

ЗОЛОТОНОСНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ МИНЕРАЛОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

© 2004 г. Ш.О.Амирян

Институт геологических наук НАН РА
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
E-mail: hrshah@sci.am
Поступила в редакцию 28-07 2004 г.

В статье рассматриваются золотоносные парагенетические ассоциации минералов золоторудных месторождений и критерии их выделения. Парагенетические ассоциации минералов служили основой классификации золоторудных месторождений. Каждая формация месторождений характеризуется своими особенностями парагенезисов минералов и ценными компонентами.

Парагенетические соотношения минералов имеют определенное значение в решении важнейших проблем теории эндогенного рудообразования и выполнении практических задач. Эти соотношения определяются физико-химическими параметрами гидротермальных минералообразующих растворов (состав, характер, температура, концентрация, давление) и поведением химических элементов в них.

Анализ парагенетических соотношений минералов является важнейшим условием выяснения генезиса руд и закономерностей их распределения во времени и в пространстве. Кроме того, парагенезисы минералов служат основой систематики рудных месторождений, так как определенные рудные формации характеризуются типоморфными парагенезисами минералов, отличающимися сходной последовательностью выделения из рудообразующих растворов.

Помимо теоретического значения, решение проблемы парагенезиса минералов имеет важное практическое значение как для прогноза оруденения, поисков и разведки рудных месторождений, так и разработки технологических схем переработки руд и извлечения из них всех ценных компонентов.

Основы учения о парагенезисах минералов были заложены А.Брейтгауптом, а в дальнейшем более детально они разработаны А.Г.Бетехтиным, Д.С.Коржинским, Н.В.Петровской и другими. Вначале под термином "парагенезис" подразумевалось совместное нахождение минералов на данном месторождении вообще (В.И.Севергин, В.И.Вернадский и др.). В настоящее время, в результате накопления огромного фактического материала и развития методов изучения и анализа руд, под термином "парагенезис минералов" понимается такое совместное нахождение минералов, которое обусловлено общностью их происхождения (А.Г.Бетехтин, Г.Шнейдерхен, Н.В.Петровская и др.). По мнению ряда исследователей, применительно к гидротермальным рудам понятия парагенезис — это совокупность минералов, возникших одновременно и последовательно в диапазоне физико-химических условий, определяющих возможность их образования без резко выраженных признаков неравновесности. Как нам кажется, это определение, наиболее подходящее из существующих, страдает

некоторыми недостатками. Во-первых, одновременность выделения минералов, в буквальном смысле слова, в природных объектах наблюдается редко, а, во-вторых, равновесность в изменяющихся физико-химических системах, какими являются минералообразующие растворы, вряд ли может существовать. Как раз изменение равновесности гидротермальной системы (концентрации, состава, температуры, давления, окислительно-восстановительного потенциала, кислотности и щелочности растворов) приводит к последовательному отложению минералов. Следовательно, по нашему мнению, парагенезис — это группа (ассоциация) минералов, образованная в результате последовательного отложения отдельных минералов из одной порции гидротермальных растворов (в одну стадию минералообразования), в результате последовательного отложения минералов, нередко ранее выделенные минералы, особенно пирит, арсенопирит и сфалерит подвергаются катаклазу, замещению и цементации последующими минералами. Однако, всецелого дробления и брекчирования агрегатов данного парагенезиса не происходит. Очевидно, такие микрокатакластические явления в отдельных минералах не могут служить основой выделения парагенезисов.

При многостадийном процессе рудообразования после каждой стадии минерализации происходят новые тектонические подвижки, в результате чего продукты предыдущих стадий подвергаются дроблению. По-видимому, одновременно происходит изменение в характере рудогенерирующего источника, поэтому новое трещинообразование сопровождается выделением новых порций растворов несколько иного состава и характера, послуживших основой для отложения новых парагенезисов. Отложение минералов происходит или по новым трещинам, или же вдоль прежних. В последнем случае создаются сложные структурно-текстурные рисунки, анализ которых позволяет выделить различные парагенезисы и восстановить ход процессов минералообразования.

В изучении парагенетических соотношений минералов значительные успехи достигнуты при исследовании руд золоторудных месторождений Армении. Результаты этих исследований позволили золоторудные месторождения подразделить

на ряд формаций, выявить закономерности проявления и локализации определенных формаций и минеральных типов руд, наметить наиболее перспективные участки золоторудной минерализации, выработать минералого-геохимические критерии оценки золоторудной минерализации. Эти исследования послужили основой разработки соответствующих технологических схем переработки руд.

Среди золоторудных месторождений Армении выделяются следующие эндогенные и экзогенные формации: кварц-золото-сульфидно-теллуридовая, кварц-золото-сульфидная (золото-полисульфидная, золото-полиметаллическая), кварц-золото-молибденит-шеелитовая, кварц-золото-антимонит-сульфоантимонитовая, золото-кварцевая, золотоносные вторичные кварциты (эндогенные формации); золотоносная железная шляпа сульфидных (колчеданных и полиметаллических) месторождений и золотоносные россыпи (аллювиальные, элювиальные, делювиальные и пролювиальные; экзогенные формации).

Характерными парагенезисами минералов кварц-золото-сульфидно-теллуридовой формации являются (табл.1): кварцевый, кварц-карбонатный, кварц-золото-пирит-арсенопирит-сфалеритовый, кварц-карбонат-пиритовый, кварц-карбонат-

золото-пирит-халькопиритовый, кварц-карбонат-сфалерит-галенит-золото-теннантит-тетраэдритовый, кварц-золото-антимонит-сульфоантимонитовый, кварц-карбонат-золото-теллуридовый, кварц-карбонат-реальгар-аурипигментовый; кварц-золото-сульфидной формации — кварцевый, карбонатный, кварц-пиритовый, кварц-карбонат-золото-пирит-халькопиритовый, кварц-золото-арсенопиритовый, кварц-карбонат-золото-халькопирит-сфалерит-галенитовый, гипс-карбонат-цеолитовый; кварц-золото-шеелитовой формации — кварцевый, карбонатный, кварц-пиритовый, кварц-золото-шеелитовый, кварц-молибденитовый, кварц-карбонат-золото-арсенопирит-халькопирит-сфалерит-галенитовый (с теллуридами); кварц-золото-антимонит-сульфоантимонитовой формации — кварцевый, карбонатный, кварц-пиритовый, кварц-карбонат-пирит-халькопиритовый, кварц-карбонат-золото-сфалерит-галенитовый, кварц-золото-сульфоантимонитовый, кварц-карбонат-золото-антимонитовый, гипс-баритовый; золото-кварцевой формации — кварцевый, кварц-карбонатный, кварц-золото-пирит-халькопирит-галенит-сфалеритовый (мало-сульфидный); золотоносных вторичных кварцитов — кварц-алунит-диаспор-диксит-пиррофиллитовый, кварц-золото-пирит-халькопирит-энаргит-галенит-сфалеритовый (малосульфидный) (Амир-

Таблица 1

Эндогенные золоторудные формации и парагенетические ассоциации минералов

Формации руд	Парагенетические ассоциации минералов	Месторождение, компоненты руд
Кварц-золото-сульфидно-теллуридовая	Кварцевый, кварц-карбонатный, кварц-золото-пирит-арсенопирит-сфалеритовый, кварц-карбонат-пиритовый, кварц-карбонат-золото-пирит-халькопиритовый, кварц-карбонат-сфалерит-галенит-золото-теннантит-тетраэдритовый, кварц-золото-антимонит-сульфоантимонитовый, кварц-карбонат-золото-теллуридовый, кварц-карбонат-реальгар-аурипигментовый	Сотк, Меградзор Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Te (Se, Bi, Cd, Ni, Co, Cr, Hg)
Кварц-золото-сульфидная	Кварцевый, карбонатный, кварц-пиритовый, кварц-карбонат-золото-пирит-халькопиритовый, кварц-золото-арсенопиритовый, кварц-карбонат-золото-халькопирит-сфалерит-галенитовый, гипс-карбонат-цеолитовый	Тей-Личквас, Шаумян, Арманис, Вазашен, Тертерасар, Тухманук Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As (Se, Te, Bi, Cd, In, Ga, Ge)
Кварц-золото-молибденит-шеелитовая	Кварцевый, карбонатный, кварц-пиритовый, кварц-золото-шеелитовый, кварц-молибденитовый, кварц-карбонат-золото-арсенопирит-халькопирит-сфалерит-галенитовый (с теллуридами)	Маргаовит Au, Ag, W, Mo (Pb, Zn, Cu, As, Sb, Se, Te, Bi, Re)
Кварц-золото-антимонит-сульфоантимонитовая	Кварцевый, карбонатный, кварц-пиритовый, кварц-карбонат-золото-пирит-халькопиритовый, кварц-карбонат-золото-сфалерит-галенитовый, кварц-золото-сульфоантимонитовый, кварц-карбонат-золото-антимонитовый, гипс-баритовый	Азатек, Софибина, Марджан Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Sb (Se, Te, Bi, Cd, As, Ga, Tl, Ge)
Золото-кварцевая	Кварцевый, кварц-карбонатный, кварц-золото-пирит-халькопирит-галенит-сфалеритовый (убогосульфидный)	Капутсар, Ванкидзор, Зар Au, Ag (Pb, Zn, Cu)
Золотоносных вторичных кварцитов	Кварц-алунит-диаспор-диксит-пиррофиллитовый, кварц-золото-пирит-халькопирит-энаргит-галенит-сфалеритовый (убогосульфидный)	Каварт, Казачий бугор, Ньюади Au, Ag (Pb, Zn, Cu, As, Sb, Se, Te, Bi)

ян, 1960; Амирян, Карапетян, 1964; Амирян, 1968; Амирян, Тунян, 1971; Амирян, 1974, 1984).

Для золотоносной железной шляпы характерными парагенезисами минералов являются самородное золото-окислы-гидроокислы-карбонаты и сульфаты железа, меди, свинца, цинка, сурьмы, мышьяка и других элементов, а для золотоносных россыпей — самородное золото-магнетит-ортит-ильменит-сфен, нередко галенит, шеелит, хромит, теллуриды, пирит, сфалерит, апатит и другие.

Отмеченные парагенезисы минералов на каждом конкретном месторождении являются результатом проявления самостоятельных стадий рудного процесса. Ими сложены самостоятельные жилы, прожилки, гнезда. Нередко они проявляются совместно, образуя зоны прожилково-вкрапленной минерализации, сложные жилы, жильные зоны, замещая и цементируя друг друга.

В каждом одноименном парагенезисе (но различных формаций) последовательность выделения минералов обычно имеет идентичный характер. В начале стадии минерализации выделяется кварц, а затем последовательно следуют пирит, арсенопирит, сфалерит, халькопирит, блеклая руда, галенит, сульфосоли, теллуриды, самородное золото, самородное серебро и карбонаты.

Обычно последовательное отложение минералов в парагенезисах сопровождается понижением температуры и нередко завершается отложением карбонатов, гипса, цеолитов, ангидрита. К началу следующей стадии минерализации, т. е. до отложения нового парагенезиса происходит инверсия состава парагенезиса от карбонатных, гипсовых, цеолитовых к кварцевым. По-видимому, в течение отложения парагенезиса минералов меняются состав и характер растворов, что отражается на составе минералов и окорудных метасоматитов.

Выше указана общая схема последовательности выделения минералов — добавление к ним новых минералов или отсутствие некоторых из них не нарушает общего порядка их выделения.

Следует отметить, что нередко в одних и тех же парагенезисах наблюдаются две генерации одного и того же минерала (кварц, карбонат, пирит, халькопирит, сфалерит, золото и другие), которые отличаются оптическими и физическими свойствами, формой, примесями и взаимоотношениями с другими минералами парагенезиса. В таких случаях последовательность выделения минералов несколько нарушается и даже приходится предполагать существование нескольких парагенезисов в продуктах одной и той же стадии минерализации.

Последовательность выделения минералов в парагенезисах является выражением более общих закономерностей, характерных для генезиса рудных месторождений и их парагенезисов. Так, в ряду рудных формаций, во времени, наблюдается переход от кварцевых и железорудных месторождений к оловорудным, вольфрамовым, молибденовым, медно-молибденовым, медным, медно-цинковым, полиметаллическим, золото-полиметаллическим, антимонитовым, золото-теллуридовым и так далее. В последовательности выделения

парагенезисов эта закономерность проявляется в следующем виде (в общих чертах): сначала образуются кварцевые или алюмосиликатные парагенезисы, а затем кварц-пиритовые, дальше — шеелитовые, молибденовые, молибденит-халькопиритовые, кварц-пирит-арсенопиритовые, халькопиритовые, халькопирит-сфалеритовые, полиметаллические, золото-полиметаллические, галенитовые, антимонит-сульфоантимонитовые, золото-теллуридовые и другие (Амирян, 1960; Амирян, Карапетян, 1964; Амирян, 1968; Амирян, Тунян, 1971; Амирян, 1974, 1984).

Последовательность образования парагенезисов различна для различных формаций руд. Она несколько нарушается с появлением новых парагенезисов, но для различных месторождений одной и той же формации она имеет идентичный характер. В таких случаях различия наблюдаются в количественном проявлении отдельных минералов, их парагенезисах и в минералах-примесях.

Различные парагенезисы отличаются друг от друга не только приуроченностью к отдельным структурам и минеральным составом, но и другими структурно-текстурными, геохимическими и физико-химическими критериями. Например, не все установленные на золоторудных месторождениях парагенезисы золотоносны. Обычно золотоносными являются один-два и редко три или четыре парагенезиса. Золотоносные парагенезисы в основном приурочены к средним и поздним стадиям рудного процесса. А в отдельных парагенезисах, в последовательном ряду выделения минералов, самородное золото занимает одно из последних мест. Оно заполняет трещины и поры сульфидов, арсенидов, сульфосолей, окислов, теллуридов, карбонатов и других минералов, нарастает на их зернах и агрегатах, проникает в межзерновые пространства, промежутки листоватых, пластинчатых минералов. В отдельных случаях наблюдаются более ранние генерации золота, которые в виде округлых, каплевидных, изометричных выделений включены в сульфиды и арсениды.

Самородное золото из различных парагенезисов отличается не только формой выделений и агрегатов, но и пробностью. Так, например, золото из кварц-золото-арсенопиритового парагенезиса на Соткском месторождении характеризуется пробой 930, из кварц-карбонат-золото-теллуридового парагенезиса — 841, а из гипергенного парагенезиса — 953 пробой. В этих парагенезисах различно и золото-серебряное отношение. В кварц-золото-арсенопиритовом парагенезисе оно составляет 1:1,3, в полисульфидном — 1:2,9. Аналогичным образом эти параметры меняются для других парагенезисов из различных золоторудных формаций. Кроме серебра различные генерации золота отличаются также другими элементами-примесями. Это, равным образом, относится и к другим генерациям одноименных минералов. Эти различия хорошо наблюдаются для сфалеритов, арсенопиритов, халькопиритов и галенитов.

На Соткском месторождении арсенопирит из кварц-золото-арсенопиритового парагенезиса

характеризуется толстопризматическими выделениями и крупнозернистыми агрегатами. В этой генерации арсенопирита отмечены низкие концентрации никеля, кобальта, свинца, висмута, селена, теллура, серебра, сурьмы. Микротвердость этого арсенопирита составляет от 700 до 1400 кг/мм². Для низкотемпературного арсенопирита из кварц-карбонат-золото-антимонит-сульфоантимонитового парагенезиса характерны тонкие игольчатые призматические выделения, которые образуют радиально-лучистые агрегаты, крестообразные двойники, звездчатые тройники и иные формы. Микротвердость низкотемпературного арсенопирита составляет от 600 до 1200 кг/мм². Эта генерация арсенопирита отличается повышенной концентрацией золота, серебра, висмута, теллура, никеля, кобальта, сурьмы.

Сфалерит из первого парагенезиса характеризуется черным, темно-бурым цветом и редкими пойкилитовыми включениями халькопирита. Эта генерация сфалерита содержит повышенные концентрации железа, магния, марганца, свинца, мышьяка и других элементов. В последующих парагенезисах сфалерит светло-бурого, светло-коричневого цвета с многочисленными включениями халькопирита, нередко станнина, являющихся продуктами распада твердых растворов. Эти генерации сфалерита содержат повышенные концентрации меди, олова, индия, кадмия, теллура, сурьмы. Такая же картина наблюдается и для других минералов, их генераций из различных формаций руд.

Различна температура образования определенных парагенезисов, выявленная гомогенизацией и декрепитизацией газовой-жидких включений. Так, на Тейском золото-сульфидном (золото-полиметаллическом) месторождении температура образования кварц-пирит-халькопиритового парагенезиса составляет 180-390°, кварц-карбонат-золото-халькопирит-сфалерит-галенитового парагенезиса — 180-420°, кварц-золото-арсенопиритового — 180-380°. На Соткском месторождении по газовой-жидким включениям в кварцах и карбонатах кварц-золото-арсенопиритовый парагенезис образовался при температуре 330-350°, кварц-карбонат-золото-полисульфидный парагенезис — 290-320°, кварц-карбонат-золото-антимонит-сульфоантимонитовый — 220-240°, кварц-карбонат-золото-теллуридовый — 290-320°, кварц-карбонат-реальгаровый — 190-210°, кварц-кальцитовый —

150-180°, а дорудный кварцевый — 360-380°.

Следует отметить, что С.С. Григорьяном (1982) определены также солевые составы растворов включений из каждого парагенезиса, из чего следует, что как солевые, так и газовые компоненты характеризуются различными концентрациями и составом. Аналогичные данные получены им для Меградзорского и Тейского месторождений. Приведенные выше данные, наряду с геологическими наблюдениями, показывают правильность выделения стадий минерализации и их парагенезисов в процессе формирования золоторудных месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

Амирян Ш.О. К минералогии золоторудных месторождений. ДАН АрмССР, т. XXXI, N1, 1960, с.43-48.

Амирян Ш.О., Карапетян А.И. Минералого-геохимическая характеристика руд Меградзорского золоторудного месторождения. Изв. АН АрмССР, серия геол. и геогр. наук, т. XVIII, N2, 1964, с.37-48.

Амирян Ш.О. Некоторые черты металлогении золота и золотоносные ассоциации минералов в АрмССР. Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. XXI, N4, 1968, с.3-12.

Амирян Ш.О., Тунян Г.А. Минералого-геохимическая характеристика руд Тейского золоторудного месторождения. Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. XXIV, N5, 1971, с.51-59.

Амирян Ш.О. Место золоторудного оруденения в ряду рудных формаций АрмССР. Записки Арм. отд. ВМО, вып.6, 1974, с.5-13.

Амирян Ш.О. Золоторудные формации АрмССР. Ереван. Изд. АН АрмССР, 1984, 304 с.

Бетехтин А.Г. Парагенетические соотношения и последовательность образования минералов в рудах. Зап. Всес. мин. об-ва, вып. 2, 1951.

Генкин А.Д., Добровольская М.Г. и др. Парагенетические ассоциации минералов гидротермальных рудных месторождений и критерии их выделения. Тезисы докладов VI симпозиума МАГРМ, Тбилиси, 1982.

Григорян С.С., Козеренко С.В., Манучарянц Б.О. Температурные условия формирования некоторых золоторудных месторождений АрмССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, т. XXXIV, N2, 1981.

Коржинский Д.С. Физико-химические основы анализа парагенезисов минералов. М.: Изд. АН СССР, 1957.

Петровская Н.В. О понятии "парагенетическая минеральная ассоциация". Геол. рудных месторождений, N2, 1967, с.27-38.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՈՍԿՈՒ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԻ ՈՍԿԵՔԵՐ ՊԱՐԱԳԵՆԵԶԻՄՆԵՐԸ

Շ. Հ. Ամիրյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Միներալների պարագենետիկ ասոցիացիաների հարաբերակցությունները և դրանց անալիզը կարևոր նշանակություն ունեն հանքավայրերի գենեզիսը պարզաբանելու և հանքանյութերի առաջացման ու տեղայնացման երկրաբանական, երկրաքիմիական և ֆիզիկո-քիմիական պայմանները բացահայտելու ասպարեզում: Միներալների պարագենեզիսների որոշումն ունի նաև կիրառական նշանակություն, ինչպես հանքայնացման, որոնման ու հետախուզման, այնպես էլ հանքանյութերի մշակման տեխնոլոգիական սխեմաներ մշակելու գործում: Կատարված հետազոտություններով Հայաստանի Հանրապետության ոսկու հանքավայրերում առանձնացվել են միներալների պարագենետիկ ասոցիացիաներ, որոնք հիմք են հանդիսացել դրանց ֆորմացիոն դասակարգման համար: Առանձնացված յուրաքանչյուր ֆորմացիա բնորոշ է միներալների յուրահատուկ պարագենեզիսներով և արժեքավոր տարրերով:

GOLD-BEARING PARAGENESES OF GOLDEN-ORE DEPOSIT MINERALS IN THE REPUBLIC OF ARMENIA

Sh. H. Amiryan

Abstract

The article considers gold-bearing paragenetic associations of minerals in golden-ore deposits and criteria of their identification. Paragenetic associations of minerals served the basis for classification of golden-ore deposits. Each deposit formation is characterized by distinctive features of mineral paragenesis and by valuable components.