

УДК 550.42

МИНЕРАЛОГИЯ

А. А. Коджоян

О признаках одностадийной зональности распределения
элементов-примесей в сфалеритах и галенитах

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. Г. Магакьяном 30/III 1976)

Вопрос зонального распределения элементов-примесей по отдельным минералам в полиметаллических рудах в известной нам литературе освещен весьма слабо, а по свинцово-цинковым и полиметаллическим месторождениям Армении не затронут вообще.

Мы попытались на основании большого фактического материала по Марцигетскому свинцово-цинковому месторождению выявить некоторые закономерности распределения и поведения элементов-примесей в главнейших сульфидах.

На рассматриваемом месторождении сфалерит и галенит являются главными рудообразующими минералами и главными минералами-носителями элементов-примесей. Они содержат в качестве примесей широкий диапазон элементов. Установлено, что для сфалеритов и галенитов характерен примерно один и тот же набор элементов-примесей. Вместе с тем количественное распределение их в минералах различное. Различие в количественном распределении элементов-примесей в сфалерите и галените особенно отчетливо проявляется при сопоставлении их в соответствии с последовательностью выделения этих минералов на месторождении. Элементы-примеси тяготеют в сторону того или другого минерала; так, в сфалерите наблюдается повышенная концентрация Fe, Mn, Cd, Cu, Ge, в галените—Ag, Sb, Bi, Sn.

Различное количественное соотношение элементов-примесей в зональном ряду сфалерит-галенит по всей вероятности является следствием распределения примесей между раствором и минералом, зависящим как от физико-химических условий среды, так и от кристаллохимических свойств минерала-носителя и элемента-примеси.

Нам это представляется следующим образом: после того, как концентрация основных компонентов (Zn, Pb, S) в растворе достигает насыщения, начинается последовательная кристаллизация сфалерита и галенита. Ранее было установлено (¹), что зональность отложения сфалерита и галенита является результатом локального изменения в составе растворов в пределах одной стадии минерализации, выраженном

некоторым усилением кислотности и ослаблением щелочности системы. Изменение этого фактора, естественно, определенным образом должно отразиться на растворимости сульфидов элементов-примесей. Так, если с изменением кислотности уменьшается растворимость сульфида элемента-примеси, то это должно вести к увеличению соосаждения этого элемента всеми минералами, определяемое кристаллохимическим фактором.

Известно (²), что сульфиды Cd, Co, Bi менее растворимы в щелочных растворах, а сульфиды As, Sb, Sn—в кислых растворах. Следовательно, к моменту отложения сфалеритов и галенитов в более щелочной обстановке будут поглощаться из раствора сфалеритом Cd, Bi, Co, а в более кислой обстановке галенитом—As, Sb, Sn.

Помимо этого, в процессе кристаллизации сфалерита и галенита захват примесей будет идти соответственно кристаллохимическим свойствам главного структурообразующего иона и элемента-примеси. Элементы-примеси, характеризующиеся сходством кристаллохимических свойств с главным структурообразующим ионом, проявят тенденцию концентрироваться в этом минерале.

Разбор большого литературного материала по составу сфалеритов и галенитов показал, что из изоморфных примесей сопоставимый сравнительный материал имеется только по Fe, Mn, Cd в сфалеритах и по Ag, Sb, Bi—в галенитах.

На исследуемом месторождении зональность отложения в рудных телах наблюдается не только по главным рудообразующим минералам, отличающимся по качественному составу элементов-примесей, но и по количественным соотношениям этих примесей в самих минералах. Так, например, в вертикальном разрезе порядка 270 м сфалериты верхних горизонтов содержат повышенное количество олова и германия, в то время как нижние горизонты более богаты марганцем, медью, серебром, свинцом (рис. 1). Содержание железа, кобальта и кадмия в сфалеритах не меняется в пределах рассматриваемого разреза.

Из литературных данных известно, что коэффициент распределения железа и кадмия в сфалеритах чувствителен к колебаниям температуры. Их интенсивность вхождения в решетку сфалерита изменяется параллельно с изменением температурного уровня. Концентрация железа в сфалерите уменьшается с уменьшением температуры, а кадмия, наоборот, растет в том же направлении. В нашем случае дисперсии содержания кадмия и железа в сфалеритах не обнаружено, следовательно говорить о дисперсии температуры при формировании рудных жил в данном случае не приходится.

Вертикальная зональность распределения серебра, свинца, меди в сфалеритах, выраженная уменьшением их содержания к верхним горизонтам, может быть объяснена последующей очисткой сфалерита от них, как кристаллохимически чуждых элементов, наиболее интенсивно проявившейся на верхних горизонтах. Возможно наличие этих примесей в сфалеритах нижних горизонтов связано с примесью тонкодисперсной минеральной фазы серебра, меди и свинца.

В рудах месторождения главным минералом-носителем серебра, сурьмы, висмута является галенит. В чем причина такого поведения этих элементов в настоящее время, при отсутствии экспериментальных данных, определить трудно. Можно лишь предположить, что подобное

Содержание в %	Элементы	Абсолют в м.	
		1420- 1318	1315- 1150
1,0 0,1	Fe	■	■
0,1 0,01	Mn	■	■
0,1 0,01	Co	■	■
0,1 0,01	Cu	■	■
0,1 0,01	Pb	■	■
0,01 0,001	Ag	■	■
1,0 0,1	Cd	■	■
0,001 0,0001	Sn	■	■
0,001 0,0001	Ge	■	■
0,001 0,0001	Ga	■	■
0,001 0,0001	Hg	■	■

Рис. 1. Распределение элементов-примесей в сфалеритах

Содержание в %	Элементы	Абсолют в м.	
		1420- 1318	1315- 1150
0,01 0,001	Sb	■	■
0,01 0,001	Bi	■	■
0,1 0,01	Fe	■	■
0,01 0,0001	Mn	■	■
0,1 0,01	Cu	■	■
0,1 0,01	Ag	■	■
0,1 0,01	Zn	■	■
0,01 0,001	Cd	■	■
0,001 0,0001	Sn	■	■

Рис. 2. Распределение элементов-примесей в галенитах

тяготение серебра и сурьмы к галениту связано с их геохимическим сродством. На месторождении установлено, что галениты верхних горизонтов содержат повышенное количество сурьмы, висмута, а нижних горизонтов—серебра, олова (рис. 2).

Рассматривая микропарагенезис этих элементов в галенитах из различных горизонтов рудных жил, нетрудно заметить, что прямой корреляционной зависимости между содержанием сурьмы, висмута, с одной стороны, и содержанием серебра и олова—с другой, практически не существует.

Вместе с тем интересно, что распределение сурьмы противоположно распределению серебра в галените. В рудных телах значение отношения Ag/Sb в галенитах возрастает от верхних горизонтов к нижним. Подобное явление может рассматриваться как результат локального изменения физико-химической обстановки, в которой образуется галенит, и последующего соосаждения сурьмы и висмута в галенитах верхних горизонтов.

Известно, что физико-химические условия среды определяют не только химический состав рудных минералов, но и зависящие от него физические свойства, в том числе окраску.

Проблема окраски минералов, в частности сфалеритов, до настоящего времени остается остродискуссионной. Часто окраска сфалерита меняется не только между двумя тесно срастающимися зернами, но и в одном зерне. При этом нами установлено, что при одновременных выделениях непосредственно из растворов каждой отдельно взятой разновидности сфалерита границы между разноокрашенными зернами сульфидов цинка, как правило, бывают резкие, тогда как при развитии одной разновидности сфалерита за счет другой переходы в окраске даже в пределах одного и того же зерна бывают постепенными; окраска распределяется неравномерно, образуются в одних случаях пятна, в других—зоны.

Изучение разноокрашенных зерен сфалерита под бинокулярным микроскопом и в прозрачно-полированных шлифах при косом освещении позволило нам прийти к выводу, что формирование окраски сфалерита происходит в результате длительного периода времени становления месторождения. Установлено, что окраска сфалеритов образуется как одноактно, так и многоактно, путем многочисленных превращений. В месторождениях с широким развитием метасоматических процессов в рудах второй способ обычно превалирует над первым. Многоактность процесса заключается в том, что окраска сфалерита, отложенного при кристаллизации минерала из ранних порций растворов, претерпевает всевозможные изменения при наложении более поздних парагенетических ассоциаций минералов.

Этим и объясняется не только тесное срастание разнообразной окраски зерен сфалерита, слагающих сплошные минеральные агрегаты, но и неравномерное пятнистое распределение окраски в пределах одного и того же зерна.

На Марцигетском месторождении макроскопически по окраске устнавливаются следующие разновидности сфалеритов, приводимые в возрастающей последовательности их распространения: бесцветный, лимон-

но-желтый, светло-зеленый, зелено-вато-желтый, медово-желтый и черный.

Разноокрашенные сфалериты образуют тесные сростания. Причины их совместного нахождения подробно рассматривались нами (3).

В рудных жилах в общих чертах выявляется закономерность в распределении разноокрашенных сульфидов цинка: с глубиной светлые разности уступают место темным.

Результаты количественного спектрального анализа сорока четырех разноокрашенных сфалеритов приводятся на рис. 3*.

Как видно из рисунка, при переходе от светлых сфалеритов к темным происходит незначительное повышение содержания железа, марганца и ртути; резко повышается содержание меди, свинца и серебра. Несколько понижается количество олова, галлия и индия. В содержании кобальта, кадмия и германия изменений в зависимости от окраски сфалеритов не наблюдается.

Из вышесказанного становится очевидным, что сфалериты и галениты одной парагенетической ассоциации при прочих равных условиях имеют неодинаковый химический состав и что первоначальный химический состав каждого из минералов в отдельности может меняться в течение всего периода их формирования. Отсюда понятно, что при выделении генераций минералов необходимо учесть весь комплекс критериев, позволяющих разобщать во времени одни и те же минеральные виды.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

* Анализы выполнены в спектральной лаборатории ИГи АН Армянской ССР М. Я. Мартirosьяном.

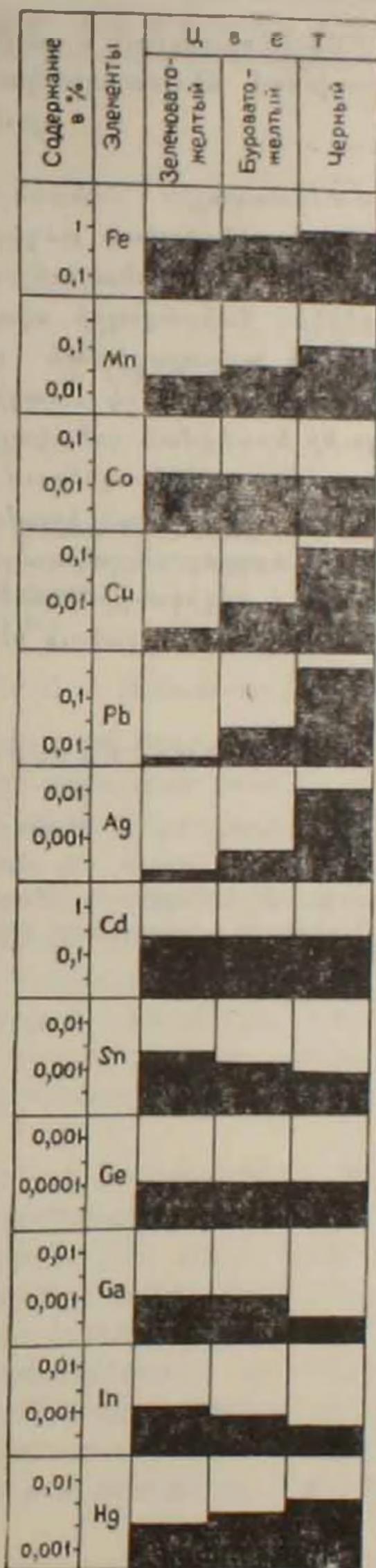


Рис. 3. Средние содержания элементов-примесей в сфалеритах

Սֆալերիտներում և գալենիտներում տարր-խառնուրդների տեղաբաշխման միաստադիական զոնալականության առանձնահատկությունների մասին

Բազմամետաղային հանքանյութերի առանձին միներալներում տարր-խառնուրդների զոնալական տեղաբաշխման պրոբլեմն ունի կարևոր տեսական և գործնական նշանակություն: Հողվածում դիտվում են Մարցիգետի կապար-ցինկի հանքավայրի սֆալերիտներում և գալենիտներում տարր-խառնուրդների տեղաբաշխման օրինաչափությունները, այդ միներալները համարվում են իրրև մեկ ստադիայի առաջացումներ: Հայտնաբերված է հանքանյութի նստեցման զոնակալություն, այն նկատվում է միայն գլխավոր հանքառաջացնող միներալներում, որոնք տարբերվում են ինչպես տարր-խառնուրդների որակական կազմով, այնպես էլ այդ տարր-խառնուրդների քանակական տարբերությամբ: Հաստատված է, որ այդ զոնալականությունը անդիսանում է ֆիզիկա-քիմիական միջավայրի լոկալ փոփոխման արդյունք, որի պայմաններում առաջանում են «սֆալերիտը և գալենիտը»:

ЛИТЕРАТУРА — ЦИТАЦИИ

¹ А. А. Коджоян, Св. С. Мкртчян, «Известия АН Арм. ССР», Науки о Земле, № 4, 1975. ² Ю. П. Трошин, Сб. «Вопросы геохимии изверженных пород и рудных месторождений В. Сибири», М., «Наука», 1965. ³ А. А. Коджоян, Минералогический сборник Львовского геологического общества, № 18, вып. 3, 1964.