

А. Г. КОЧАРЯН

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ НА ПРИМЕРЕ МАРЦИГЕТСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В последние годы начинают играть все более значительную роль геохимические методы поисков полезных ископаемых, основанные на выявлении ореолов и потоков рассеяния, создающихся около месторождений и генетически связанных с ними. Вторичные ореолы рассеяния образуются после возникновения месторождения при его разрушении.

Одно и то же месторождение сопровождается вторичными ореолами рассеяния различных типов, то-есть ореолы рассеяния образуются как в коре выветривания, в почвах и растениях, так и в грунтовых и поверхностных водах, омывающих месторождение и в аллювии ручьев, дренирующих его. В зависимости от самых разнообразных и сложных сочетаний геологических, геохимических и географических условий, эти ореолы могут быть контрастными в одних средах и почти отсутствовать в других. Поэтому идея применения комплексных геохимических методов, изучающих закономерности распределения элементов во всех природных средах, слагающих ландшафт, получает сейчас всеобщее признание. Так как вторичные ореолы рассеяния формируются в пределах географического ландшафта, необходимо дифференцировать геохимические методы применительно к конкретным геологическим и физико-географическим условиям.

Изученный нами район Марцигетского полиметаллического месторождения находится в условиях среднегорного рельефа в зоне развития широколиственных лесов. Подобные ландшафты весьма характерны для Северной Армении, почему изучение особенностей формирования вторичных ореолов в данных условиях может представить практический интерес для разработки методики геохимических поисков. Участок Мрац, выбранный нами для экспериментальной работы, является непромышленным рудопроявлением, и поэтому он не нарушен и не загрязнен в результате деятельности человека. Здесь можно было изучить естественную геохимическую обстановку. Месторождение расположено в долине р. Марц на юго-западном крыле Алавердской мегаантиклинали.

Впервые разведочные работы здесь проводились в 1925—26 гг. Г. Смирновым. В 1944 г. И. Г. Магакьяном было дано описание структурных особенностей месторождения. В 1952—56 гг. месторождение изучалось Р. А. Мартиросяном и М. А. Бабаяном, составившими крупномасштабные карты его отдельных участков.

Участок Марц, где проводились наши работы, представляет собой правый склон эрозионной долины магистральной реки района — р. Марц. Ее боковой приток, незначительного дебита, разделяет участок на два геоморфологически изолированных подучастка и дренирует месторождение. Средняя глубина вреза р. Марц достигает 600 м, а превышения поперечных хребтов над руслами ее правых притоков колеблются в пределах 100—400 м.

Климат района умеренный, мягкий. Среднегодовая температура составляет $+9,5^{\circ}\text{C}$. Количество осадков достигает 700 мм в год с весенним и осенним максимумами (первый небольшой). Обводненность пород, слагающих месторождение, очень незначительна. Рыхлые отложения района, представленные обломочным обызвесткованным ортоэлювием среднекислых вулканогенов, развиты на довольно крутых ($\angle 18^{\circ}$ — $\angle 20^{\circ}$) склонах долин р. Марц и имеют незначительную мощность (до 1,5 м), которая вверх по склону убывает, достигая на местных водоразделах 0,4 м. На рыхлых отложениях развиты горно-лесные бурые почвы. На них произрастают леса; преобладающими породами деревьев являются бук, дуб, грабинник.

В геологическом строении участка Марц принимают участия вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы среднего эоцена, представленные порфиритами, туфобрекчиями и туфами порфиритов, переслаивающимися с отдельными пачками туфопесчаников. В центральной части участка породы эти гидротермонально изменены.

Весь комплекс вулканогенных пород прорван дайками диабаз-порфиритового состава, имеющими северо-западное простирание и контролирующими оруденение участка. Рудные тела представлены маломощными (0,3—0,4) жилами северо-западного простирания, круто падающими на северо-восток. Жильная масса представлена кварцем, кальцитом и баритом.

Гипогенные минералы—галенит и сфалерит и в подчиненном количестве пирит и халькопирит. Содержание Pb колеблется от 2,45% до 3,64%; Zn от 1,13 до 2,1%; Cu—0,12%. На участке месторождения получил развитие трансорбэлювиальный горно-лесной ландшафт на вулканогенах.

В ландшафте этом преобладают процессы механического сноса поверхностными водами. В подобных ландшафтах велика зольность лесов, а в золе много окиси кальция, что является одной из главных причин типоморфности кальция в ландшафте.

Грунтовые и грунтово-трещинные воды, находящиеся в зоне исключительно активного водообмена, в силу этого слабо минерализованы (0,328 г/л). Воды нейтральные, гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые. Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Нами в описываемом районе было проведено металлометрическое и биогеохимическое опробование по сетке 50×20 м, а также опробование

почвенных разрезов, водоисточников и речной сети. По поисковым профилям отобрано 204 почвенных образца (с глубины 6—7 м) и 252 образца преобладающей растительности. Отбиралась молодая листва и ветви, а также кора бука, дуба и грабинника. На почвенных разрезах опробовались все встречающиеся растения. После озоления в муфельной печи при $t = 500^\circ\text{C}$ растительные образцы были переданы на спектральный полуколичественный анализ.

Из анализа полученных результатов видно, что участок месторождения четко фиксируется повышенным содержанием металлов в коренных породах, в почвах, в водах и в растениях. Для выяснения вопроса о том, какие элементы типоморфны для данного месторождения нами был применен метод установления корреляционных зависимостей между восьмью элементами (Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Ba, Zr, Cr) внутри каждого геохимического центра (под геохимическим центром мы понимаем химически однородное тело, например, коренную породу одного петрографического состава, или определенный генетический горизонт почвы и т. д.). Расчеты были проведены на вычислительной машине «Стрела-4».

Коэффициенты корреляции между элементами в коренных породах участка месторождения приведены в таблице 1.

Для оценки коэффициентов корреляции была вычислена степень их достоверности по формулам: $t_z = \frac{r}{m_z}$; $m_z = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}$

Таблица 1

Cu	Ni	Co	Pb	Ba	Zn	Zr	Cr	
1	+ 0,38	0,0	+ 0,42	+ 0,2	+ 0,3	- 0,1	+ 0,26	Cu
	1	+ 0,52	+ 0,21	+ 0,49	+ 0,2	+ 0,35	+ 0,63	Ni
		1	+ 0,0	+ 0,27	0,0	+ 0,01	+ 0,2	Co
			1	0,0	+ 0,7	+ 0,24	+ 0,24	Pb
				1	+ 0,18	+ 0,4	+ 0,57	Ba
					1	+ 0,34	+ 0,22	Zn
						1	+ 0,22	Zr
							1	Cr

где r —коэффициент корреляции; m_z —вероятностная ошибка коэффициента корреляции; n —число проб.

Если $\frac{r}{m_z} \geq 2$, то коэффициент корреляции считается достоверным.

Исследуя это уравнение, приходим к выводу, что при $r = \pm 0,29$ связь между величинами считается доказанной.

По данным табл. 1 строим схему связи между элементами в коренных породах (рис. 1 а). Становится очевидным, что значительная корреляционная связь существует между Zn и Pb, а между Zn и Cu и Pb и Cu связь проявляется слабее. Это естественно, т. к. оруденение, в основном, свинцово-цинковое. Таким образом, типоморфными элементами для изучаемого месторождения в коренных породах будут свинец, медь и цинк.

Коэффициенты корреляции между элементами в гумусовом горизонте почв на участке месторождения приведены в таблице 2.

Схема связи между элементами в гумусовом горизонте почвы представлены на рис. 1б.

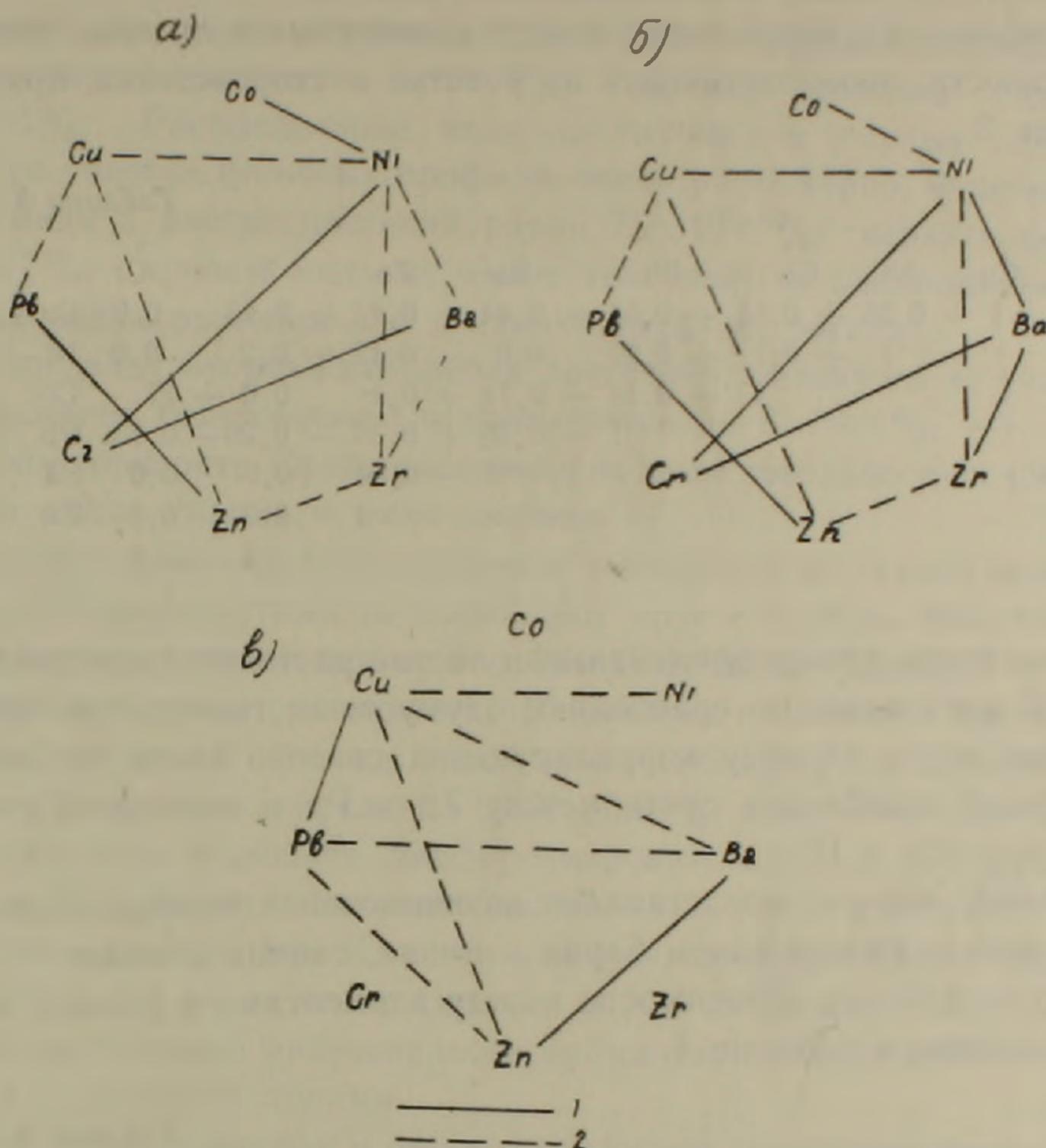


Рис. 1. Схемы связи между элементами в коренных породах (а), в гумусовом горизонте почв (б) и в листе растений (в). Условные обозначения: 1—коэффициент корреляции 0,5 и выше—значительная корреляционная связь; 2 — коэффициент корреляции 0,3—0,5 — менее значительная корреляционная связь.

Таблица 2

Cu	Ni	Co	Pb	Ba	Zn	Zr	Cr	
1	+ 0,38	0,0	+ 0,34	+ 0,24	+ 0,3	+ 0,12	+ 0,23	Cu
	1	+ 0,44	+ 0,18	+ 0,6	+ 0,14	+ 0,35	+ 0,57	Ni
		1	0,0	+ 0,22	0,0	+ 0,1	+ 0,18	Co
			1	0,0	0,7	+ 0,25	+ 0,22	Pb
				1	+ 0,16	+ 0,38	+ 0,54	Ba
					1	+ 0,32	+ 0,24	Zn
						1	+ 0,22	Zr
							1	Cr

Таким образом в гумусовом горизонте почв картина корреляционной связи между элементами сохраняется та же, что и в коренных поро-

дах участка. Это говорит о том, что содержание металлов в почвах полностью контролируется содержанием их в породах. Одинаковое поведение элементов в двух геохимических концентрах говорит о слабой разработанности почвенного профиля. Типоморфными элементами в почве также являются медь, свинец и цинк.

Коэффициенты корреляции между элементами в листьях древесной растительности, произрастающей на участке месторождения, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Cu	Ni	Co	Pb	Ba	Zn	Zr	Cr	
1	+ 0,33	+ 0,15	+ 0,51	- 0,44	+ 0,44	- 0,13	0,0	Cu
	1	+ 0,1	+ 0,27	0,0	- 0,12	- 0,2	0,0	Ni
		1	+ 0,14	- 0,14	+ 0,1	0,0	+ 27	Co
			1	- 0,36	+ 0,34	- 0,29	- 0,15	Pb
				1	- 0,64	0,0	0,0	Ba
					1	0,0	0,0	Zn
						1	0,0	Zr
							1	Cr

Схема связи между элементами в листе растений представлена на рис. 1в. В растениях, по сравнению с гумусовым горизонтом почв, мы видим уже иную картину коррелирующих связей. Здесь наблюдается значительное ослабление связи между Zn и Pb и некоторое усиление связи между Cu и Pb.

Большой интерес представляет возникновение отрицательной корреляции между содержанием бария и цинка, свинца и меди.

Корреляционные зависимости между элементами в разных концентрах приведена в таблице 4.

Таблица 4

Элементы	Коэффициент корреляции системы порода-почка	Коэффициент корреляции системы почва-растение
Cu—Cu	0,84	0,54
Zn—Zn	0,63	0,3
Pb—Pb	0,7	0,61
Ba—Ba	0,56	0,15

Таблица 4 свидетельствует о том, что почва полностью отражает особенности химического состава породы. Следовательно, в таких условиях проведение металлометрического опробования по гумусовому горизонту методически верно. Растения также хорошо коррелируются с почвой.

В тех же природных условиях на специально выбранном участке, где заведомо не было рудной минерализации, нами были отобраны образцы пород, почв, вод и растений и установлены фоновые содержания металлов для всех изучаемых геохимических концентров. Цинк и свинец при данной чувствительности спектрального анализа (0,001%) во всех

концентрах фонового участка обнаружены не были. Следовательно, уже сам факт наличия этих элементов в почвах, растениях и отложениях ручьев является признаком существования вторичного ореола рассеяния в данных природных условиях. Необходимо подчеркнуть, что это справедливо и для водных ореолов рассеяния.

Встречаемость меди равна 100%. Фоновое содержание ее составляет в гумусовом горизонте $5 \cdot 10^{-3}\%$, верхнее фоновое содержание $7,4 \cdot 10^{-3}\%$. Распределение меди на глубину в рыхлых отложениях фонового участка по всему профилю очень равномерно. Фоновое содержание меди в листе растений равно $7,7 \cdot 10^{-3}\%$, верхнее фоновое — $9,1 \cdot 10^{-3}\%$, причем медь не имеет тенденции к накапливанию в отдельных видах растений или в каких-нибудь их органах.

В пределах вторичного ореола рассеяния, развитого на участке рудопроявления, содержание Cu повышается до $8 \cdot 10^{-3}\%$, — $1 \cdot 10^{-2}\%$ в гумусовом горизонте. Ореол рассеяния по меди довольно узок (30—40 м), вытянут вдоль склона и мало смещен.

Свинец и цинк образуют широкие смещенные по склону ореолы рассеяния, которые местами не совпадают друг с другом. Они имеют вытянутую вдоль склонов форму и превышают длину рудных тел. В среднем ширина ореолов рассеяния по Pb и Zn не превышает 120 м, причем величина смещения ореола в этом случае не более 70 м. Содержание Pb колеблется в ореоле в пределах 0,001—0,01%, а Zn 0,001—0,03%. Такая вариабильность позволяет дифференцировать ореолы. Контуры аномалий Pb и Zn с более высокими содержаниями уже и совпадают с местоположением рудных тел. Как нам кажется, дифференцируя ореолы рассеяния Pb и Zn по их содержаниям, можно довольно четко установить участки наибольшей интенсивности аномалий, которые пространственно связаны с рудными телами.

Металлометрической и биогеохимической съемкой нами был зафиксирован хорошо выраженный широкий (200 м) и длинный (560 м) ореол рассеяния Cu, Pb и Zn, приуроченный к породам, не несущим, судя по геологической карте, никакого оруденения. Содержание Zn колеблется здесь от 0,005 до 0,03%; Pb—0,003—0,01%; Cu—0,008—0,01%.

Возможность заражения выделяемого участка отсутствует, т. к. участок расположен выше по склону, чем изучаемые рудопроявления. Мы рекомендуем постановку здесь более детальных разведочных работ.

Почвенные разрезы, изученные над рудными телами, показывают закономерное увеличение содержаний типоморфных элементов с глубиной.

Ореолы рассеяния на участке месторождения значительно расширяются к поверхности. Мощность жил составляет 0,2—0,6 м, а ширина ореолов 100—120 м, т. е. ореолы превышают мощность рудных тел более чем в сто раз. Учитывая, что по разрезам, изученным в пределах ореола, наблюдается значительная контрастность ореолов Cu, Pb и Zn по гумусовому горизонту, мы можем рекомендовать отбор проб из гумусового горизонта. Наблюдаемый с глубиной рост концентрации Cu, Pb и Zn над

рудными телами не может явиться причиной увеличения глубины отбора проб, т. к. «богатство» ореола не является самоцелью. Совершенно безразлично, будет ли месторождение обнаружено при поисках по высоким или низким содержаниям металла в ореоле, важно, чтобы поисковая задача была решена и притом с наименьшими затратами» [3].

Вынос меди, свинца и цинка из зоны окисления месторождения осуществляется в виде твердого и химического стока. Причем на путях выноса образуются потоки рассеяния рудных элементов. Потоки рассеяния образуются за счет денудации вторичных ореолов рассеяния, расположенных в данном бассейне водосбора. В аллювии ручья, дренирующего территорию месторождения, образуется вторичный поток рассеяния по меди, свинцу и цинку с содержаниями от 0,005 до 0,01%. Поток рассеяния по Cu, Pb, Zn и сульфат-иону образуется в воде ручья. Пройдя зону оруденения, вода ручья повышает содержание сульфат-иона с 34,6 мг/л до 63,7 мг/л. Содержание Cu, Pb и Zn соответственно равны 3,6 и 12 мг/л. В грунтовых и поверхностных водах фонового участка металлы не обнаружены. Таким образом, любое количество меди, свинца, цинка в водах района уже является аномальным. К сожалению, быстрое впадение ручья в р. Марц исключает возможность прослеживания дальности миграции элементов. Водный ореол рассеяния слабо проявлен вследствие:

- а) преобладания скорости эрозии над скоростью окисления рудных тел;
- б) значительного разбавления ручьев обильными осадками;
- в) сорбции глинистыми минералами, лимонитом, гидрооксидами марганца;
- г) нейтральной реакции среды и слабой миграционной способности элементов.

Кроме этого, нами исследовались особенности накопления рудных металлов растениями. Было обнаружено, что цинк растениями не накапливается и лишь в 20% от всей суммы анализированных (спектрально) растительных проб можно было уловить весьма незначительные содержания цинка (следы и 0,001%). Как было показано выше, в листе корреляционная связь между цинком и свинцом ослаблена; кроме того, обнаружилась весьма незначительная корреляционная связь между содержаниями цинка в гумусовом горизонте почв и в листе растений. Все это говорит о том, что цинк в листе растений не является надежным поисковым признаком.

Растения разных видов накапливают металлы по разному. Если сравнить, к примеру, листову дуба, граба и грабинника, то в ней содержится меди соответственно 0,0116%; 0,0136%; 0,009%; а свинца— 0,004%; 0,0066%; 0,003%.

Даже растения одного вида накапливают металлы в разных своих частях в неодинаковой степени. Большинство растений накапливает в корнях больше меди, никеля, свинца и хрома, чем в надземных частях.

В поисковых целях удобно использовать надземные части растений. Здесь микроэлементы также распределяются неравномерно. У дуба, например, Cu, Pb и Ba накапливаются в ветвях, у грабинника—в листьях, у праба Cu накапливается в листьях, а Ni, Pb и Ba—в молодых ветвях. Кора деревьев наименее обогащена элементами. Поэтому правильнее всего вести биогеохимическую съемку по листве и ветвям древесных пород растений. В таблице 4 указано среднее содержание элементов в гумусовом горизонте почв и в листве растений на участке месторождения и на фоновом участке в $\mu\text{г} \cdot 10^{-3} \%$ по данным 50 анализов.

Таблица 4

Элементы						
	Cu	Ni	Pb	Ba	Zn	Cr
Концентраты						
Гумусовый горизонт на участке месторождения	5,0	2,0	0,8	8,0	1,4	3,0
Листва на участке месторождения	9,0	3,0	4,0	6,5	сл	1,0
Гумусовый горизонт на фоновом участке	5,0	сл	н. о.	6,0	п. о.	2,0
Листва на фоновом участке	7,7	2,3	1,3	7,8	п. о.	1,0

Из таблицы видно, что Cu, Pb и Ni более значительно накапливаются в растениях по сравнению с гумусовым горизонтом, растения фоновом участка имеют те же тенденции. Интерес представляет поведение Ba, который на фоновом участке накапливается листвой растений, а на участке рудной минерализации накапливается в гумусовом горизонте. В листве растений образуется широкая отрицательная аномалия по барью. Аномалии в растениях образуют также свинец и медь. По своим размерам аномалии в растениях превышают аномалии в почвах, они шире (до 430 м) и более изометричны, особенно по свинцу.

Содержание микроэлементов в растениях обусловлено сочетанием большого числа переменных факторов. Поэтому биогехимические аномалии, как правило, более сложены и неоднородны, более смещены, чем в почвах. Наши результаты не являются исключением из этой закономерности. Все же необходимо отметить, что максимумы биохимических аномалий соответствуют выходам рудных тел.

Таким образом, у нас получаются весьма контрастные аномалии в гумусовых горизонтах почв и в водах.

Основные выводы наших исследований: участок месторождения четко фиксируется на местности повышенным содержанием Cu, Pb и Zn в коренных породах, в почвах, в аллювии ручьев первого порядка, в подземных и поверхностных водах и в растениях. В почвах месторождения развивается открытый остаточный сингенетический ореол рассеяния типоморфных элементов (Cu, Pb, Zn), характерной особенностью которого является вытянутая вдоль склона форма и незначительная величина смещения.

Нам представляется, что при крупномасштабных поисках в подобных физико-географических и геологических условиях наиболее надежным и дешевым методом является литогеохимический метод поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния. Учитывая жильный характер рудопроявлений, небольшие размеры рудных тел по простиранию, их малую мощность и малые размеры выявленных нами вторичных ореолов рассеяния, мы можем рекомендовать проведение детальных поисков по сети 50 X 20 м. При такой сети каждый ореол, образованный небольшой жилой, будет пересекаться хотя бы одним профилем съемочной сети, и не менее двух точек опробования в пределах профиля попадает внутрь контура ореола. Опробованию подлежит гумусовый горизонт с глубины 5—7 см и тонкая илистая фракция ручьев первого порядка. Гидрогеохимическая и биогеохимическая съемки возможны в подобных условиях только как вспомогательные методы исследований.

Институт геологических наук
АН АрмССР

Поступила 26.VII.1967

Ա. Գ. ԲՈՋԱՐՅԱՆ

ՑՐՄԱՆ ԵՐԿՐՈՐԴԱՅԻՆ ՇՐՋԱՊՍԱԿՆԵՐԻ ՈՐՈՇ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՄԱՐՑԻԳԵՏԻ ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՈՐԻՆԱԿՈՎ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Մարցիգետի բազմամետաղային հանքավայրի օրինակով, նախալեռնային տեղանքի պայմաններում և լայնատերև անտառների սփռման շրջանում ուսումնասիրվել է ցրման երկրորդային շրջապսակների կազմավորման որոշ առանձնահատկությունները:

Հանքայնացումը հարում է միջին էոցենի հրաբխածին և հրաբխա-նստվածքային ապառներին: Կատարված է մետաղաչափական և բիոգեոքիմիական նրմուշարկում 50 X 20 մ ցանցով: Տեղամասում հանքավայրի տարածությունը սեփեռվում է Cu, Pb և Zn-ի բարձր պարունակություններով՝ մայր ապառներում, հողերում, վտակների ալյուվիում, ջրերում և բույսերում: Ամենանեղ և ցայտուն արտահայտված շրջապսակները, տարածականորեն կապված հանքամարմինների հետ, կազմավորվում են փխրուն նստվածքներում և հողերում:

Նման բնական պայմաններում միջին և խոշոր մասշտաբի որոնողական աշխատանքներում կիրառելու համար հողվածում առաջարկվում է հուսալի և էժանագին մեթոդ, այն է՝ որոնման լիթոգեոքիմիական մեթոդը ըստ ցրման երկրորդային շրջապսակների և հոսքերի: Նմուշարկման ենթակա է հումուսային հորիզոնը 5—7 սմ խորությամբ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Ереван, 1958.
2. Глазовская М. А. Геохимия ландшафтов и поиски полезных ископаемых. Изд. МГУ, 1961.
3. Соловов А. П. Основы теории и практики металлометрических съемок. Алма-Ата, 1959.