

И. Н. ЧИРКОВ

**ПЕНТЛАНДИТ ИЗ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
МОНЧЕ-ТУНДРЫ**

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом 2 X 1940)

Пентландит является одним из главных рудообразующих минералов в месторождениях Монче-Тундры (1) как по количественному содержанию в рудах, так и по своему промышленному значению. Значение его увеличивается еще тем, что в нем, в виде изоморфной примеси, содержится кобальт, причем в таких количествах, которые позволяют считать изучаемые руды промышленно-интересными.

Минерал принадлежит к кубической сингонии, обладает совершенной спайностью по октаэдру. Даже при очень тщательной и осторожной полировке образцов в шлифах получают треугольные фигуры выкрашивания. Твердость средняя. Всегда изотропен, чем легко отличается от пирротина. Цвет светлокремовый с коричневыми оттенками. Удельный вес пентландитов из руд Монче-Тундры оказался равным 5,1*. Измерение отражательной способности пентландита, проведенное в Институте геологических наук АН СССР с помощью фотоэлемента, показало, что ее средняя величина равна 51,46% (по Шнейдерхену—51%).

В жильных месторождениях медно-никелевых руд Монче-Тундры распространены, главным образом, две генерации пентландита:

1. Порфириовидные выделения пентландита, идиоморфные по отношению к пирротину. 2. Выделения пентландита в виде мелких включений внутри зерен пирротина или жилкообразных агрегатов вокруг зерен пирротина (продукт распада твердого пентландит-пирротинового раствора).

Порфириовидные выделения пентландита обычно рассеяны в пирротиновой массе спорадически. Гораздо реже они образуют оторочки из крупных зерен на контактах сульфидных масс с вмещающимися породами. Цепочки крупных зерен наблюдаются также на границах пирротиновых масс с халькопиритовыми. Такие скопления пентландитовых выделений встречались в апофизе по 18-й жиле, на горизонте 222, где порфириовидные зерна пентландита достигают величины 1,5—2 см в поперечнике. Они густо рассеяны среди пирротиновой массы, а на контактах с боковой породой образуют сплошную оторочку мощностью до 2 см, представляющую собой агрегат крупных зерен. То же наблюдается и по 8-й жиле.

Цепочки зерен пентландита на контактах пирротиновых масс с халькопиритовыми наблюдались в одной из горизонтальных апофиз 11-й жилы, на горизонте 264. Вообще же такие гнезда руд, обогащенных пентландитом, встречаются редко.

Выделения второй генерации пентландита—в виде петель, клинков и жилочек между зернами пирротина—наблюдаются почти в любом образце из пирротиновых руд. Довольно часто пентландит встречается в виде мель-

* Определения удельных весов произведены З. М. Гилевой.

чайших выделений, напоминающих по форме язычки пламени. Они образуются вдоль трещин в пирротине, проникая от них вглубь в сторону.

По химическому составу пентландит принято считать соединением, отвечающим формуле (Fe, Ni) S. Железо и никель входят в состав минерала в разных соотношениях. По имеющимся в литературе данным отношения этих металлов колеблются от 3:1 до 1:2, в зависимости от чего и содержание никеля в пентландите колеблется от 18 до 40%.

Для выделения чистых пентландитовых фракций из руд Монче-Тундры были взяты образцы по главным промышленным жилам: 9-й, 11-й, 15-й, 16-й и 18-й, с трех горизонтов: 182, 222 и 264. Всего проанализировано 9 образцов пентландитов. Проверка на чистоту выделенных фракций проводилась путем просмотра под микроскопом шлифов, приготовленных из отобранного материала. Просмотренные шлифы показали или полную однородность отобранного материала или весьма незначительное, не более 0,5%, загрязнение его зернами и примазками халькопирита и марказита. Пентландитовые фракции представляли, в основном, порфирировидные выделения.

Образцы № 121, 91, 35, 178, 176 и 174 (см. таблицу анализов)* являются представителями нормального типа жильных руд, в некоторых случаях (образцы № 121, 174) сильно обогащенных пентландитом. Образец 760а представляет собой руду из апофизы по 18-й жиле, с повышенным содержанием пентландита. Руда из этой апофизы характеризуется присутствием значительных количеств пирита и марказита, развившихся по пирротину, и ничтожным содержанием халькопирита. Образец 760 взят из той же апофизы. Зерна пентландита, величиной в 1—1,5 см в поперечнике, выделены на контакте сульфидной массы с вмещающей породой, образовав оторочку или кайму шириной 1,5—2 см. Сами зерна пентландита имеют прекрасно выраженную спайность. Образец № 179 представляет руду из горизонтально залегающей апофизы по 11-й жиле, на горизонте 267. Этот тип руды также встречается редко. Руда обогащена халькопиритом. Пирротин, выполняющий центральную часть апофизы, представлен крупными (до 1 см) зернами. Халькопирит выполняет верхнюю и нижнюю приконтактные части, а пентландит в виде цепочки зерен, величиной до 0,5 см, располагается вдоль границ пирротиновой массы с халькопиритовой.

№ образцов жил и горизонты	760		760а		421		179		91		35		178		176		174	
	жила 18 апофиза гор. 222 оторочка	жила 18 апофиза порф. выдел.	жила 18 апофиза порф. выдел.	жила 18 апофиза порф. выдел.	норм. тип руд. гор. 222	жила 11 апофиза гор. 264	жила 16 гор. 222	жила 16 гор. 264	жила 16 гор. 222	жила 16 гор. 264	жила 15 гор. 264	жила 9 гор. 222	жила 9 гор. 182					
Fe	30,74	31,29	31,29	30,90	30,90	31,47	34,01	34,25	31,69	31,69	31,52	31,52	31,52	31,69	31,52	31,44	31,44	
Ni	35,52	35,13	35,13	34,29	34,29	33,45	34,26	34,98	34,69	34,69	34,92	34,92	34,69	34,69	34,92	34,71	34,71	
Co	1,60	1,09	1,09	2,08	2,08	2,92	2,19	1,73	1,49	1,49	1,86	1,86	1,49	1,86	1,86	1,90	1,90	
S	31,89	32,59	32,59	32,73	32,73	32,07	32,47	31,96	32,44	32,44	32,17	32,17	32,44	32,44	32,17	32,30	32,30	
Сумма	99,75	99,90	99,90	100,00	100,00	99,91	99,93	99,92	100,01	100,01	99,97	99,97	100,01	100,01	99,97	400,05	400,05	
(Fe + Ni + Co) : S	1,189 : 1	1,165 : 1	1,165 : 1	1,149 : 1	1,149 : 1	1,185 : 1	1,161 : 1	1,188 : 1	1,165 : 1	1,165 : 1	1,179 : 1	1,179 : 1	1,165 : 1	1,165 : 1	1,179 : 1	1,172 : 1	1,172 : 1	

* Химические анализы были выполнены группой химиков Кольской базы Академии Наук, под руководством Е. И. Захарова. Последним была разработана методика выделения чистых мономинеральных фракций пентландита.

Как видим, пентландиты с разных жил по составу почти ничем не отличаются друг от друга. Кобальт всюду является постоянной составной частью. Данные пересчета на молекулярные количества показывают, что для принятой до сих пор формулы $(\text{Fe}, \text{Ni})\text{S}$ явно недостает серы. Формула пентландита, по нашим анализам, будет близка к $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$.

Необходимо при этом отметить, что М. и Д. Lindqvist и А. Westgren⁽²⁾, на основании изучения сульфида Со, пришли к выводу, что в строении решеток сульфида кобальта и пентландита существует полная аналогия, т. е. что формула пентландита должна иметь вид $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$.

При диагностическом травлении пентландита положительные реакции получаются с HNO_3 и царской водкой. Другие реагенты из общепризнанного ряда на минерал не действуют. Подходящий реагент для структурного травления пока не найден, что очень затрудняет выяснение картины взаимоотношений пентландита с другими минералами, а также и выявление структурных особенностей зерен и агрегатов зерен самого минерала. Для выявления структур пентландита в рудах Монче-Тундры нами был применен метод травления хорошо отшлифованных (не полированных) образцов руд смесью H_2O_2 с HNO_3 . Образец после травления просматривался под бинокулярной лупой при косом освещении. Можно было отчетливо наблюдать взаимоотношения пентландитовых выделений с другими минералами, видеть структуру отдельных зерен и отрезков их.

Таким образом было установлено, что значительная часть, особенно крупные зерна пентландита, выделилась из сульфидного расплава раньше пирротина. Значительная же часть мелких выделений пентландита возникла в пирротинных зернах как продукт распада твердых растворов. Указаний на присутствие каких-либо выделений в зернах, как продуктов распада твердого раствора, в наших рудах пока не удалось заметить.

В процессе окисления руд по пентландиту образуется в виде псевдоморфоз вторичный минерал—бравойт $(\text{Fe}, \text{Ni})\text{S}_2$, аналогично тому, как за счет пирротина образуется марказит. Следовательно, при образовании бравойта по пентландиту происходит обогащение серой. Наиболее часто бравойт встречается в рудах зоны цементации, полуокисленных рудах, где процесс окисления находится в начальной стадии. Часто можно совершенно ясно понять ход процесса замещения пентландита бравойтом. В начальной стадии бравойт развивается вдоль трещин спайности, образуя как бы сетку; по мере развития процесса замещения эти новообразования приобретают характерный рисунок полигонально-зональных образований.

При дальнейшем окислении руд бравойт подвергается разложению и замещению гидроокислами железа. Никель переходит в раствор, из которого в других местах образуется моренозит $(\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$. Последний образует часто скопления в виде натечных форм. В нескольких образцах, полученных из кернов буровых скважин, по 12-й жиле (южный рудный участок) встречены мельчайшие образования минерала—валлериита, развившегося по пентландиту. Благодаря сильной анизотропии этого минерала все зерно пентландита при скрещенных николях имеет пестрый вид, причем угасание включений валлериита происходит по всему зерну, или на большом участке зерна, одновременно. Это говорит за то, что развитие пластинок этого минерала происходило по определенным кристаллографическим направлениям. Развитие валлериита по пентландиту в рудах Монче-Тундры представляет собой редкое явление.

Поступило
18 X 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. Н. Чирков, ДАН, XXV, № 2 (1939). ² M. Lindqvist, D. Lindqvist a. A. Westgren, Svenske Kemisk Tidskrift, Arg. 48, № 1—12 (1936).