

М. Г. ДОБРОВОЛЬСКАЯ, В. С. РОВША, А. И. ЦЕПИН,
И. П. ИЛУПИН

**СФАЛЕРИТ И ХАЛЬКОПИРИТ
ИЗ ГЛУБИННОГО КСЕНОЛИТА В КИМБЕРЛИТАХ**

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 5 II 1974)

В кимберлитах Якутии в настоящее время известно два типа сульфидной минерализации. Один связан с заключительными стадиями постмагматических изменений в кимберлитах (¹, ²) и представлен различными сульфидами — пиритом, марказитом, пирротином и реже миллеритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом и др. в ассоциации с серпентином-сершофитом, карбонатами и другими вторичными минералами. Другой тип минерализации, представляющий большой интерес, связан с включениями глубинных пород — гранатовых перидотитов, эклогитов (³, ⁵) — и отдельными минералами — крупными желваками в кимберлите, например, энстатита, ильменита и др. (⁴). В породах и минералах глубинного происхождения установлены пирротин, пентландит, халькопирит, макинавит, джерфшерит, точилинит (³, ⁵, ⁶).

Сфалерит и халькопирит были обнаружены в ксенолите глубинного происхождения с ильменитом и флогопитом из кимберлита трубки «Южная» (Якутия).

Исследованный ксенолит имеет неправильную округлую форму со следами обкалывания, размером более 5 см в поперечнике; он сложен серпентином, развивающимся (судя по формам замещения) по пироксену, ильменитом и флогопитом. Ильменит и слюда распределены в ксенолите неравномерно. В ничтожном количестве присутствует оранжево-красный гранат в виде неправильных выделений 0,2—0,4 мм в поперечнике; $N = 1,757 \pm 0,002$.

Флогопит образует скопления и сростки толстотаблитчатых (блоковидных) кристаллов размером до 15—20 мм, а также относительно более мелкие (от долей до 3—4 мм) таблитчатые шестиугольные кристаллы и неправильной формы выделения. Большинство кристаллов слюды свежие, чистые; некоторые сростки слабо изменены. Химический состав слюды (крупные пластины) и кристаллохимическая формула приведены в табл. 1.

Ильменит образует неправильные, иногда вытянутые выделения размером от долей до 7—8 мм в поперечнике, с изогнутыми очертаниями. В полированном шлифе вокруг относительно крупных (2—8 мм) выделений в некоторых случаях устанавливается большое количество мелких (доли миллиметра) зерен ильменита округлой формы; иногда наблюдаются графические структуры сростания с серпентином с переходом к нодулярной структуре. Видимо, в этом случае происходила раскристаллизация эвтектических концентраций ильменита и первичного силиката. Химический состав ильменита и его кристаллохимическая формула приведены в табл. 1.

Сульфиды наблюдаются среди ильменита и серпентина и образуют неправильные, удлиненной формы выделения размером до 3—4 мм. Как правило, сульфиды выполняют межзерновые пространства породообразующих минералов. В изученном образце сульфидный агрегат имеет сиреневато-серый цвет, металлический блеск и хорошо выраженное зернистое строение. Под микроскопом видно, что сульфидный агрегат неоднороден и представ-

леп главным образом сфалеритом и халькопиритом, содержащим мелкие включения пентландита и пирротина.

Сфалерит образует мелкозернистый агрегат разноориентированных зерен с четкой спайностью и следами хрупких и пластических деформаций (рис. 1). По наличию рефлексов отражения его можно отнести к маложелезистой разновидности. Сфалерит находится в тесных сростаниях с халькопиритом, относительно крупные обособления которого сконцентрированы на границе выделений сфалерита и породообразующих минералов (рис. 2). Чаще наблюдаются зернистые сростания этих двух минералов, причем для

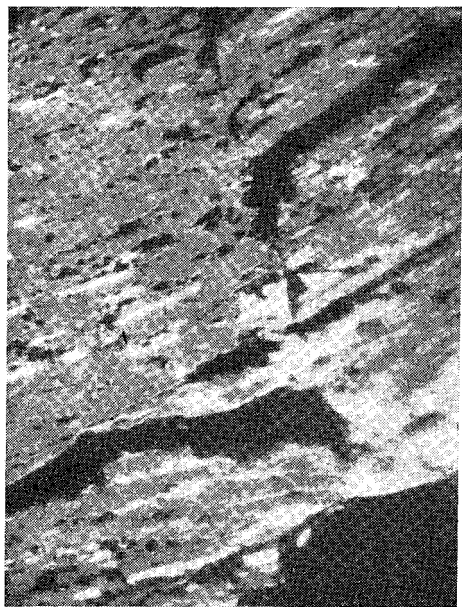


Рис. 1

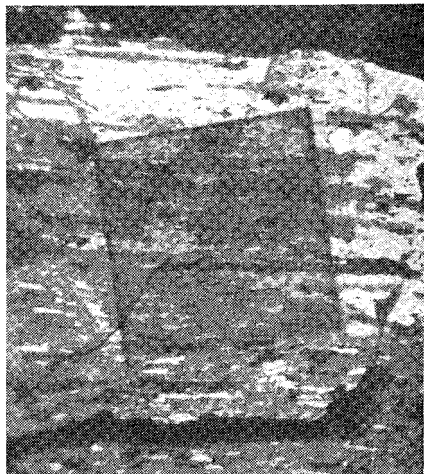


Рис. 2

Рис. 1. Деформированные зерна сфалерита (серое), замещенные халькопиритом (белое) по плоскостям спайности и двойникования. Полир. шлиф. 320×

Рис. 2. Сростания сфалерита (серое) и халькопирита (белое). Обособление халькопирита по границе сфалерита и серпентина. Квадрат в центре — участок сканирования. Полир. шлиф. 320×

обоих типичны неправильной формы зерна. В ряде случаев они образуют ориентированные (в одном направлении) сростания, возникающие вследствие замещения сфалерита халькопиритом вдоль двойниковых швов и плоскостей спайности.

О наличии структур замещения свидетельствуют формы выделений халькопирита, заключенного в массе сфалерита. В этих участках халькопирит образует удлиненные зерна с неровными краями, вытянутые в одном направлении (см. рис. 1 и 2). Иногда видны признаки коррозии сфалерита халькопиритом, также указывающие на более позднюю кристаллизацию халькопирита по отношению к сфалериту.

Пентландит и пирротин образуют небольшие изометричные зерна в основном среди халькопирита. Отмечаются также сложные сростания халькопирита с пирротином и пентландитом, причем зерна сульфидов вытянуты. В сфалерите и халькопирите отмечены единичные метакристаллы пирита.

Изучение состава сульфидов проведено на рентгеновском микроанализаторе MS-46 «Самеса». В качестве эталонов использованы пирит — FeS_2 .

сфалерит — ZnS , чистые медь и никель. Диаметр зонда 1–2 мкм, напряжение 20 кв, ток ~11 на.

В результате исследования определен химический состав сфалерита, халькопирита, ширита (табл. 2), а также получены картины по распределению основных компонентов в сложном по строению и неоднородном по составу агрегате (рис. 3). Анализ, произведенный в отдельных точках сфалерита и халькопирита, показал, что концентрации Zn и Cu колеблются. Содержания в сфалерите Zn 60,5–67,0, Fe 1,0–4,3, S 31–34 вес. % при количестве Cu 0,2–0,9 вес. % и практическом отсутствии Ni . В халькопирите

Т а б л и ц а 1

Химический состав флогопита и ильменита (вес. %) и их кристаллохимические формулы (трубка «Южная»)

Компонент	Флогопит	Ильменит	Компонент	Флогопит	Ильменит
SiO_2	41,20	0,80	CaO	0,87	0,14
TiO_2	1,80	41,20	Na_2O	0,20	0,24
Al_2O_3	9,60	0,04	K_2O	7,80	0,07
Fe_2O_3	4,74	26,71	H_2O	5,00	0,08
FeO	5,10	24,28	Cl	сл.	—
MnO	0,07	0,27	F	0,39	—
MgO	23,21	6,35	Σ	99,82	100,23

Флогопит: $(K_{0,76}Ca_{0,07}(H_2O)_{0,17})_{1,00}(Mg_{2,51}Fe_{0,31}^{2+}Fe_{0,18}^{3+})_{3,00}[(Fe_{0,08}^{3+}Al_{0,82}Ti_{0,10})_{1,00}Si_{3,00}O_{1,00}] \cdot (OH)_{1,81}F_{0,09}2,00$.

Ильменит: $(Mg_{0,23}Fe_{0,50}^{2+}Fe_{0,26}^{3+})_{0,99}(Fe_{0,23}^{3+}Ti_{0,75}Si_{0,02})_{1,00}O_{3,00}$.

Примечание. Аналитик В. Ф. Филонова (Северо-Западное геологическое управление). Для флогопита сумма — с поправкой O_2 на F ; для ильменита в сумму входит Cr_2O_3 0,05%.

существенно варьируют концентрации всех минералообразующих элементов: количество Fe 20–33, Cu 12–35, Zn 0–10, Ni 0,2–23 и S 32–41 вес. %. По составу халькопирит оказался чрезвычайно неоднородным, что обусловлено наличием тончайших сростаний халькопирита с пентландитом, величина зерен которых не превышает размера зонда (1–2 мкм).

Распределение минералообразующих элементов по площади участка (см. рис. 2) показало, что сфалерит действительно представляет собой

Т а б л и ц а 2

Химический состав сульфидов из ксенолита в кимберлите трубки «Южная» (микронзонд)

Элемент	Сфалерит	Халькопирит	Ширит
Fe	2,44	25,12	43,46
Zn	64,06	3,66	0,59
Cu	0,46	24,55	0,45
Ni	0,05	9,87	—
S	32,33	35,89	49,29
Σ	99,35	99,09	93,79

Сфалерит: $(Zn_{0,96}Fe_{0,04}Cu_{0,01})_{1,01}S_{0,99}$.

Халькопирит: $(Cu_{0,71}Ni_{0,31})_{1,02}(Fe_{0,83}Zn_{0,10})_{0,93}S_{2,05}$.

Ширит: $Fe_{1,00}S_{1,97}$.

Примечание. Рентгенометрические данные подтверждают принадлежность анализируемого сульфида цинка к сфалериту.

однородный агрегат, в строении которого принимают участие халькопирит (рис. 3г) и пентландит (рис. 3е).

В результате сканирования границы сростания сфалерита и халькопирита было обнаружено, что между ними существует зона с относительно высокими концентрациями Zn , но меньшими, чем в «чистом» сфалерите, и большими, чем в халькопирите. По-видимому, возникновение таких «переходных» зон связано с диффузионными процессами замещения сфалерита халькопиритом.

Таким образом, обнаружение сульфида цинка в ассоциации с глубинными ми-

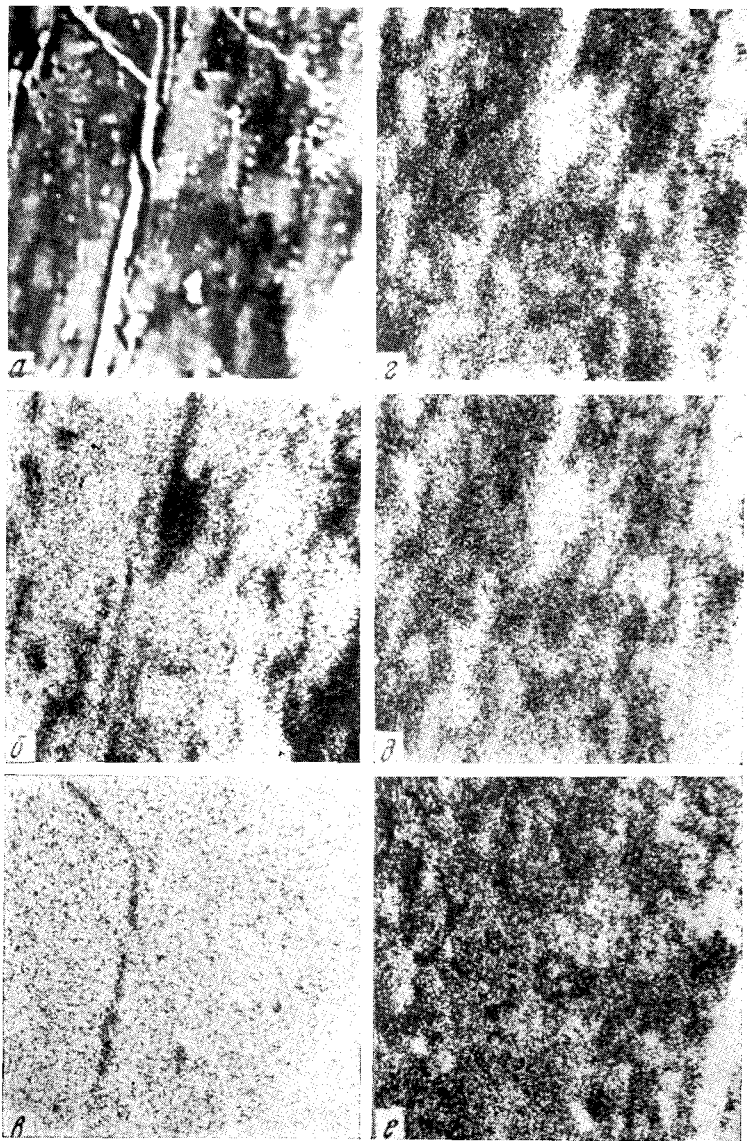


Рис. 3. Картины сканирования в поглощенных электронах (а) и распределения в характеристических рентгеновских лучах Zn (б), S (с), Cu (d), Fe (e) и Ni (f) по площади участка 100×100 мкм

пералами, халькопиритом, пентландитом и пирротинном позволяет сделать вывод об одной из форм нахождения Zn в ксенолите глубинного генезиса.

В литературе известны указания на присутствие Zn в бедных хромом шпинелях из своеобразных шпинель-гранатовых пород, встречающихся в некоторых трубках Южной Африки (7). Кроме того, заметное содержание ZnO (2,38—2,60%) установлено в хром-шпинелидах, обнаруженных в виде включений в алмазах Сьерра-Леоне (8). Наши данные не противоречат представлениям о присутствии повышенных концентраций Zn в мантийных образованиях и указывают на то, что формы нахождения Zn в этих образованиях могут быть различными.

Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Академии наук СССР

Поступило
29 I 1974

Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт цветных
и благородных металлов
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. П. Бобривич, М. Н. Бондаренко и др., Алмазные месторождения Якутии, М., 1959. ² А. П. Бобривич, И. П. Илупин и др., Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии, М., 1964. ³ Н. В. Соболев, В. А. Вахрушев, Зап. Всесоюз. мин. общ., т. 96, в. 4 (1967). ⁴ А. Х. Харькив, И. П. Илупин, Геология и геофизика, № 4, 108 (1968). ⁵ В. А. Вахрушев, Н. В. Соболев, Геология и геофизика, № 11, 3 (1971). ⁶ А. И. Цепин, М. Г. Добровольская и др., Сборн. автореф. работ сотрудников ИГЕМ АН СССР за 1971 г., М., 1972, стр. 78. ⁷ M. Mathias, J. C. Siebert, P. C. Rickwood, Contr. Mineral. and Petrol., v. 26, № 2, 75 (1970). ⁸ H. O. A. Meyer, F. R. Boyd, Geochim. et cosmochim. acta, v. 36, № 11, 1255 (1972).