (dmisteinbergite) в честь известного советского уральского петрографа, доктора геолого-минералогических наук Дмитрия Сергеевича Штейнберга (р. 1910 г.).

Дмиштейнбергит в виде мелких (до 0.7 мм в поперечнике) гексагональных табличек нарастает на стенки трещин в кусках отвальной массы в так называемых «черных блоках». «Черные блоки» — не прогоревшие участки внутри отвала, резко выделяющиеся черным цветом на фоне кирпично-красных горелых пород в экскаваторных забоях. Материал «черных блоков» был сильно прокален (до 800—900 °С и выше) без доступа воздуха (Чесноков и др., 1985, 1987). Породообразующими минералами «черных блоков» являются следующие: кордиерит, муллит, анортит, волластонит, тридимит, норбергит и хондродит, фаялит, фассаит, тонкодисперсный углерод и графит, карбиды и моносulfиды железа. В меньших количествах встречены: шпинель, фтористый амфибол, фторфлогопит, периклаз, железо, флюорит, рорисит ($CaFCl$), селлаит, фтор-апатит, титанит (сфен) и святославит.

Кристаллы дмиштейнбергита (см. рисунок) имеют хорошо развитые грани базопинакоида $c\{0001\}$ и слабо развитые грани гексагональной призмы $m\{10\bar{1}0\}$. Грани обеих форм не очень ровные. На $\{0001\}$ имеются элементы спирального

¹ Рассмотрено и рекомендовано в опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 7 июня 1988 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 29 сентября 1989 г.