

УДК 550.4

ГЕОХИМИЯ

М. С. Акопян, Р. Л. Мелконян О. Г. Маданян,
 Р. Н. Таян, Г. Г. Искандарян

Новые данные о генезисе Каджаранского медно-молибденового месторождения

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. В. Григоряном 9/IV 1988)

Вопросы генезиса Каджаранского месторождения рассмотрены, с различной степенью детальности, в работах многих исследователей. Целью настоящей работы являлось получение информации о формировании месторождения на качественно новом—изотопном уровне, исходя из истории эволюции основного компонента рудообразующих растворов—воды. Изотопные составы кислорода воды рассчитаны по экспериментально установленной зависимости фракционирования от температуры (¹), на основе изотопного состава кварца различных стадий минерализации и температур их кристаллизации. Последние определены методом гомогенизации газово-жидких включений. Полученные данные приведены в таблице в порядке понижения температур, соответствующих в общем последовательности образования минеральных ассоциаций. Значения $\delta^{18}\text{O}$ (‰) приведены относительно стандарта SMOW. Погрешность анализа $\pm 0,2$.

На Каджаранском месторождении различными авторами выделяется от 10 до 12 стадий минерализации. Нами исследованы кварцы из основных стадий: кварц-магнетитовой, кварц-полевошпатовой, кварц-молибденитовой, кварц-молибденит-халькопиритовой, кварц-халькопиритовой, кварц-сфалерит-галениитовой, кварц-пиритовой (таблица).

Закономерное понижение значений $\delta^{18}\text{O}$ воды, по мере понижения температуры, свидетельствует о едином и непрерывном процессе рудообразования. Изотопный состав гидротермального кварца зависит от температуры и изотопного состава кислорода воды растворов. Наблюдаемая тенденция изменения указанных факторов обуславливает изотопные эффекты противоположного характера. Этим обстоятельством объясняется узкий диапазон вариаций изотопного состава кислорода кварцев, которые по величине $\delta^{18}\text{O}$ могут быть подразделены на две группы: ~ 10 и $\sim 7\div 8$ ‰. Граница между ними определяется по более значительному, чем в остальных случаях, понижению $\delta^{18}\text{O}$ воды (обр. 30/70 и 17/63).

Снижение температуры рудообразующих растворов можно объяснить двумя механизмами—понижением температуры магматического тела, контролирующего гидротермальный процесс, и смешением с водами поверхностного происхождения. Этими же механизмами ограничивается и возможное объяснение понижения $\delta^{18}\text{O}$ растворов. На Кад-

жаранском месторождении действовали оба механизма. Изотопный состав кислорода породы, равновесной с исходными рудоносными растворами, согласно расчетам, равен $\sim 9\text{‰}$, что свидетельствует о генетической связи оруденения с расплавом гранитного или гранодиоритового состава. В этой связи отметим, что изотопный состав кислорода среднезернистого гранодиорита из мноточечного комплекса Мегринского плутона ($\delta^{18}\text{O}=9,0\text{‰}$) свидетельствует в пользу генетической связи месторождения с этим комплексом.

Поступление рудоносных растворов в монциты ($\delta^{18}\text{O}=6,5\text{‰}$), т. е. в породы, отличающиеся от источника растворов химическим и изотопным составом, в результате стремления к равновесию с новой средой, должно сопровождаться определенными изменениями как в химическом, так и в изотопном составе. Изменение химического состава нашло свое отражение в гидротермальном преобразовании монцитов и смене минеральных ассоциаций, а изотопного состава — в изменении изотопного состава кислорода воды растворов и отложившихся из них кислородсодержащих минералов. Исходя из значений $\delta^{18}\text{O}$ воды кварц-магнетитовой стадии и гранодиорита, можно считать, что при отложении этой минеральной ассоциации изменения в составе растворов были незначительны, хотя они и были достаточны для отложения магнетита. Процессы взаимодействия растворов с монцитами усиливаются на кварц-полевошпатовой стадии и

Изотопно-кислородный состав кварца, воды и температуры гомогенизации газовой-жидких включений

Номер образц	Стадия минерализации	$\delta^{18}\text{O}, \text{‰}$ кварц	$T_{\text{hom}}, \text{°C}$	$\delta^{18}\text{O}, \text{‰}$ вода
4 85	Кварц-магнетитовая	10.1	510	8.1
2 85	Кварц-полевошпатовая	10.0	460	7.1
24 70	Кварц-молибденитовая	10.1	430	6.7
14 70	—	9.5	410	6.0
1 75	—	9.7	420	6.1
32 70	—	9.8	400	5.7
23 70	—	9.8	400	5.7
21 70	—	9.7	400	5.6
12 64	—	9.7	410	5.6
33 70	Кварц-молибденит-халькопиритовая	9.6	375	5.0
28 70	Кварц-халькопиритовая	9.9	370	5.1
244	Кварц-молибденитовая	9.8	310	5.0
30 70	—	9.9	350	4.6
17 63	Кварц-сфалерит-галенитовая	7.3	290	0
13 63	Кварц-пиритовая	8.1	260	-0.4
39 70	—	7.5	280	-0.6
3 70	Кварц-сфалерит-галенитовая	6.7	250	-2.3
4 70	Кварц-пиритовая	7.0	235	-2.7

в самом начале кварц-молибденитовой (обр. 24/70), что приводит к значительным изменениям изотопного и химического составов растворов и возникновению необходимых условий для отложения молибденита. В дальнейшем этот процесс стабилизируется, но в то же время вступает в действие другой механизм изменения химизма и $\delta^{18}\text{O}$ воды — смешение растворов с метеорными водами. Наиболее важным с точки зрения изменения химизма растворов является привнес метеорными водами свободного атмосферного кислорода, результат которого становится заметным с кварц-молибденит-халькопиритовой стадии.

Механизм образования пирита и халькопирита из комплексов Fe^{2+} и Cu^+ включает реакции окисления-восстановления с участием H_2S и SO_4^{2-} (2). При этом для образования пирита требуется в два раза больше сульфат-иона, чем для халькопирита. Таким образом, увеличение количества метеорных вод сопровождается повышением фугтивности кислорода, что приводит к окислению глубинной сульфидной серы до сульфатного состояния и созданию условий для отложения халькопирита, а затем и пирита. Процесс окисления сульфидной серы завершается отложением сульфатных минералов—ангидрит-гипсовая стадия.

Анализ данных показывает, что резкое уменьшение значения $\delta^{18}\text{O}$ воды на границе кварцев двух групп обусловлено прекращением поступления в гидротермальную систему магматогенных растворов, что связывается нами с завершением кристаллизации источника этих растворов. При этом, разумеется, прекращается приток в гидротермальную систему металлов и серы и значительно повышается роль метеорной воды, поскольку поступление последней продолжается. Продолжается также функционирование гидротермальной системы, которое постепенно, по мере охлаждения интрузива, затухает. После завершения кристаллизации интрузива происходит истощение гидротермальных растворов главными рудообразующими элементами—медью и молибденом, сопровождающееся увеличением роли ранее второстепенных металлов—свинца и цинка, что приводит к смене минеральной ассоциации (кварц-сфалерит-галенитовая стадия). Переход от кварц-сфалерит-галенитовой стадии к кварц-пиритовой обусловлен истощением растворов свинцом и цинком и значительным увеличением окислительного потенциала растворов, в результате увеличения в их составе количества метеорных вод.

Анализ полученных данных позволяет также наметить нижеследующую схему эволюции гидротермальной системы. На кварц-магнетитовой и кварц-полевошпатовой стадиях действовала гидротермальная система направленно движущихся растворов, а начиная с кварц-сфалерит-галенитовой стадии и вплоть до прекращения гидротермальной деятельности—конвективно циркулирующая система. На средних стадиях рудоотложения действовали оба типа. Дифференцирование исходной гидротермальной системы начинается с кварц-молибденитовой стадии, но наиболее отчетливо оно проявляется при отложении халькопирита. Существование дифференцированной гидротермальной системы предполагает одновременное отложение на разных участках месторождения различных минеральных ассоциаций, чем и объясняется некоторое расхождение между последовательностью отложения минеральных ассоциаций и температурами.

Результаты проведенных исследований одновременно подтверждают вывод о существенных отличиях условий формирования Техутского и Каджаранского месторождений (3, 5 и др.), обусловленных принципиальными различиями в геодинамических режимах их становления—соответственно островодужном и коллизионном.

Մ. Ո. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Ի. Լ. ՄԵԼԻՔՆՅԱՆ, Ս. Կ. ՄԱԴԱՆՅԱՆ,
Ի. Ն. ՏԱՅԱՆ, Կ. Կ. ԻՍԿԱՆԴԱՐՅԱՆ

Նոր տվյալներ Բաջարանի պլինձ-մոլիբդենային հանքավայրի
առաջացման վերաբերյալ

Քաջարանի հանքավայրի ծագման հարցերը քննարկված են հանքառա-
ջացնող լուծույթների հիմնական տարրի՝ ջրի թթվածնի իզոտոպային կազմի և
հանքառաջացման ընթացքում վերջինիս կրած փոփոխությունների հիման վրա
(աղյուսակ)։ Պարզված է, որ հանքաբեր լուծույթները ծագումով կապված են
գրանիտային կամ գրանոլիտրիտային կազմի հալոցքի հետ, որը թթվածնի
իզոտոպային կազմով համապատասխանում է հանքավայրի արևմտյան մա-
սում գտնվող նույն կազմի ինտրուզիվ մարմնի ապարներին։ Հանքառաջա-
ցումը տեղի է ունեցել առանց ընդմիջումների։ Հանքանյութի միներալային
կազմի փոփոխությունները պայմանավորված են հանքառաջացնող լուծույթ-
ների քիմիական կազմի փոփոխություններով, որոնք տեղի են ունեցել հան-
քաբեր լուծույթների և մոնցոնիտների փոխազդեցության, հանքառաջացման
և հանքաբեր լուծույթների հետ մթնոլորտային ծագման ջրերի խառնվելու
հետևանքով։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ R. N. Clayton, J. R. O'Neil, T. K. Mayeda, J. Geophys. Res., v. 77, № 17 (1972). ² X. О.мото, Р. С. Рай, в кн.: Геохимия гидротермальных рудных месторождений, Мир., М. 1982. ³ Магматические и метаморфические формации Армянской ССР, Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1976. ⁴ М. С. Акопян, Р. Л. Мелконян, В. О. Пароникян, Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. 35, № 6 (1982). ⁵ M. S. Akopyan, R. L. Melkonyan, V. O. Paronikyan, Proceedings of the Sixth Quadrennial IAGOD Symposium Stuttgart, Germany, 1984.