

УДК 550.42

В. Е. ВАРТАНЕСОВ

## К ВОПРОСУ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ МЕТАЛЛОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОРОДАХ АГАРАКСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Изучение распределения металлогенных элементов в породах Агаракского рудного поля имеет важное значение в использовании этих данных при поисковых работах в районе.

Особый интерес представляет распределение молибдена, меди, серебра, свинца и цинка, которые в определенных геологических условиях в рудных узлах приразломной полосы Дебаклинского разлома образуют промышленные скопления или площади аномально-повышенных концентраций—ореолы рассеяния и являются прямыми индикаторами медно-молибденового оруденения.

Проведенное геохимическое картирование в пределах Агаракского рудного поля позволило установить отдельные закономерности их распределения и выявить характерные черты образования ореолов над рудными телами, на флангах Агаракского месторождения.

Эндогенные ореолы отличаются значительно повышенными концентрациями элементов-индикаторов, которые хорошо выделяются на общем фоне рассеянной минерализации, характерной для данного района. Поэтому определение местного геохимического фона и аномально-повышенных содержаний производилось по наиболее часто встречающимся концентрациям (данные приближенно-количественного спектрального и химического анализов), в зависимости от математического закона, которому подчинено распределение этого элемента в породе [1].

Как показали исследования, в Агаракском рудном поле четко выделяются два вида рассеяния рудных элементов—первично-конституционное (сингенетическое) и вторично-наложенное (эпигенетическое) [1].

Сингенетическое рассеяние элементов проявляется повсеместно и характеризуется закономерным изменением содержаний того или иного элемента, в зависимости от петрохимического состава пород и конкретных условий их образования.

Эпигенетическое рассеяние проявляется на отдельных площадях, приуроченных к определенным тектоническим узлам. Здесь отмечается общее обогащение пород рудными компонентами и образуются участки аномально-повышенных концентраций вокруг месторождения. Эпигенетическое рассеяние элементов на исследованной территории отмечается также в пределах отдельных зон дробления и гидротермального изменения [2].

Молибден, медь, серебро, а также свинец и цинк в породах рудного поля, на участках, не затронутых интенсивным гидротермальным изменением, содержатся в количествах, не превышающих кларк (по А. П.

Виноградову) для кислых пород более, чем в 3 раза (табл. 1). Значительно обогащены Mo, Cu, Ag только породы Южного (Агаракского) штока лейкократовых гранодиорит-порфиров, где средние содержания Mo превышают кларк в 4—5 раз, а Cu—в 6—8 раз, особенно в эндоконтактах. Последнее объясняется тем, что в породах штока, особенно в краевых частях, отмечается видимое сульфидное обогащение, что приводит к заметному обогащению пород, в целом.

В площадях, где породы подверглись сильному гидротермальному изменению, во вмещающих породах Агаракского рудного поля происходит обогащение рудными элементами, и содержания Mo, Cu, Ag и W резко возрастают, образуя участки аномально-повышенных концентраций, превышающих кларк в десятки раз.

Распределение содержаний элементов-индикаторов—Mo, Cu, Ag, Pb и Zn не во всех случаях подчиняется нормальному и логнормальному законам. В большинстве своем нормальное или логнормальное распределение отмечается в породах, расположенных вдали от участков, подвергшихся интенсивному гидротермальному изменению.

В измененных породах Агаракского рудного поля, находящихся в непосредственной близости к месторождению, наряду с логнормальным обнаруживается распределение элементов-индикаторов, характеризующихся более высокими показателями асимметрии и эксцесса. Указанное распределение характерно для случаев, когда главные концентрации того или иного элемента находятся в виде собственных минералов или примесей в одном минерале-концентрате, когда неравномерность распределения его в породе влечет за собой неравномерность распределения элемента.

Дифференциальная кривая (рис. 1) характеризуется некоторым отклонением правой ветви, указывающим на появление другого, наложенного обогащения [6].

*Молибден* в пределах рудного поля (исключая ореолы рассеяния) заметного площадного обогащения не образует, а повышенные концентрации его приурочены к зонам трещиноватости пород. Для Mo характерно логнормальное распределение со сравнительно небольшими значениями дисперсии ( $S^2$ ), асимметрии (A) и эксцесса (E) (табл. 2). Подобные параметры характерны, в основном, для сингенетического распределения, связанного с нахождением рудного элемента во многих элементах-носителях.

Распределение Mo в кварцевых монзонитах, в этом смысле, является весьма показательным, так как последние в пределах рудного поля почти не затронуты гидротермальными процессами, характерными для рудообразования.

В главных рудовмещающих породах Агаракского месторождения— в граносенинитах и лейкократовых гранодиорит-порфирах, подвергшихся значительному гидротермальному изменению, нормальное распределение Mo нарушается в результате его привноса и перераспределения. Указан-

Таблица 1

## Фоновые и аномальные значения Mo, Cu, Ag, Pb и Zn в Агараке

Породы	К-во проб	Mo (кл. $1 \cdot 10^{-4}$ ‰)		Cu (кл. $2,3 \cdot 10^{-3}$ ‰)		Ag (кл. $0,5 \cdot 10^{-5}$ ‰)		Pb (кл. $2 \cdot 10^{-3}$ ‰)		Zn (кл. $6 \cdot 10^{-3}$ ‰)	
		ЖФ	ЖАН	ЖФ	ЖАН	ЖФ	ЖАН	ЖФ	ЖАН	ЖФ	ЖАН
Кварцевые монзониты	130	1,73	12,1	13,18	80,0	1,70	14,1	7,24	19,0	8,9	33,1
Гранодиориты	79	1,85	13,0	7,41	34,0	1,48	16,6	9,55	25,1	6,4	30,2
Граносениты	394	2,10	15,0	8,71	65,0	2,19	13,2	6,31	23,4	3,4	22,4
Лейкократовые гранодиорит-порфиры	39	4,74	53,0	13,18	14,0	3,80	22,4	6,76	15,8	4,36	15,5

Таблица 2

## Основные параметры распределения Mo в Агараке

Породы	К-во проб	lg x	S lg	V lg	$\lambda$ (‰)	A lg/ $\sigma_A$	E lg/ $\sigma_E$
Порфириты	24	1,56	1,62	0,28	0,40	0,66	1,28
Кварцевые монзониты	130	1,24	0,34	0,55	0,06	2,98	5,50
Гранодиориты	79	1,27	0,38	0,62	0,09	0,43	3,32
Граносениты	394	1,32	0,32	0,58	0,04	2,19	8,07
Лейкократовые гранодиорит-порфиры	39	1,68	0,42	0,71	0,16	0,20	2,27

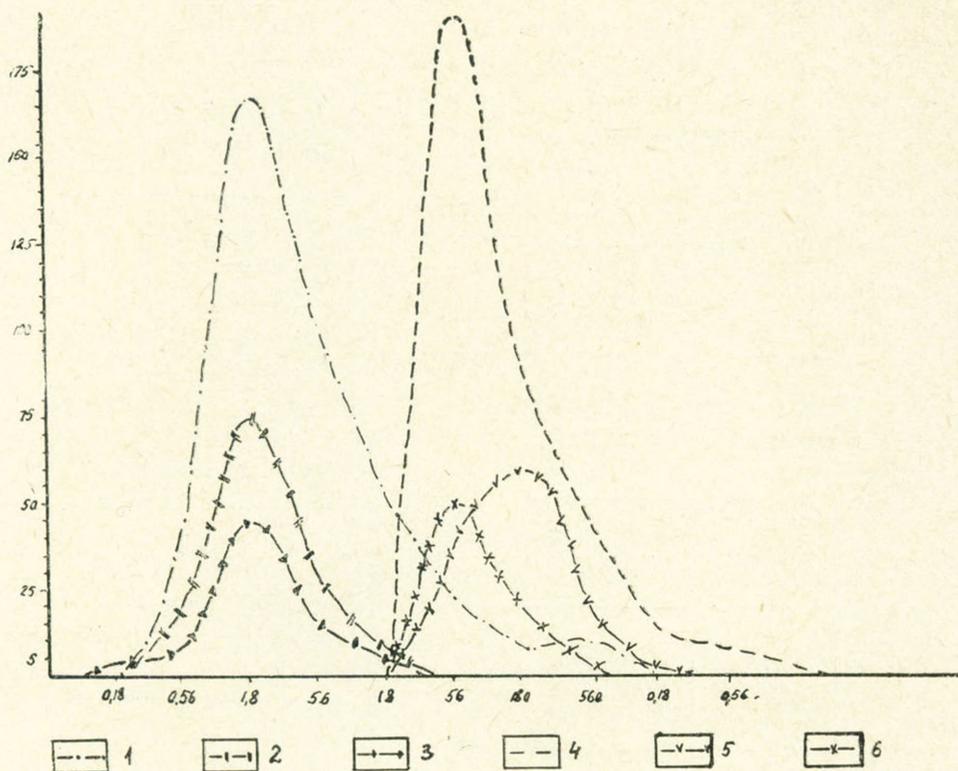


Рис. 1. Модальный график распределения меди и молибдена в породах Агаракского месторождения. Условные обозначения: 1—молибден в гранодиоритах; 2—в кварцевых монцонитах; 3—в гранодиоритах; 4—медь в гранодиоритах; 5—в кварцевых монцонитах; 6—в гранодиоритах.

ное особенно проявляется на участках, где преобладают сульфидные формы обогащения  $\text{Mo}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ag}$ .

Площадное распределение  $\text{Mo}$  характеризуется зонами рассеянной минерализации, приуроченными к крупному близмеридиональному Агаракскому разлому и более мелким зонам гидротермального изменения. Эндогенные ореолы обнаруживаются над рудными телами (Северный участок).

**Медь.** Содержания меди на участке месторождения близки к кларку [3] и их взаимосвязь с породообразующими, особенно с феррическими минералами более заметна. Наиболее высокое среднемодальное содержание установлено в кварцевых монцонитах Агарака, характеризующихся повышенным содержанием  $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Na}$  и в минерализованных лейкократовых породах штока.

Параметры и модальный график распределения концентраций  $\text{Cu}$  характеризуются положительной асимметрией, что указывает на изменение закона распределения ее в породах Агарака и возможность концентраций в одном или нескольких минералах (табл. 3, рис. 1).

Минералогические исследования, проведенные Б. М. Меликсетяном [4], показали, что в породах района медью существенно обогащены

Таблица 3

Основные параметры распределения Cu в породах Агарака

Породы	К-во проб	lg x	S lg	V lg	$\bar{r}$ (5° о)	A lg/ $\sigma_A$	E lg/ $\sigma_E$
Порфириты	24	0,92	0,25	0,39	0,13	0,17	0,87
Кварцевые монциты	130	1,12	0,32	0,51	0,06	2,32	5,55
Гранодиориты	79	0,87	0,26	0,41	0,06	2,52	6,01
Граноспелиты	394	0,94	0,35	0,57	0,04	8,10	6,12
Лейкократовые гранодиорит-порфиры	39	1,12	0,41	0,69	0,15	1,50	2,31

пироксены, роговая обманка, биотит, а также аксессуарные—магнетит, ильменит и сфен. Повышенные концентрации его связываются с образованием первичных и вторичных сульфидных минералов.

Анализ, проведенный на определение формы нахождения Cu в неизмененных и рудосодержащих граноспелитах Агарацкого рудного поля, по методике, разработанной в ВИТР-е (аналитик Ц. Эскузьян), позволил установить, что в неизмененных граноспелитах на долю первичных и вторичных сульфидов меди приходится около 38% общего содержания; на долю Fe-форм и окисных соединений—свыше 46%, в то время как в оруденелых граноспелитах основные концентрации составляют первичные и вторичные сульфиды (53 и 36%). На долю же Fe-форм приходится всего 13%.

Таким образом, в пределах Агарацкого рудного поля довольно хорошо выделяются концентрации Cu, связанные с нахождением ее в породообразующих минералах (Fe-формы и окисные соединения) и концентрации, образовавшиеся за счет привноса Cu в стадию рудообразования.

Повышенные содержания Cu отмечаются в измененных породах всех интрузивных фаз, однако эти участки не приурочены к Агарацкому разлому, а встречаются на всей территории рудного поля в виде небольших пятен на фоне рассеянной минерализации. Над рудными телами Северного участка медь, как и молибден, образует четкие ореолы рассеяния.

*Серебро.* В породах рудного поля и полосы Дебаклинского разлома находится в пределах кларка [3] и лишь в отдельных участках, связанных с зонами гидротермального изменения или проявления собственных минералов, его содержание возрастает, достигая  $5 \cdot 10^{-4}$ ‰.

Низкая чувствительность анализа ( $1 \cdot 10^{-5}$ ‰) позволяет точно охарактеризовать его содержания в породах и вывести геохимический фон для каждого комплекса, однако совершенно отчетливо устанавливается связь Ag с рудообразующими минералами. Анализы мономинеральных фракций показывают, что значительные содержания Ag заключены в халькопиритах (до 0,075%), галенитах (до 0,024%) и сфалеритах (до 0,013%). Молибдениты Агарацкого рудного поля почти не содержат Ag ( $7 \cdot 10^{-4}$ ‰).

Во вмещающих породах Агаракского месторождения—в граноспелитях Ag содержится в концентрациях от  $8 \cdot 10^{-6}\%$  до  $3 \cdot 10^{-4}\%$ , составляя в среднем  $4 \cdot 10^{-5}\%$ . Еще больше Ag в лейкократовых породах Южного штока; здесь его содержания достигают  $1 \cdot 10^{-4}\%$ , что объясняется сравнительно высоким содержанием в породе рудных минералов.

Свинец в породах Агаракского рудного поля содержится в незначительном количестве—ниже кларка для кислых пород.

Наиболее обогащены Pb гранодиориты ( $10 \cdot 10^{-4}\%$ ) и кварцевые монцититы ( $8 \cdot 10^{-4}\%$ ), менее — кварциты ( $4 \cdot 10^{-4}\%$ ) и порфириты ( $4 \cdot 10^{-4}\%$ ). По полученным анализам мономинеральных фракций устанавливается, что основные концентрации Pb приходится на породообразующие минералы, причем наиболее высокие содержания Pb отмечаются в калиевых полевых шпатах— $0,01$ — $0,003\%$ . Кроме того, в отдельных зонах гидротермального изменения встречаются выделения собственных минералов—галенита и самородного свинца.

В пределах рудного поля небольшие участки с аномально-повышенным содержанием Pb не совпадают с участками медно-молибденового оруденения, а несколько смещены к периферии (горизонтальная зональность) [5].

Цинк. В породах рудного поля распространен повсеместно, но в содержаниях, незначительно превышающих кларк. Наиболее высокими содержаниями Zn обладают кварцевые монцититы ( $9,8 \cdot 10^{-3}\%$ ) и гранодиориты ( $9 \cdot 10^{-3}\%$ ), т. е. породы, почти не затронутые процессами гидротермального изменения, но с значительным содержанием темноцветных. Породы, подвергшиеся этим изменениям, а также более кислые разновидности содержат Zn в меньших количествах. В граноспелитах, например, содержания Zn составляют  $6,5 \cdot 10^{-3}\%$ , в кварцитах— $2,9 \cdot 10^{-3}\%$ .

В породах Агаракского месторождения вынос Zn отмечается на участках, где наиболее хорошо развито кварц-серицитовое изменение, с которым связываются основные рудные стадии минерализации. Основные содержания Zn, как показали анализы мономинеральных фракций, заключены в роговой обманке ( $0,1\%$ ), биотите ( $0,03$ — $0,1\%$ ) и в сфене ( $0,3\%$ ), т. е. в минералах, обогащенных Mg, Fe и Mn, с которыми Zn тесно связан.

В пределах рудного поля Zn распределяется довольно неравномерно, за редким исключением, почти целиком зависит от состава вмещающих пород. Аномально-повышенные содержания Zn отмечаются только в зонах мелких нарушений, где он встречается в виде сульфидов.

Таким образом, как видно из вышесказанного, в пределах рудного поля молибден, медь и серебро рассеиваются в породах в процессе формирования интрузивных комплексов в незначительных количествах; главное обогащение пород этими элементами связано с эпигенетическими процессами, приведшими к образованию самого месторождения. Участки площадного обогащения пород хорошо фиксируются над рудными телами Агаракского месторождения.

Распределение Pb и Zn больше связано с кристаллохимическим рассеянием этих элементов в породообразующих минералах, главным образом, темноцветных и поэтому зависит от вещественного состава пород и степени их изменения. Исключением является поведение Pb и Zn в зонах гидротермального изменения, где в результате привноса восходящими гидротермальными растворами этих элементов происходит отложение в виде собственных минералов.

Институт геологических наук  
АН Арм. ССР

Поступила 14. III. 1975.

Վ. Ե. ՎԱՐԺԱՆՅԱՆ

### ԱԳԱՐԱԿԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ԳԱՇՏՈՒՄ ՄԵՏԱՂԱՄԻՆ ՏԱՐՐԵՐԻ ԲԱՇԽՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ագարակի հանքային դաշտի գեոքիմիական քարտեզագրման հիման վրա արվում են Mo, Cu, Pb, Zn, Ag բաշխման օրինաչափությունները՝ Ագարակի հանքավայրի շուրջը ցրման եզրապսակների հայտնաբերման համար:

Ցույց է արվում, որ հանքադաշտում Mo, Cu, Ag հիմնական հարստացումը տեղի է ունենում հիդրոթերմալ ստադիայում, հանքավայրի առաջացման հետ միաժամանակ: Այս դեպքում ապարների հարստացման գլխավոր ձևը առաջնային և երկրորդային սուլֆիդներն են:

Կատարը և ցինկը ցրվում են հիմնականում ինտրուզիվ ապարների բյուրեղացման ընթացքում, չնայած որ նրանց որոշ անոմալ կոնցենտրացիաները կապված են էպիգենետիկ հանքայնացման պրոցեսների հետ:

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Беус А. А., Григорян С. В. Использование методов математической статистики при геохимических поисках (Лекция) Изд. Всесоюз. заочн. ПИ., М. 1973.
2. Вартанесов В. Е. Эпигенные ореолы рассеяния Агаракского медно-молибденового месторождения. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 4, 1970.
3. Виноградов А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных пород, «Геохимия», № 7, 1962.
4. Меликсетян Б. М. Петрографические и геохимические особенности молибденоносных нитрузивных комплексов Мегринского плутона, Сб. «Металлогеническая специализация магматических комплексов». «Недра», 1964.
5. Овчинников Л. Н., Баранов Э. П., Григорян С. В., Овчинникова Л. В. Закономерности формирования первичных геохимических ореолов и их соотношение с окolorудными изменениями. Сб. «Метасоматизм и рудообразование». «Наука», 1974.
6. Остафийчук И. М., Толстой М. И. Статические закономерности распределения химических элементов в гранитоидах. «Недра», М., 1972.
7. Сафронов Н. И. Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. (Методическое руководство). ОНТИ ВНИИР, Л., 1967.