

**О ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЯХ
В ЗОЛОТОРУДНЫХ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛАХ
МАРИНСКОЙ ТАЙГИ И ХАКАСИИ**

В. И. БАЖЕНОВ

(Представлена семинаром кафедры геологии и разведки месторождений
полезных ископаемых, геодезии и маркшейдерского дела)

Изучение парагенетических минеральных ассоциаций имеет большое значение для правильного понимания процесса формирования руд, а также для выбора и обоснования критериев для детальной классификации рудных месторождений и их сопоставления в пределах металлогенических провинций.

Под термином «минеральная ассоциация» в согласии с Н. В. Петровской [3, 4] и А. Г. Бетехтиным [1] мы понимаем сообщества одновременно образовавшихся минералов, возникших в течение одной стадии процесса рудообразования.

Изучение минеральных парагенетических ассоциаций нами проводилось лично и отчасти по литературным источникам в Саралинском, Центральном, Комсомольском и отчасти в Бериккульском рудных полях. Все эти месторождения представлены кварцевыми жилами, залегающими в различных по составу вмещающих породах. Так, жилы Центрального месторождения залегают в породах гранодиоритовой интрузии, жилы Комсомольского месторождения — в диоритах, жилы Бериккуля — в средних, основных эффузивах, а в Саралинском рудном поле кварцевые жилы располагаются в сложной по составу эффузивно-осадочной толще. Все они генетически связаны, по мнению большинства исследователей, с гранитоидными интрузиями умеренной кислотности нижнепалеозойского возраста. По условиям образования они являются среднетемпературными, сформированными в интервале температур от 320° до 200°C [2].

Процесс формирования кварцевых жил был прерывистым, связанным с последовательным пульсирующим поступлением рудоносных растворов. На основании критерия пересечения разновозрастных минеральных ассоциаций, наблюдаемого в горных выработках или штуфах, в рудных полях выделяется несколько стадий минерализации, характеризующих рудный процесс. В табл. 1 приведена последовательность формирования руд в различных рудных полях. Из нее видно, что в целом процесс формирования руд во всех изученных рудных полях носит однотипный характер, причем общая последовательность основных стадий минерализации повсюду выдерживается. Правда, в отдельных рудных полях (Центральный, Бериккуль) отмечается появление новых стадий, усложняющих процесс рудообразования.

Ранняя кварцевая стадия минерализации пользуется чрезвычайно широким распространением во всех рудных полях. Однако в чистом виде она отмечается лишь в безрудных жилах, а также на отдельных уча-

Минеральные ассоциации в золоторудных кварцевых жилах
Маринской тайги и Хакасии

Этапы минерализации	Главные стадии минерализации	Минеральные ассоциации	Состав минеральных ассоциаций		Рудные поля
			главные минералы	второстепенные минералы	
Гидротермальный этап	Ранняя кварцевая	Кварцевая	Кварц	альбит, серицит, хлорит, углесте вещество	Сарала, Центральный, Бериккуль, Комсомольск
	Кварцево-пирит-арсенопиритовая	Пирит-арсенопиритовая	кварц+пирит+арсенопирит+золото	апатит, шезелит, молибденит	Сарала, Центральный, Бериккуль, Комсомольск
	Кварцево-полиметаллическая	Пирит-сфалерит-галенитовая	пирит+сфалерит+галенит+халькопирит+золото	блеклые руды, аргентит, пирарлит, висмутит, висмут, серебро, теллуриды	Бериккуль, Центральный, Сарала, Комсомольск
Поздняя кварцевая		Пирротин-сфалерит-галенитовая	пирротин+сфалерит+галенит+халькопирит+золото	висмутит, висмут	Центральный
		Галенитовая	галенит		Сарала
		Кварцевая	Кварц		Центральный
Поздние кварцево-карбонатные		Кварцево-карбонатная	кварц+кальцит	пирит, сфалерит, галенит	Центральный, Сарала, Бериккуль, Комсомольск
		Кобальт-никелевая	арсениды кобальта и никеля	золото	Бериккуль
		Антимонитовая	антимонит		Бериккуль
Метаморфогенный		Пирротин-сфалерит-галенитовая	пирротин+сфалерит+галенит+халькопирит	альбит	Сарала

отках промышленных жил, не несущих сульфидной и промышленной золотой минерализации. Соответствующая ей минеральная ассоциация слагается обычно серым, темно-серым, местами до черного, кварцем. В ряде случаев в результате более поздней перекристаллизации отмечается осветление до светло-серого. Часто устанавливается пятнистая текстура жильного кварца. Под микроскопом наряду с кварцем устанавливается примесь серицита, хлорита, рутила, представляющих собой комплекс реликтовых минералов, сохранившихся в результате замещения исходной породы. Нужно отметить также, что эти минералы, особенно серицит, часто концентрируются в виде пятен, сохраняющих очертания существовавших ранее обломков вмещающих пород, позднее подвергшихся растворению и замещению жильным кварцем. В Саралинском рудном поле, где вмещающими породами для многих жил являются углистые и углисто-глинистые сланцы, в качестве реликтовой примеси проявляется тонкодисперсное углистое вещество, придающее кварцу черную окраску. Несомненно, что формирование данной разновидности жильного кварца происходило при существенном участии процесса метасоматического замещения вмещающих пород с образованием мелкозернистого его агрегата. В дальнейшем имела место перекристаллизация кварца с образованием средне- и крупнозернистых агрегатов. Никакая сульфидная минерализация с данной минеральной ассоциацией не связана. Лишь в крайне редких случаях в некоторых безрудных жилах устанавливается весьма редкая вкрапленность пирита.

Кварцево-пирит-арсенопиритовая стадия минерализации распространена также широко, но несколько меньше, чем предыдущая. Так, соответствующая ей минеральная ассоциация совершенно не устанавливается во многих безрудных жилах.

Формирование данной минеральной ассоциации начинается с отложения светло-серого или белого, средне- или крупнозернистого кварца. Образование сульфидной минерализации происходит после отложения главной массы кварца. Рудные минералы представлены, главным образом, пиритом, арсенопиритом и золотом. Изредка в незначительном количестве появляется кобальтин (Центральный). Количественные соотношения сульфидов и кварца, а с другой стороны соотношения между пиритом и арсенопиритом варьируют в широких пределах. Наиболее обильная пирит-арсенопиритовая минерализация устанавливается для Центрального и Бериккульского рудных полей. В меньшей мере она проявляется в Саралинском и Комсомольском рудных полях. Значительные вариации наблюдаются и в пределах отдельных рудных полей. Наиболее интенсивная сульфидная минерализация в виде сплошных сульфидных руд наблюдается во многих промышленных жилах Центрального, Бериккуля и изредка Саралы. В слабозолотоносных жилах сульфиды образуют более или менее густую вкрапленность в жильном кварце. В большинстве промышленных жил количественно пирит преобладает над арсенопиритом. Однако в некоторых жилах Центрального рудного поля (Тысячная, Сибзолотовская 1, Незавидная III и др.) и Бериккуля арсенопирит является преобладающим минералом.

Под микроскопом устанавливается мелкозернистая структура пирита и арсенопирита. Часто проявляется характерная зональность роста как в кристаллах пирита, так и в арсенопирите. Иногда в рудах отмечается незначительная примесь шеелита (Сарала) и молибденита (Центральный).

Золотоносность, связанная с описываемой минеральной ассоциацией, проявляется часто. Можно полагать, что степень золотоносности находится в прямой зависимости от количества сульфидов. Известно достаточно большое количество примеров золотоносных жил, где более поздней сульфидной минерализации не устанавливается. Это доказы-

вает, по нашему мнению, связь золота с кварц-пирит-арсенопиритовой стадией минерализации. Размеры отдельных золотин также зависят от количества сульфидов в рудах. В рудах с обильной арсенопиритовой минерализацией золото образует чрезвычайно мелкие, субмикроскопические выделения в арсенопирите (Центральный, Бериколь). По мере уменьшения содержания сульфидов в рудах размеры выделений золота возрастают и в малосульфидных жилах Саралы (Казенно-Веркинская, Старо-Туманная и др.), значительную роль играет крупное золото, часто располагающееся в кварце. Распределение такого крупного золота значительно более неравномерное по сравнению с мелким, тонкодисперсным.

Таким образом, кварцево-пирит-арсенопиритовая минеральная ассоциация является ранней продуктивной минеральной ассоциацией, с которой нередко связывается промышленная золотоносность.

Кварцево-полиметаллическая стадия минерализации распространена еще менее широко, чем кварц-пирит-арсенопиритовая. Наиболее ярко она проявилась в наиболее богатых жилах Саралы (Андреевская, Каскадная, Ивановская и др.), Центрального (Центральная, Кавказская, Алтайская, Лотерейная, Дмитриевская и др.) Комсомольска (Комсомольская, Пионерская, № 35 и др.), Бериколь. Оруденение, соответствующее этой стадии минерализации, фиксируется либо в виде самостоятельных рудных тел, локализованных в висячем или лежащем боку рудных тел предыдущих стадий минерализации, либо пространственно накладывается на более ранние продукты. Как и в ранние стадии минерализации, в начале кварцево-полиметаллической стадии происходит отложение значительного количества кварца, за которым следует образование разнообразной сульфидной минерализации.

В данной стадии отчетливо выделяется три минеральных парагенетических ассоциаций, соответствующих различным ступеням минерального равновесия и обычно разделенных в пространстве: 1 — пирит-сфалерит-галенитовая, 2 — пирротин-сфалерит-галенитовая, 3 — галенитовая.

Пирит-сфалерит-галенитовая минерализация распространена наиболее широко и известна во всех изученных рудных полях. Основными минералами данной минеральной ассоциации наряду с пиритом П, сфалеритом и галенитом являются также халькопирит, блеклая руда, реже висмутин, аргентит, пираргирит, самородное золото, серебро, висмут и некоторые другие минералы. При микроскопическом исследовании руд устанавливаются явления слабой коррозии одних минералов другими, а также локальные пересечения, что является отражением последовательного отложения минералов и свидетельствует, по мнению Н. В. Петровской [4], о существовавшем физико-химическом равновесии.

С данной минеральной ассоциацией связана основная масса золота в промышленных жилах. Золото обычно мелкое и в своем распространении тесно связано с сульфидами. Таким образом, она является главной продуктивной минеральной ассоциацией, и ее присутствие в жилах может служить критерием для положительной предварительной оценки руды. Следует отметить, что наиболее высокие содержания золота отмечаются в тех случаях, когда сульфиды слагают мелкозернистый агрегат. В тех же случаях, когда сульфиды образуют крупнокристаллический агрегат (Кавказская и Дмитриевская жилы Центрального рудного поля), содержание золота в руде резко падает. Такие участки обычно имеют небольшие размеры и приурочены к тем частям жильных трещин, которые характеризуются выдержанными элементами залегания, отсутствием поперечных нарушений, апофиз и т. д. Это дает возможность предполагать, что подобное явление не связано с процессом более поздней перекристаллизации руд, а, несомненно, является первичным.

Причина слабой золотоносности руд с крупнокристаллическими агрегатами сфалерита и галенита состоит, по-видимому, в том, что формирование мелкозернистых и крупнокристаллических сульфидов происходило в разных физико-химических условиях среды. Первые образуются в сложных физико-химических условиях, характеризующихся частыми нарушениями равновесия. При этом возникало огромное количество центров кристаллизации, что приводило к массовому отложению вещества, в том числе и золота, из растворов. Наоборот, крупнокристаллические агрегаты формировались в более спокойной обстановке, когда количество возникавших центров кристаллизации было относительно невелико, и поэтому имелась возможность роста сравнительно крупных кристаллических индивидов.

Пирротин-сфалерит-галенитовая минеральная ассоциация отмечалась нами при изучении минералогии руд Центральной жилы. На различных эксплуатационных горизонтах она слагает отдельные участки жилы, ее апофизы, а также небольшие параллельные жилы. Таким образом, в пространстве она отделена от предыдущей. Основными минералами ее являются пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит, золото, висмутин, висмут. Под микроскопом устанавливается отсутствие интенсивной коррозии этих минералов, что свидетельствует о существовании равновесия.

Рудные минералы слагают аллотриоморфнозернистый равномерно-зернистый агрегат пирротина, в котором остальные сульфиды выполняют интерстиции зерен пирротина и кварца.

Данная минеральная ассоциация является также продуктивной. Золото образует мелкие каплевидные выделения в сульфидах: халькопирите, галените, пирротине, висмутине.

Галенитовая минеральная ассоциация отмечается в ряде кварцевых жил Саралы (Каровая, Галенитовая, Озерная и др.). Руды, сложенные данной минеральной ассоциацией, слагаются белым или светло-серым жильным кварцем, содержащим вкрапленность мелкозернистого галенита. Других рудных минералов здесь не отлагается. По данным опробования содержания золота весьма низкие.

Поздняя кварцевая стадия минерализации устанавливается в Центральном рудном поле. Она проявляется в виде довольно мощных кварцевых жил, сложенных бессульфидным молочно-белым кварцем. Часто в них содержатся корродированные обломки и включения сульфидов более ранних минеральных ассоциаций, находящихся на различных стадиях растворения. С описываемой минеральной ассоциацией золото совершенно не связано. Поэтому ее наложение на более ранние продуктивные ассоциации приводит к разубоживанию последних.

Поздние кварцево-карбонатные минеральные ассоциации пользуются довольно широким распространением во всех изученных рудных полях. Они представлены, большей частью, кварцево-карбонатными и карбонатными жилами. Из числа карбонатов наиболее часто встречается кальцит, реже доломит и анкерит. Иногда (Сарала, Берикюль) в таких жилах отмечается убогая сульфидная минерализация, представленная редкой вкрапленностью пирита, маложелезистого сфалерита и галенита. Приуроченность сульфидной минерализации в кварцево-карбонатных жилах Саралинского рудного поля к тем участкам, которые залегают в контакте с кварцевыми жилами, богатыми сульфидами, позволяет сделать вывод о том, что источником отмеченных сульфидов карбонатных жил были более ранние минеральные ассоциации, и образование сульфидной минерализации в карбонатных жилах связано с процессом растворения и переотложения более ранних сульфидов. Золота в этой минеральной ассоциации не отмечается.

Своеобразными являются поздние кварцево-карбонатные и карбо-

натные минеральные ассоциации Бериккульского рудного поля. Здесь установлено проявление карбонатных жил с кобальт-никелевой минерализацией, локализующихся в виде небольших жил вдоль поперечных разрывных нарушений. Рудные минералы в них представлены герсдорфитом, никелином, раммельсбергитом и некоторыми другими. Минеральная ассоциация отличается золотоносностью, часто имеющей промышленное значение). Золото, обычно мелкое, содержится в виде тонкой вкрапленности в сульфидах и арсенидах. Имеются представления о том, что указанная кобальт-никелевая минерализация генетически связана с более поздней эпохой минерализации и лишь пространственно накладывается на золоторудные жилы. Но по данным И. В. Кучеренко она представляет собой одну из заключительных стадий общего процесса формирования золоторудных кварцевых жил.

Кроме того, по данным И. В. Кучеренко, выделяется как одна из наиболее поздних антимонитовая минеральная ассоциация. Кварцево-карбонатная жила с антимонитом приурочена к поперечному нарушению, секущему золоторудную кварцевую жилу ранних стадий минерализации.

Описанная кобальт-никелевая и сурьмяная минерализация являются необычными для золоторудных месторождений. Поэтому они, по-видимому, представляют собой «чуждые» минеральные ассоциации.

Метаморфогенный этап отчетливо проявился в Саралинском рудном поле. В контакте с пострудными дайками основного состава руды ранних минеральных ассоциаций подвергаются контактовому метаморфизму с образованием пирротин-сфалерит-галенитовой минеральной ассоциации. Ореол контактового метаморфизма зависит от мощности дайки и обычно не превышает нескольких метров. Под микроскопом устанавливается, что руды данной минеральной ассоциации представляют собой гранобластовый агрегат пирротина, железистого сфалерита, галенита, халькопирита и ряда других минералов. Контактный метаморфизм проявляется в диссоциации пирита и образовании пирротина, разложении блеклых руд с образованием мелкозернистого агрегата халькопирита и арсенопирита, а также в перекристаллизации гидротермальных сфалерита и галенита. Золото проявляется в виде мелких каплевидных выделений в различных сульфидах. При этом заметного обогащения или разубоживания содержаний в пределах контактового ореола не наблюдается.

Таким образом, смена во времени минеральных ассоциаций подчеркивает стадийность процесса рудообразования. Образование каждой минеральной ассоциации начинается волной кислотного выщелачивания, фиксируемого отложением кварца, затем по мере повышения щелочности растворов происходит осаждение сульфидов. Отложения основной массы золота связаны с заключительными периодами второй и третьей стадий минерализации. Незначительные количества его отлагались в заключительные карбонатные стадии минерализации. Не исключается возможность, что некоторые сульфиды: пирит, сфалерит, галенит, а также часть золота связываются с процессом регенерации металлов из более ранних минеральных ассоциаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Бетехтин, А. Д. Генкин, А. А. Филимонова, Т. Н. Шадлуи. Текстуры и структуры руд. Изд. АН СССР, 1958.
2. А. Ф. Коробейников, В. И. Баженов, И. В. Кучеренко, А. Г. Осипов. Гидротермально измененные породы основных золоторудных полей Саяно-Алтайской складчатой области.— В сб.: Критерии рудоносности метасоматитов. Материалы к симпозиуму. Алма-Ата, 1969.
3. Н. В. Петровская. О систематике минеральных ассоциаций, возникающих при гидротермальном рудообразовании. «Геол. рудн. месторождений», № 1, 1965.
4. Н. В. Петровская. Минеральные ассоциации в золоторудных месторождениях Советского Союза. Тр. ЦНИГРИ, 1967, вып. 76.