

Ф. Л. СМЕРНОВ

**РЕДКИЕ МИНЕРАЛЫ В БОРНИТОВЫХ РУДАХ
МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ**

Для целого ряда колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений СССР (Урал, Казахстан, Алтай) характерно проявление весьма специфической борнитовой минерализации.

На проявление борнитовой минерализации в колчеданных месторождениях указывают многие исследователи.

Характеризуя вещественный состав руд Карпушинского медно-цинкового месторождения на Среднем Урале, Е. Е. Захаров и С. А. Юшко (1936) выделили самостоятельный теннантито-борнитовый тип руд, в котором, наряду со сфалеритом, халькопиритом и галенитом, наибольшим распространением пользуются борнит и теннантит. Аналогичные руды были отмечены А. А. Амираслановым для Дзержинского, Ворошиловского и Первомайского месторождений (1937). Позже Т. Н. Шадлуи (1941) было обращено внимание на присутствие в ряде уральских месторождений (им. III Интернационала, Карабаш и др.) совершенно особого типа руд с типогенным борнитом, халькозином, энаргитом, блеклой рудой и халькопиритом. Подобные руды были встречены и в ряде других месторождений аналогичного генетического типа (некоторые месторождения Центрального Казахстана, Змеиногорское на Алтае и др.).

Как правило, борнитсодержащие руды пользуются на колчеданных месторождениях весьма ограниченным распространением. Они слагают отдельные участки, неправильной формы гнезда, реже — линзовидные и жиллообразные обособления среди серноколчеданных и медно-цинковых, существенно халькопиритово-сфалеритовых руд. Взаимоотношения борнитовых руд с другими минеральными комплексами, слагающими основную массу рудных тел колчеданных месторождений, до настоящего времени остаются, к сожалению, недостаточно изученными.

Автор, совместно с Л. И. Яковлевым, детально изучил проявления борнитовой минерализации в рудах одного из колчеданно-полиметаллических месторождений Центрального Казахстана. В результате исследования установлено более позднее время образования борнитсодержащих руд по отношению к серноколчеданным и медно-цинковым, существенно халькопиритово-сфалеритовым рудам. Борнитсодержащие руды были выделены в самостоятельную подстадию минерализации.

В результате тщательного микроскопического изучения борнитсодержащих руд этого месторождения, в их составе, помимо главных

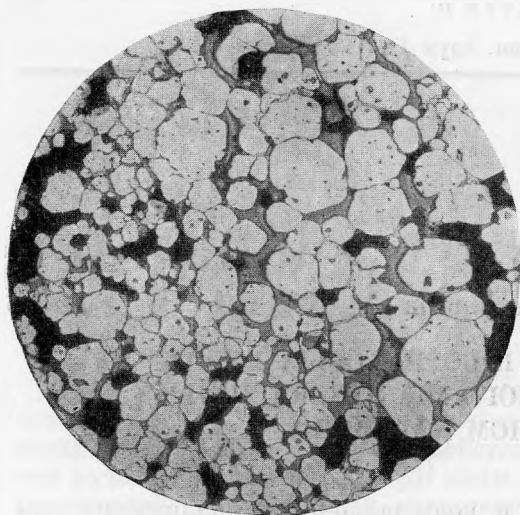


Рис. 1. Борнитсодержащая руда первой разновидности. Виден переход тонкозернистого пирита в более крупнозернистый, сцементированный борнитом. Увел. 30

ящего времени лишь в рудах единичных месторождений, несомненно, делает эти руды одним из интереснейших объектов минералогических и геохимических исследований. В связи с этим автор нашел необходимым опубликовать результаты некоторых наблюдений над проявлением и особенностями минералогического состава борнитовой минерализации в рудах одного из медноколчеданных месторождений на Северном Кавказе.

На данном месторождении проявление борнитовой минерализации привело к образованию борнитсодержащих руд, имеющих здесь значительно более широкое развитие по сравнению с упомянутыми месторождениями Урала и Казахстана. Борнитсодержащие руды находятся в висячем боку рудного тела, представляющего типичную межпластовую залежь, расположенную в контакте кварцевых альбитофиров с кремнистыми сланцами. В виде прожилково-вкрапленного оруденения борнитсодержащие руды накладываются на медноцинковые, существенно халькопиритово-сфалеритовые и халькопиритово-пиритовые руды полосчатой текстуры, залегающие в непосредственном

минералов (борнита, сфалерита, халькопирита, блеклых руд, шпирита и галенита), было установлено присутствие целого ряда редких и сопутствующих минералов — таких, как люцит, фаматинит, штрмейерит, реньерит, германит, стефанит и других, встреченных, правда, главным образом в виде микроскопически мелких выделений в полированных шлифах.

На присутствие в борнитовых рудах весьма специфических редких минералов указывают С. А. Юшко (1936), Т. Н. Шадлун (1940), из зарубежных исследователей — Рамдор (1955), Ваес (1948) и другие авторы.

Присутствие в борнитовых рудах целого ряда редких минералов, среди которых встречаются такие, как германит и реньерит, найденные до насто-

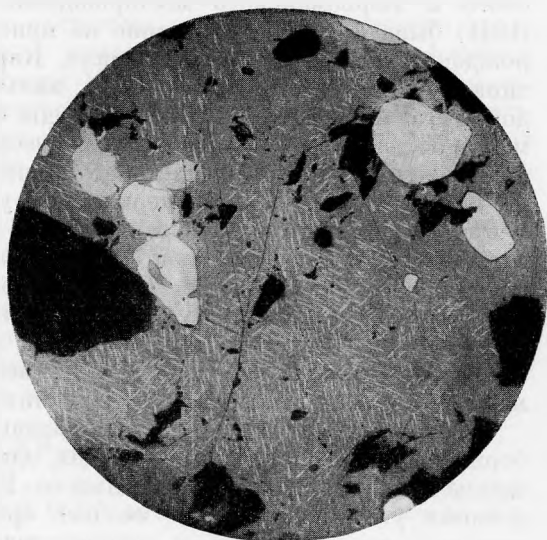


Рис. 2. Борнитсодержащая руда второй разновидности. Среди борнита — тонкие иголки халькопирита (структура распада твердого раствора). Увел. 70

контакте с ними со стороны лежащего бока рудного тела. Со стороны висящего бока они нередко импрегнируют вмещающие кремнистые сланцы, образуя в них прожилково-вкрапленное оруденение с заливами по сланцеватости. Данные, полученные в результате микроскопического изучения вещественного состава руд рассматриваемого месторождения, также подтверждают более позднее время образования борнитовой минерализации по отношению ко всем минеральным комплексам, участвующим в сложении рудного тела.

В борнитсодержащих рудах месторождения можно выделить две разновидности, отличающиеся одна от другой как по количественному соотношению слагающих их главных минералов

(пирита, борнита, сфалерита, блеклых руд, халькопирита и галенита), так и по своим текстурным и структурным особенностям.

К первой разновидности следует отнести существенно пиритные тонкозернистые руды с относительно небольшим количеством нерудных минералов, представленных главным образом кварцем и кальцитом. Кроме пирита и борнита, из рудных минералов в сложении этих руд участвуют халькопирит, сфалерит, теннантит, галенит, гипогенный халькозин; значительно реже встречаются самородное золото и гематит. Количество борнита в руде не превышает 15—20%. Характерной особенностью руд этой разновидности является тонко- и мелкозернистое строение и нечетко проявленная полосчатая текстура (рис. 1).

Для второй разновидности характерно резко повышенное содержание борнита (до 60% от общей массы минералов, слагающих эти руды), а также полное отсутствие полосчатости. В рудах этой разновидности значительно более широко распространены блеклые руды, галенит, золото. Встречается энаргит, в то время как в борнитсодержащих рудах первой разновидности энаргит не



Рис. 3. Интенсивная коррозия сульфита (1) борнитом (2). Черное — кварц. Иммерсия, увел. 450



Рис. 4. Сульфит (1) в сростании с борнитом (2) и кварцем (черное). Иммерсия, увел. 450

установлен. Халькопирит и пирит присутствуют здесь в весьма ограниченных количествах, причем нередко наблюдаются продукты распада твердого раствора халькопирита в борните (рис. 2). Руды этой разновидности имеют чаще массивную текстуру и гипидиоморфнозернистую структуру, обусловленную присутствием идиоморфных зерен пирита среди ангедральнозернистых сростаний халькопирита, сфалерита, блеклой руды и борнита.

Взаимоотношения между первой и второй разновидностями борнитсодержащих руд в настоящей статье не рассматриваются и требуют специального изучения.

Характерно, что именно во второй разновидности борнитсодержащих руд встречены повышенные концентрации редких минералов: сульванита, люцитита, реньерита и, по-видимому, германита.

Точная диагностика последнего минерала затруднена в связи с крайне редкой его встречаемостью в рудах, а также вследствие микроскопической величины зерен (не выше первых тысячных долей миллиметра) в полированных шлифах.

Все названные минералы были встречены в виде микроскопически мелких зерен, в тесной ассоциации с главными минералами, участвующими в сложении борнитсодержащих руд, и изучены в полированных шлифах. В связи с этим, помимо характеристики особенностей их парагенезиса и взаимоотношений с другими минералами, ниже наряду с другими данными приводится описание их свойств в отраженном свете.

§ СУЛЬВАНИТ

Минерал принадлежит к числу редких. Впервые он был установлен Гудером в 1900 г. около Бурра-Бурра-Майн в Южной Австралии. На территории СССР по данным А. И. Фесталович и Н. В. Петровской (1940), сульванит впервые обнаружен в числе рудных минералов кварцево-золоторудных жил Лебединского месторождения (бывший прииск Незаметный в Алданском районе Восточной Сибири). Позднее А. Г. Бетехтин (1941) изучил мышьяковистую разновидность сульванита одного из месторождений Монголии и предложил для нее новое название — арсеносульванит.

Рамдор (1955) в месторождении Кирка-Грубе (Дедеагач, Фракия) нашел минерал, по своим свойствам достаточно точно отвечающий сульваниту.

В борнитсодержащих рудах рассматриваемого месторождения минерал, полностью отвечающий по всем свойствам сульваниту, встречен в тесной ассоциации с борнитом, блеклой рудой, сфалеритом, пиритом и энаргитом. В этой ассоциации сульванит встречается довольно часто, но образует лишь микроскопически мелкие выделения, не превышающие 0,05—0,06 мм. Форма выделений в шлифах чаще неправильная, веретенообразная, значительно реже — трапецеидальная, прямоугольная. В борните выделения сульванита имеют эвгедральные очертания, часто наблюдается пересечение сульванита тончайшими прожилками борнита, видимыми лишь при максимальных увеличениях, порядка 800—1000. В таких случаях борнит проникает в зерна сульванита по трещинам, образует глубокие заливы по спайности, иногда сульванит остается лишь в виде реликтов в массе борнита (рис. 3).

Весьма часто выделения сульванита наблюдаются в краевых частях зерен борнита, на границе сростания его с кварцем и серицитом (рис. 4). Сульванит образует здесь удлинненной прожилковидной формы выделения, от

которых в кварц по трещинкам отходят тончайшие прожилки, сменяемые блеклой рудой (теннантитом). Сульванит образует, кроме того, непосредственные сростания с блеклой рудой, сфалеритом и халькопиритом. В одном случае наблюдались изолированные включения блеклой руды в сульванит. Взаимоотношения сульванита спиритом представлены на рис. 5, где видно, как сульванит интенсивно корродирует пирит, вследствие чего зерно пирита приобретает неровные, извилистые очертания. В единичных случаях сульванит встречается в виде изолированных включений в сфалерите.



Рис. 5. Сульванит (1) корродирует зерно пирита (2), заключенное в борнит (3). Увел. 353

Особый интерес представляют случаи непосредственных сростаний сульванита с энаргитом. По данным А. Г. Бетехтина (1941), должен существовать широкий изоморфизм между Cu_3VS_4 и Cu_3AsS_4 (в кубических модификациях). Однако, как это отмечает А. Г. Бетехтин, кубическая модификация соединения Cu_3AsS_4 до сих пор неизвестна. По данным того же автора о том, что изоморфизм между Cu_3VS_4 и Cu_3AsS_4 наблюдается в природе, свидетельствует также открытие в месторождении Бьютти (Монтана) нового минерала — калусита, принадлежащего к кубической сингонии, имеющего сложный состав: $\text{Cu}_3(\text{As}, \text{Sn}, \text{V})\text{S}_4$, кристаллическая структура которого такая же, как и у сфалерита (т. е. такая же, как и у арсеносульванита; Михеев, 1941).

В борнитсодержащих рудах северо-кавказского месторождения, помимо непосредственных сростаний сульванита с энаргитом, было встречено сростание его с неизвестным минералом. По своим свойствам этот минерал близок к энаргиту, но отличается от него несколько большим значением отражательной способности (которая почти равна R сульванита), коричневатым цветным оттенком и, что самое важное, — изотропностью. Этот минерал встречен в виде неправильной формы выделений, образующих с сульванитом неровные, извилистые границы сростания. Не исключена возможность, что этот минерал как раз и является кубической модификацией Cu_3AsS_4 , что, к сожалению, не может быть проверено рентгеноструктурным анализом из-за отсутствия необходимого для исследования количества материала.

Сульванит обладает следующими свойствами в полированных шлифах: отражательная способность, определенная методом сравнения с эталонами, порядка 30%; цвет в отраженном свете — белый с желтоватым оттенком; оптически изотропен. Внутренних рефлексов нет; по относительному рельефу принадлежит к группе III по И. С. Вольскому — несколько выше, чем у борнита. Полируется хорошо. По прочерчиванию — мягкий (средней твердости). Спайность не наблюдается, по-видимому, из-за микроскопической величины зерен. При травлении парами царской водки образуется быстро стирающийся налет. Остальные

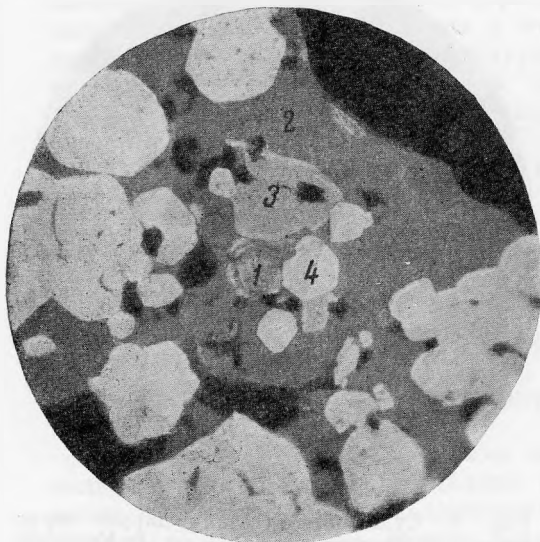


Рис. 6. Люцит (1) в борните (2) в сростании с халькопиритом (3) и пиритом (4).
Увел. 353

рых медно-молибденовых месторождений, где он наблюдается в ассоциации с халькопиритом, пиритом, теннантитом, молибденитом, сфалеритом, галенитом и кварцем, так и в рудах ряда медноколчеданных месторождений. Здесь люцит чаще всего ассоциируется с борнитом, блеклой рудой, халькопиритом, энаргитом, халькозином и сфалеритом.

На данном месторождении люцит встречается довольно редко и притом только в борнитсодержащих рудах. Повышенные его концентрации отмечаются в участках этих руд, содержащих наибольшие количества борнита, блеклых руд, галенита и самородного золота. В борните люцит встречается в виде отдельных микроскопически мелких (тысячные доли миллиметра) зерен (рис. 6), реже — их агрегатов, размером, не превышающим 0,03—0,04 мм. Форма отдельных зерен и агрегатных выделений люцита чаще неправильная, округлая, однако нередки и прямоугольные контуры ограничения. В ряде случаев люцит образует непосредственные

стандартные реактивы не действуют. Спектральные анализы обогащенных сульфанитом фракций показывают повышенное содержание ванадия (от 0,1 до 1%). В борнитовых рудах, не содержащих сульфанима, спектральные анализы на ванадий дают отрицательные результаты. От единственно похожего на сульфанима в полированных шлифах германита отличается цветом (у германита — отчетливый розовый оттенок) и микрохимическими реакциями на ванадий.

ЛЮЦИТ

Люцит, так же как и сульфанима, редкий минерал, но по сравнению с последним распространен значительно более широко. На территории СССР он встречается как в рудах некото-

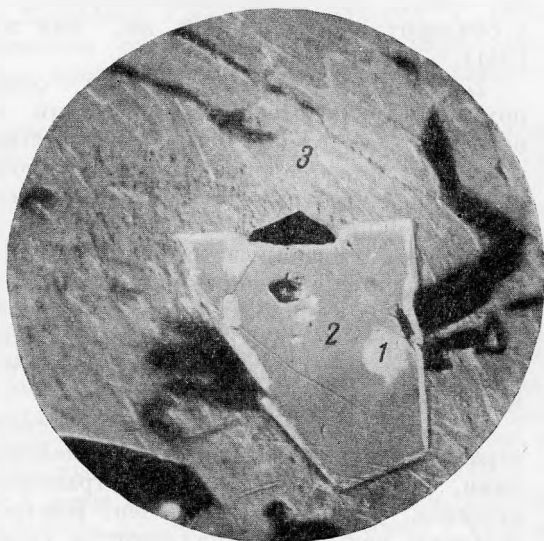


Рис. 7. Люцит (1) в виде мелких зерен в сфалерите (2); последний — среди борнита (3).
Иммерсия, увел. 450

срастания со сфалеритом, изредка встречается в нем в виде изолированных включений. В сфалерите выделения люционита имеют трапецеидальную и прямоугольную форму (рис. 7).

Мелкие эвгедральные зерна люционита наблюдались также в непосредственных срастаниях с халькопиритом. В отраженном свете минерал обладает следующими свойствами: отражательная способность, определенная методом сравнения с эталонами, порядка 26%; цвет коричневато-розовый с оранжевым оттенком; двуотражение отчетливое, с иммерсией — очень сильное, сопровождаемое цветным эффектом от серовато-розового до оранжевого. В скрещенных николях сильно анизотропен, с ярким цветным эффектом от красновато-фиолетового до оливково-зеленого. Внутренних рефлексов нет; по относительному рельефу принадлежит к группе III по классификации И. С. Волынского (1949). При скрещенных николях почти всегда обнаруживается пластинчатая sdвойникованность отдельных зерен.

При травлении азотной кислотой минерал медленно буреет, от KCN тускнеет. HCl, FeCl₃, KOH не действуют. Микрохимическая реакция на мышьяк с (NH)₄MoO₄ дает положительные результаты.

РЕНЬЕРИТ

Первоначально минерал был известен и описан в литературе под названием оранжборнита. На территории СССР он был обнаружен в рудах Карпушинского медно-цинкового месторождения на Среднем Урале (Захаров и Юшко, 1936). Позднее оранжборнит был встречен в борнитовых рудах некоторых других колчеданно-полиметаллических месторождений. В 1948 г. Ваес детально изучил этот минерал, обнаруженный

им в рудах рудника Леопольда (Бельгийское Конго) в виде кристаллических зерен (до 1 мм в диаметре), включенных в халькопирит, блеклые руды, галенит и реже в теннантит, а также в виде включений в борните, замещающем халькопирит. По данным этого автора, реньерит представляет собой сульфид Cu, Fe и Ge. От германита он отличается меньшим содержанием Ge и большим Fe. Отмечая отличие этого минерала от германита и борнита, автор предложил для него новое название — реньерит.

Ниже приведены результаты химических анализов (в %): реньерита (1 — среднее по четырем образцам рудника Леопольда в Бельгийском Конго) и германита (2 — из месторождения Тсумеб, Юго-Западная Африка).

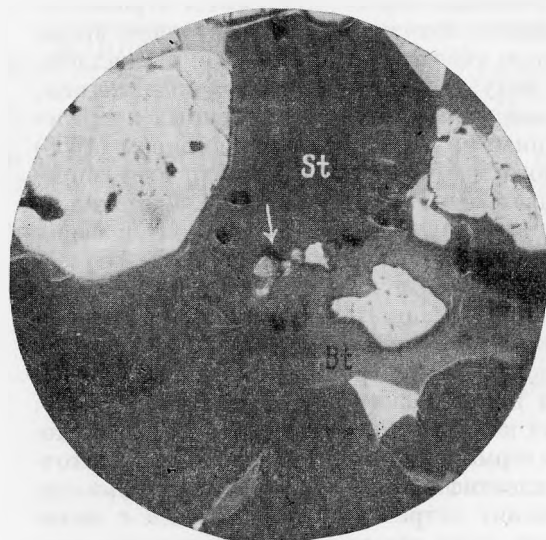


Рис. 8. Мелкие зерна реньерита и германита (?) среди борнита (серое) по границе со сфалеритом (черное). Иммерсия, увел. 450

	Cu	Fe	Ge	Zn	As	S	Pb	Ga	Sn	Нераств. остаток	Сумма
1)	41,53	13,77	6,93	3,67	0,91	31,67	—	—	0,04	0,05	98,57
2)	42,12	7,80	10,19	3,93	1,37	31,27	0,96	1,85	—	—	99,49

В борнитсодержащих рудах рассматриваемого месторождения реньерит встречен в единичных случаях в полированных шлифах образцов этих руд, взятых с глубоких горизонтов. Минерал присутствует в виде микроскопически мелких зерен округлой формы, включенных в борнит (рис. 8). Размер отдельных зерен не превышает 0,01 мм, а чаще составляет первые тысячные доли миллиметра.

В отраженном свете минерал обладает следующими свойствами: цвет бронзовый, слегка оранжевый, лишен густого коричневого тона свежее отполированного борнита. Отражательная способность несколько выше, чем у борнита (в пределах видимости, так что, если принять $\Delta R_{\text{отн.}} = 15\%$, $+\Delta R_{\text{абс.}}$ должна составить 2,5—3%). В скрещенных николях слабо анизотропен. По относительному рельефу несколько выше борнита и принадлежит, по-видимому, к группе III по классификации И. С. Вольнского (1949). Полируется хорошо. Наличие внутренних рефлексов или отсутствие их не может быть проверено вследствие микроскопической величины зерен. Приведенные данные полностью совпадают со свойствами реньерита, исследованного Ваес. В рудах, содержащих этот минерал, спектральным анализом установлено присутствие Ge. Следует отметить, что упомянутый выше оранжеборнит фактически ничем не отличается от описанного реньерита и является, вероятнее всего, одним и тем же минералом.

ГЕРМАНИТ (?)

В рудах характеризуемого типа в двух случаях был встречен минерал, по всем своим свойствам в отраженном свете отвечающий германиту. К сожалению, микроскопическая величина зерен (0,005 мм) и ограниченность распространения (по тем данным, которыми мы в настоящее время располагаем) не позволяют полностью убедиться в его точной принадлежности к указанному минеральному виду. Минерал встречен в виде мелких, не превышающих 0,005 мм, округлой формы зерен, включенных в сфалерит и борнит. По сравнению с данными, приведенными Рамдором (1955) для германита из южноафриканского месторождения Тсумей, этот минерал несколько отличается своим цветом в отраженном свете, а именно, — отчетливо заметным сероватым оттенком. Однако Уитенбогаардт в своих таблицах по диагностике рудных минералов в отраженном свете (Uytenbogaardt, 1951) характеризует цвет германита как розовато-серый¹. Как уже указывалось, спектральные анализы борнитсодержащих руд и мономинеральных фракций борнита показывают присутствие в них Ge, причем в отдельных случаях — в повышенных концентрациях (до 0,1%). Весьма вероятно, что отмеченный минерал принадлежит к германиту, тем более, что в аналогичных рудах одного из колчеданно-полиметаллических месторождений Центрального Казахстана германит установлен автором с достаточной гарантией в правильности его идентификации, а в рудах южноафриканского месторождения Тсумей германит встречен в парагенезисе с минералами, за небольшим исключением, теми же самыми, которые характеризуют описанные выше борнитовые руды.

¹ Цветовые оттенки в отраженном свете являются в ряде случаев весьма характерным и постоянным признаком различных минералов и, естественно, могут сопоставляться лишь в свежее отполированных шлифах.

В заключение следует отметить, что тщательное микроскопическое изучение борнитовых руд различных месторождений может привести к выявлению целого ряда редких минералов, сопутствующих этим рудам, равно как и к открытию новых минеральных видов. Поскольку проявление борнитовой минерализации совпадает, как правило, с заключительными стадиями гидротермального процесса, естественно ожидать возможного обогащения образующихся при этом борнитовых руд германием. А это уже может представлять большой практический интерес с точки зрения поисков и выделения самостоятельных типов германиевых руд.

ЛИТЕРАТУРА

- Амирасланов А. А. Минералогическая характеристика колчеданных месторождений Урала и вторичные процессы в них. ОНТИ, 1937.
- Бетехтин А. Г. О новом минерале арсеносульваните.— Записки Всес. минер. об-ва, ч. 70, № 2, 1941.
- Волынский И. С. Определение рудных минералов под микроскопом, т. III, Госгеолиздат, 1949.
- Захаров Е. А. и Юшко С. А. Карпушинское медно-цинковое месторождение на Среднем Урале. Изд-во АН СССР, 1936.
- Иванов Н. В. О генезисе колчеданного месторождения на Северном Кавказе. — Записки Всес. минер. об-ва, ч. 82, вып. 2, 1953.
- Колчеданные месторождения Урала. Сборник статей под ред. А. Н. Заварицкого. Изд-во АН СССР, 1941.
- Минералы СССР, т. 2, Изд-во АН СССР, 1940.
- Михеев В. И. Структура арсеносульванита.— Записки Всес. минер. об-ва, ч. 70, № 2, 1941.
- Фесталович А. И. и Петровская Н. В. Характер оруденения Лебединского золоторудного месторождения (Алдан).— Сов. геология, № 2—3, 1940.
- Шубникова О. М. Новые минеральные виды и разновидности, открытые в 1945—1949 гг.— Труды Ин-та геол. наук АН СССР, вып. 144, № 16, 1953.
- Юшко С. А. Методы изучения руд под микроскопом в отраженном свете. Госгеол-издат, 1949.
- Яковлев Л. И. Минеральные ассоциации и динамометаморфизм руд одного из колчеданно-полиметаллических месторождений Центрального Казахстана.— Труды НИГРИЗолото, 1957.
- Moritz H. Die sulfidischen Erzen der TsumebMine vom Ausgehenden bis zum XVI Sohle.— N. Jb. Miner., Bd. 67, Abt. A, 1933.
- Murdock I. X-ray investigation of colusite, germanite and renierite.— Amer. Miner., v. 38, № 9—10, 1953.
- Ramdohr P. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin, 1955.
- Uytenbogaardt. Tables for microscopic identification of ore minerals. — Princeton Univ. Press, New Jersey, 1951.
- Vaes I. F. La renierite (anciennement appelée «bornite orange»), un sulfure germanifère provenant de la mine Prince-Léopold, Kipuski (Congo Belge).— Bull. Soc. géol. Belg., v. 72, 1948—1949.