

УДК 550.4:553.3

Н. С. ХАЧАТРЯН

НЕКОТОРЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

Изучение геохимических особенностей руд и типоморфизма минералов способствует решению многих генетических вопросов. В частности, в связи с расширением работ по составлению прогнозно-металлогенических карт различных масштабов эти работы приобретают особо важное значение в геологоразведочной практике. Выяснение вопроса принадлежности месторождений и рудопроявлений к определенным рудным формациям имеет, в настоящее время, не только научное значение в выявлении закономерностей распределения полезных ископаемых, в определении генетических особенностей и др., но и прикладное, в особенности, при прогнозировании полезных ископаемых по отдельным регионам.

В основу выявления рудных формаций на территории Армянской ССР положены, преимущественно, качественные показатели генетического и минералогического характера. При современных широких возможностях применения ЭВМ в геологических исследованиях становится доступной разработка количественных критериев выделения рудных формаций.

Учитывая результаты изучения составов главных рудных минералов и элементов-примесей, в настоящей работе автор выделяет ряд количественных показателей, которые в сочетании с геологическими и минералогическими критериями позволяют более обоснованно определять рудные формации. Принимая во внимание геохимическую специализацию отдельных магматических формаций, мы можем считать, что установленные количественные геохимические критерии правомочны только для определенных геологических регионов.

На территории Армянской ССР известно более 120 месторождений и рудопроявлений свинца и цинка, из которых с геолого-минералогической точки зрения нами изучены лишь 24. Эти месторождения и рудопроявления по схеме, предложенной Н. Г. Магакьяном [3], входят в следующие формации:

I. Колчеданно-полиметаллическая — Ахтала, Джргалидзор, Тавуш, Маликюх, Шаумян. Месторождения и рудопроявления этой формации до настоящего времени известны лишь в Алаверди-Кафанской структурно-металлогенической зоне.

II. Полиметаллическая—II-а) полиметаллический тип — Арманс. Маймех, Агверан, Газма, Гюмушхана, Сисиан, Личкваз; II-б) Покрдзор, Спитак-джур, Марц, Вагашен, Чирахлу, Мазра, Красная Шаша.

ка, Памбак; II-в) свинцово-сурьмяный тип — Азатек; II-г) мышьяково-полиметаллический тип — Аравус. Месторождения этой формации встречаются в Алаверди-Кафанской, Севано-Амасийской и Памбак-Зангезурской зонах, хотя большая часть их отмечается в пределах последней.

III. Свинцово-цинковая — III-а) залегающие в туфоосадочных породах — Привольное; III-б) залегающие в карбонатных породах — Мовсес. Месторождения этой формации установлены только в пределах Алаверди-Кафанской зоны.

Вмещающие оруденение породы большей частью представлены в различной степени гидротермально измененными вулканогенными породами: порфиритами и андезитами (Ахтала, Гюмушхана, Джргалдзор, Тавуш, Шаумян, Лалигюх, Арманис, Маймех, Сисиан, Покрдзор, Спитак-джур, Марц, Вагашен, Чирахлу, Памбак), кварцевыми порфиритами (Шаумян), туффитами и туфопесчаниками (Газма, Азатек), туфопесчаниками (Привольное), туфобрекчиями (Круглая Шишка) и доломитизированными известняками (Мовсес). В пределах месторождений или в непосредственной близости от них в виде отдельных выходов обнажаются интрузивные тела гранодиоритов и кварцевых диоритов (Арманис, Маймех, Агверан, Газма, Личквас, Вагашен, Чирахлу, Мазра, Памбак, Аравус), моноклитов (Гюмушхана, Азатек), граносиенитов (Сисиан) или субвулканических кварц-порфиров (Ахтала, Шаумян).

Рудные тела месторождений и рудопроявлений морфологически представлены, в основном, жилами (Лалигюх, Шаумян, Газма, Личквас и др.), рудными зонами (Арманис, Личквас и др.) и, реже, линзами (Ахтала) и пластообразными телами (Привольное, Мовсес).

В минеральном составе руд полиметаллических месторождений Армянской ССР установлено более 80 гипогенных и гипергенных рудообразующих минералов. Гипогенные минералы проявляются многими минеральными ассоциациями; наиболее широко распространена кварц-пиритовая и кварц-(карбонат)-пирит-галенит-сфалеритовая. Последняя является основной промышленной ассоциацией.

Изученные месторождения и рудопроявления свинца и цинка являются средне-низкотемпературными, гидротермальными, сформировавшимися в условиях небольших глубин путем отложения в открытых трещинах и метасоматического замещения.

В результате изучения составов главных рудных минералов — галенита, сфалерита и пирита — удалось установить ряд количественных показателей, позволяющих выделить рудные формации и типы полиметаллических месторождений. Такими показателями являются отношения содержания железа к меди, селена к теллуру, свинца к цинку, абсолютные содержания меди, селена, теллура, галлия и кадмия. Перечень их приводится по отдельным минералам в табл. 2.

Галенит — один из главных рудных минералов, изучен по 21 месторождению и рудопроявлению 43 химическими анализами (табл.

Таблица 1

Содержание (°о)	I*	II				III	
		IIa	IIб	IIв	IIг	IIIa	IIIб
Галенит							
Свинец	85,35 (5)**	85,35 (17)	85,23 (10)	83,47 (4)	84,43 (5)	84,67 (1)	85,79 (1)
Сера	13,43 (5)	13,67 (10)	13,40 (10)	13,71 (4)	13,71 (5)	13,57 (1)	13,20 (1)
Железо	0,24 (4)	0,28 (10)	0,13 (10)	0,25 (4)	0,21 (5)	0,12 (1)	0,13 (1)
Медь	0,05 (4)	0,21 (12)	0,06 (10)	0,06 (4)	0,036 (4)	0,02 (1)	0,01 (1)
Селен (г/т)	152 (37)	66 (140)	13 (49)	113 (13)	55 (11)	375 (6)	сл. (35)
Теллур (г/т)	148 (37)	63 (140)	3 (49)	29 (13)	24 (11)	236 (6)	сл. (35)
Сфалерит							
Железо	0,81 (10)	1,82 (32)	1,53 (14)	0,68 (2)	0,74 (5)	2,15 (1)	0,30 (2)
Медь	0,20 (10)	0,34 (32)	0,21 (14)	0,05 (2)	0,13 (5)	0,09 (1)	0,23 (2)
Селен (г/т)	81 (61)	15 (71)	1,5 (24)	5 (13)	8 (9)	25 (2)	
Теллур (г/т)	35 (61)	15 (71)	1,2 (24)	5 (13)	7 (9)	20 (2)	
Галлий (г/т)	65 (6)	7 (22)	15 (17)	42 (3)	110 (1)		
Кадмий	0,29 (10)	0,44 (33)	0,44 (16)	0,48 (2)	0,44 (5)	0,24 (1)	8,20 (3)
Пирит							
Селен (г/т)	72 (17)	47 (37)	19 (15)	133 (24)	25 (7)	27 (10)	
Теллур (г/т)	32 (17)	23 (34)	9 (8)	80 (24)	30 (7)	13 (10)	
Свинец	0,48 (4)	0,15 (15)	0,61 (3)	0,99 (1)	0,19 (5)		
Цинк	0,56 (4)	0,14 (15)	0,42 (2)	0,29 (1)	0,12 (5)		

* I — колчеданно-полиметаллическая формация. II — полиметаллическая формация, IIa — полиметаллический тип, IIб — свинцово-цинковый тип. IIв — свинцово-сурьмяный тип, IIг — мышьяково-полиметаллический тип, III — свинцово-цинковая формация, IIIa — связанные с туфоосадочными породами, IIIб — связанные с карбонатными породами.

** В скобках — количество проб.

1). По данным этих анализов установлены количественные содержания Pb, Zn, Cu, Fe, S, Cd, Bi, Se, Te, As и Sb. Спектральным анализом (по 250 пробам) установлено, что, кроме указанных элементов, во всех пробах присутствуют также Si, Al, Ca, Mg, Mn, Ag, иногда Ti, Ba, Tl.

Наибольшее количество примесей в галените составляют Zn, Fe, Cu, которые присутствуют в виде механической примеси за счет включений в галените, в основном, сфалерита, пирита и халькопирита.

Галениты различных формаций отличаются также по отношению содержания железа к содержанию меди (табл. 1 и 2). Так, галениты колчеданно-полиметаллической формации имеют отношение Fe:Cu порядка 4,8:1, полиметаллической формации—меньше, в пределах от 0,6:1 до 3,6:1, а свинцово-цинковой—больше—6:1—13:1.

Таблица 2

Признаки	Формации, типы, баллы						
	I*	II				III	
		IIa	IIб	IIв	IIг	IIIa	IIIб
По галенниту							
1. Отношение содержаний Fe:Cu	4,8	1,2	2,2	3,6	0,6	6,0	13,0
2. Содержание меди (‰)	0,05	0,21	0,06	0,06	0,36	0,02	0,01
3. Коэффициент концентрации селена	2,8	1,2	0,2	2,0	1,0	6,8	0
4. Коэффициент концентрации теллура	7,4	3,1	0,2	2,0	1,8	11,8	0
5. Отношение содержаний Se:Te	1,0	1,0	4,3	3,9	2,3	1,6	1,0
По сфалериту							
6. Отношение содержаний Fe:Cu	4,6	5,5	8,1	13,4	5,7	23,9	25,0
7. Содержание селена (г/т)	81	15	1,5	5	8	25	
8. Содержание теллура (г/т)	35	15	1,2	5	7	20	
9. Отношение содержаний Se:Te	2,3	1,0	1,2	1,0	1,1	1,2	
10. Коэффициент концентрации галлния	2,3	0,46	1,0	1,3	3,4		
11. Коэффициент концентрации кадмия	1,07	1,64	1,64	1,77	1,64	0,89	30,3
По пириту							
12. Отношение содержаний Se:Te	2,3	2,0	2,0	1,7	0,8	2,0	
13. Отношение содержаний Pb:Zn	0,8	1,1	1,5	3,4	1,6		
14. Оценка балла по каждому признаку	1	2	3	4	5	6	7

* То же, что и в табл. 1.

Содержание меди в галенитах тоже является отличительным признаком для выделения рудных формаций. Галениты полиметаллической формации содержат наибольшее количество меди—0,06—0,36%. Внутри этой формации в тех типах руд, в минеральном составе которых участие халькопирита или других медных минералов значительно: полиметаллический и мышьяково-полиметаллический типы—содержание меди высокое (0,21 и 0,36%), в свинцово-цинковом и свинцово-сурьмяном типах оно ниже (0,06%). В галенитах колчеданно-полиметалли-

ческой формации содержание меди также низкое—0,05%. Самое низкое содержание меди (0,01—0,02%) фиксируется в галениитах Pb—Zn формации руд.

Галенииты месторождений свинца и цинка содержат различное количество селена и теллура. Оценка их (табл. 1) по довольно большому количеству анализов показала, что наибольшее количество селена содержится в галениитах колчеданно-полиметаллической формации (152 г/т), в галениитах полиметаллической формации их меньше (от 13 до 113 г/т), содержание же селена в галениитах свинцово-цинковой формации резко отличается от вышеприведенных цифр (табл. 1).

Характер распределения теллура в галениитах изученных формаций напоминает селен (табл. 1).

Распределение селена и теллура более четко выражается по коэффициентам концентрации этих элементов в различных галениитах (табл. 2). Коэффициенты концентрации вычислены с учетом минеральных кларков селена (55 г/т) и теллура в галениите—(20 г/т), вычисленных В. В. Ивановым [1].

Отличаются и отношения содержаний селена к теллуру в галениитах: в колчеданно-полиметаллической формации это отношение составляет, порядка,—1:1; для различных типов полиметаллической формации—от 1:1 до 4,3:1; для свинцово-цинковой формации: для первого типа—1,6:1, для второго—1:1.

Сфалерит также является одним из главных рудных минералов, состав его определен химическими анализами 68 проб. По данным этих анализов установлены количественные содержания Zn, Cd, Mn, Fe, Pb, Cu, S, а также Hg, Ga, In, Se и Te. Спектральным анализом (225 проб) установлено, что, кроме указанных элементов, во всех пробах присутствуют Si, Al, Ca, Mg и, редко, в небольшом количестве—Ti, Ag, Sb, As, Bi и Ba.

Содержание цинка в сфалеритах колеблется от 51,76 до 66,69%; содержание серы—от 29,47 до 33,85%; в 21 пробе установлен дефицит серы до 1%, а в 11 пробах—избыток до 0,6%. Содержание железа в сфалеритах колеблется от 0,02 до 4,80%, что свидетельствует о том, что они являются маложелезистыми разновидностями.

Пересчет состава сфалеритов по методу Т. Н. Шадлун и др. [5] и минералогические исследования показали, что железо в сфалерите находится как в виде механической примеси с включениями халькопирита и пирита, так и в виде изоморфной примеси с замещением цинка железом. Количество включений халькопирита в сфалерите колеблется от 0 до 7,75 мол%, обычно содержание его не превышает 2,0 мол%. Включения пирита также колеблются в широких пределах—от 0 до 5,16 мол%, однако обычным является количество до 1,0 мол%. Количество железа, участвующего в виде изоморфной примеси, также колеблется в широких пределах и доходит до 7,6 мол%, но обычны количества порядка 1,0 мол%.

Содержание меди колеблется от следов до 0,67% и только в сфале-

ритах Сиспана его содержание довольно высокое и составляет 1,86—2,53%. Как показали минералогические исследования, наличие меди в цинковой обманке связано с механической примесью, в основном халькопирита, реже, блеклых руд и, крайне редко, других медьсодержащих минералов.

Отношения содержания Fe:Cu в сфалеритах различных формаций и типов руд довольно отличны. Так, это отношение колчеданно-полиметаллической формации в среднем составляет 4,6:1, для полиметаллической формации—5,5:1—13,4:1 и для свинцово-цинковой формации—24:1 (табл. 2).

Сфалериты почти всех изученных месторождений характеризуются небольшим содержанием селена; исключение составляют месторождения колчеданно-полиметаллической формации. Содержание селена колеблется в довольно широких пределах—от следов до 160 г/т, однако обычны содержания, близкие к 10 г/т (табл. 1 и 2).

Несмотря на небольшие значения содержаний селена в сфалеритах изученных формаций и типах руд, по ним установлены довольно четкие различия. Так, сфалериты колчеданно-полиметаллической формации резко выделяются высокими значениями содержания селена—средняя оценка—81 г/т (табл. 1 и 2), а в сфалеритах полиметаллической формации средние значения содержания селена низки и по различным типам составляют от 1,5 до 15 г/т. Свинцово-цинковая формация содержит несколько более высокие количества селена—25 г/т.

Содержание теллура в сфалеритах изученных месторождений колеблется в пределах от следов до 400 г/т, однако, чаще всего содержание по отдельным месторождениям низкое и близко к 10 г/т. Наиболее высокие значения содержания теллура отмечены Э. А. Хачатуряном, Г. О. Пиджяном, В. О. Пароникяном, Р. Н. Зарьяном и А. И. Каранетяном [2] в сфалеритах Шаумяна.

Распределение содержания теллура в сфалеритах по месторождениям различных формаций такое же, как и селена (табл. 1). Отличительным признаком для выделения руд различных формаций является и отношение содержания селена к содержанию теллура в сфалеритах (табл. 2).

Это отношение для сфалеритов из месторождений колчеданно-полиметаллической формации выражается значением 2,3, для различных типов полиметаллической формации составляет 1,0—1,2, для свинцово-цинковой формации оно равно 1,2.

Содержание галлия в сфалеритах изученных месторождений колеблется от следов до 120 г/т, однако средние значения для изученных формаций довольно различны (табл. 1).

По минеральному кларку галлия в сфалеритах, равному 32 г/т [1], рассчитаны концентрации галлия в сфалерите, что является еще одним отличительным признаком.

Содержание кадмия в сфалерите изученных месторождений колеблется от 0,21 до 1,08%. Исключением являются сфалериты Мовсесско-

го месторождения, где содержание кадмия крайне аномальное и, в среднем, равно 8,20%. Средние значения кадмия (табл. 1) по сфалеритам различных формаций руд довольно четко отличаются. По минеральному кларку кадмия в сфалеритах (2705 г/т) [1] вычислены коэффициенты концентрации кадмия в сфалеритах (табл. 1). Формация колчеданно-полиметаллических руд характеризуется коэффициентом порядка 1,07 и занимает промежуточное положение между формацией полиметаллических руд (1,64—1,77) и формацией свинцово-цинковых руд (0,89). Коэффициент концентрации кадмия в сфалеритах Мовсесского месторождения крайне высок и, равен 30,3. В предыдущей работе нами была предложена эмпирическая формула $M_{\phi} = \frac{C_{zn} \cdot 0,2705}{C_{cd} \cdot 100}$, где M_{ϕ} — формационный модуль; C_{zn} — содержание цинка в сфалерите и C_{cd} — содержание кадмия.

По указанной формуле рассчитаны следующие формационные модули [4]: для формации колчеданно-полиметаллических руд — 2,64, для полиметаллической формации в целом — 0,87 (соответственно для типов, указанных в табл. 1 — 0,87, 0,86, 0,72 и 0,90), для формации свинцово-цинковых руд — 3,0 и для Мовсесского месторождения — 0,002.

Пирит является одним из наиболее распространенных рудных минералов в месторождениях и рудопроявлениях свинца и цинка. Исключением являются руды Мовсесского месторождения.

Состав пиритов изучен 28 химическими и 123 спектральными анализами. По данным этих проб установлены постоянные примеси Cu, Pb, Zn, As, Si, Al, Ca, Mg, Mn, Ti, Se, Te и спорадические примеси — Sb, Cd, Ga, Bi, Ag, Ni, Co, Mo, Na и Ba.

Содержания селена и теллура, изученные по 79 пробам, оказались различными (табл. 1), хотя различия эти довольно нечеткие. Отношение содержаний Se:Te в пирите более четко указывает на различие между формациями и типами руд (табл. 2). По этому отношению месторождения формации колчеданно-полиметаллических руд имеют самое высокое значение — 2,3, формация свинцово-цинковых руд — 2,0, а полиметаллических — от 0,8 до 2,0 (табл. 2).

Отношение содержаний свинца к цинку в пирите также может явиться признаком выделения рудных формаций и типов внутри формаций. Так, это отношение (табл. 2) для колчеданно-полиметаллической формации равно 0,8 и меньше, чем для полиметаллической формации, в которой это отношение в отдельных типах соответственно равно 1,1, 1,5, 3,4 и 1,6.

Все признаки, указанные в табл. 2, оцениваются по балльной системе. Сумма баллов по отдельным признакам делится на количество признаков, что дает оценочный балл, который определяет рудную формацию и тип руды. Так, колчеданно-полиметаллическая формация будет иметь оценочный балл, близкий к 1, а свинцово-сурьмяный тип полиметаллической формации — близкий к 4 и т. д.

Таким образом, использование количественных особенностей состава трех главных рудных минералов месторождений свинца и цинка позволяет объективно определить рудную формацию и тип.

Управление геологии
Совета Министров Арм. ССР

Поступила 16.IX.1975.

Ն. Ս. ԽԱԶՍԵՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՈՐՈՇ ԳԵՈՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱՌԱՆՋԱՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ն փ ն ռ մ

Հայկական ՍՍՀ Բազմամետաղային հանքավայրերը խմբավորված են երեք հանքային ֆորմացիաներում՝ 1) կալչեղանա-բազմամետաղային, 2) բազմամետաղային (որի առանձին տիպերն են՝ բազմամետաղային, կապար-ցինկային, կապար-ծարիրային և մկնդեղ-բազմամետաղային), 3) կապար-ցինկային (կապված տուֆանսովածքային և կարբոնատային ապարների հետ):

Մետաղածնական տեսակետից բազմամետաղային հանքավայրերը տեղաբաշխված են հետևյալ ստրուկտուր-մետաղածնական գոտիներում՝ Ալավերդի—Ղափանի (բոլոր ֆորմացիաները), Փամբակ—Զանգեզուրի (միայն բազմամետաղային ֆորմացիան) և Սևանա—Ամասիայի (միայն բազմամետաղային ֆորմացիան):

Բազմամետաղային 24 հանքավայրերի օրինակի վրա ուսումնասիրված են նրանցում հանդես եկող երեք գլխավոր հանքային միներալների՝ գալենիտի, սֆալերիտի և պիրիտի զեոքիմիական առանձնահատկությունները:

Տարբեր հանքային ֆորմացիաների և հանքանյութերի տիպերի գլխավոր հանքային միներալների կազմում հաստատված են զեոքիմիական հատկանիշները, որոնք թույլ են տալիս բալային սիստեմի կիրառմամբ տալու այս կամ այն հանքավայրի՝ որոշակի հանքային ֆորմացիային և հանքանյութերի տիպին պատկանելիության քանակական գնահատականը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Иванов В. В. Генеральные оценки средних содержаний элементов примесей в главных рудных минералах. Докл. АН СССР, т. 186, № 1, 1969.
2. Магакян И. Г., Пиджян Г. О., Фарамазян А. С., Амирян Ш. О., Карапетян А. И., Пароникян В. О., Зарян Р. И., Меликсетян Б. М., Акопян А. Г. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. Изд-во АН Арм. ССР, 1972.
3. Магакян И. Г. Типы рудных провинций и рудных формаций СССР. «Недра», 1969.
4. Хачатрян Н. С. Кадмий в сфалеритах полиметаллических месторождений Армянской ССР. Известия Высших учебн. заведений. «Геология и разведка», № 5, 1975.
5. Шидлун Т. Н., Добровольская, М. Г., Нестерова Ю. С., Арипова Г. А. Особенности сфалеритов свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах (Восточное Забайкалье). Сб. «Типоморфизм минералов». «Наука», 1969.