

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ И ПЕРВЫЕ НАХОДКИ В СССР

УДК 549.0

Д. члены Р. А. ВИНОГРАДОВА, Н. С. РУДАШЕВСКИЙ, И. А. БУДЬКО,
Л. И. БОЧЕК, П. КАШПАР и К. ПАДЕРАКРУТОВИТ — НОВЫЙ КУБИЧЕСКИЙ ДИАРСЕНИД НИКЕЛЯ¹

П. Кашпаром и К. Падерой (Kašpar, Paděra, 1970) описан герсдорфит с аномально высоким параметром элементарной ячейки ($a_0 = 5.79 \text{ \AA}$). Образцы для исследования были взяты ими на складе руды месторождения Потучки (ЧССР). Однако уже после опубликования статьи выяснилось, что эти образцы относились не к месторождению Потучки, а к жиле Гешибер месторождения Яхимов.

Проведенное детальное исследование состава, структуры и свойств необычного герсдорфита показало, что он является кубическим диарсенидом никеля (содержание серы в нем 0.02—0.34 вес. %) со структурой герсдорфита типа $P2_13$ и имеет формулу $Ni_{1-x}As_2$ ($x=0-0.1$). Минералу дано название крутовит (krutovit) в честь Георгия Алексеевича Крутова — профессора кафедры минералогии МГУ, известного исследователя кобальто-никелевых месторождений.

Условия нахождения. Месторождение Яхимов относится к классическому типу U-Ag-Bi-Co-Ni формации (Mgña, 1963). Рудные жилы месторождения сформировались в результате шести стадий минерализации, важнейшими из которых были урановая, арсенидная, сульфоарсенидная и сульфидная (Mgña, Pavlů, 1967). Оруденение сосредоточено преимущественно в жилах северо-западного простирания (наиболее крупной среди них является жила Гешибер). Арсениды никеля и кобальта (скуттерудит, никелевый скуттерудит, раммельсбергит, сафлорит, лёллинит и никелин) ассоциируют с герсдорфитом, уранинитом, самородным серебром, висмутом и висмутином. Более поздняя рудная минерализация представлена разнообразными сульфосолями серебра, аргентитом, арсениопиритом, пиритом, марказитом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и теннантитом. Арсениды сопровождаются кварцем, сульфоарсениды и сульфиды — доломитом и кальцитом.

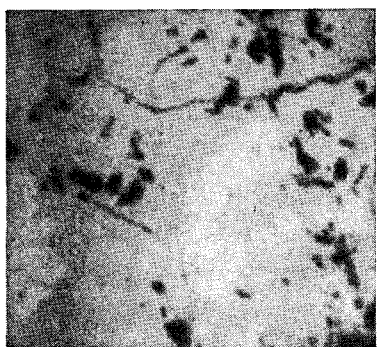
В нашем распоряжении были два аншлифа с новым минералом (обр. 1 и 2), взятых от рудных штуфов из жилы Гешибер. В них видно, что крутовит ассоциирует с никелевым скуттерудитом и более редкими здесь поздними минералами: пиритом, никельсодержащим лёллинитом, халькопиритом, блеклой рудой и сфалеритом. Крутовит образует изометрической или неправильной формы зерна (рис. 1) размером до 0.1 мм и их агрегаты (скопления до 1—2 мм). Обычно он находится в тесных сростаниях с никелевым скуттерудитом, а иногда — и с блеклой рудой (обр. 2). Реже встречаются изолированные зерна крутовита среди кварца. Содержания никелевого скуттерудита и крутовита в изученных образцах примерно одинаковые. В сростаниях этих двух минералов границы зерен

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 16 декабря 1974 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 6 июня 1975 г.

ровные, без видимых реакционных взаимоотношений. Когда один из минералов преобладает, другой присутствует в его основной массе в виде включений.

Физические свойства. Макроскопически цвет крутовита серовато-белый, несколько светлее, чем цвет окружающего его никелевого скуттерудита, блеск металлический, менее сильный (тусклый), чем у никелевого скуттерудита.

В полированных шлифах в отраженном свете крутовит яркий, белый, с отражением заметно более высоким, чем у никелевого скуттерудита.



Белый цвет минералов в их контакте выглядит иначе: у крутовита появляется розоватый оттенок, никелевый скуттерудит кажется светло-серым с зеленоватым оттенком. Крутовит оптически изотропен, иногда слабо анизотропен (обр. 2). Спайность и зональность зерен не наблюдались. Спектр отражения нового арсенида никеля в интервале длин волн 440 —

Рис. 1. Срастания крутовита (белое) и никелевого скуттерудита (серое); черное — нерудные минералы. Полир. шлиф, увел. 160.

1100 нм получен в лаборатории физико-минералогических исследований ЦНИГРИ. В табл. 1 и на рис. 2 видно, что крутовит имеет высокие значения коэффициента отражения по всей видимой области спектра (64.0—67.0%), что значительно выше, чем у известных арсенидов и сульфидов никеля: раммельсбергита, парараммельсбергита, никеле-

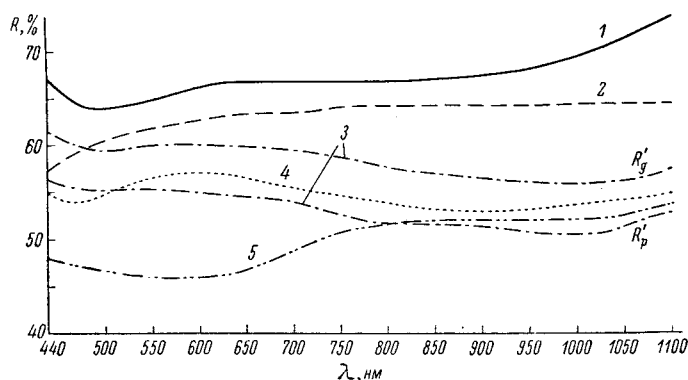


Рис. 2. Спектры отражения крутовита (1) — обр. 1, парараммельсбергита (2), раммельсбергита (3), никелевого скуттерудита (4) и герсдорфита (5).

вого скуттерудита, хлоантита и герсдорфита. Индивидуальна и форма спектра отражения крутовита: характерны пологий минимум в области 480—540 нм и незначительное повышение отражения в фиолетовой и красной частях спектра, что находится в согласии с розоватым оттенком цвета минерала.

Твердость крутовита 5.5 по шкале Мооса; твердость микровдавливания его несколько выше, чем у раммельсбергита, никелевого скуттерудита, хлоантита и герсдорфита, но ниже, чем у парараммельсбергита (табл. 1). Заметно заниженные по сравнению с нашими данными значения твердости, приведенные для «герсдорфита» с аномально высоким α_0 (Кафар,

Таблица 1

Отражение R и твердость H крутовита, герсдорфита, никелевого скуттерудита, хлоантита, раммельсбергита и парараммельсбергита

Минерал	R	R (в %) для различных (λ) (в нм)																		Нагрузка (в Г)	Количество замеров	$H_{ср.}$ (в кг/мм ²)
		440	460	500	540	580	620	660	700	740	780	820	860	900	940	980	1020	1060	1100			
Крутовит																						
обр. 1 *	R	66.2	65.4	64.0	64.7	65.7	66.7	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	67.1	67.5	68.0	68.8	70.3	72.1	74.0	100	5	633
обр. 2 *	R	64.0	64.7	63.8	65.0	65.8	66.2	66.3	66.2	66.2	66.0	66.0	66.3	66.6	67.2	68.0	69.7	71.3	73.4	100	3	624
«Герсдорфит» с большим a_0 (Казаг, Радера, 1970)	R	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	30	369
Герсдорфит *	R	48.0	47.4	46.7	46.0	45.9	46.2	47.0	49.0	50.4	51.3	51.7	51.9	51.9	51.8	51.8	52.2	52.7	53.8	100	—	554
Никелевый скуттерудит	R	55.0	54.0	54.8	56.3	57.0	57.0	56.3	55.4	54.8	54.2	53.5	53.0	53.0	53.0	53.4	53.8	54.3	54.8	100	5	560
обр. 1 * по данным Н. С. Рудашевского и соавторов, 1975	R	53.2	54.2	54.3	55.9	56.1	54.9	53.7	52.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	14	526±11.2
Хлоантит (Лебедева, 1963; Вяльсов, 1973)	R	54.8	52.6	52.7	52.5	52.8	52.9	53.1	53.6	53.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	268—402
Раммельсбергит *	R'_g	61.4	60.4	59.4	59.8	60.0	60.0	59.8	59.5	58.8	58.0	57.2	56.6	56.4	56.0	55.8	56.0	56.4	57.5			
	R'_p	56.4	55.6	55.2	55.4	55.0	54.7	54.4	53.8	52.8	51.8	51.6	51.6	51.4	50.8	50.6	50.5	51.6	52.8	100	5	580
Парараммельсбергит *	R^p	57.3	58.7	60.7	61.6	62.4	63.0	63.4	63.4	64.0	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2	64.3	64.5	64.5	64.5	100	10	728
Раммельсбергит (Виноградова и др., 1974а)	R_m	53.5	54.0	55.7	54.6	54.6	54.9	54.9	55.0	54.4												
Парараммельсбергит (Виноградова и др., 1974а)	R_{max}	60.0	59.4	61.6	61.7	61.3	60.6	61.4	61.2	61.0												

Примечание. Для минералов, отмеченных звездочкой, измерения R выполнены на ФМЭ-1, усовершенствованном в ЦНИГРИ; эталон — кремний, объектив 21X, X0.40, размер зонда 0.02 мм. Твердость измерена в ЦНИГРИ на ПМТ-3 Л. Н. Шишаковой. Химический состав (в вес.%) герсдорфита (Пышма, Урал), парараммельсбергита, раммельсбергита (Бу-Азвер, Марокко) и никелевого скуттерудита обр. 1: Ni 30.85, 23.8, 26.0 и 19.9; Co 1.87, 0.5, 3.9 и 0.34; Fe 1.76, не обн., 0.3 и 0.71; As 45.15, 72.2, 66.4 и 77.8; S 19.80, 0.4, 3.1 и 0.06; Sb 0.15, не обн., не обн. и не обн.; сумма 99.53, 102.0, 99.7 и 99.14; в составе никелевого скуттерудита обр. 1 определено еще 0.33 Cu. Для герсдорфита значение твердости приведено по С. И. Лебедевой (1963).

Padèra, 1970), видимо, обусловлены слишком малой нагрузкой на индентор микротвердомера, использованной при измерениях.

При травлении HNO_3 зюли. (1 : 1) на новом арсениде никеля образуется темное коричнево-серое пятно с иризирующими границами; KOH , HCl , FeCl_3 и HgCl_2 не действуют.

Химический состав минералов изучен на микросонде MS-46 фирмы «Камека». Проведены полные качественный (рис. 3 и 4) и количественный (табл. 2, 3; рис. 5) анализы крутовита. Условия анализа: ускоряющее напряжение 20 кв, ток образца 20 на, диаметр зонда 1—2 мкм, эталоны — чистые металлы (Ni, Co, Fe, Cu и As), а также арсенопирит (на As) и пирит (на S) с известным химическим составом.

Сканированием по спектрам установлено, что главными элементами в крутовите являются никель и мышьяк, в качестве примесей установлены медь, кобальт, железо и сера, другие элементы с чувствительностью анализа не обнаружены. Мышьяк, никель и элементы-примеси в минерале распределены относительно равномерно. Новый арсенид никеля по сравнению с окружающим его никелевым скуттерудитом обогащен никелем и медью, содержит меньше мышьяка и железа, примеси серы и кобальта в обоих минералах малы и приблизительно одинаковы (рис. 3 и 4).

Результаты количественного анализа пересчитывались на концентрации методом «гипотетического состава» (Сидоров и др., 1970) введением поправок на атомный номер (Duncumb, Shields, 1966), поглощение (Colby, 1965, 1966) и флуоресценцию (Wittry, 1962); массовые коэффициенты поглощения взяты по К. Хейнриху (Heinrich, 1966).

Изучен химический состав крутовита двух образцов, в каждом образце в нескольких изолированных зернах минерала (пять отсчетов по 10 сек. на каждый элемент, анализ по трем каналам одновременно: As, Ni и S, затем — Co, Cu и Fe). Всего выполнено 63 полных анализа нового минерала.

Для сравнения химического состава крутовита двух образцов, а также для определения степени однородности его состава и оценки воспроизводимости результатов анализа проведено пять независимых серий анализов в случайных зернах минерала (табл. 2). Причем в 3-й серии обр. 1 и 2 устанавливались в камере образцов одновременно для стандартизации условий анализа. Средние составы крутовита, по данным различных серий анализов обр. 1 и 2, сравнивались затем по критерию Неймана—Пирсона (табл. 3). Для контроля правильности определения стехиометрии нового минерала параллельно с изучением его химического состава определялся состав ассоциирующего с ним никелевого скуттерудита (1-я, 3-я, 4-я и 5-я серии анализов), а также раммельсбергита из Ховуаксинского месторождения (образец с раммельсбергитом устанавливался в камере одновременно с обр. 2—5-я серия анализов).

Статистическая обработка результатов анализов, приведенных в табл. 2, показывает, что химический состав крутовита обр. 1 и 2 довольно однороден. Коэффициенты вариации концентраций мышьяка и никеля, составляющих в сумме по весу более 98%, невелики и лишь для никеля иногда несколько превышают случайную ошибку анализа (2 отн. %). Колебания содержания элементов-примесей также невелики: для минерала обоих образцов эти элементы в сумме составляют примерно 1.5 вес. % V для них не превышает 50% (табл. 3).

Сравнение различных серий анализов по критерию Неймана—Пирсона показывает, что для минерала каждого образца в отдельности средние концентрации элементов по результатам трех серий анализов (для обр. 1 — 1-я, 2-я и 3-я серии; для обр. 2 — 3-я, 4-я и 5-я серии) значимо не отличаются друг от друга при доверительной вероятности $\alpha=0.95-0.99$. Этот факт еще раз свидетельствует об относительной однородности минералов в пределах каждого образца и подтверждает хорошую воспроизводимость результатов анализа его химического состава.

Таблица 2

Химический состав (в вес %) крутовита

Образец	Серия анализов	Анализ	Ni	Co	Fe	Cu	As	S	Сумма	Me _{1-x} As ₂							MeAs _{2+x}						
										Ni	Co	Fe	Cu	As	S	ΣMe	Ni	Co	Fe	Cu	As	S	As+S
1	1-я	1	24.5	0.13	0.19	1.06	73.7	0.06	99.64	0.847	0.004	0.007	0.034	1.996	0.004	0.892	0.949	0.005	0.008	0.038	2.238	0.004	2.242
		2	24.5	0.12	0.19	0.95	73.8	0.05	99.61	0.845	0.004	0.007	0.030	1.996	0.004	0.889	0.953	0.005	0.008	0.034	2.251	0.004	2.255
		3	25.1	0.13	0.12	1.06	73.3	0.05	99.76	0.873	0.004	0.004	0.034	1.997	0.003	0.915	0.953	0.005	0.005	0.037	2.181	0.003	2.184
		4	24.5	0.21	0.22	0.87	73.9	0.06	99.76	0.845	0.007	0.008	0.028	1.996	0.004	0.888	0.952	0.008	0.009	0.031	2.250	0.004	2.254
		5	24.9	0.15	0.20	0.79	72.8	0.06	98.90	0.871	0.005	0.007	0.025	1.996	0.004	0.908	0.958	0.006	0.008	0.028	2.195	0.004	2.199
		6	25.2	0.22	0.41	0.60	72.3	0.02	98.75	0.884	0.007	0.015	0.019	1.987	0.013	0.925	0.955	0.008	0.016	0.021	2.146	0.014	2.160
		7	24.8	0.16	0.20	0.77	72.6	0.07	98.60	0.870	0.005	0.007	0.025	1.995	0.005	0.907	0.958	0.006	0.008	0.028	2.198	0.005	2.203
		8	24.7	0.15	0.17	0.91	73.8	0.05	99.78	0.853	0.005	0.006	0.029	1.997	0.003	0.893	0.955	0.006	0.007	0.032	2.236	0.003	2.239
		9	24.7	0.20	0.19	0.91	73.5	0.04	99.54	0.856	0.007	0.007	0.029	1.997	0.003	0.899	0.952	0.008	0.008	0.032	2.221	0.003	2.224
	2-я	10	25.2	0.43	0.13	0.60	73.7	0.06	100.12	0.871	0.015	0.004	0.019	1.996	0.004	0.909	0.958	0.016	0.005	0.021	2.195	0.004	2.199
		11	25.3	0.34	0.10	0.66	73.7	0.12	100.22	0.873	0.012	0.004	0.021	1.993	0.007	0.910	0.960	0.013	0.004	0.023	2.192	0.008	2.200
		12	25.8	0.44	0.18	0.71	72.0	0.03	99.16	0.914	0.015	0.006	0.023	1.998	0.002	0.958	0.953	0.016	0.007	0.024	2.084	0.002	2.086
		13	24.2	0.29	0.10	0.68	73.5	0.03	98.80	0.840	0.010	0.004	0.022	1.998	0.002	0.876	0.960	0.011	0.004	0.025	2.283	0.002	2.285
		14	24.4	0.13	0.14	1.13	73.9	0.08	99.78	0.841	0.004	0.005	0.035	1.995	0.005	0.885	0.949	0.005	0.006	0.040	2.252	0.006	2.258
		15	23.5	0.15	0.11	0.89	73.4	0.13	98.18	0.814	0.005	0.004	0.028	1.991	0.009	0.851	0.956	0.006	0.005	0.033	2.340	0.010	2.350
		16	24.5	0.16	0.10	0.97	73.8	0.08	99.61	0.845	0.005	0.004	0.031	1.995	0.005	0.885	0.955	0.006	0.004	0.035	2.254	0.006	2.260
		17	24.8	0.43	0.13	0.60	73.0	0.06	99.02	0.866	0.015	0.004	0.019	1.996	0.004	0.904	0.957	0.017	0.005	0.021	2.207	0.004	2.211
		18	24.8	0.34	0.10	0.66	73.2	0.09	99.19	0.862	0.012	0.004	0.022	1.995	0.005	0.900	0.959	0.013	0.004	0.024	2.219	0.006	2.225
		19	24.9	0.44	0.18	0.71	72.9	0.18	99.31	0.899	0.016	0.006	0.024	1.988	0.012	0.945	0.951	0.017	0.007	0.025	2.102	0.013	2.115
		20	24.9	0.29	0.10	0.68	74.4	0.08	100.45	0.852	0.010	0.004	0.021	1.995	0.005	0.887	0.961	0.011	0.004	0.024	2.249	0.006	2.255
		21	24.1	0.13	0.14	1.13	73.3	0.08	98.88	0.834	0.004	0.005	0.036	1.995	0.005	0.879	0.948	0.005	0.006	0.041	2.260	0.006	2.266
		22	24.4	0.15	0.11	0.89	73.3	0.07	98.92	0.847	0.005	0.004	0.028	1.996	0.004	0.884	0.957	0.006	0.005	0.032	2.254	0.005	2.259
	3-я	23	25.1	0.16	0.13	0.83	73.3	0.05	99.57	0.873	0.005	0.004	0.026	1.997	0.003	0.908	0.960	0.006	0.005	0.029	2.196	0.003	2.199
		24	24.8	0.21	0.09	0.79	72.9	0.08	98.87	0.866	0.007	0.004	0.025	1.995	0.005	0.902	0.960	0.008	0.004	0.028	2.212	0.006	2.218
		25	26.5	0.12	0.12	0.88	72.7	0.14	100.46	0.929	0.004	0.004	0.028	1.997	0.003	0.965	0.962	0.004	0.005	0.029	2.068	0.003	2.071
		26	25.1	0.15	0.11	0.96	74.0	0.05	100.37	0.864	0.005	0.004	0.031	1.997	0.003	0.904	0.956	0.006	0.004	0.034	2.209	0.003	2.212
		27	26.0	0.23	0.14	0.78	72.8	0.10	100.05	0.909	0.007	0.004	0.026	1.993	0.007	0.946	0.960	0.008	0.005	0.027	2.106	0.007	2.113
		28	24.9	0.16	0.13	0.83	75.1	0.12	101.24	0.843	0.005	0.004	0.025	1.993	0.007	0.877	0.959	0.006	0.005	0.029	2.267	0.008	2.275
		29	25.2	0.21	0.09	0.79	73.3	0.07	99.66	0.876	0.007	0.004	0.026	1.995	0.005	0.913	0.961	0.008	0.004	0.028	2.190	0.005	2.195
		30	26.7	0.12	0.12	0.88	72.6	0.13	100.55	0.934	0.004	0.005	0.028	1.991	0.009	0.971	0.962	0.004	0.005	0.029	2.050	0.009	2.059
		31	25.3	0.15	0.11	0.96	74.1	0.08	100.70	0.868	0.005	0.004	0.031	1.995	0.005	0.908	0.956	0.006	0.004	0.034	2.196	0.006	2.202

Таблица 2 (продолжение)

Образец	Серия анализов	Анализ	Ni	Co	Fe	Cu	As	S	Сумма	Me _{1-x} As ₂							MeAs _{2+x}							
										Ni	Co	Fe	Cu	As	S	ΣMe	Ni	Co	Fe	Cu	As	S	As+S	
2	4-я	32	26.1	0.23	0.14	0.78	73.1	0.06	100.41	0.910	0.007	0.005	0.026	1.996	0.004	0.948	0.960	0.008	0.005	0.027	2.106	0.004	2.110	
		33	26.9	0.18	0.16	0.89	72.4	0.16	100.69	0.944	0.006	0.006	0.029	1.990	0.010	0.985	0.959	0.006	0.006	0.029	2.021	0.010	2.031	
		34	26.8	0.28	0.15	0.89	72.7	0.14	100.95	0.936	0.010	0.006	0.029	1.991	0.09	0.981	0.955	0.010	0.006	0.029	2.031	0.009	2.040	
		35	27.4	0.31	0.20	0.87	72.2	0.17	101.15	0.963	0.011	0.007	0.028	1.988	0.012	1.009	0.954	0.011	0.007	0.028	1.970	0.012	1.982	
		36	26.7	0.31	0.17	0.81	72.8	0.17	100.96	0.931	0.011	0.006	0.026	1.989	0.011	0.974	0.956	0.011	0.006	0.027	2.042	0.011	2.053	
		37	27.5	0.24	0.12	0.77	71.1	0.13	99.86	0.983	0.009	0.004	0.026	1.992	0.008	1.022	0.962	0.009	0.004	0.025	1.950	0.008	1.958	
		38	27.1	0.18	0.16	0.89	72.6	0.22	101.15	0.946	0.006	0.006	0.029	1.986	0.014	0.985	0.959	0.006	0.006	0.029	2.013	0.014	2.027	
		39	27.2	0.28	0.15	0.88	71.7	0.13	100.34	0.962	0.010	0.006	0.028	1.992	0.008	1.006	0.956	0.010	0.006	0.028	1.975	0.008	1.983	
		40	28.3	0.31	0.20	0.87	71.5	0.15	101.33	1.005	0.011	0.007	0.028	1.991	0.009	1.051	0.955	0.011	0.007	0.027	1.892	0.009	1.901	
		41	27.2	0.31	0.17	0.81	72.1	0.06	100.65	0.961	0.011	0.006	0.026	1.996	0.004	1.004	0.957	0.011	0.006	0.026	1.987	0.004	1.991	
		42	28.5	0.24	0.12	0.77	71.4	0.15	101.18	1.014	0.008	0.004	0.025	1.991	0.009	1.051	0.964	0.008	0.004	0.024	1.892	0.009	1.901	
		43	26.3	0.28	0.17	0.87	72.5	0.16	100.28	0.921	0.001	0.006	0.028	1.989	0.011	0.956	0.955	0.010	0.006	0.029	2.062	0.011	2.073	
	44	26.8	0.34	0.17	0.75	71.9	0.20	100.16	0.945	0.012	0.006	0.025	1.987	0.013	0.988	0.957	0.012	0.006	0.025	2.012	0.013	2.025		
	45	27.3	0.25	0.20	0.84	70.3	0.15	99.04	0.986	0.009	0.007	0.028	1.990	0.010	1.030	0.957	0.009	0.007	0.027	1.931	0.010	1.941		
	46	26.9	0.26	0.15	0.95	71.4	0.13	99.79	0.957	0.009	0.006	0.031	1.992	0.008	1.003	0.954	0.009	0.006	0.031	1.985	0.008	1.993		
	47	26.2	0.31	0.17	0.97	71.9	0.12	99.67	0.926	0.011	0.007	0.031	1.992	0.008	0.975	0.950	0.011	0.007	0.032	2.043	0.008	2.051		
	48	26.4	0.34	0.20	0.97	71.8	0.34	100.05	0.928	0.012	0.008	0.031	1.978	0.022	0.979	0.948	0.012	0.008	0.032	2.021	0.022	2.043		
	49	5-я	49	27.7	0.43	0.16	0.79	71.6	0.11	100.79	0.984	0.015	0.006	0.025	1.993	0.007	1.030	0.954	0.015	0.006	0.025	1.933	0.007	1.940
	50		27.1	0.29	0.16	0.77	71.5	0.15	99.97	0.962	0.010	0.006	0.025	1.990	0.010	1.009	0.959	0.010	0.006	0.025	1.982	0.010	1.992	
	51		26.1	0.26	0.16	0.84	72.1	0.15	99.61	0.919	0.010	0.006	0.027	1.990	0.010	0.962	0.956	0.010	0.006	0.028	2.070	0.010	2.080	
	52		25.8	0.28	0.38	0.84	71.9	0.12	99.32	0.912	0.010	0.014	0.027	1.992	0.008	0.963	0.947	0.010	0.015	0.028	2.068	0.008	2.076	
	53		26.4	0.31	0.30	0.89	72.8	0.13	100.83	0.921	0.011	0.011	0.029	1.991	0.009	0.972	0.948	0.011	0.011	0.030	2.049	0.009	2.058	
	54		26.6	0.28	0.50	0.87	72.0	0.15	100.40	0.938	0.010	0.019	0.028	1.990	0.010	0.995	0.943	0.010	0.019	0.028	2.000	0.010	2.010	
	55		26.0	0.43	0.16	0.79	72.5	0.13	100.01	0.911	0.016	0.006	0.026	1.991	0.009	0.959	0.951	0.016	0.006	0.027	2.079	0.009	2.088	
56	25.5		0.29	0.16	0.77	71.8	0.25	98.77	0.898	0.010	0.006	0.025	1.984	0.016	0.939	0.956	0.011	0.006	0.027	2.111	0.017	2.128		
57	26.4		0.43	0.16	0.79	71.7	0.18	99.66	0.934	0.015	0.006	0.026	1.988	0.012	0.981	0.952	0.015	0.006	0.026	2.027	0.012	2.039		
58	25.9		0.29	0.16	0.77	72.5	0.17	99.79	0.908	0.010	0.006	0.025	1.989	0.011	0.949	0.957	0.011	0.006	0.026	2.099	0.011	2.110		
59	26.5		0.26	0.16	0.84	72.1	0.16	100.02	0.933	0.009	0.006	0.027	1.989	0.011	0.975	0.957	0.009	0.006	0.028	2.040	0.011	2.051		
60	26.0		0.28	0.38	0.84	72.0	0.11	99.61	0.919	0.010	0.015	0.027	1.993	0.007	0.971	0.947	0.010	0.015	0.028	2.055	0.007	2.062		
61	26.7	0.31	0.30	0.87	71.5	0.11	99.79	0.949	0.011	0.011	0.029	1.993	0.007	1.000	0.949	0.011	0.011	0.029	1.992	0.007	1.999			
62	26.4	0.31	0.30	0.89	71.5	0.11	99.51	0.939	0.010	0.010	0.030	1.993	0.007	0.989	0.948	0.011	0.011	0.030	2.012	0.007	2.091			
63	26.4	0.28	0.50	0.87	72.3	0.14	100.49	0.927	0.010	0.019	0.029	1.991	0.009	0.985	0.942	0.010	0.019	0.029	2.023	0.009	2.032			

Таблица 3

Результаты статистической обработки анализов химического состава
крутовита (по табл. 2)

Элементы	Статистические параметры	Обр. 1 по данным различных серий анализов				Обр. 2 по данным различных серий анализов			
		1-я (n=9)	2-я (n=13)	3-я (n=10)	1-3-я (n=32)	3-я (n=10)	4-я (n=6)	5-я (n=15)	3-5-я (n=31)
Ni	\bar{x}	24.77	24.68	25.57	24.98	27.36	26.65	26.37	26.74
	ε	0.20	0.36	0.50	0.24	0.43	0.44	0.30	0.25
	S_x	0.26	0.59	0.69	0.67	0.60	0.42	0.54	0.69
	V	1.1	2.4	2.7	2.7	2.2	1.6	2.0	2.6
Co	\bar{x}	0.16	0.29	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.30
	ε	0.03	0.08	0.08	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02
	S_x	0.04	0.13	0.04	0.10	0.05	0.04	0.06	0.06
	V	25.0	45.0	23.5	45.5	19.2	13.3	18.8	20.0
Fe	\bar{x}	0.21	0.12	0.12	0.15	0.16	0.18	0.26	0.21
	ε	0.06	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.07	0.04
	S_x	0.08	0.03	0.02	0.06	0.03	0.02	0.13	0.10
	V	38.1	25.0	16.7	40.0	18.8	11.1	50.0	47.6
Cu	\bar{x}	0.88	0.79	0.85	0.86	0.84	0.89	0.83	0.85
	ε	0.12	0.12	0.05	0.06	0.04	0.09	0.02	0.02
	S_x	0.15	0.19	0.07	0.18	0.05	0.09	0.04	0.06
	V	17.0	24.1	8.2	20.9	6.0	10.1	4.8	7.1
As	\bar{x}	73.30	73.39	73.39	73.37	72.05	71.63	71.99	71.94
	ε	0.45	0.35	0.57	0.23	0.42	0.78	0.23	0.20
	S_x	0.59	0.58	0.79	0.63	0.59	0.74	0.41	0.55
	V	0.8	0.8	1.1	0.8	0.8	1.0	0.6	0.8
S	\bar{x}	0.05	0.08	0.09	0.07	0.15	0.18	0.14	0.15
	ε	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.08	0.02	0.02
	S_x	0.01	0.04	0.03	0.03	0.04	0.08	0.04	0.05
	V	20.0	50.0	33.3	50.0	26.7	44.4	28.5	33.3
Сумма \bar{x}		99.37	99.36	100.19	99.62	100.83	99.83	99.90	100.19
$\frac{\Sigma Me}{(As+S)}$	\bar{x}^*	0.451	0.449	0.462	0.454	0.503	0.495	0.490	0.495
	ε^*	0.005	0.009	0.011	0.005	0.010	0.014	0.007	0.005
	S_x^*	0.007	0.015	0.016	0.014	0.014	0.013	0.012	0.014
	V	1.5	3.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	3.0
$\frac{(As+S)}{\Sigma Me}$	\bar{x}^*	2.217	2.235	2.165	2.208	1.986	2.021	2.046	2.022
	ε^*	0.025	0.038	0.052	0.023	0.039	0.050	0.027	0.020
	S_x^*	0.033	0.062	0.072	0.065	0.054	0.048	0.049	0.055
	V	1.5	3.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	3.0

Примечание. \bar{x} — среднее арифметическое (в вес. %), ε — доверительный интервал (в вес. %) среднего арифметического для 5%-го уровня значимости, S_x — среднее квадратичное отклонение (в вес. %), V — коэффициент вариации (в вес. %), n — число анализов; \bar{x}^* , ε^* и S_x^* — атомные отношения элементов, ΣMe — сумма металлов (Ni+Co+Fe+Cu). Статистическая обработка результатов количественного микрозондового анализа выполнена на ЭВМ М-222, автор программы С. И. Гусев (институт «Гипроникель»).

В то же время различия средних содержаний мышьяка и никеля в крутовите обр. 1 и 2 значимы при сравнении любых двух серий анализов, в том числе и для 3-й серии, когда оба образца исследовались одновременно. Эти различия значительно превышают случайную ошибку анализа. Атомные отношения $(As+S)/(Ni+Co+Fe+Cu)$ для крутовита обр. 1 находятся в пределах 2.059—2.350, среднее 2.208, а для обр. 2 — 1.901—2.128, среднее 2.022 (табл. 2 и 3). Гистограммы этой величины для обр. 1 (рис. 5, а) и обр. 2 (рис. 5, б) перекрываются лишь двумя крайними разрядами (рис. 5, в) и имеют отчетливую левую асимметрию.

Различия химического состава нового арсенида никеля свидетельствуют о существовании в природе некоторой области гомогенности со-

ставов с переменным содержанием мышьяка и суммы металлов (Σ Me). В пользу этого предположения косвенно свидетельствует асимметричный характер гистограммы на рис. 5 — при чисто случайном разбросе вели-

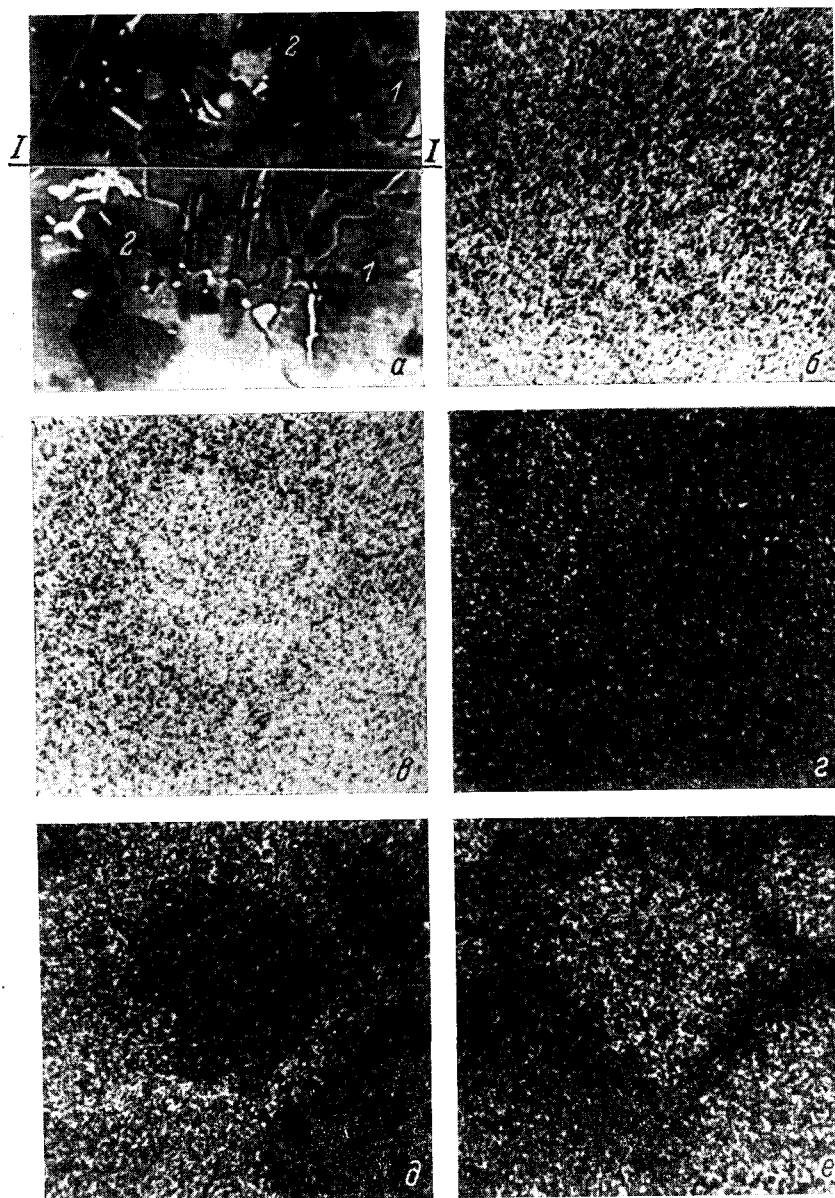


Рис. 3. Картины сканирования сростаний крутовита (1) и никелевого скуттерудита (2) в поглощенных электронах, позитив (а) и характеристических рентгеновых лучах $As_{K\alpha}$ (б), $Ni_{K\alpha}$ (в), $Co_{K\alpha}$ (г), $Fe_{K\alpha}$ (д) и $Cu_{K\alpha}$ (е).

Участок сканирования 100×100 мкм.

I—I — линии записи концентрационных кривых.

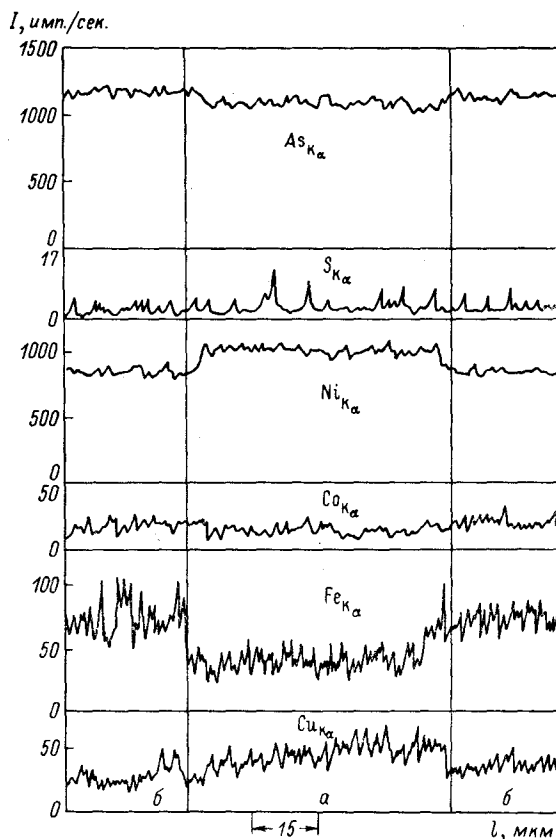
чина $(As+S)/\Sigma$ Me скорее имела бы гауссово распределение, а также значимый для 5%-го уровня отрицательный коэффициент корреляции мышьяка и никеля для анализов крутовита обр. 1 ($r = -0.398$) и обр. 2 ($r = -0.400$).

Следовательно, с учетом случайной ошибки анализа для нового арсенида никеля отношение $(As+S)/\Sigma Me$ меняется от 2.02 до 2.21, а $\Sigma Me/(As+S)$ — от 0.45 до 0.50. Однако существование непрерывного ряда составов крутовита в указанном интервале стехиометрических отношений может быть однозначно доказано лишь при исследовании дополнительных образцов этого минерала.

Правильность определения стехиометрии нового минерала (отсутствие систематической ошибки, значительно превышающей случайную ошибку) подтверждается также результатами одновременного исследования химического состава никелевого скуттерудита и раммельсбергита. С учетом случайной ошибки анализа (2 отн.%) химические составы никелевого скуттерудита и раммельсбергита рассчитываются на формулы, типичные для этих минералов.

Рентгенометрическое изучение нового арсенида никеля проведено методом порошка из микроколичеств вещества, взятых в мономинеральных участках шлифа по методу резинового шарика. Для двух образцов минерала было снято по две порошкограммы, которые обнаружили хорошую воспроизводимость для каждого образца. Рентгено-

Рис. 4. Концентрационные кривые минералообразующих элементов по участку I—I сканирования крутовита (а) и никелевого скуттерудита (б).



граммы крутовита обр. 1 и 2 по набору отражений и их интенсивностям идентичны друг другу, дебаеграмме «герсдорфита» с аномально высоким a_0 (Kašpar, Paděra, 1970) и хорошо сопоставляются с рентгенограммой герсдорфита (табл. 4). В то же время различия полученных дебаеграмм и рентгенометрических данных для раммельсбергита, парараммельсбергита (Михеев, 1957), никелевого скуттерудита (Рудашевский и др., 1975) и хлоантита (Бадалов, Приходько, 1956) очевидны. Все интенсивные линии на дебаеграммах нового минерала индицируются в предположении кубической сингонии с параметром элементарной ячейки, относительно близким к герсдорфитовому. Лишь несколько слабых отражений ($I=0.5-1$) не индицируются. Они либо обусловлены наличием в исследованных пробах малых примесей других минералов (линия 1.860—1.867 может соответствовать никелевому скуттерудиту, остальные неиндицируемые отражения — блеклой руде), либо могут быть сверхструктурными, отражающими возможное искажение решетки типа герсдорфита при полном замещении серы на мышьяк. Проверка этих предположений требует достаточного количества мономинерального материала крутовита.

Таблица 4

Результаты расчета дебаеграмм крутовита и его структурных аналогов

Крутовит					«Герсдорфит», $a_0 = 5.792 \pm 0.004$ (Кашпар, Падера, 1970)			Герсдорфит, $a_0 = 5.719$ (Михеев, 1957)		
обр. 1, $a_0 = 5.794 \pm 0.002 \text{ \AA}$		обр. 2, $a_0 = 5.786 \pm 0.002$			I	d/n	hkl	I	d/n	hkl
I	d/n	I	d/n	hkl	I	d/n	hkl	I	d/n	hkl
1	4.12	3	4.10	011						
		1	3.683	—	1	3.389*				
1	3.036	1	3.030	—	2	3.114*				
6	2.897	8	2.892	200	6	2.896	200	6	2.847	200
1	2.722	—	—	—	5	2.637*				
10	2.593	10	2.588	210	10	2.590	210	8	2.557	210
1	2.491									
8	2.365	8	2.363	211	10	2.366	211	6	2.332	211
5	2.051	6	2.042	220	5	2.047	220	4	2.020	220
								2	1.898	221, 330
0.5	1.860	1	1.867	—	3	1.859*				
8	1.746	8	1.744	311	9	1.745	311	8	1.725	311
3	1.673	1	1.670	222	—	—	—	2	1.641	222
5	1.608	6	1.604	320	5	1.606	320	8	1.582	320
6	1.548	7	1.545	321	6	1.547	321	6	1.524	321
2	1.449	4	1.445	004	2	1.447	004			
		0.5	1.327	331						
3	1.295	2	1.293	420	4	1.297	420	1	1.270	420
5	1.263	5	1.262	124	6	1.264	124	4	1.249	421
4	1.234	4	1.232	332	—	—	—	2	1.218	332
3	1.133	3	1.182	422	3	1.183	422	4	1.170	422
								1	1.148	500
								2	1.115	510, 431
5	1.1140	6	1.1131	511	—	—	—	6	1.100	511, 333
5	1.0754	6	1.0741	520	—	—	—	6	1.061	520, 432
4	1.0565	4	1.0562	521	—	—	—	4	1.044	521
6	1.0242	6	1.0220	140	—	—	—	6	1.011	440
								6	0.9291	611, 532
								4	0.8756	533
								4	0.8545	630, 542

Примечание. Условия съемки для крутовита: Fe излучение, отфильтрованное; эталон — металлический кремний, диаметр камеры 57.3 мм. На рентгенограмме П. Кашпара и К. Падеры звездочкой отмечены отражения никелевого скуттерита.

Как известно (Bayliss, 1969), кристаллическая структура герсдорфита может быть трех типов: $Pa\bar{3}$ — кубическая, типа пирита с неупорядоченным (статистическим) распределением As и S, при этом на рентгенограммах отсутствуют отражения (001) и (011); $P2_1\bar{3}$ — кубическая, с упорядоченным расположением As и S, тогда на рентгенограммах появляется отражение (011), и $P1$ — некубическая, с неупорядоченным распределением As и S, что выражается в появлении на рентгенограммах такого герсдорфита отражений (001) и (011). Наличие в рентгенограммах крутовита отражения (011) указывает на пространственную группу $P2_1\bar{3}$, что позволяет рассматривать крутовит как структурный аналог кубического упорядоченного герсдорфита. Для крутовита обр. 1 и 2 по дебаеграммам рассчитаны следующие рентгенометрические константы кристаллической структуры: $a_0 = 5.794 \pm 0.002$ и $5.786 \pm 0.002 \text{ \AA}$, $V = 194.507$ и 193.703 \AA^3 . Полученные значения a_0 хорошо сопоставляются с параметром элементарной ячейки минерала, изученного П. Кашпаром и К. Падерой: $5.792 \pm$

± 0.004 . Более высокое значение a_0 для крутовита обр. 1 по сравнению с минералом обр. 2 подтверждают различия их химического состава: более высокое содержание мышьяка в крутовите обр. 1.

Интересно отметить, что сперриллит, обладающий близким (пиритовым) типом структуры и тем же радикалом $[\text{As}_2]$, что и у крутовита, имеет и близкий $a_0 = 5.94 \text{ \AA}$ (Штрунц, 1962). Несколько большее значение a_0

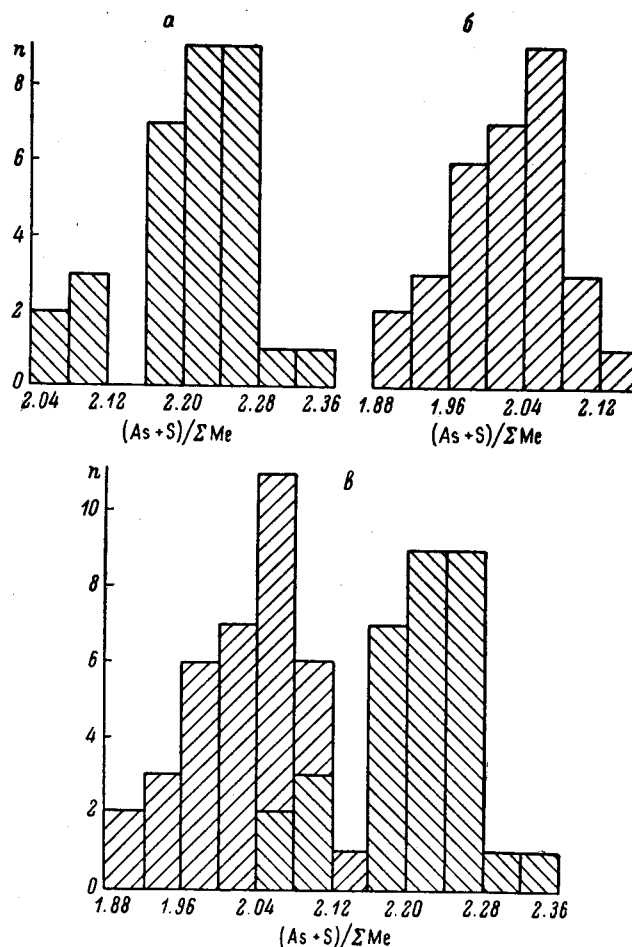


Рис. 5. Гистограммы величины атомных отношений $(\text{As}+\text{S})/\Sigma\text{Me}$ для крутовита обр. 1 (а), обр. 2 (б) и для двух образцов (в).

n — число случаев.

у сперрилита вполне объяснимо, если учесть, что ионный радиус Pt^{2+} больше, чем Ni^{2+} (по Аренсу, $r_{\text{Pt}^{2+}} = 0.80 \text{ \AA}$, а $r_{\text{Ni}^{2+}} = 0.69 \text{ \AA}$).

Ф о р м у л а м и н е р а л а. Микронзондовые анализы выявили возможный дефицит металлов или избыток мышьяка по сравнению с теоретической формулой MeAs_2 . В табл. 2 приведен расчет формул нового минерала по двум вариантам: первый — в структуре может иметь место дефицит металлов, второй — избыток мышьяка. Рентгеновская плотность крутовита (при $Z=4$, как в минералах группы герсдорфита) для первого варианта формул обр. 1 и 2 — 6.93 и 7.12 г/см³, для второго варианта формул обр. 1. и 2 — 7.55 и 7.19 г/см³ соответственно. Однозначный ответ на вопрос, имеет ли место в структуре крутовита дефицит металлов или избыток мышьяка, могут дать только прецизионные структурные исследова-

ния. Косвенно об этом можно судить на основании измерений плотности крутовита нестехиометрического химического состава.

С учетом герсдорфитового типа кристаллической решетки для крутовита более вероятным представляется первый вариант формул (табл. 2). Тогда средние химические составы обр. 1 (по 32 анализам) и обр. 2 (по 31 анализу) отвечают формулам $(\text{Ni}_{0.867}\text{Cu}_{0.028}\text{Co}_{0.008}\text{Fe}_{0.005})_{0.908}(\text{As}_{1.996}\text{S}_{0.004})_{2.000}$ и $(\text{Ni}_{0.944}\text{Cu}_{0.028}\text{Co}_{0.010}\text{Fe}_{0.008})_{0.990}(\text{As}_{1.990}\text{S}_{0.010})_{2.000}$, а общая формула крутовита, если пренебречь незначительными изоморфными примесями Co, Cu, Fe и S, имеет вид $\text{Ni}_{1-x}\text{As}_2$, где $x=0-0.1$.

По химическому составу крутовит близок к раммельсбергиту и парараммельсбергиту — полиморфным модификациям NiAs_2 , а также к хлоантиту с формулой $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_{2.0-2.5}$. Эта формула хлоантита была предложена еще в прошлом веке на основании химических анализов минерала (Дэна и др., 1950). Более поздними исследованиями кубических арсенидов никеля и кобальта (природных и синтезированных образцов) была показана идентичность хлоантита и никелевого скуттерудита как по физическим свойствами и структуре, так и по химическому составу — установлены лишь составы, отвечающие формулам NiAs_{3-x} и $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_{3-x}$, где $x \sim 0.1$ (Holmes, 1947; Roseboom, 1962; Radcliffe, 1968; Rosner, 1970b; Рудашевский и др., 1975). Отличия нового минерала от раммельсбергита, парараммельсбергита и никелевого скуттерудита (хлоантита) по физическим свойствам и по структуре не вызывают сомнений.

В системе Ni—As—S в области существования герсдорфита известен широкий изоморфизм мышьяка и серы. Р. Юндом (Yund, 1962) синтезированы составы герсдорфита от $\text{NiAs}_{1.77}\text{S}_{0.23}$ до $\text{NiAs}_{0.77}\text{S}_{1.23}$. Этот изоморфизм имеет место и в природном герсдорфите — Д. Клеммом (Klemm, Weiser, 1965) установлен ряд от $\text{MeAs}_{1.2}\text{S}_{0.8}$ до $\text{MeAs}_{0.8}\text{S}_{1.2}$, а Б. Рознером (Rosner, 1970a) — ряд от $\text{MeAs}_{1.73}\text{S}_{0.27}$ до $\text{MeAs}_{0.96}\text{S}_{1.04}$ (Me — сумма Ni, Co и Fe в ат. %). Обнаруженный нами природный кубический диарсенид никеля, существование которого в системе Ni—As—S предполагалось Р. Юндом (Yund, 1962), является мышьяковым аналогом кубической упорядоченной модификации герсдорфита со структурой $P2_13$ и крайним членом ряда крутовит $\text{Ni}_{1-x}\text{As}_2$ — герсдорфит $\text{Ni}(\text{As}, \text{S})_2$. Последний вывод подтверждается максимально высокими значениями a_0 и коэффициентов отражения крутовита как крайнего мышьякового члена этого ряда, поскольку у герсдорфита, как известно (Yund, 1962; Rosner, 1970a; Виноградова и др., 1974б), по мере возрастания содержания мышьяка и уменьшения концентрации серы значения этих характеристик увеличиваются.

Крутовит, видимо, является типичным минералом жильных кобальто-никелевых арсенидных месторождений. Нами этот минерал установлен (диагностика подтверждена микронзондовыми и рентгенометрическими исследованиями) также в рудах никелево-кобальтового арсенидного Ховуаксинского месторождения (Тувинская АССР).

Образцы крутовита переданы в Минералогический музей АН СССР в Москве, музей Горного института в Ленинграде и в Национальный музей в Праге.

Литература

Бадалов С. Т., П. Л. Приходько. (1956). Хлоантит из полиметаллического месторождения Кургашикан (Узбекская ССР). Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 85, вып. 4.

Виноградова Р. А., С. С. Боришанская, Н. И. Еремин, Л. Н. Вьяльсов. (1974а). Парараммельсбергит из Бериккульского месторождения (первая находка в СССР). Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 103, вып. 1.

Виноградова Р. А., Н. И. Еремин, Г. А. Крутов. (1974б). Герсдорфит из месторождений района Бу-Аззер (Марокко). Вестн. МГУ, сер. геол., вып. 5.

Вьяльсов Л. Н. (1973). Спектры отражения рудных минералов. Ротапринт ИГЕМа.

Дэна Дж. Д., Э. С. Дэна, Ч. Пэлач, Г. Берман, К. Фрондель. (1950). Система минералогии. ИЛ.

- Лебедева С. И. (1963). Определение микротвердости минералов. Изд. АН СССР.
- Михеев В. И. (1957). Рентгенометрический определитель минералов. Геолтехиздат.
- Рудашевский Н. С., Н. Н. Шишкин, И. А. Будько, А. Ф. Сидоров, Г. В. Спиридонов. (1975). Никельскуттерудит — крайний член изоморфного ряда $NiAs_3-CoAs_3$. Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 104, вып. 2.
- Сидоров А. Ф., С. Г. Конников, Е. М. Лукьянченко. (1970). Некоторые вопросы количественного микрорентгеноспектрального анализа. В сб.: Аппаратура и методы рентгеновского анализа, вып. 7. Л.
- Штрунц Х. (1962). Минералогические таблицы. Госгортехиздат.
- Vaughan P. (1969). X-ray data, optical anisotropism and thermal stability of cobaltite, gersdorffite and ulmanite. Miner. Mag., v. 37, № 285.
- Colby I. W. (1965). Absorption correction tables for mikroprobe analysis: effect of critical excitation potential. NBS, spec. publ., № 944.
- Colby I. W. (1966). The applicability of theoretically calculated intensity correction in mikroprobe analysis. Electron Microprobe. N. Y.
- Duncumb P., P. K. Shields. (1966). Effect of critical excitation potential on the absorption correction. Electron Microprobe. N. Y.
- Heinrich K. F. I. (1966). X-ray absorption uncertainty. Electron Microprobe. N. Y.
- Holmes R. J. (1947). Higher arsenides of Co, Ni and Fe. Geol. Soc. Amer. Bull., v. 58, № 4.
- Kášpar P., K. Paděra. (1970). Gersdorffite with unusually high lattice constant from Potucky near Jachimov. Acta Univ. Carol., Geol., № 3.
- Klemm D. D., T. Weiser. (1965). Hochtemperierte Glanzkobalt—Gersdorffit—Mischkristalle von Outokumpu (Finland). Ns. Jb. Miner. Monatsh., H. 3.
- (Мрня Ф.) Мрня Ф. (1963). Месторождения Ag-Bi-Co-Ni руд в Яхимове. В сб.: Некоторые рудные месторождения Чешского массива. Конф. по проблемам постмагматического рудообразования. Изд. АН ЧССР. Прага.
- Mrňa F., D. Pavlů. (1967). Ložiska Ag-Bi-Co-As-Ni-formace v Českem masivu. (Lagerstätten der Ag-Bi-Co-Ni-As-Formation im Böhmischem Massiv). Sbor. geol. věd., LG, № 9. Praha.
- Radcliffe D. (1968). Structural formula and composition of scutterudite. Canad. Miner., v. 9, № 4.
- Roseboom E. H. (1962). Scutterudites (Co, Fe, Ni)As_{3-x}: composition and cell dimension. Amer. Miner., v. 47.
- Rosner B. (1970a). Mikrosonden Untersuchungen an natürlichen Gersdorffiten. Ns. Jb. Miner. Monatsh., H. 11.
- Rosner B. (1970b). Untersuchungen mit der Elektronenstrahlmikrosonde an natürlichen Skutteruditen. Contr. Miner. Petrol., v. 28, № 2.
- Wittry D. B. (1962). Fluorescence by characteristic radiation in electron probe microanalysis. USCEC, Report 82-204, Univ. southern Calif. Engineering Center.
- Yund R. A. (1962). The system Ni—As—S: Phase relations and mineralogical significance. Amer. J. Sci., v. 260, № 10.

Московский государственный университет,
институты «Гипроникель» и «Механобр»,
Ленинград,

Центральный научно-исследовательский
горноразведочный институт (ЦНИГРИ),
Москва, Карлов университет, Прага.

Поступила в редакцию
2 января 1975 г.

УДК 549.732

Д. члены С. В. МАЛИНКО, Д. П. ШАШКИН и К. В. ЮРКИНА

ФЕДОРОВСКИТ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ БОРА — И ИЗОМОРФНЫЙ РЯД РОУИТ — ФЕДОРОВСКИТ¹

Кальциево-марганцевый борат роуит $CaMnV_2O_4(OH)_2$ был впервые установлен в единственном образце из цинковых рудников Франклина, шт. Нью-Джерси, США (Berman, Gonser, 1937). Образец представлял

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 5 мая 1975 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 16 мая 1975 г.