Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, 2, 70—76, 1980

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.42.553.462(479.25)

А. А. АВАКЯН, К. А. КАРАМЯН, С. П. САРКИСЯН

О КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЯМИ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ В МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ РУДАХ НА ПРИМЕРЕ ДАСТАКЕРТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Выявление количественной взаимосвязи между содержаниями меди и молибдена в рудных телах медно-молибденовых месторождений приобретает большую актуальность в связи с вопросом о совместном отложении этих элементов. Указанный вопрос рассматривается на основании общего положения о том, что наличие корреляции между содержаниями пары элементов является признаком совместного отложения их минералов [1,2]. Данный вывод подтверждает также результаты изучения корреляционной связи между основными компонентами полиметаллических руд Армянской ССР [3]. Естественно, существуют многочисленные факторы, которые усложняют и вуалируют указанную общую закономерность. Для изучения количественной связи между Cu и Mo в медно-молибденовых рудах наиболее удобным объектом из месторождений Армянской ССР является Дастакертское, которое характеризуется двумя четко выраженными структурно-морфологическими и минералого-геохимическими типами рудных тел: существенно медными и медно-молибденовыми.

Дастакертское месторождение приурочено к провесу кровли, зажатому между двумя куполами гранодиоритовой интрузии. Вмещающие андезито-базальтовые порфириты среднего эоцена превращены в контактовые роговики кварц-биотит—полевошпатового состава. Они секутся системами даек (диорит-порфириты, роговообманковые диориты-порфириты, диабазовые порфириты и керсантиты) северо-западного, широтного и северо-восточного простирания.

Указанные выше меднорудные тела образуют две изолированные полосы северо-западного простирания протяженностью 180—220*м* при ширине 30—35*м*. Руды этого типа локализованы в трещинах отрыва, в связи с чем отмеченные рудные тела морфологически представлены зонами брекчиевидного оруденения, гнездообразными и жилоподобными телами. Среднее соотношение Mo к Cu для рудных тел этого типа—4,5:100.

Медно-молибденовые руды в отличие от медных, как правило, локализованы в относительно крупных сколовых трещинах близширотного и северо-западного простирания с падением на СВ. Эти тела прослеживаются по простиранию на 100—120*м*. Они от предыдущего типа

руд отличаются высоким содержанием молибдена. Среднее соотношение Mo к Cu по всем рудным телам этого типа составляет 47,5:100.

Для изучения количественной связи между содержаниями Cu и Mo был выбран метод парной линейной корреляции. На ЭВМ математической группой ИГН был рассчитан коэффициент парной корреляции между содержаниями этих элементов и критерий его значимости.

В качестве исходных данных служили результаты опробования при эксплуатационной разведке. Общее число использованных проб превышает 2700. Пробы отобраны на следующих четырех горизонтах с относительными вертикальными отметками: I—107 *м*, II—77 *м*, III—60 *м*, IV—0 *м*. Опробование проведено горизонтальной бороздой по стенкам выработок, вскрывающих рудные тела по простиранию и вкрест простирания. Каждый погонный метр борозды представляет одну пробу. Содержание меди и молибдена в пробах определено химическим анализом. Выборки проб для расчета коэффициента корреляции составлены таким образом, чтобы представить отдельные рудные тела на каждом горизонте (погоризонтные выборки) и, где это возможно, в целом по нескольким горизонтам (суммарные выборки). Указанные выборки, исходя из расположения выработок относительно рудного тела, составлены совокупностью проб, расположенных только вкрест простирания, только по простиранию рудных тел или из их комбинации. Последние нами условно названы смешанными выборками.

Результаты расчета приведены в табл. 1 и 2, где R—коэффициент корреляции, $T = \frac{|R|}{\sqrt{1-R^2}}\sqrt{n-2}$ — критерий значимости R, n — число проб в выборке. Выборки со статистически значимым коэффициентом корреляции отмечены знаком +.

Ниже рассмотрены корреляционные связи между Cu и Mo для отдельных рудных тел.

Медно-молибденовое тело № 1 вскрыто на III и IV горизонтах, отстоящих друг от друга на 60 *м*. На верхнем из указанных горизонтов рудное тело представлено близширотной структурой протяженностью примерно 150 *м*, мощностью около 1,5—2 *м*. Выборка составлена по простиранию рудного тела, имеет значимый коэффициент корреляции (выб. 1, табл. 1). На нижнем горизонте рудное тело имеет примерно ту же протяженность и несколько большую мощность, в особенности на флангах. На этом горизонте рудное тело характеризуется выборкой по простиранию, параметры которой: $R=0{,}4$, $T=4{,}9$ (выб. 2, табл. 1).

Коэффициент корреляции объединенной выборки (выб. 3, табл. 1) по обоим горизонтам значим и равен 0,33. Таким образом, как по отдельным горизонтам, так и в целом по падению обнаруживается слабая, но значимая корреляционная связь.

Тело медно-молибденовых руд № 2 вскрыто на II и III горизонтах. Рудное тело имеет северо-западное простирание. На верхнем горизонте по простиранию оно протягивается более чем на 70 *м*, при средней

мощности 15 м. На нижнем—мощность несколько меньше, при протяженности более 100 м.

Мощность рудного тела и расположение выработок на II горизонте позволяют рассмотреть корреляционную связь по простиранию (выб. 5, табл. 1) и вкрест простирания (выб. 4, 6, табл. 1). Последние две выборки составлены пробами, отобранными на противоположных флангах данного рудного тела. Коэффициент корреляции по простиранию рудного тела значим—R=0,5, T=3.2. Вкрест простирания его величина в обеих выборках мала и незначима. Рудное тело на III горизонте опробовано 44 пробами, отобранными в юго-восточной части рудного тела на протяжении 45 м. Из них 20 проб отобраны по простиранию и 24—вкрест простирания рудного тела. Коэффициент корреляции смешанной (выб. 7) и выборки вкрест простирания (выб. 8) малы и незначимы. По простиранию данного рудного тела обнаруживается существенная корреляционная связь между содержаниями меди и молибдена (выб. 9, табл. 1).

Таблица 1

Характеристика медно-молибденовых рудных тел

№ выборки	№ рудных тел	Горизонт	Направление опробования относительно рудных тел	R	T	n	Значимость
1	1	III	по простиранию	0,35	3,3	80	+
2	1	IV	по простиранию	0,4	4,9	128	+
3	1	III, IV	по простиранию	0,33	5,1	208	+
4	2	II	вкрест простирания	0,05	0,25	22	
5	2	II	по простиранию	0.5	3,2	33	+
6	2	II	вкрест простирания	0,2	0,7	13	
7	2	III	смешанное	0,011	0,07	44	
8	2	III	вкрест простирания	—0,06	0,3	24	
9	2	III	по простиранию	0,4	4,9	20	+
10	3	I	по простиранию	0,45	2,9	37	+
11	3	II	по простиранию	0.35	3,2	74	+
12	3	III	по простиранию	0,68	4,4	25	+
13	3	IV	по простиранию	0,49	4,4	63	+
14	3	I—IV	по простиранию	0,47	7,5	199	+
15	3	III, IV	по простиранию	0.5	5,6	88	+
16	3	IV	вкрест простирания	0,02	0,12	40	

Рудное тело медно-молибденового состава № 3 вскрыто на всех четырех горизонтах. Его простирание северо-западное, протяженность на верхнем горизонте равна примерно 80 м, оно увеличивается по падению и равно 120—150 м на нижнем горизонте. Мощность рудного тела составляет 2—5 м до 10 м на флангах на IV горизонте. Небольшая мощность описываемого рудного тела позволяет определить коэффициент корреляции в основном по его простиранию и только на одном из флангов—вкрест простирания. Коэффициенты корреляции по простиранию на всех четырех горизонтах значимы и в порядке уменьшения уровня горизонтов равны: 0,45; 0,35; 0,68; 0,49 (выб. 10, 11, 12, 13, табл. 1). Приведенные величины не обнаруживают закономерного изменения по па-

дению рудного тела. Для данного рудного тела коэффициенты корреляции суммарных выборок по всем четырем и последним двум горизонтам значимы и соответственно равны: 0,52 и 0,48 (выб. 14, 15). Как показывают приведенные значения R и T, в данном рудном теле в целом и на каждом горизонте наблюдается существенная корреляционная связь между медью и молибденом. При этом нет оснований судить о различии силы связи в каком-либо из горизонтальных разрезов и в рудном теле в целом. Вкрест простирания это рудное тело опробовано только на нижнем горизонте. Пробы, отобранные в трех выработках, вскрывающих рудное тело вкрест простирания, объединены в выборку 16 (табл. 1), коэффициент корреляции которой равен 0.02.

Во всех рассмотренных рудных телах по простиранию как на отдельных горизонтах, так и в целом наблюдается значимая корреляционная связь между Cu и Mo. Вкрест простирания эта связь отсутствует. Следует отметить также, что в последнем случае, и только в этом случае, коэффициенты корреляции иногда имеют отрицательное значение (выб. 4 и 8, табл. 1). В смешанных выборках коэффициент корреляции может иметь как значимый, так и незначимый коэффициент. Это, видимо, объясняется относительной долей проб, расположенных вдоль и поперек рудного тела.

Медные рудные тела изучены на тех же четырех горизонтах. Они в отличие от медно-молибденовых рудных тел обладают значительно большей мощностью, достигающей нескольких десятков метров. Это позволяет более детально рассмотреть корреляционную связь между содержаниями меди и молибдена вкрест простирания меднорудных тел. Наиболее протяженное по падению рудное тело этого типа (медное тело № 3) на глубину прослеживается на 40 м и вскрыто на трех горизонтах. Оно имеет близширотное простирание и протяженность 150—250 м. Его мощность составляет на различных горизонтах 20—50 м.

На верхнем горизонте доступной опробованию оказалась часть указанного тела. Большая часть проб отобрана по его простиранию, 29 проб из общего числа, равного 109, отобраны вкрест простирания. Коэффициент корреляции смешанной выборки равен 0.1 (выб. 1, табл. 2), по простиранию—0.14 (выб. 2, табл. 2), вкрест простирания—0,01 (выб. 3, табл. 2). Все три величины незначимы.

На II горизонте в данную площадь входит мощная структура с высокими содержаниями молибдена. Коэффициент корреляции смешанной выборки, характеризующей рудное тело на данном горизонте, значим и равен 0,29 (выб. 4, табл. 2). Составляющие ее пробы разделены на выборки по простиранию и вкрест простирания. Коэффициенты корреляции последних (выб. 5 и 6, табл. 2) соответственно равны 0,64 и 0,13. При этом значимую величину имеет только коэффициент корреляции выборки по простиранию.

На III горизонте рудное тело представляет собой узкую вытянутую сруденелую полосу мощностью 15—20 м. Протяженность опробованной части по простиранию порядка 120 м. Большинство проб отобрано по

простиранию (114 проб), вкрест простирания—29 проб. Коэффициенты корреляции равны: смешанной выборки—0,35 (выб. 7, табл. 2), выборки по простиранию—0.4 (выб. 8, табл. 2), вкрест простирания—0.1 (выб. 9, табл. 2). Последний коэффициент незначим. Объединенная выборка по трем горизонтам характеризуется значимым коэффициентом корреляции, равным 0,48 (выб. 10, табл. 2).

Приведенные данные показывают, что значимая корреляционная связь между содержаниями меди и молибдена в описываемом рудном теле наблюдается на двух из рассмотренных трех горизонтах и по всем горизонтам в целом. Отсутствие указанной связи на первом горизонте, возможно, объясняется тем, что она рассмотрена не для всего рудного тела, а лишь его фланга. Отмеченная выше особенность различия корреляционной связи вкрест простирания и по простиранию отмечается и для данного рудного тела.

Рассматриваемые ниже меднорудные тела полностью или частично вскрыты только на одном горизонте.

На I горизонте медное тело, вскрытое только вкрест простирания, имеет незначимый коэффициент корреляции (выб. 11, табл. 2).

Таблица 2

Характеристика медных рудных тел

№ выборка	№ рудных тел	Горизонт	Направление опробования относительно рудных тел	R	T	n	Значимость
1	3	I	смешанное	0,1	1,1	109	
2	3	I	по простиранию	0,14	1,2	80	
3	3	I	вкрест простирания	0,01	0,1	29	
4	3	II	смешанное	0,29	5,9	200	+
5	3	II	по простиранию	0,64	7,9	95	+
6	3	II	вкрест простирания	0,13	1,3	105	
7	3	III	смешанное	0,35	4,5	143	+
8	3	III	по простиранию	0,37	4,2	114	+
9	3	III	вкрест простирания	0,11	0,6	29	
10	3	I—III	по простиранию	0,48	8,4	248	+
11		I	вкрест простирания	0,19	1,1	31	
12	1	III	вкрест простирания	—0,11	0,6	31	
13	2	III	вкрест простирания	0,19	1,3	46	
14	4	III	вкрест простирания	—0.06	0,2	15	
15		III	смешанное	0.45	4,1	67	+
16		III	вкрест простирания	0,19	0,9	28	

На III горизонте рудные тела описываемого типа характеризуются выборками 12, 13, 14. 15 и 16 (табл. 2). Среди них значимая корреляция между содержаниями Cu и Mo обнаруживается в зоне интенсивного медного оруденения с общим северо-восточным простиранием (выборка 15). В остальных выборках этой группы корреляция между медью и молибденом отсутствует. Следует отметить, что указанные выборки составлены из проб, отобранных вкрест простирания. Они имеют незначимый, часто отрицательный коэффициент корреляции. К последним относятся выборки 12 и 14 (табл. 2), характеризующие зоны

медного оруденения мощностью 7—10 м, простиранием в несколько десятков метров.

Таким образом, по простиранию рудных тел данного типа систематически наблюдается корреляционная связь между медью и молибденом. По наиболее мощному медному рудному телу (№ 3), имеющему выдержанное строение по простиранию, опробованному пятью поперечными выработками, изучено изменение коэффициента корреляции от центра к зальбандам рудного тела. Коэффициенты корреляции рассчитаны для отдельных частей рудного тела, вытянутых полосами по его простиранию, имеющих одинаковую ширину в пять метров.

На рис. 1 представлены поперечный разрез рудного тела и приведены значения коэффициентов корреляции для выделенных частей руд-

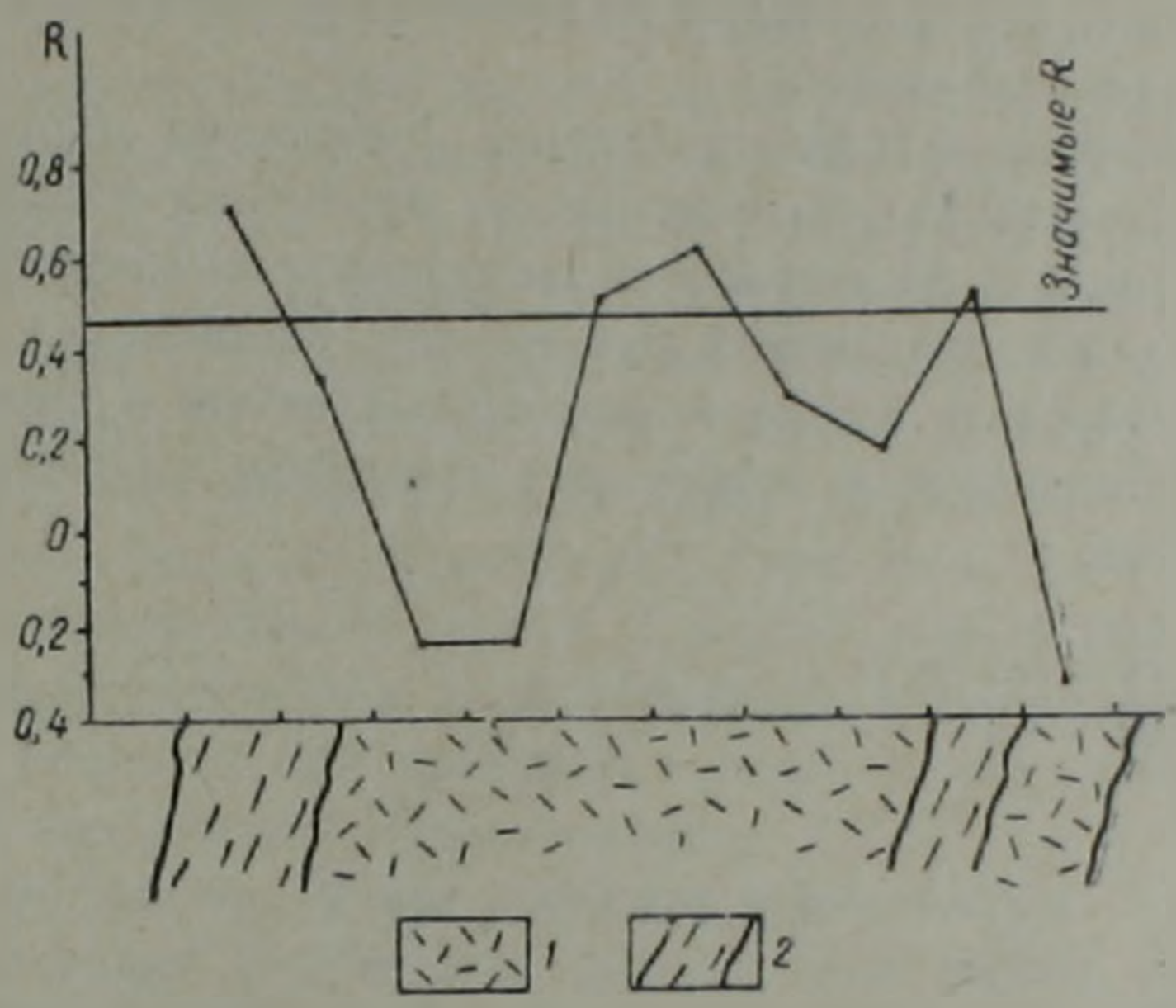

Рис. 1. График изменения коэффициента корреляции между медью и молибденом в поперечном разрезе рудных тел. 1—медное тело, 2—медно-молибденовое тело.

ного тела. По мере удаления от центра рудного тела корреляция между содержаниями меди и молибдена в выделенных полосах уменьшается, становится незначимой, а затем коэффициент корреляции становится отрицательным. Отдельные пики коэффициента корреляции на периферии рудного тела соответствуют наложенным молибденоносным структурам. Направленное уменьшение силы корреляционной связи от центра к периферии и отсутствие корреляции вкрест простирания рудного тела с точки зрения математической статистики представляют собой независимые явления. В связи с этим указанные тенденции могут быть обусловлены механизмом рудоотложения.

Из приведенных выше данных следует ряд выводов.

В рудах месторождения наблюдается статистически значимая корреляционная связь между содержаниями ее основных компонентов—меди и молибдена.

Наряду с этой общей закономерностью обнаружена, до сих пор не описанная в литературе, неравнозначность рассмотренной связи по кардинальным направлениям рудного тела—по его простиранию и вкрест простирания.

Выявлено также закономерное уменьшение корреляционной связи между медью и молибденом вкрест простирания от центра к периферии рудных тел. Неравнозначность свойств рудных тел по указанным направлениям общеизвестна и обусловлена механизмом их образования. Так, по этим направлениям различны форма сечений рудного тела, его строение, минеральный состав и др.

Изменчивость корреляционной связи между основными компонентами целиком соответствует изменчивости прочих свойств рудных тел, видимо, имеет те же причины и, следовательно, является общей закономерностью рудоотложения.

При пространственном совпадении описанных выше двух типов рудных тел нарушается закономерность изменения коэффициента корреляции. Указанное подтверждает минералого-геохимическое различие медных и медно-молибденовых рудных тел. Наличие же существенной корреляционной связи между медью и молибденом в обоих типах рудных тел свидетельствует о генетически связанном выделении минералов этих элементов.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 26.I.1979

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вистелиус А. Б.* Мера связи между членами парагенезиса и методы ее изучения. ЗВМО, № 2, 1948.
2. *Григорян С. В., Каблуков А. Д.* Об использовании корреляционного анализа для интерпретации данных геохимического опробования. Геология рудных месторождений, № 4, 1965.
3. *Пароникян В. О.* Корреляционные связи между содержаниями главных компонентов руд полиметаллических и свинцово-цинковых месторождений Армянской ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 5, 1970.