

И. Н. ГОРЯИНОВ, Т. Б. АНДРЕЕВА

ХЛОРИДЫ Fe, Ni, Cu и Al В МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУДАХ ТАЛНАХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 7 V 1971)

Немногочисленные сведения о содержании галогенов в медно-никелевых рудах исчерпываются главным образом данными об апатите и его составе (3).

Для количественного определения содержания галогенидов была применена спектральная методика, основанная на разнице летучести галогенидов металла, с одной стороны, и сульфидов, сульфатов, окислов и силикатов, составляющих основу проб, — с другой (2). Суть метода заключается в независимом испарении проб и спектральном анализе выделенных паров (возбуждение в дуге переменного тока). Навеска порошка пробы (50 мг) в графитовом электроде-тигле помещалась между графитовыми щетками испарительной установки. В 1–2 мм от тигля в латунном

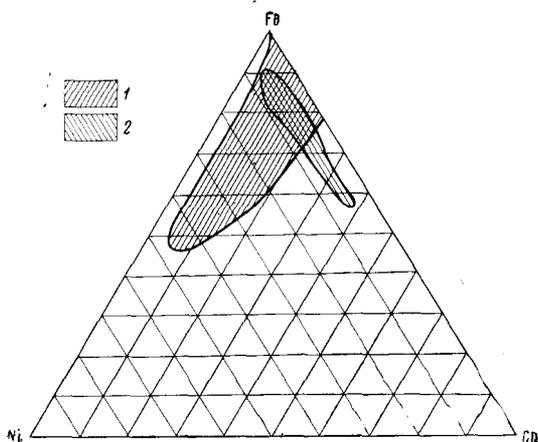


Рис. 1. Взаимоотношения Fe, Ni и Cu в хлоридной (1) и сульфидной (2) фазах

держателе закреплялся графитовый электрод, заточенный на плоскость. Время доведения температуры тигля от комнатной до 600° одинаково для всех проб, а именно 1 мин. Температура фиксировалась радиационной термометром. При 600° пробы выдерживались в течение 2 мин., после чего подставные электроды с конденсатами галогенидов возбуждались в дуге переменного тока силой 8–10 а в течение 10 сек. Спектры регистрировались на спектрографе ИСП-28 на спектрографических фотопластинках (тип СП-2, чувствительность 22 ед. ГОСТ). Анализ проводился по методу ослабления интенсивности спектральных линий на три порядка с использованием шкал интенсивности для повышения точности этого метода и доведения ее до точности количественных методов спектрального анализа (1).

Для исследования были взяты сплошные руды, вкрапленные руды в экзоконтакте, пентландит, халькопирит, эпигенетический ангидрит из

Таблица 1

№№ п.п.	Хлоридная фаза по данным колич. спектр. анализа, 10 ⁻⁴ %					Сульфидная фаза по данным хим. анализа, % *		
	Fe	Ni	Cu	Al	Cl _{расч}	Ni	Cu	S
Сплошные сульфидные руды								
1	35,0	8,9	2,0	1,8	84			
2	6,3	—	—	0,6	42	4,73	3,70	34,01
3	33,0	3,0	1,0	1,4	76	4,78	5,42	32,35
4	30,0	31,0	4,0	1,8	122	4,61	3,68	31,77
5	19,0	5,0	3,1	1,1	44	2,78	2,85	24,73
6	3,3	—	0,4	0,8	8	4,51	3,31	36,18
7	5,1	2,1	0,8	0,6	15	3,69	3,42	36,18
8	20,0	9,5	3,5	1,2	52	4,61	3,68	31,77
9	7,5	—	4,9	0,3	22	4,61	3,68	31,77
10	3,4	—	0,5	0,6	12	4,66	3,65	33,04
11	6,0	2,0	0,5	0,6	17	4,69	3,48	33,97
12	17,0	5,0	4,5	3,2	59	2,79	1,69	29,21
13	6,1	—	0,3	0,2	15	4,38	4,19	30,12
14	7,1	—	0,5	0,3	15	4,59	3,43	34,91
Вкрапленные руды в экзоконтакте								
15	20,0	—	0,5	0,8	42	0,44	1,65	9,07
16	18,5	7,8	5,8	3,4	64	1,08	2,23	8,83
17	3,3	—	4,5	2,0	19	0,94	8,05	11,57
18	5,0	—	0,4	2,1	18	1,00	2,01	7,84
19	—	—	0,9	0,8	4	1,07	3,35	7,98
20	4,0	—	4,8	1,3	18	1,44	2,06	10,82
21	55,0	23,0	8,8	3,5	148	1,79	1,97	12,61
Минералы **								
22	2,3	—	—	—	4			
23	13,5	6,9	0,6	1,1	49			
24	6,5	—	0,8	1,6	20			
25	2,8	—	0,8	1,9	22			
26	6,3	—	—	1,0	16			
27	5,1	—	0,8	1,3	16			
28	5,7	—	0,6	1,6	18			
29	6,3	2,8	1,2	5,3	36			
30	2,6	—	0,6	1,7	12			
31	15,0	6,1	1,3	3,3	49			

* Данные Норильской комплексной геолого-разведочной экспедиции.

** № 22 — нентландит; № 23 — халькопирит; №№ 24 и 25 — ангидрит; №№ 26—31 — плагиоклазы.

вкрапленных руд экзоконтакта и плагиоклазы из габбро-долеритов Талнахской интрузии *. Результаты анализов приведены в табл. 1 (средние арифметические из 3—5 измерений).

Полученные данные были проконтролированы анализом водных вытяжек руд. Количественный спектральный анализ вытяжек, проведенный по методу возбуждения сухого остатка, показал, что концентрации металлов в вытяжках несколько выше соответствующих концентраций этих же металлов, определенных при помощи спектральной методики в виде галогенидов. Разница содержания объясняется переходом в водную вытяжку, кроме галогенидов, и других растворимых соединений этих металлов. Качественным химическим анализом вытяжек на анионы, проведенным по общепринятой методике систематического анализа, было установлено присутствие во всех пробах ионов Cl^- и SO_4^{2-} и в части проб S^{2-} и SO_3^{2-} . F^- , Br^- и J^- анализом не обнаружены. Количественный анализ вытяжек, проведенный нефелометрическим и роданометрическим методами, позволил

* Монофракции плагиоклазов были любезно предоставлены А. И. Архиповой.

определить в них суммарное содержание галогенидных ионов. Анализ показал хорошую сопоставимость концентраций, определенных химическими и спектральными методами.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в рудах Талнахского месторождения и в ассоциирующих с ними нерудных минералах повсеместно присутствуют хлориды металлов. Содержания хлора, связанного в рудах в форме одних только хлоридов металлов, без учета вхождения его в состав различных минералов, сопоставимо с кларками хлора в базитах и гипербазитах, составляющими соответственно 160 и 100 г/т (8). Можно предположить, что зафиксированные хлориды являются твердой фазой законсервированных в минералах включений и представляют собой реликты рудообразующей субстанции, или «осколки» более сложных комплексных соединений. Наличие многофазных первичных включений в различных минералах устанавливается при минералографическом и петрографическом изучении медно-никелевых руд.

Таблица 2

$x_i \backslash x_j$	Нерудные минералы	Пирротин	Пентландит	Халькопирит
Al	+0,116	+0,142	+0,026	-0,158
Fe	+0,074	+0,750	-0,282	-0,353
Ni	+0,097	+0,156	+0,086	-0,217
Cu	+0,248	+0,075	+0,146	-0,114

Соотношения железа, меди и никеля в сульфидной фазе руд и хлоридной фазе включений различны. Если в сульфидной фазе изменяются содержания железа и меди, а никеля остается практически постоянным, то в хлоридной фазе, наоборот, при более или менее постоянном содержании меди варьируют главным образом железо и никель (рис. 1).

Были рассчитаны частные коэффициенты корреляции между содержаниями элементов в хлоридной фазе и нормативными пирротинном, пентландитом и халькопиритом (при постоянной сумме сульфидов), а также

Таблица 3

Fe	0,176		
Ni	-0,123	0,608	
Cu	0,724	0,081	0,297
$x_i \backslash x_j$	Al	Fe	Ni

между содержаниями этих элементов и суммарным количеством нерудных минералов (при постоянстве отношений пирротина к пентландиту и пирротина к халькопириту). Эти коэффициенты приведены в табл. 2. Значимым является лишь коэффициент корреляции между железом и пирротинном.

Коэффициенты множественной корреляции между содержаниями элементов в хлоридной фазе колеблются в интервале 0,792—0,862.

Частные коэффициенты корреляции приведены в табл. 3. Из нее следует, что значимыми являются положительные связи пар Fe—Ni и Cu—Al. Необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство. В плагиоклазах фиксируются включения не только хлоридов породообразующего алюминия, но и включения хлоридов рудных элементов — железа, никеля и меди. Вместе с тем, во всех рудных пробах присутствует хлорид алюминия. Это может свидетельствовать о близкоодновременном образовании из хлоридных растворов как сульфидов, так и ряда нерудных минералов.

Повсеместное обнаружение в различных минералах из медно-никелевых руд хлоридов металлов и присутствие в рудах апатита свидетельст-

вуют о заметной роли галогенидов в процессе переноса вещества и формирования медно-никелевых месторождений.

Научно-исследовательский институт
геологии Арктики
Ленинград

Поступило
3 V 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Т. Б. Андреева, М. М. Клер, Вопросы аналитической химии минеральных веществ, Л., 1966. ² Т. Б. Андреева, Ю. И. Туркин, Матер. III Ленингр. геохимич. конфер., Л., 1969. ³ А. Д. Генкин, З. В. Васильева, Т. А. Яковлевская, Геол. рудн. месторожд., № 2, 100 (1961). ⁴ М. Н. Годлевский, Металлогенические и прогнозные карты, Алма-Ата, 1959. ⁵ М. Н. Годлевский, А. П. Лихачев и др., ДАН, 196, № 5 (1971). ⁶ И. Н. Горяинов, Проблемы метасоматизма, Л., 1969. ⁷ М. С. Мащак, А. А. Панкратов, А. И. Пономаренко, Сборн. Геология и петрология интрузивных траппов Сибирской платформы, «Наука», 1966. ⁸ W. D. Johns, W. H. Huang, Geochim. et cosmochim. acta, 31, № 1, 35 (1967).