

МИНЕРАЛОГИЯ

Ф. В. ЧУХРОВ

**БРОШАНТИТ В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СТЕПНОЙ ЧАСТИ
КАЗАХСТАНА**

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 16 VI 1950)

Автором брошантит установлен в следующих месторождениях степной части Казахстана: Коунрад, Джезказган, Беркара, Шуптыкуль, Коктаджаргас, Майкаин, Акчагыл, Успенское, Таскура, Бесьюку, Кузюадыр, Гульшад, Саяк и др.

В месторождениях Центрального Казахстана брошантит, наряду с карбонатами и силикатами меди, является характерным минералом зоны окисления, но в целом по распространенности он резко уступает малахиту и встречается в меньших количествах. Диагностика брошантита автором проверена рентгенометрически.

В Коунраде брошантит является широко распространенным минералом в нижних частях зоны окисления, тогда как близ поверхности он не наблюдается. Главной формой выделения брошантита является частичное или полное выполнение тонких (до 0,5 мм) трещинок в рудоносных кварцитах. Обычно минерал представлен более или менее удлиненными кристалликами с блестящими гранями или агрегатами зерен неправильной формы. Изредка встречаются игольчатые кристаллики, обычно собранные в пучки. В некоторых образцах брошантит в виде мелкокристаллических корочек, сложенных несколько удлиненными кристалликами, обнаружен на бугорчатом малахите. В отдельных шлифах наблюдается замещение брошантитом малахита.

В Джезказгане автором брошантит установлен на участке Петропавловского сброса, в шахте № 2 Покровского района, а также в Спасском, Златоустовском и других районах. В значительном количестве брошантит обнаружен в выработках Петропавловского сброса в трещинах руды с ковеллином и халькозином. Оба эти минерала ясно замещаются землистым брошантитом. В меньшем количестве брошантит наблюдается в виде мелкокристаллических корочек на сульфидной руде. В шахте № 12 землистый брошантит встречен в ассоциации с гипсом или в цементе песчаника. В Спасском районе брошантит в виде землистых выделений также установлен в цементе песчаника. В Златоустовском районе на участке шахты № 29 брошантит является главным минералом в нижних частях зоны окисления, тогда как малахит в сравнении с ним значительно более редок, выделения брошантита представлены землистыми и зернистыми агрегатами, а также мелкокристаллическими корочками.

Наиболее значительны выделения брошантита в трещинах, отвечающих плоскостям слоистости. Возрастные соотношения брошантита с хризоколлой переменные: в одних случаях он выполняет трещинки в хризоколле, а в других — покрывается ею. Под микроскопом устанавливается, что в массе песчаника выделения брошантита окружают зерна кварца и полевого шпата или выполняют тонкие трещинки в них. Частью брошантит окружает реликтовые зерна халькозина. В ассоциации с брошантитом в ничтожном количестве наблюдается лимонит,

который часто располагается около его выделений. В отдельных образцах брошантит ассоциируется с иодаргиритом.

Таблица 1

Компоненты	Содерж. в %	Мол. колич.	Отнош. мол. колич.
CuO	62,32	0,783	4,00
CaO	0,00	—	—
MgO	0,20	0,005	—
MnO	0,00	—	—
Al ₂ O ₃	0,76	—	—
Fe ₂ O ₃	0,24	—	—
SO ₃	14,88	0,285	0,95
H ₂ O ⁺	11,75	0,653	3,35
H ₂ O ⁻	0,28	—	—
Нераств. остаток	9,75	—	—
Сумма	100,18		

из Златоустовского района был подвергнут химическому анализу (см. табл. 1, аналитик Р. Е. Арест-Якубович).

Как видно, из приведенных данных, анализированное вещество характеризуется несколько более высоким содержанием воды, чем требует формула брошантита. Повидимому, эта вода удерживается в минерале адсорбционными силами, для проявления которых весьма благоприятно его землистое строение.

Нерастворимый остаток представлен зернами кварца и полевых шпатов.

В месторождении Беркара брошантит весьма распространенный минерал. Обычной формой его выделения являются мелкокристаллические корочки толщиной до 0,5 мм, состоящие из удлиненных или укороченных кристаллов. Грани последних обычно сильно блестящие, в значительной части с продольной штриховкой. Частью кристаллы образуют звездчатые сростки. Длина кристаллов обычно не более 1,5 мм. Окраска минерала от ярко зеленой до черновато-зеленой.

В ряде образцов брошантит располагается на сплошных выделениях халькозина, на лучистых агрегатах малахита, на кристаллах и зернистых агрегатах азурита и на корочках стильноси-дерита. По отношению к линариту брошантит частью является более ранним, а частью — более поздним. В отдельных образцах прослеживается замещение брошантита малахитом. Некоторые корочки брошантита покрыты тонковолокнистыми выделениями цианотрихита.

Яснокристаллический брошантит, слагающий корочки на роговике, был подвергнут химическому анализу (см. табл. 2, аналитик Р. Е. Арест-Якубович). Присутствие хлора в анализированном веществе, вероятно, следует объяснить примесью атакамита.

Таблица 2

Компоненты	Содерж. в %	Мол. колич.	Мол. колич. за вычетом атакамита	Отношение молекулярных количеств
CuO	57,00	0,716	0,658	4,00
CaO	0,00	—	—	—
MgO	0,20	—	—	—
MnO	0,00	—	—	—
Al ₂ O ₃	0,48	—	—	—
Fe ₂ O ₃	0,40	—	—	—
SO ₃	15,60	0,194	0,194	1,18
Cl	1,06	0,029	—	—
H ₂ O ⁺	10,63	0,590	0,546	3,30
H ₂ O ⁻	0,00	—	—	—
Нерастворимый остаток	14,65	—	—	—
Сумма	100,02			
—O=Cl ₂	0,24			
Сумма	99,78			

В месторождении Шуптыкуль брошантит относительно нередок в северо-восточной части месторождения, где он представлен мелкокристаллическими ярко зелеными корочками на азурите, а также непосредственно на вмещающих сланцах. Корочки состоят из мелких кристалликов с сильно блестящими гранями.

Ярко зеленые и темнозеленые корочки мелких кристалликов брошантита местами наблюдаются в трещинах руды, состоящей из плотного халькозина с тем или иным количеством кварца или содержащей вкрапленность халькопирита, замещаемого ковеллином.

В Коктасджартасе брошантит имеет ограниченное распространение. Обычными формами его выделения являются мелкокристаллические корочки на рудоносных породах и сплошные выполнения трещинок в последних. Толщина выделений брошантита обычно менее 1 мм. Окраска от ярко зеленой до темнозеленой.

В ассоциации с брошантитом в отдельных образцах установлены блеклая руда, борнит и халькопирит, замещаемые халькозином, а также лучистый малахит. Местами обнаруживается замещение брошантита землистым малахитом.

В Майкаине брошантит встречен на участке В на глубине 25 м. В главной массе брошантит образует землистые агрегаты; реже встречаются пластинчатые кристаллы и их сростки. Частью брошантит ассоциируется с халькозином, за счет которого он и возник, а также пиритом, халькопиритом, малахитом, азуритом. С малахитом брошантит встречается наиболее часто и ясно замещается им. Образующийся по брошантиту малахит имеет землистое строение. Окраска брошантита светлозеленая. В более высоких горизонтах этот минерал не встречен. Как начальный продукт изменения сульфидов он возникает не везде; местами непосредственно за счет сульфидов образуются малахит и азурит. Форма выделения брошантита — прожилки и участки неправильной формы среди сильно измененной боковой породы, а также в рудном теле.

Довольно широко распространен брошантит в месторождении Акчагыл. Выделения его имеют вид мелкокристаллических ярко зеленых корочек (до 0,5 мм) на сульфидной руде, кварце и скарне; местами выделения брошантита располагаются на халькопирите. Корочки брошантита сложены мелкими, преимущественно удлиненными кристалликами, частью столбчатыми или игольчатыми. Характерными спутниками брошантита являются линарит и серпьерит. По времени образования между серпьеритом и брошантитом определенного различия нет. Линарит в сравнении с брошантитом частью является более ранним, частью более поздним. В отдельных образцах брошантит представлен выделениями на хризокolle.

В Успенском месторождении брошантит в небольшом количестве обнаружен автором на Святой сопке в виде ярко зеленых кристалликов длиной до 0,5 мм в трещинах барита в штуфной ассоциации с лимонитом.

В месторождении Таскура брошантит сравнительно нередок, но присутствие его сильно маскируется малахитом. Во многих штуфах ясно прослеживается замещение брошантита землистым малахитом. Как и сульфидные минералы, брошантит местами обнаруживается непосредственно у поверхности.

В Бесъчоку брошантит, насколько можно судить по сохранившимся рудным отвалам, является второстепенным минералом зоны окисления месторождения. Наиболее обычная форма его выделения мелкокристаллические ярко зеленые корочки на кварце. Часть кристаллов брошантита характеризуется значительным удлинением. На брошантите в отдельных штуфах наблюдаются корочки линарита; ассоциация этих минералов характерна. Кроме того, брошантит по сети тонких трещинок ясно замещает халькозин.

В месторождении Кузюадыр брошантит имеет ограниченное распространение. Характерна ассоциация его с линаритом. Брошантит образует мелкокристаллические корочки, на поверхности которых нередко наблюдается линарит; в других случаях на последнем наблюдается выделение брошантита.

В Гульшаде на центральном участке брошантит нехарактерный минерал; в отдельных штуфах он обнаруживается в тесной ассоциации с более поздним линаритом в виде мелкокристаллических корочек. Довольно обычен брошантит на участке «Калмацких» работ, где он также представлен мелкокристаллическими корочками, которые частью покрыты хризоколлой. В небольшом количестве брошантит установлен также на участке Акирек месторождения Гульшад. Кроме перечисленных месторождений, брошантит установлен автором также в шлифах вторичных кварцитов из месторождения Борлы.

Сравнение данных автора и литературных данных о парагенезисе брошантита в различных месторождениях СССР и за границей позволяет прийти к следующим выводам.

Брошантит частью представляет ранний минерал, возникающий путем непосредственного замещения сульфидных минералов, которыми обычно являются халькозин или ковеллин; частью он образуется в более поздние стадии образования зоны окисления. Ранний брошантит в основном представлен землистыми выделениями и частью мелкокристаллическими корочками. Для позднего брошантита характерны почти исключительно яснокристаллические выделения. Образование позднего брошантита частью следовало за образованием раннего малахита и в некоторых случаях за образованием хризоколлы. В зоне окисления, образовавшейся за счет свинцово-медных руд, характерным спутником брошантита является линарит; судя по переменным возрастным соотношениям между этими минералами, иногда в пределах одного и того же штуфа, выделение их происходит приблизительно одновременно. В конечные стадии развития зоны окисления брошантит замещается землистым малахитом. Характерна незначительная роль или отсутствие лимонита в ассоциации с брошантитом. В тех случаях, когда выделения брошантита наблюдаются среди сульфидных руд, в последних почти или вовсе отсутствует пирит.

Эксперименты Позняка и Туннеля показали, что, в отличие от антлерита, брошантит образуется в менее концентрированных растворах; присутствие окисного железа затрудняет образование этих минералов. Наблюдения, касающиеся условий нахождения и парагенезиса брошантита, показывают, что в результате непосредственного замещения медных сульфидных минералов брошантит главным образом образуется в областях с сухим, полупустынным климатом и притом в основном в тех случаях, когда выветриванию подвергаются вторичные сульфиды меди — халькозин и ковеллин, представленные более или менее концентрированными выделениями. Поздний брошантит наблюдается в разных районах, существенно отличающихся по климатическим условиям формирования зоны окисления. Отсутствие в парагенезисе с брошантитом ярозита объясняется тем, что последний образуется в более кислых растворах. Обособление от лимонита можно объяснить тем, что главная масса брошантита образуется за счет халькозина и ковеллина. Кроме того, как следует из опытов Позняка и Туннеля, окисное железо препятствует образованию брошантита; к тому же выделение лимонита может происходить из более кислых растворов, в которых брошантит неустойчив.

Значение брошантита для оценки месторождений сводится к тому, что в большинстве случаев он является индикатором вторично-обогащенных медных руд.

Поступило
30 VI 1950