

**ИНТЕРПРЕТАЦИЯ  
ЛИТОХИМИЧЕСКИХ  
АНОМАЛИЙ**

**МОСКВА-1977**

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ  
И КРИСТАЛЛОХИМИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ  
ЛИТОХИМИЧЕСКИХ  
АНОМАЛИЙ

2504



МОСКВА-1977

УДК 550.842

Интерпретация литохимических аномалий. Изд. ИМГРЭ, 1977.

В сборнике освещается интерпретация литохимических аномалий при проведении геохимических исследований в ходе геологоразведочного процесса.

Ответственный редактор  
С. В. Григорян

© Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), 1977

Г.Н.Абрамсон, С.В.Григорян,  
С.А. Григоров

СПОСОБ ОЦЕНКИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ  
АНОМАЛИЙ НА ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗОЛОТОЕ  
ОРУДЕНЕНИЕ

В последние годы в СССР и за рубежом ведутся интенсивные исследования в области методики геохимических поисков рудных месторождений. К настоящему времени такие методики уже разработаны для многих формационных типов, в первую очередь, для полиметаллических, вольфрамовых, оловянных, пегматитовых, медноколчеданных и, в меньшей мере, золотых. Главный вопрос, которому уделялось основное внимание, — это оценка относительного уровня эрозионного среза аномалий. Промышленная оценка геохимических аномалий до настоящего времени, за редким исключением, определялась только качественно (по наличию или отсутствию в ореолах высоких концентраций главных рудных компонентов). Такой подход к оценке аномалий не удовлетворяет возросшим требованиям разведчиков.

На примере одного из золоторудных месторождений мы попытались выявить основные принципы подхода к количественной промышленной оценке аномалий.

В геологическом строении месторождения принимают участие стратифицированные и магматические образования мезозойского возраста с однообразным и достаточно простым составом. Это переслаивающаяся толща алевролитов и глинистых сланцев с прослоями песчаников. Песчаники полимиктовые, кварц-полевошпатовые с преобладанием зерен кварца и глинистым цементом. Магматические образования представлены ветвящимися субвулканическими дайками липарит-порфиrowого и трахит-порфиrowого состава субмеридионального простирания, согласными с вмещающей толщей. Мощность даек варьирует от 0,5-1 до 100 м.

Дайки трахитового состава расположены на удалении от рудных тел, а липаритового состава наблюдаются на контактах с рудными телами. В табл. I приводятся установленные на месторождении минералы.

Химическими анализами семи технологических проб, выполненными в разных специализированных лабораториях, установлено содержание в рудах:  $SiO_2$  56,0-76,4%,  $Al_2O_3$  9,98-16,7%,  $Fe_2O_3$  3,05-

Т а б л и ц а I

## Минералы месторождения

Группы минералов	Главные	Второстепенные	Спорадические
Нерудные	Кварц, гидромусковит, каолинит	Сидерит, рутил	Апатит, цитронанатаз, турмалин, касситерит
Рудные	<u>Антимонит</u> <sup>I/</sup> , арсенопирит, пирит, марказит	<u>Галенит</u> , <u>сфалерит</u> , <u>халькопирит</u> , <u>золото</u> <u>самородное</u>	<u>Аргентит</u> , <u>станный</u> , <u>жемсонит</u> , <u>эмальгама</u>
Минералы зоны окисления	Скородит, лимонит, валентинит	Ярозит, кермезит, сервантит, стибиконит, гидроокислы железа	Англезит

<sup>I/</sup> Подчеркнуты минералы-концентраторы элементов-индикаторов.

-4,95%,  $K_2O$  2,19-3,1%. Единственным извлекаемым компонентом является золото. В незначительном количестве присутствуют: серебро, сурьма, мышьяк, медь и свинец.

Рудные тела приурочены к системе кулисообразных трещин субмеридионального простирания с крутым (60-70°) восточным падением. Руда представляет собой сильно измененные, брекчированные и передробленные, окварцованные, серицитизированные алевролиты, обогащенные углистым веществом и рассеченные штокверкоподобной системой кварцевых и кварцево-сульфидных прожилков с неравномерной, очень тонкой вкрапленностью золота. Размер отдельных зерен золота колеблется в пределах от тысячных до сотых долей миллиметра.

Изучение имеющегося в настоящее время фактического материала позволяет нам сделать вывод о том, что основными формами нахождения элементов-индикаторов в рудах и ореолах являются соответственно: для сурьмы - антимонит, мышьяка - арсенопирит, свинца - галенит, меди - халькопирит, серебра - аргентит. Наблюдается

возрастание содержания золота по падению рудного тела от верхнерудных сечений к нижнерудным. Одновременно уменьшается количество антимонита в рудах и увеличивается количество арсенопирита. Наблюдается четкая приуроченность крупных скоплений антимонита к верхним частям рудных тел, здесь же присутствует как правило аргентит и галенит. Халькопирит накапливается главным образом в нижних частях рудных тел вместе с арсенопиритом.

Кроме ореолов химических элементов выявленных минералов, четко фиксируются интенсивные ореолы вольфрама, висмута, олова, бериллия, цинка и кобальта, форма нахождения которых не установлена. По данным спектрального анализа, содержания в ореолах всех этих элементов явно не имеют промышленного значения, но представляют большой интерес с геолого-геохимических позиций в связи с текущим положением их ореолов по отношению к ореолам известных минералов. Указанное обстоятельство позволяет предполагать полиформационный характер выявленных на месторождении первичных ореолов.

Геохимические особенности первичных ореолов изучались на 2I поперечном разрезе вкостр простирания рудных тел и одном продольном разрезе в плоскости рудной зоны. Поверхность изучалась по данным опробования канав.

На всех изученных разрезах наблюдается идентичная зональность в распределении химических элементов в рудах и околорудном пространстве. В качестве примера приводятся данные изучения первичных ореолов на одном из наиболее представительных разрезов 28 - 28 через рудное тело № I, которое прослеживается четырьмя скважинами более, чем на 200 м по падению (рис. I).

Из широкого круга химических элементов только золото, серебро, свинец, мышьяк, медь и сурьма образуют достаточно контрастные ореолы, проявляющие закономерную пространственную связь с рудными телами. Ореолы золота, меди и мышьяка усиливаются от верхнерудных к нижнерудным сечениям, где они достигают максимальных значений (рис. I, табл. 2). Серебро, свинец и сурьма проявляют противоположную тенденцию в накоплении (рис. 2) и максимальных содержаний достигают в верхнерудных сечениях (см. табл. 2).

В забое скв. I появляются новые аномалии элементов-индикаторов золотого оруденения, и здесь же с ними совмещены аномалии вольфрама, олова, бериллия, висмута, цинка и кобальта.

По-видимому, в данном случае мы наблюдаем совмещение в пространстве двух типов минерализации. На других разрезах наблю-

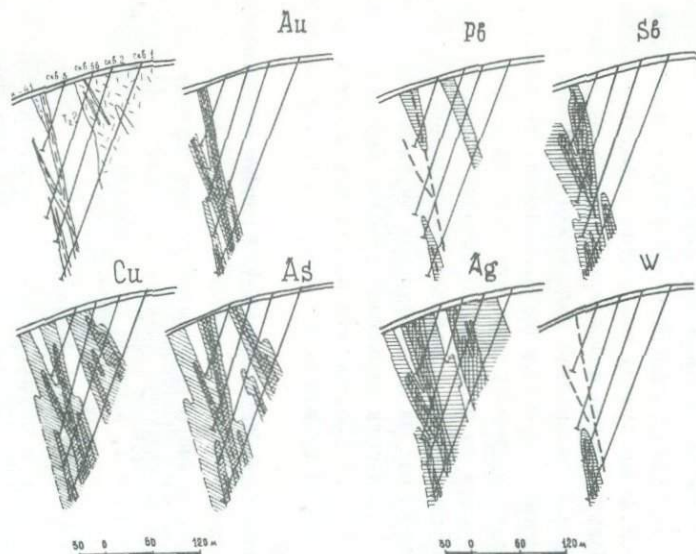


Рис. 1

Рис. 2

1 2 3 4 5 6

1 2 3 4

Рис. 1. Ореолы элементов-индикаторов на разрезе 28 - 28 через рудное тело № 1

1 - алевритовая толща; 2 - кварц-полевошпатовые порфиры; 3 - оси рудных тел; 4 - скважины. Содержания элементов в ореолах (в %): 5 - золото  $10-100$  (усл. ед.), медь  $5-10 \cdot 10^{-3}$ , мышьяк  $1-10 \cdot 10^{-2}$ ; 6 - золото  $> 100$  (усл. ед.), медь  $> 10 \cdot 10^{-3}$ , мышьяк  $> 10 \cdot 10^{-2}$

Рис. 2. Ореолы элементов-индикаторов на разрезе 28 - 28 через рудное тело № 1

1 - оси рудных тел; 2 - скважины. Содержания элементов в ореолах (в %): 3 - свинец  $> 10 \cdot 10^{-3}$ , сурьма  $3-10 \cdot 10^{-3}$ , серебро  $1-10 \cdot 10^{-5}$ , вольфрам  $10-100 \cdot 10^{-3}$ ; 4 - сурьма  $> 10 \cdot 10^{-3}$ , серебро  $> 10 \cdot 10^{-5}$ , вольфрам  $> 100 \cdot 10^{-3}$

дается как их совмещение, так и разобшение в пространстве. При пересечениях этих аномалий золото-сульфидные ореолы являются секущими, что подтверждается и некоторыми геолого-структурными данными, полученными при изучении района месторождения.

Т а б л и ц а 2

Средние содержания элементов-индикаторов на разрезе  
28 - 28 через рудное тело № I (условные единицы)

№№ СКВ. канал	Элементы-индикаторы					
	Серебро	Сурьма	Свинец	Медь	Мышьяк	Золото
K-4I	<u>0,000366</u> <sup>I/</sup>	0,0035	<u>0,0416</u>	0,0071	0,101	1,7
C-3	0,000212	<u>0,2040</u>	0,0028	0,0088	0,337	2,2
C-66	0,000090	0,1303	0,0021	0,0078	0,718	2,5
C-2	0,000073	0,0040	0,0041	0,0129	0,754	3,2
C-I	0,000063	0,0101	0,0029	<u>0,0157</u>	<u>0,894</u>	<u>4,6</u>

I/ Подчеркнуты максимальные значения средних содержаний элементов-индикаторов

Расчет ряда зональности проводился по величине показателя зональности (отношение среднего содержания каждого элемента к сумме средних содержаний всех элементов). Максимальное относительное накопление (табл.3) серебра и свинца наблюдается на верхнем горизонте (K-4I), сурьмы - на втором (C-3), меди, мышьяка и золота - на нижнем (C-I).

Исходя из данных, приведенных в табл.3, можно составить следующий ряд зональности (сверху вниз):

серебро - свинец - сурьма - медь - золото - мышьяк.

Таким образом, по относительному накоплению в ореолах выделяются две группы химических элементов: I - серебро, свинец, сурьма (для верхнерудных горизонтов); II - медь, золото, мышьяк (для нижнерудных горизонтов).

Для оценки осевой зональности ореолов выбрано мультипликативное индикаторное отношение третьего порядка:

$$K_3 = \frac{Ag \cdot Pb \cdot Sb}{Cu^2 \cdot As}$$



Т а б л и ц а 3

Величины показателя зональности ореолов элементов-индикаторов на разрезе 28 - 28 через рудное тело № I

Уровни сечений	Элементы-индикаторы					
	Серебро	Сурьма	Свинец	Медь	Мышьяк	Золото
I К-4I	<u>0,324</u> <sup>I/</sup>	0,003	<u>0,369</u>	0,062	0,089	0,15
II С-3	0,194	<u>0,187</u>	0,025	0,080	0,309	0,20
III С-66	0,072	0,103	0,016	0,062	0,573	0,20
IV С-2	0,055	0,003	0,031	0,096	0,571	0,24
V С-I	0,039	0,006	0,017	<u>0,097</u>	<u>0,680</u>	<u>0,29</u>

<sup>I</sup>Подчеркнуты максимальные значения величины показателя зональности.

где  $K_3$  - коэффициент зональности, указывающий на положение изучаемого сечения относительно рудного тела; Ag, Pb, Sb, Cu, As - средние содержания элементов в ореолах.

Использование золота в знаменателе индикаторного соотношения представляется нецелесообразным, так как необходимость применения спектрохимического анализа на золото связана со значительными затратами средств и времени, что снижает экспрессность прогноза, одного из главных достоинств геохимических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.

Т а б л и ц а 4

Величины коэффициента зональности на эталонном разрезе 28 - 28 через рудное тело № I

Уровни сечений	Расстояние между сечениями (м)	$\frac{Ag \cdot Pb \cdot Sb}{Cu^2 As}$	Коэффициент контрастности I / y
I К-4I	45	$1 \cdot 10^{-2}$	1220
II С-3	55	$1,7 \cdot 10^{-3}$	
III С-66	45	$5,6 \cdot 10^{-4}$	
IV С-2	45	$1,0 \cdot 10^{-5}$	
V С-I		$8,2 \cdot 10^{-6}$	

Рис. 3

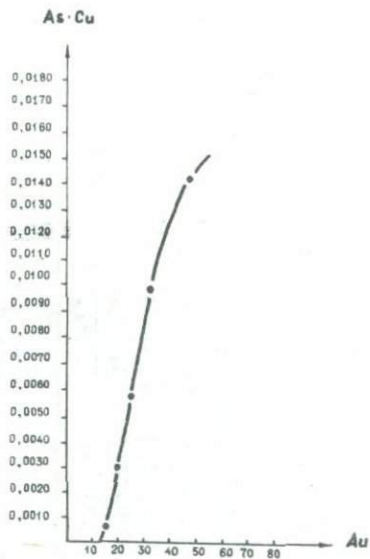


Рис. 3. Зависимость содержания золота в рудных телах от величины произведения мышьяка и меди в ореолах (в усл. единицах)

Рис. 4

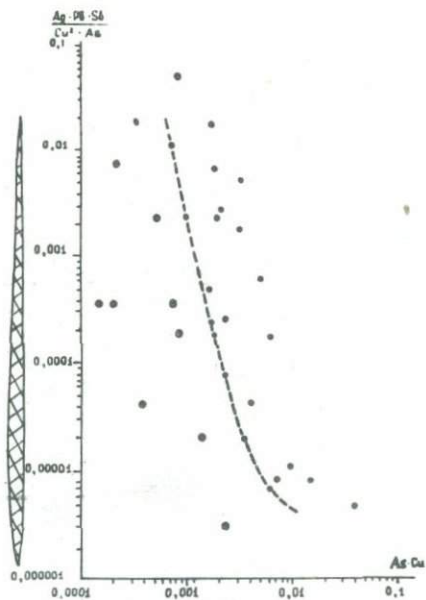


Рис. 4. График-диаграмма определения промышленной значимости золоторудных тел (темные кружки -  $K_3$  и  $K_M$  промышленных рудных тел, кружки с точками - то же для непромышленных рудных тел; пунктирная линия - гранитные залежи)

Контрастность выбранного отношения (табл. 4) достаточно высока (I220), особенно если учесть, что это данные по верхне-нижнерудным сечениям, а не по надрудным и подрудным.

Расчеты величин индикаторного отношения в ореолах по разрезам через рудное тело 2 показали идентичность значений этих величин для адекватных сечений рудного тела I, что указывает на возможность использования предлагаемого индикаторного соотношения для оценки осевой зональности первичных ореолов для месторождения в целом. Изучение взаимосвязи различных элементов между собой в пределах месторождения позволило установить прямую зависимость между величинами произведений средних содержаний меди и мышьяка в ореолах и золота в рудных телах для адекватных сечений (рис. 3), что объясняется отмечающейся парагенетической связью золота с арсенопиритом и халькопиритом в рудах. Таким образом, установленные закономерности позволяют в дальнейшем для геохимических построений исключить дорогостоящий спектрохимический анализ на золото и использовать в качестве замены сравнительно дешевые спектральные анализы на медь и мышьяк.

Изучение большого фактического материала выявило закономерную связь между коэффициентом зональности, определяющим положение изучаемого сечения относительно оруденения и величиной произведения средних содержаний меди и мышьяка в ореолах ( $K_{И} = Cu \cdot As$ ). Установленная функциональная зависимость между  $K_3$  и  $K_{И}$  позволяет определить промышленную значимость оруденения. Данные расчетов величин  $K_3$  и  $K_{И}$  приведены на графике-диаграмме (рис. 4).

Используя данный график-диаграмму, через величины  $K_3$  и  $K_{И}$  можно определить относительный уровень среза рудных тел и их промышленную значимость.

Стабильность поведения величины индикаторного соотношения на всех без исключения разрезах позволяет использовать количественные параметры зональности ореолов также для увязки рудных интервалов в рудные тела в тех случаях, когда данные опробования и документации разведочных сечений не дают однозначного решения поставленной задачи. Монотонность убывания величины коэффициента зональности от одного рудного интервала к другому является критерием правильной увязки рудных тел. Это позволило по-новому подойти к морфологии рудных тел, выявив кулисообразность в их расположении.

Применение разработанной методики на практике в пределах одного из золоторудных месторождений позволило обнаружить новые промышленные рудные тела, не выходящие на дневную поверхность.

В.А. Бородин, С.В. Григорян,  
В.В. Аксененко, Н.С. Носенко

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ СКРЫТОГО СУРЬЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ, ЛОКАЛИЗОВАННОГО В ПОЛОГОЗАЛЕГАЮЩИХ СТРУКТУРАХ

Геохимические методы поисков по первичным ореолам находят широкое применение при решении многих поисковых задач. Особенно большое значение они имеют при оценке перспектив выявленных геохимических аномалий, когда возникает необходимость установления ее формационной принадлежности и уровня эрозионного среза. В этом направлении в последние годы достигнуты определенные успехи, которые обусловлены использованием качественных и количественных характеристик первичных ореолов вокруг крутопадающих рудоносных зон (Обчинников, Григорян, 1970; Григорян, 1971). В то же время методика геохимических исследований по первичным ореолам вокруг скрытого оруденения, локализованного в пологозалегающих структурах, все еще находится в стадии разработки, при которой простое перенесение методических приемов, применяемых для ореолов крутопадающих зон, не всегда эффективно.

Основной причиной такого положения является особенность геохимической зональности на месторождениях, характеризующихся пологим залеганием структур, при которой ее основная составляющая — осевая зональность — совпадает с горизонтальной плоскостью (Григорян, 1971), что исключает ее применение для установления уровня эрозионного среза, или, в данном конкретном случае, определения глубины залегания скрытого оруденения. Применение же для решения этой задачи вертикали к горизонтальной плоскости, т.е. поперечной геохимической зональности, не всегда дает положительный эффект из-за менее устойчивого характера распределения элементов и находит поддержку не у всех исследователей.

Одним из путей, рекомендуемых для разработки более надежных количественных характеристик глубины залегания скрытого оруденения, является объемное изучение геохимической зональности на эталонных объектах. При этом рекомендуется исследование проводить по нескольким поперечным геолого-геохимическим разрезам и одному или больше продольным разрезам. Эффективным приемом, по нашему мнению, может быть изучение особенностей распределения

элементов в первичных геохимических ореолах, развитых на поверхности месторождений, отличающихся разной глубиной залегания скрытого оруденения. Установленные в результате таких исследований характеристики первичных ореолов затем могут использоваться в качестве критериев при оценке и интерпретации перспективных геохимических аномалий, выявленных в пределах данного рудного поля.

Опытно-методические исследования проводились в пределах Кадамджайского рудного поля (Средняя Азия) на двух сурьмяных месторождениях, характеризующихся различной глубиной (50–300 м; 500–700 м) залегания оруденения.

Участки месторождений "Северный" и "Западный" характеризуются скрытым залеганием оруденения, которое в виде отдельных залежей локализуется в зоне пологого межформационного надвигового контакта между древними (S-D) терригенными и среднепалеозойскими ( $C_1-C_2$ ) карбонатными и карбонатно-терригенными формациями. Мощность надвинутого аллютона широко варьирует и на участках упомянутых месторождений составляет соответственно 40–250 и 500–700 м. Рудовмещающими породами являются роговиковые и роговиково-джаспероидные брекчии. Минеральный состав: антимонит, кварц, флюорит, пирит, барит, арсенопирит, гетчелит, киноварь и др.

Особенности распределения элементов в геохимических ореолах изучались по результатам опробования керна двадцати разведочных скважин, расположенных в двух взаимно пересекающихся, поперечном и продольном, разрезах на месторождении "Западный", где рудная залежь скрыта на глубине более 500 м. Особенности распределения элементов-индикаторов в ореолах по разрезам месторождения "Северный" изучались, но в статье не обсуждаются, поскольку данный объект рассматривается в качестве неполной модели комплексного ореола месторождения "Западный". В маршрутах были отобраны геохимические пробы из коренных обнажений в прикустевых местах разведочных скважин, что позволило обеспечить точность привязки и получить достаточно равномерную (100 x 150 м) сеть опробования участков обоих месторождений. Пробы анализировались в лаборатории Геохимической экспедиции Центрального геофизического треста (г. Александров) спектральным методом на полный комплекс элементов, спецметодом на мышьяк ( $3 \cdot 10^{-4}\%$ ), сурьму ( $3 \cdot 10^{-4}\%$ ), фтор, атомно-абсорбционным на ртуть ( $1 \cdot 10^{-7}\%$ ). Исследование ореолов в разведочных разрезах проводилось по результатам спектральных анализов, выполненных по методике ВИТРА в Центральной лаборатории

Особенности распределения элементов показали, что первичные геохимические ореолы вокруг сурьмяного оруденения характеризуются многокомпонентностью состава, в котором по интенсивности выделяются две группы элементов. Одну из них образуют сурьма и сопутствующие ей мышьяк, ртуть, серебро, таллий и другие элементы, ореолы которых отличаются наибольшей интенсивностью в околорудном пространстве с постепенным ее падением на флангах рудных залежей. В другую группу входит подавляющее большинство остальных элементов-индикаторов: медь, никель, кобальт, олово, вольфрам, цинк и др., ореолы которых, наоборот, слабо контрастны и образуют как положительные, так и отрицательные аномальные поля. Причем последние обычно совмещаются с интенсивной частью ореола рудного элемента, образуя ореолы выноса, тогда как их положительные аналоги развиваются по периферии и на флангах ореолов элементов первой группы. Нетрудно заметить, что эти группы элементов-индикаторов относятся к так называемым "надрудному" и "подрудному" комплексам (Овчинников, Григорян, 1970). В связи с таким положением описанных групп по отношению к сурьмяному оруденению поперечная геохимическая зональность выражается следующим рядом элементов (снизу вверх): сурьма - мышьяк - таллий - серебро - ртуть - цинк - висмут - галлий - свинец - олово - германий<sup>I</sup>.

Данный геохимический ряд отражает накопление элементов первой группы (надрудный комплекс) вблизи рудоконтролирующего контакта, а элементов второй группы (подрудный комплекс) вблизи поверхности месторождения (Бородин и др., 1974).

Геохимический коэффициент, составленный на основе этого ряда зональности  $\frac{\text{мышьяк} \times \text{серебро} \times \text{сурьма}}{\text{олово} \times \text{висмут} \times \text{цинк}}$ , не позволяет получить достаточно надежных количественных характеристик различных уровней комплексного геохимического ореола. Изменения этого коэффициента по направлению вверх от рудоконтролирующего контакта не имеют закономерности, неустойчиво изменение также частных мультипликативных значений, вычисленных по многочисленным разведочным скважинам. Они отражают крайне невыдержанный характер

<sup>I</sup> Выпадение некоторых элементов в приведенном ряду объясняется тем, что пробы по разрезу анализировались по более высокочувствительной методике ВИТРа, предусматривающей комплекс лишь легколетучих элементов.

изменения параметров ореолов даже на протяжении первых 300 м по направлению вверх от рудной залежи. При удалении же, превышающем 300 м, отмечается еще более беспорядочное изменение, не позволяющее выявить даже общей тенденции (табл. I).

В связи с этим дальнейшими исследованиями устанавливались возможности определения глубины залегания оруденения по распределению элементов в первичных геохимических ореолах, развитых на поверхности участков. Эти ореолы также характеризуются многокомпонентностью состава, что позволяет установить некоторые качественные и количественные различия между изучаемыми объектами. Наиболее важными качественными отличиями являются следующие:

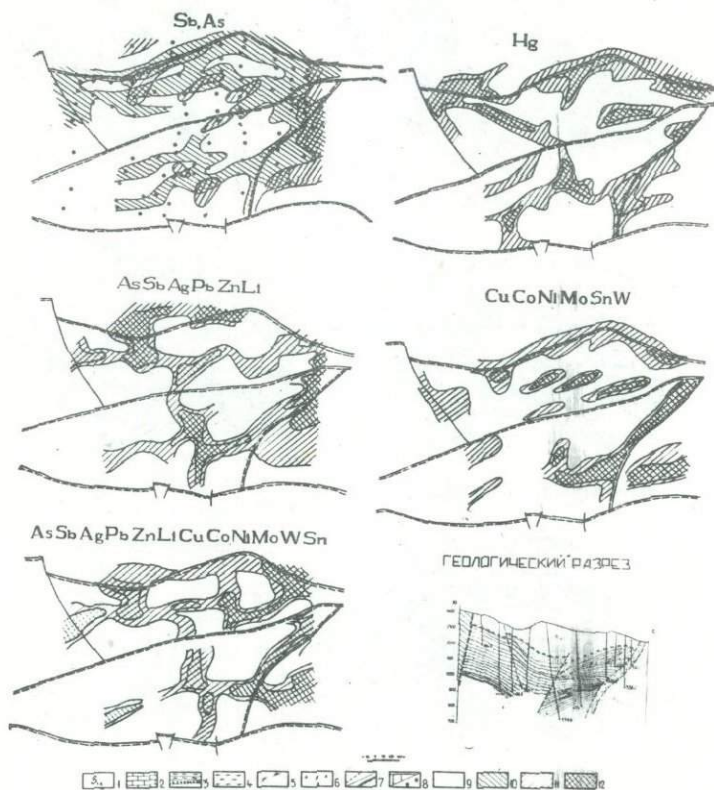
- практически полное отсутствие ореолов сурьмы на участке месторождения "Северный", характеризующемся маломощной "покрышкой" сланцев (рис. I), и широкое развитие интенсивных ореолов рудного элемента на участке глубокозалегającego месторождения "Западный" (рис. 2);

- широкое развитие на участке "Западный" не только положительных, но и отрицательных аномальных полей элементов (ореолов выноса), находящихся в пространственной близости и, по-видимому, генетическом родстве между собой (см. рис. 2);

- более контрастное проявление ореолов элементов надрудного комплекса (мышьяка, серебра, лития, таллия) на участке "Северный" (см. рис. I).

Отмеченное несоответствие в распределении рудного элемента в ореолах этих объектов становится ясным при интерпретации результатов изучения разведочных скважин. Анализ материалов позволяет выявить экранирующий характер перекрывающих сланцев, в которых вблизи рудоконтролирующего контакта устанавливается резкое падение концентраций сурьмы, а затем на расстоянии около 300 м от рудных залежей новое увеличение ее одновременно с ростом содержаний многих элементов-индикаторов. Последнее, очевидно, обусловлено появлением зоны надрудной сульфидизации в мощной толще перекрывающих сланцев (Федорчук, Никифоров, 1958).

В качестве количественных характеристик первичных геохимических ореолов рассматриваются средние содержания элементов, а также их произведения, т.е. значения частных и общих мультипликативных ореолов. Они в значительной мере обусловлены описанными выше особенностями изученных объектов. Так, уровень средних содержаний большинства элементов-индикаторов (табл. 2) в I, 5-5



Фиг. 1. Первичные ореолы ртути, сурьмы, мышьяка и мультипликативных комплексов элементов-индикаторов сурьмяного оруденения на участке месторождения "Северный"

1 - сланцы; 2 - известняки; 3 - алевролиты; 4 - рудовмещающие джасперидно-роговиковые брекчии; 5 - надвиг; 6 - зоны дробления; 7 - зоны нарушений: а - предполагаемые, б - установленные; 8 - объекты опробования: а - керн скважин, б - коренные обнажения. Содержания (в %): 9 - мышьяк, сурьма  $< 1,0 \cdot 10^{-3}$ , ртуть  $< 15,0 \cdot 10^{-6}$ , мультипликативный надрудный комплекс  $< 10,0 \cdot 10^{-20}$ , подрудный  $< 30,0 \cdot 10^{-20}$ , общий - менее  $1,0 \cdot 10^{-40}$ ; 10 - мышьяк  $> 1,0 \cdot 10^{-3}$ ; II - сурьма  $> 1,0 \cdot 10^{-3}$ , ртуть -  $15-30 \cdot 10^{-6}$ , мультипликативный надрудный комплекс -  $10-30 \cdot 10^{-22}$ , подрудный -  $30-100 \cdot 10^{-20}$ , общий -  $100-1000 \cdot 10^{-42}$ ; 12 - ртуть  $> 30 \cdot 10^{-6}$ , мультипликативный надрудный комплекс  $> 100 \cdot 10^{-22}$ , подрудный  $> 100 \cdot 10^{-20}$ , общий  $> 1000 \cdot 10^{-42}$ .



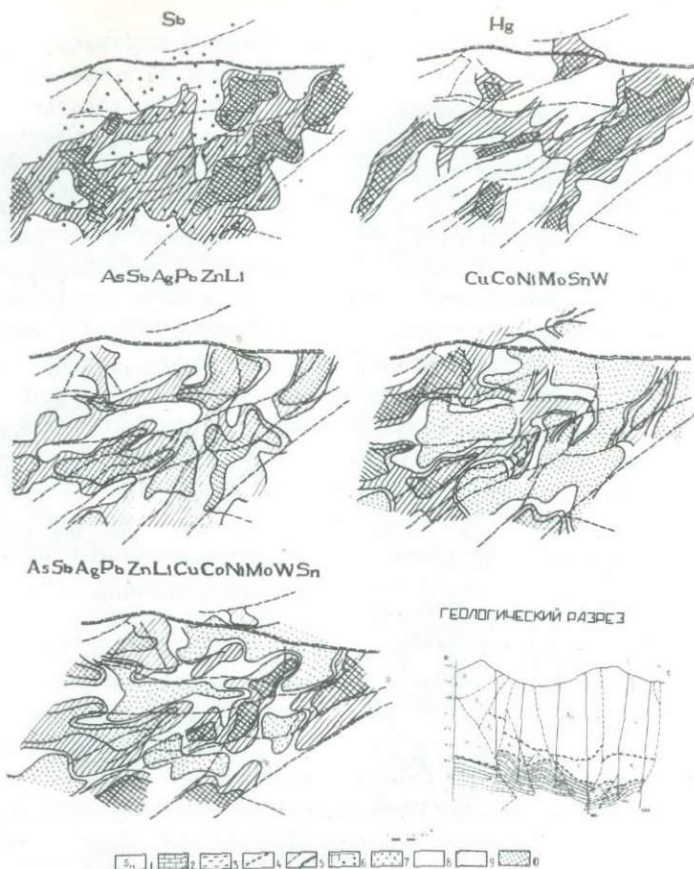


Рис. 2. Первичные ореолы ртути, сурьмы в мультипликативные комплексы элементов-индикаторов сурьмяного оруденения на участке месторождения "Западный"

1 - сланцы; 2 - известняки; 3 - рудомещающие джаспероиды; 4 - надвиг; 5 - зоны нарушений: а - предполагаемые, б - установленные; 6 - объекты опробования: а - керн скважин, б - коренные обнажения. Содержания (в %): 7 - отрицательные мультипликативные ореолы: подрудный  $< 0,01 \cdot 10^{-20}$ , общий  $< 1,0 \cdot 10^{-40}$ ; 8 - ртуть  $< 10 \cdot 10^{-6}$ , сурьма  $< 5 \cdot 10^{-3}$ , мультипликативные ореолы: надрудный комплекс  $< 100 \cdot 10^{-20}$  подрудный -  $0,1-10 \cdot 10^{-20}$ , общий -  $1-10 \cdot 10^{-40}$ ; 9 - ртуть -  $10-30 \cdot 10^{-6}$ , сурьма -  $5-25 \cdot 10^{-3}$ , мультипликативный надрудный комплекс -  $100-1000 \cdot 10^{-20}$ , подрудный -  $1-10 \cdot 10^{-20}$ , общий -  $100-1000 \cdot 10^{-40}$ ; 10 - ртуть  $> 30 \cdot 10^{-6}$ ; сурьма  $> 25 \cdot 10^{-3}$ , мультипликативный надрудный комплекс  $> 1000 \cdot 10^{-20}$ , подрудный  $> 10 \cdot 10^{-20}$ , общий  $> 1000 \cdot 10^{-40}$

2504

Таблица I

Характеристики мультипликативных ореолов в разведочных скважинах месторождения "Западный"  
(поперечная геохимическая зональность)

Расстояние от рудной залежи (в м)	Значения мультипликативных ореолов											
	Скв. I68			Скв. I73			Скв. 2I3			Скв. 2I4		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
700 (сланцы)	-	-	-	2,4	2II	0,0I	-	-	-	-	-	-
600 "	355	I035	0,3	2	83	0,02	6000	60	I00	-	-	-
500 "	225	6653	0,03	I25	50	2,5	4,5	I6	0,3	I,0	23	0,04
400 "	0,5	63	0,008	I0	27	0,3	2200	500	4,4	46	I53	0,3
300 "	II54790	268	4000	II	8	I,8	8000	I2	6,6	5I30	II	454
200 "	422	576	0,7	I,8	62	0,3	I600	200	8	I63	20	8
I00 "	6	800	0,008	33	I6	2,0	0,1	I2	0,008	I,0	25	0,04
0 (джаспериды)	I69000	0,38	480000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-I00 (известняки)	67500	0,28	0,2	2,0	I4	0,1	-	-	-	8,8	?	?
-200 "	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	?	?

I - мышьяк x сурьма x серебро ( $n \cdot 10^{-15}$ );

II - олово x висмут x цинк ( $n \cdot 10^{-12}$ );

III - мышьяк x сурьма x серебро  
олово x висмут x цинк ( $n \cdot 10^{-3}$ ).



Таблица 2

Средние содержания элементов-индикаторов во вмещающих породах изученных объектов

Название объекта	Ртуть			Медь			Цинк			Свинец			Никель		
	I(%)	II	III	I(%)	II	III	I(%)	II	III	I(%)	II	III	I(%)	II	III
1. Западный	100	0,6-180	15,6	100	1,0-6,0	3,8	100	5,0-25,0	14,7	100	0,5-2,0	1,2	100	0,5-3,0	1,8
2. Северный	100	2,2-II5	19,5	100	3,0-10,0	5,8	100	10,0-60,0	21,2	100	0,8-4,0	1,7	100	1,5-5,0	1,7
3. Северный (руды)	100	9-4000	895,0	100	4,0-10,0	5,0	100	6,0-30,0	12,7	100	0,8-5,0	1,4	100	0,6-4,0	2,0
4. Ходжа-Гаур	100	8,5-2I5	40,8	100	3,0-15,0	6,1	100	3,0-30,0	16,5	100	1,0-2,5	1,7	100	0,6-4,0	2,0

Название объекта	Кобальт			Молибден			Серебро			Мышьяк			Сурьма		
	I(%)	II	III	I(%)	II	III	I(%)	II	III	I(%)	II	III	I(%)	II	III
1. Западный	71	0,3-1,5	0,3	100	3-25	9,0	55	0,8-2,0	0,3	100	0,3-100	0,85	100	1,0-500,0	9,5
2. Северный	100	0,5-3,0	0,9	100	5-80	19	100	0,8-4,0	1,1	100	3,0-5,0	3,73	42	0,3-1,5	0,2
3. Северный (руды)	90	0,3-1,5	0,4	100	5-25	7,9	100	0,8-10,0	2,4	100	6,0-8000	564	100		160
4. Ходжа-Гаур	100	0,3-1,5	0,6	100	3-60	12	92	0,8-2,0	0,9	25	3,0-15,0	1,05	18	2,0-15,0	0,6

Название объекта	Вольфрам			Олово			Литий			Барий			Фтор		
	I(%)	II	III	I(%)	II	III	I(%)	II	III	I(%)	II	III	I(%)	II	III
1. Западный	48	0,5-0,8	0,3	74	0,1-0,4	0,1	2,4	0,8	0,02	4,7	50-250	4,6	100	30-200	62
2. Северный	44	0,5-0,6	0,3	100	0,1-0,5	0,2	100	0,8-3,0	1,2	32	40-100	22,0	100	10-370	120
3. Северный (руды)	45	0,5-2,5	0,34	100	0,1-0,5	0,2	7,3	0,8-5,0	0,24	56	40-3000	47,0	100	Не анализ.	
4. Ходжа-Гаур	23	0,5	0,11	90	0,1-0,3	0,13	71	0,8-3,0	0,7	46	40-400	15,0			

I - коэффициент минерализации; II - размах содержания; III - среднее арифметическое содержание.  
 Примечание: II и III - ртуть; серебро и молибден -  $\mu \cdot 10^{-5}$ ; все остальные элементы -  $\mu \cdot 10^{-3}$ .

раз выше на участке "Северный" в связи с близостью его поверхности к промышленному оруденению. Причем наиболее высокие коэффициенты контрастности устанавливаются для элементов-индикаторов первой группы (серебро - 3,7; мышьяк - 4,4; барий - 4,7). Для элементов-индикаторов другой группы он варьирует от 1,0 до 3,0 (никель - 1,0; кобальт - 3,0; медь - 1,5), что, очевидно, обусловлено существованием большого количества значений ниже геохимического фона, образующих отрицательные аномальные поля ореолов руды. Следовательно, приведенные в табл.2 средние содержания элементов-индикаторов достаточно определенно позволяют отличать изученные объекты, характеризующиеся различной глубиной залегания сурьмяного оруденения, локализованного в пологозалегающих структурах.

Далее была сделана попытка получить количественные мультипликативные характеристики изученных объектов. В основу выделения частных мультипликативных комплексов элементов-индикаторов была положена установленная выше группировка их по интенсивности и особенностям распределения в первичных геохимических ореолах. К тому же учитывалось место нахождения каждого элемента в универсальном ряду зональности и его отношение к тому или иному комплексу (надрудный, подрудный). В связи с этим были приняты для обработки следующие мультипликативные комплексы:

- 1) мышьяк x серебро x литий x свинец x цинк x сурьма;
- 2) медь x кобальт x никель x олово x вольфрам x молибден;
- 3) Общий мультипликативный;
- 4) мышьяк x серебро x литий x свинец x цинк x сурьма  
медь x кобальт x никель x олово x вольфрам x молибден.

В размещении частных мультипликативных ореолов на поверхности изученных объектов устанавливается, что комплекс надрудных элементов на участке "Северный" из-за хорошей корреляции моно-ореолов отчетливо локализуется вдоль зон тектонических нарушений, подчеркивая общую блоковую структуру объекта. Для ореола же подрудного комплекса отмечается чаще развитие по периферии интенсивной части ореолов первой группы. При объединении их, очевидно, из-за более значительной интенсивности первого ореола общий мультипликативный ореол также проявляется в зонах дробления и трещиноватости (см.рис.1). В отличие от описанного участка, мультипликативные ореолы на поверхности месторождения "Западный" размещаются в разных частях его; комплекс надрудных элементов тяготеет к центру и юго-востоку участка месторождения, а подрудный - раз-

вивается на северо-западе (см. рис. 2). Эта особенность в размещении частных мультипликативных ореолов обусловлена главным образом тем, что в первую группу входит рудный элемент — сурьма, который здесь образует наиболее контрастные ореолы. Если же исключить этот элемент, то в размещении частных и общего мультипликативного ореолов наметится концентрическое строение поперечной геохимической зональности единого комплексного ореола месторождения. Эта картина обусловлена локализацией положительных аномальных полей ореолов в центре и на периферии участка, разделенных отрицательными аномальными полями ореолов выноса.

Приведенные в табл. 3 сведения позволяют отметить, в первую очередь, сходимость количественных характеристик мультипликативных значений надрудного комплекса для руд и ореольных концентраций объекта с маломощной покрывкой сланцев ("Северный") при заметном падении их уровня на месторождении с глубокозалегающим оруденением ("Западный"). В противоположность этим данным, информативность мультипликативных характеристик подрудного комплекса оказывается минимальной. Лишь высокие значения их на месторождении "Северный", по-видимому, обусловленные надрудной сульфидизацией перекрывающих сланцев, могут являться дополнительным поисковым признаком при оценке аналогичных объектов. В данном же случае использование отношения характеристик частных мультипликативных ореолов не эффективно, так как присутствие высоких значений подрудного комплекса в знаменателе геохимического коэффициента, рассчитанного для месторождения "Северный", резко его занижает до уровня подобного же показателя участка "Ходжа-Гаур", отличающегося в общем низкими количественными характеристиками частных мультипликативных ореолов. Очевидно, что значения общих мультипликативных ореолов уступают по своей информативности лишь ореолам надрудного комплекса. Учитывая неоднозначность параметров мультипликативных ореолов при зависимости от многих внешних факторов, при их использовании необходимо учитывать первичные данные.

Таким образом, геохимические критерии, полученные в результате проведения геохимических съемок по первичным ореолам на участках известных сурьмяных месторождений, позволяют сделать вывод о возможности их использования в данном рудном поле для оценки и интерпретации геохимических аномалий, связанных со скрытым на глубине сурьмяным оруденением. С целью апробации разработанных геохимических критериев были проведены опытно-производственные гео-

химические поиски на участке Ходжа-Гаир, который на основании геолого-структурного анализа и геофизических данных считается перспективным на скрытое на небольших глубинах сурьмяное оруденение. Участок был изучен при помощи геолого-геохимических маршрутов с опробованием коренных обнажений по равномерной площадной сетке.

Результаты обработки геохимических данных по участку показали, что средние содержания большинства элементов (см. табл. I) совпадают с таковыми, полученными в качестве критериев неглубокого залегания сурьмяного оруденения (участок "Северный"). Незначительные расхождения были установлены лишь для мышьяка, вольфрама и олова, уровень содержания которых на участке Ходжа-Гаир оказался более низким.

Т а б л и ц а 3

Количественные характеристики общего и частного мультипликативных ореолов

Объекты	Расстояние до оруденения (м)	As·Ag·Sb· Li·Pb·Zn	Cu·Co·Ni· Mo·Sn·W	Общий ореол	I
		(I)	(II)		II
Северный (руды)	0	1000-10000	I- 10	10000-100000	1000-10000
Северный (ореол)	50-250	1000-10000	100-300	10000-100000	100-1000
Западный (ореол)	500-700	300-1000	I- 10	1000-10000	10-100
Ходжа-Гаир (ореол)	?	100-1000	I- 10	1000-10000	100-1000

В связи с тем, что вывод о неглубоком залегании рудоносного контакта согласуется с отмеченными выше результатами комплексных геолого-геофизических исследований, нами был проанализирован характер изменения значений мультипликативных ореолов. Сравнение этих показателей на опытном участке с эталонными характеристиками изученных объектов подтвердило неустойчивость мультипликативных оценок, на основании которых опытный участок должен быть отнесен к объектам с глубокозалегавшим оруденением.

Однако тщательный анализ первичных геохимических материалов позволил установить ряд особенностей в распределении элементов-индикаторов, которые объясняют кажущуюся сходимость мультипликатив-

ных характеристик опытного участка и объекта с глубокозалегающим оруденением. Это отсутствие тесных корреляционных связей между элементами, выражающееся в разобщенности и рассредоточенности моноореолов мышьяка и сурьмы, цинка и свинца, олова и вольфрама и других элементов, а также развитие на участке отрицательных аномальных полей многих из элементов-индикаторов сурьмяного оруденения. Перечисленные особенности, несомненно, повлияли на контрастность мультипликативных характеристик, что привело к неверной оценке глубины залегания рудоконтролирующего контакта, тогда как средние содержания элементов-индикаторов позволили достаточно определенно установить уровень среза выбранного для оценки объекта. В то же время перечисленные выше особенности распределения элементов-индикаторов в ореолах, развитых на участке Ходжа-Гаир, показывают, что этот объект не похож ни на одно из эталонных месторождений. Следовательно, он может быть принят в качестве нового эталонного объекта, характеризующегося нарушением корреляционных связей между элементами, рассредоточенностью и разобщенностью моноореолов, т.е. отсутствием геохимической зональности в их распределении. Такие объекты в настоящее время принято называть зонами рассеянной минерализации (ЗРМ) и оценивать как бесперспективные на скрытое оруденение (Григорян, Резников, 1972);

В настоящее время в пределах участка Ходжа-Гаир проводится поисково-структурное бурение, по данным которого (три скважины) глубина залегания рудоконтролирующего контакта колеблется от 250 до 500 м с падением его с востока на запад. На контакте известняков и сланцев, по данным этого бурения, встречаются джаспериты, не несущие видимой минерализации и промышленных концентраций сурьмы. Выявленная на востоке участка в результате проведенных геохимических поисков по первичным ореолам комплексная аномалия в настоящее время остается непроверенной.

Таким образом, наиболее надежными количественными критериями оценки глубины залегания скрытого оруденения, локализованного в пологозалегающих структурах, являются средние содержания элементов. Последние в комплексе с качественными характеристиками первичных ореолов могут использоваться для разработки и интерпретации выявленных геохимических аномалий с целью их прогнозирования на глубину. Количественные мультипликативные показатели характеризуются неустойчивостью значений на разных объектах и могут служить лишь в качестве дополнительных признаков.

## Л и т е р а т у р а

Бородин В.А., Бельская А.Б., Гончаров А.И., Карев А.М. Зональность первичных геохимических ореолов ртутного оруденения в пологозалегающих структурах. В сб. "Новые данные по минералогии и геохимии редких элементов", М., 1974.

Григорян С.В. Первичные геохимические ореолы гидротермальных месторождений, методы их изучения и практическое использование. Автореферат дисс. на соиск.ученой степени доктора геолого-минер.наук. М., 1971.

Григорян С.В., Резников И.Н. О некоторых актуальных вопросах изучения и практического использования первичных ореолов. В сб. "Литогеохимические методы при поисках скрытого оруденения". Изд. ИМГРЭ, М., 1972.

Овчинников Л.Н., Григорян С.В. Закономерность состава и строения первичных геохимических ореолов сульфидных месторождений. В сб. "Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих месторождений", Иркутск, 1970.

Федорчук В.П., Никифоров Н.А. Об использовании надрудного пирита в качестве индикатора при поисках низкотемпературных месторождений закрытого типа. - "Разведка и охрана недр", 1958, № 5.



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕРВИЧНЫХ  
ОРЕОЛОВ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЖИЛ В  
РУДНОМ РАЙОНЕ ПРИШИБРАМ (ЧССР)

В рудном районе Пришибрам известен ряд рудных жил, образующих пояс в ССВ направлении вблизи крупной тектонической линии (Йиловского разлома), отделяющей кембрий от протерозоя. Для большинства жил является характерным относительно сложное разветвление в верхних частях и переход в единую структуру на глубине. Главными рудными компонентами являются серебро, свинец, цинк и сурьма, которые в большинстве случаев образуют самостоятельные минералы. Серебро содержится, главным образом, в галените и тетраэдрите. На глубоких горизонтах появляются так называемые крушковы руды — тонкая вкрапленность рудных минералов в кварце (рис. I).

В этом районе проводили исследования первичных геохимических ореолов прежде всего для установления эталонного геохимического разреза. Были изучены два разреза, пересекающие главную жилную систему почти перпендикулярно к ее простиранию и подсекающие ее на нескольких глубинных уровнях.

В настоящее время все жилы почти отработаны, и горные выработки труднодоступны. Поэтому опробование околожилных зон затруднено. Интерпретация результатов усложнена также линзовидностью оруденения в жилах. Отдельные рудные линзы являются самостоятельными объектами и нельзя исключить возможность взаимодействия их ореолов.

Характерные признаки первичных ореолов, общие для всей Пришибрамской рудной области, автор выявлял методом сравнения профилей и разрезов на разных глубинных уровнях, пользуясь методикой, изложенной в работе С.В. Григоряна (1974). Выбор этих уровней необходимо проводить тщательно, так как влияние ореолов отдельных рудных тел перекрывается и разница между ореолами надрудных и подрудных сечений в этих случаях не всегда выявляется достаточно контрастно.

Для определения эталона региональной зональности первичных ореолов пришлось составить из фрагментов, доступных для опробования, обобщенную рудную зону, в которой были бы представлены данные, разнообразные по отношению к рудным телам и гипсометрическим

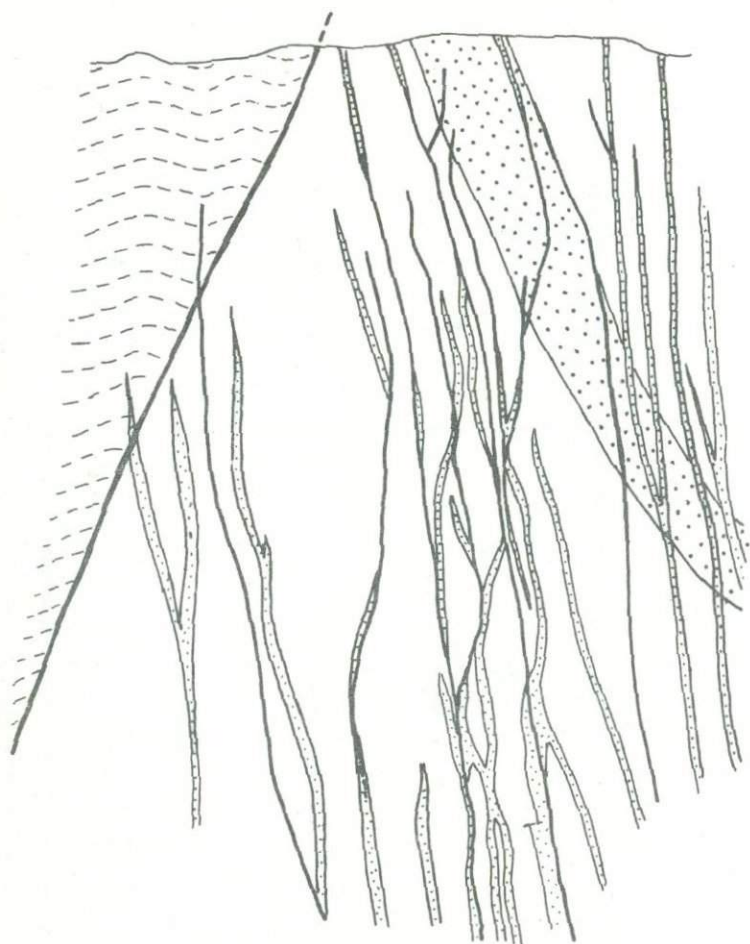


Рис. I. Геологический разрез месторождения

1 - палеозойские породы; 2 - кембрийские песчаники;  
 3 - кембрийские конгломераты; 4 - диабазы; 5 - рудные жилы;  
 6 - разлом



Коэффициенты зональности эталонного рудного тела

Зоны ореола и их номера	Вид коэффициента зональности							По С.В. Григорянцу (1974)	По Э.С. Кравченко (1975)	Надежность обнаружения месторождения
	$\frac{Pb \cdot Zn}{Co \cdot Ni}$	$\frac{Ag \cdot Pb \cdot Zn}{Co \cdot Mo \cdot Ni}$	$\frac{Pb \cdot Zn}{Co \cdot Sn}$	$\frac{Ag \cdot Pb \cdot Zn}{Co \cdot Sn}$	$\frac{Pb \cdot Zn \cdot Cu}{Co \cdot Ni \cdot Pb}$	$\frac{Ag \cdot Pb}{Sn}$	$\frac{Pb \cdot Ag \cdot Sb}{Cu \cdot Ni \cdot Co}$			
Надрудная I	-	-	-	-	-	-	-	10 000	50 000	
Верхнерудная II	1756	834	6584	625510	18216	8787	15,6	1000-10000	500-50000	Большая Рудное тело
Среднерудная III	138	65	394	1064	448	66	0,9	I-1000	I-500	
Нижнерудная IV	38	11,5	84	126	94	9	0,06	0,01-1		
Подрудная V	2,2	0,3	20,5	2	5,6	0,6	0,001	0,1	0,01	Малая

I - нет данных; II-V - изученные рудные зоны

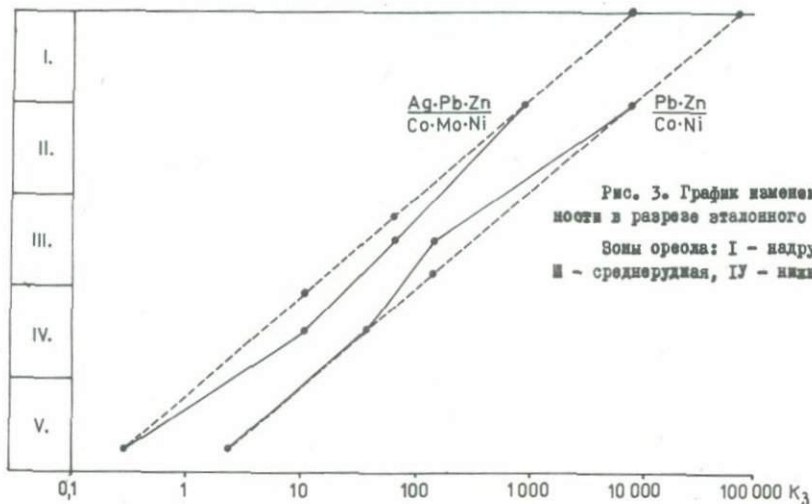


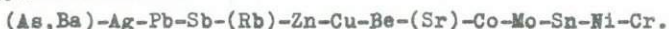
Рис. 3. График изменения коэффициентов зональности в разрезе эталонного рудного тела

Зоны ореола: I - надрудная, II - верхнерудная, III - среднерудная, IV - нижнерудная, V - подрудная

уровням ореолов. Большую сложность представила также реконструкция высокопорфирного горизонта (рис.2).

Для надрудных профилей являются типичными высокие содержания  $Ag$ ,  $As$ ,  $Pb$ ,  $Rb$ ,  $Zn$ , тогда как  $Ni$ ,  $Sr$ ,  $Ba$ ,  $Be$ ,  $Mo$ ,  $Co$ ,  $Cr$  образуют отчетливые минимумы. Медь и сурьма ведут себя неоднозначно.

Для определения ряда зональности элементов было использовано несколько комбинаций отношения данных надрудных и подрудных сечений. Сравнением частных рядов удалось выявить следующий ряд зональности элементов, действующий в общих чертах для всей рудной области:



Крайние группы элементов приведенного ряда использованы для расчетов коэффициента зональности -  $K_z$  (отношение надрудных и подрудных элементов) в нескольких вариантах. Диапазоны их величин приведены в таблице.

Из приведенных  $K_z$  можно считать наиболее благоприятным отношение:

$$\frac{Ag \cdot Pb \cdot Zn}{Co \cdot Mo \cdot Ni} \quad \text{или} \quad \frac{Pb \cdot Zn}{Co \cdot Ni} \quad (\text{рис.3}).$$

Второй вариант коэффициента является более или менее универсальным из-за высокой контрастности. Приведенные данные являются устойчивыми, главным образом, потому, что используемые для расчета коэффициента элементы имеют свое постоянное место в ряду зональности.

## ЛИТЕРАТУРА

Григорян С.В. Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений. Методические рекомендации. М., Изд. ИМГРЭ, 1974.

Кравченко Э.С. О прогнозе скрытого оловянного оруденения по вторичным геохимическим ореолам. "Геология рудных месторождений", т.17, № 1, 1975.

ОЦЕНКА ГЕОХИМИЧЕСКОЙ АНОМАЛИИ  
В ОКРЕСТНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ,  
ОТРАБОТАННОГО В ПРОШЛОМ ВЕКЕ

Отработанное месторождение Кветна находится на северо-восточной окраине рудного района Прибрам (ЧССР) (рис.1) в отложениях кембрия. Геохимическая съемка поверхности здесь обнаружила несколько аномалий Ag, Pb, Zn. На самой контрастной из них геофизическими работами была установлена и подтверждена горными работами четкая структура с рудной минерализацией (галенит), залегающая прямо под почвами.

Горные работы, проводимые для проверки условий залегания этой структуры и оценки степени ее рудоносности на глубину, имели также целью выявление характера первичных ореолов и установление по ним необходимости проведения дальнейших работ на участке.

Изученный разрез проведен почти перпендикулярно к простиранию структуры. Он пересекает рудную зону на пяти уровнях от поверхности (-2 м, -24 м, -60 м, -100 м, -250 м). Ширина разреза примерно 210 м, общая изученная глубина около 700 м (рис.2).

Кроме главной рудной зоны, в верхних частях разветвленной рудоносной структуры наблюдаются многочисленные зоны околорудных изменений, не несущие видимой минерализации. Главная зона также содержит видимое полиметаллическое оруденение лишь в верхней части, которое на глубине 100 м ослабевает и ниже продолжается только измененная безрудная зона.

По содержанию элементов на отдельных профилях хорошо видно, что отчетливый ореол имеет только главная изучаемая структура, а в остальных проявления гидротермального привноса или выноса совсем незначительны.

С глубиной понижается контрастность первичного ореола, и на нижних уровнях разреза большинство элементов образует широкий, слабо выраженный ореол без максимумов, с содержанием, лишь незначительно превышающим фон. На горизонте -250 м проявление первичного ореола главной структуры ничем не отличается от проявления аномалии вокруг трещин без какой-либо минерализации.

На основе корреляционных отношений между отдельными элементами и изменения средних содержаний с глубиной можно заклю-

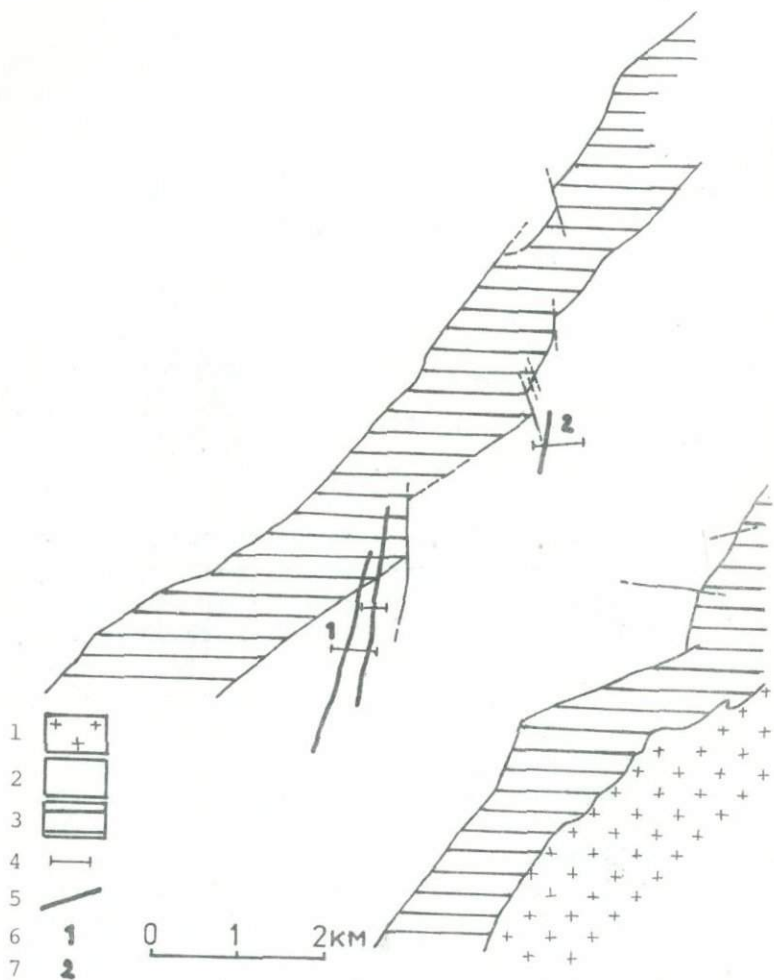


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района

1 - плутон, 2 - кембрий; 3 - палеозой; 4 - линия разреза; 5 - рудные жилы; 6 - эталонный объект Пришб-рам; 7 - месторождение Кветна

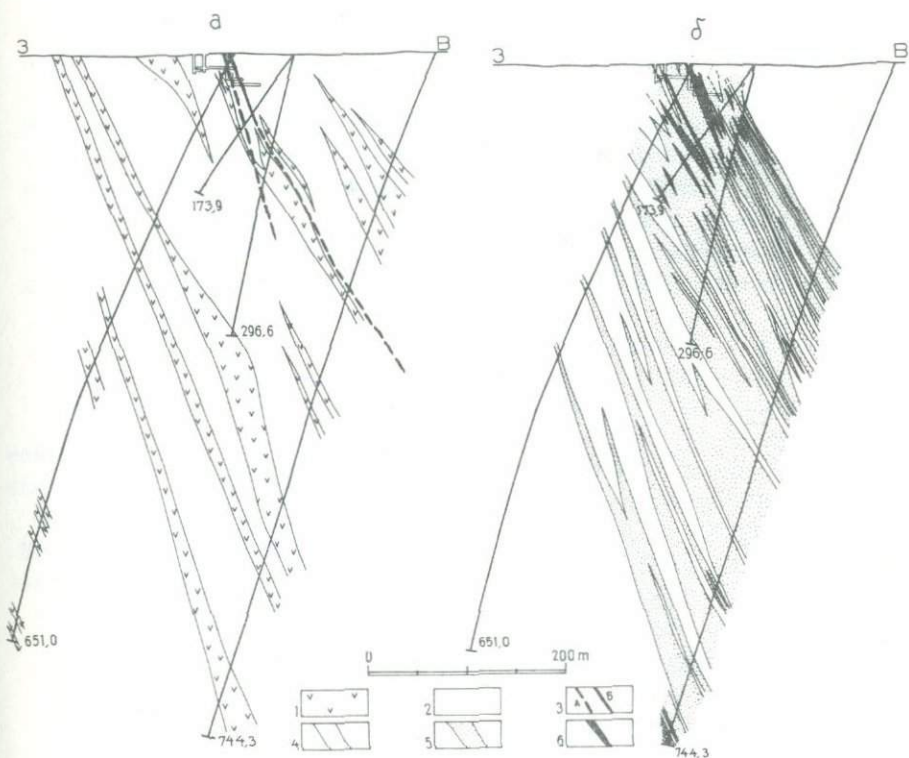


Рис. 2. Месторождение Кветна (ЧССР)

а) изученный геологический разрез: 1 - диориты; 2 - кембрийские песчаники; 3 - жилы  
(А - безрудной минерализации, Б - с рудной минерализацией)

б) значения показателя  $\frac{\text{Ag} \cdot \text{Pb} \cdot \text{Zn}}{\text{Co} \cdot \text{Mo} \cdot \text{Ni}}$ : 4 - < 1; 5 - 1-100; 6 - > 100



читать, что зональность в общих чертах отвечает зональности, определенной для эталонного месторождения Пришибрам (сверху вниз): (As Ba)-Ag-Pb-Sb-Zn-Be-Cu-(Sr)-Ni-Co-Mo-Sn.

По характеру ореола главной структуры на глубине можно предположить, что в изучаемом разрезе наблюдается корневая часть эродированного рудного тела, не имеющая промышленного значения. Это заключение вытекает из анализа особенностей распределения коэффициента зональности в плоскости изученного разреза (рис. 2) и наглядно иллюстрируется графиком изменения рассчитанных нами коэффициентов зональности (рис. 3).

В исследованной структуре по геохимическим данным вряд ли можно предполагать наличие промышленного оруденения, даже на большой глубине, что и было подтверждено буровыми работами.

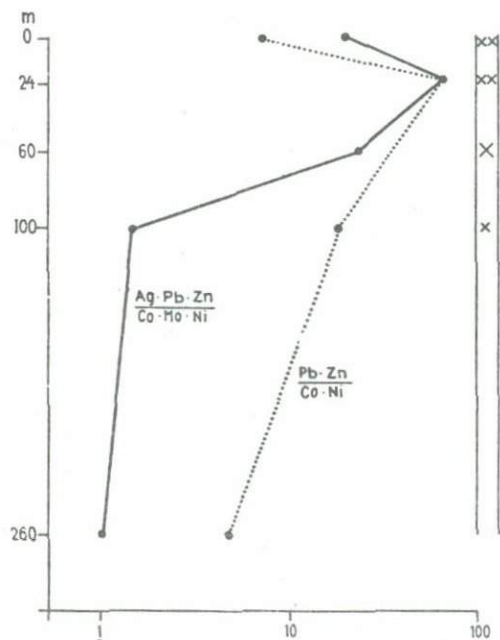


Рис. 3. График изменения коэффициента зональности и проявления рудных минералов с глубиной (XX — значительные количества рудных; X — слабые проявления)

О ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
МАСШТАБА ОРУДЕНЕНИЯ ПО  
ПАРАМЕТРАМ ОРЕОЛЬНОГО  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛАВНОГО КОМПОНЕНТА

Одной из основных и наиболее сложных задач интерпретации геохимических аномалий является определение масштаба оруденения в рудном районе без привлечения для этих целей дополнительных объемов горных работ.

Еще в 1963 г. С.В. Григорьяном была установлена прямая зависимость параметров ореолов от параметров рудных тел применительно к урановым месторождениям.

Эта же зависимость отмечалась А.Ф. Миронюком (1973) на оловорудных месторождениях Дальнего Востока. Несмотря на ярко выраженную закономерную взаимосвязь параметров ореолов и параметров рудных тел "... в последующем этот критерий при интерпретации геохимических аномалий должного применения не получил..." (С.В. Григорьян, 1974). Одной из причин такого положения является отсутствие геохимических критериев разбраковки зон рассеянной рудной минерализации, которые ошибочно могут быть приняты за надрудные ореолы значительного по масштабам слепого оруденения. Кроме того, линейная продуктивность ореола не может соответствовать, за исключением условий, близких к идеальным (абсолютная равноценность пород, вмещающих оруденение, равномерность структурного и тектонического рисунка и т.д.), с необходимой точностью количеству рудного вещества, так как своей величиной она надежно характеризует геологические особенности данного участка и геохимические — существующего в нем ореола, а не особенности зон с промышленным оруденением. В силу этих причин на уровне рудных интервалов взаимосвязь параметров ореолов и рудных тел проявляется наиболее отчетливо. В подрудных же и надрудных областях оруденелой зоны упомянутая закономерность без дополнительной обработки аналитических данных становится едва заметной.

В предлагаемой работе сделана попытка рассмотреть указанную задачу с несколько иных позиций.

Все последующие рассуждения основывались на том, что величина, количественно характеризующая оруденение, может являться достоверной только в том случае, когда она будет отражать генети-

ческую сторону процесса рудообразования. Результаты работ многих ученых в области физической химии (Г.Хельгесон, 1967; Д.Кемпбел, 1975; М.Х.Карапетьянц, 1975) позволяют утверждать, что промежуток времени, в течение которого происходит рудоотложение из растворов, характеризуется максимально малыми скоростями падения температуры и давления, причем, чем большее количество вещества образуется из раствора, тем продолжительнее период рудообразования. Учитывая специфику геологических объектов, определить непосредственно временной промежуток рудообразования не представляется возможным, однако могут существовать косвенные признаки, указывающие на его продолжительность. Как будет показано ниже, определенные количества рудного вещества обуславливают и строго определенные величины ореольных концентраций главного компонента.

Одной из причин, существенно влияющих на характер ореольного распределения элементов, является интенсивность и равномерность теплового потока, подводимого рудоносными растворами. Согласно теории, описывающей процесс формирования твердой фазы (из расплавов или растворов), надрудные и подрудные области оруденелых зон должны отличаться от своих рудных интервалов значительно большей скоростью "охлаждения". Опираясь на такую неоднородность теплового режима, было сделано предположение о существовании неоднотипных законов, связывающих ореольные и рудные характеристики элементов в надрудной, рудной и подрудной областях зоны оруденения. В данном случае все рассуждения относятся к одному элементу - олову, являющемуся главным рудным компонентом.

Учитывая то, что значения ореольной концентрации олова  $\bar{X}_{Sn}$  на различных расстояниях от рудного тела определяются по-разному, становится очевидным, что эти величины только тогда могут характеризовать масштаб оруденения, когда они установлены на одинаковом от него расстоянии ( $R^{CT}$ ).

Предварительные работы показали, что на изучаемом месторождении величины ореольных содержаний главного компонента при приближении или удалении от рудного тела (в направлении движения растворов) изменяются по закону:

$$R = \frac{I}{(\bar{X}_{Sn})^{\sigma}} \quad (I)$$

где  $R$  - расстояние от рудного тела,  $\bar{X}_{Sn}$  - среднее ореольное содержание олова,  $\sigma$  - постоянная величина. Значение пос

тоянной ( $\delta$ ) определяет крутизну графической кривой (рис. 1а), которая в свою очередь количественно отражает масштаб концентрации рудного вещества. Возможность практического применения равенства (I) определяется нахождением значений  $R$  с допустимой точностью и, при последующих вычислениях, заменой их на  $R^{CT}$  (условно принятое "стандартное" расстояние от рудного тела).

Как уже неоднократно отмечалось многими авторами (Л.Н. Овчинников, С.В. Григорян и др.), величины индикаторных отношений при движении по рудной зоне закономерно изменяются, т.е. существует определенная функциональная зависимость между  $R$  и значениями этих отношений ( $H$ ):

$$R = f(H) \quad (2)$$

Для оловорудного месторождения Учкошкон соотношение (2) имеет вид:

$$R = 7 \cdot \ell_n (100 H), \quad (3)$$

где  $H$  - значения индикаторного отношения  $\frac{\Delta g \cdot Pb}{W \cdot Mo}$ . Предварительная обработка геохимической информации по уже существующей методике (для эндогенных ореолов) позволила определить граничные значения индикаторных отношений по каждой области рудной зоны данного месторождения. Для отношения  $\frac{\Delta g \cdot Pb}{W \cdot Mo}$  имеем:

надрудная область	- более 4,0;
рудный интервал	- 0,1-4,0;
подрудная область	- менее 0,1.

Зная величину  $\frac{\Delta g \cdot Pb}{W \cdot Mo}$  и пользуясь равенством (3), несложно определить значение  $R$  - расстояния от рудного тела. Подставив найденное  $R$  в (I), вычисляется постоянная  $\delta$ . Теперь имеются все данные для пересчета ореольной концентрации главного компонента ( $\bar{x}_{Sn}$ ), определенной (по данным анализа) на произвольном расстоянии от оруденения, для величины  $R^{CT}$  - стандартного расстояния от рудного тела. Заменяя в соотношении (I)  $R$  на  $R^{CT}$ , находим:

$$\bar{x}_{Sn} = \delta \sqrt{\frac{I}{R^{CT}}}, \quad (4)$$

где  $\bar{x}_{Sn}$  - ореольное содержание олова на расстоянии  $R^{CT}$  от рудного тела. Определив рудные концентрации олова ( $\bar{c}_p$ ) и площади сечений оруденения (в плоскости изучаемого разреза), стро-

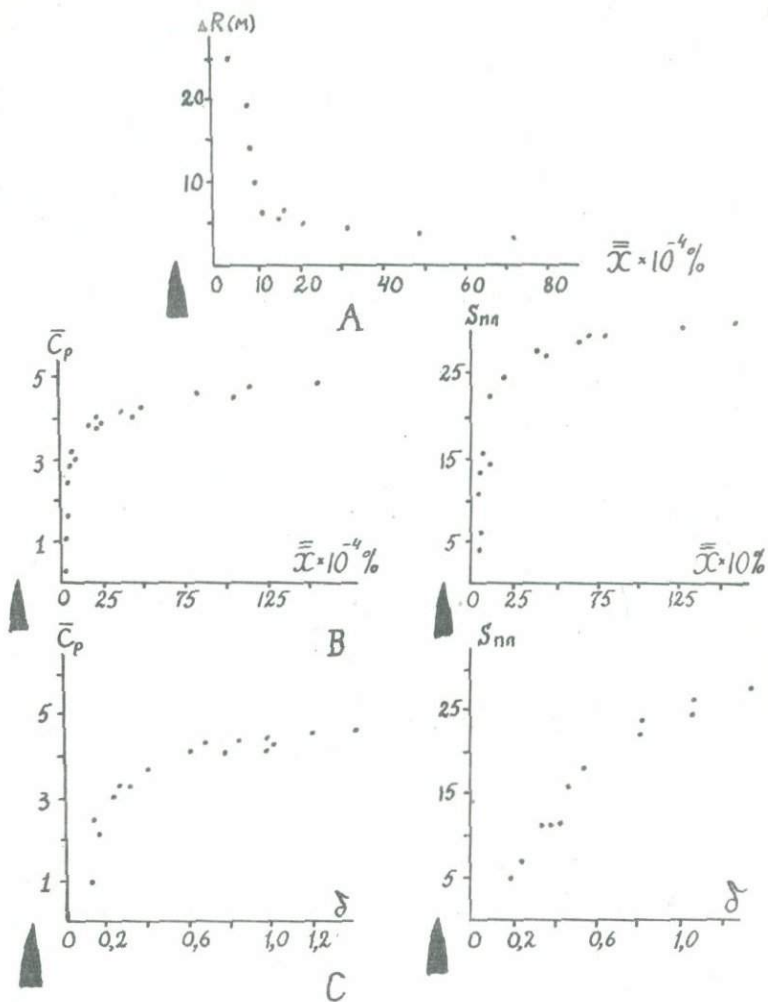


Рис. 1. Зависимость параметров нормального распределения олова от величин его рудной концентрации  $\bar{C}_p$  и площади сечения оруденения в надрудной области  $S_{nn}$  ( $S_{nn}$  и  $\bar{C}_p$  - в усл. единицах)

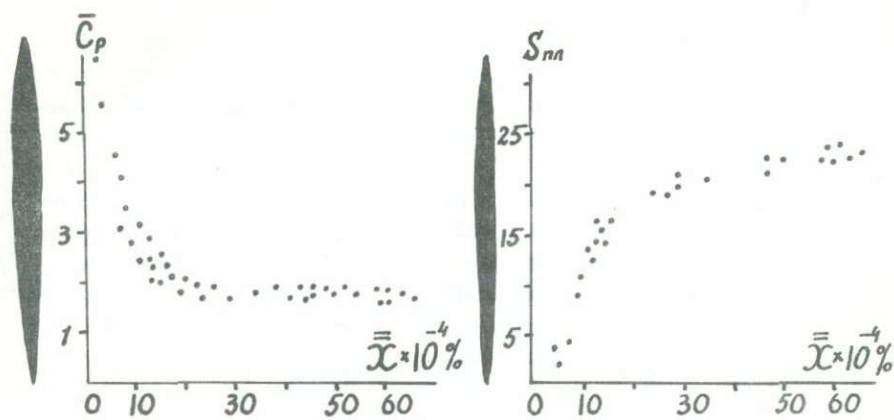
им графические зависимости между параметрами ореольного и рудного распределения главного компонента (рис. 1, в).

Обращает на себя внимание стремление кривых к областям "насыщения" (рис. 1, 2). Этот факт характеризует две противоположные тенденции гидротермального рудообразования. С одной стороны указанный процесс обнаруживает направленность к образованию продуктов реакции (рудного вещества) с минимальной внутренней энергией. С другой - в силу принципа направленности процессов к наиболее вероятному состоянию - протекают такие реакции, в ходе которых возрастает число частиц или число возможных состояний атомов (Н. П. Глинка, 1975). Таким образом, в период рудообразования явлению концентрации вещества противостоит процесс его рассеяния. Именно этому противоборствованию двух тенденций и обязаны своим происхождением эндогенные геохимические ореолы. Но в то же время этот факт доказывает, что рудные концентрации элемента (также как и площадь сечения рудных тел) возрастают не бесконечно, а стремятся к некоторой величине, строго определенной в каждой конкретной геологической обстановке и соответствующей равновесному состоянию процесса рудообразования. Степень данного равновесия и характеризуется насыщающим характером графических кривых.

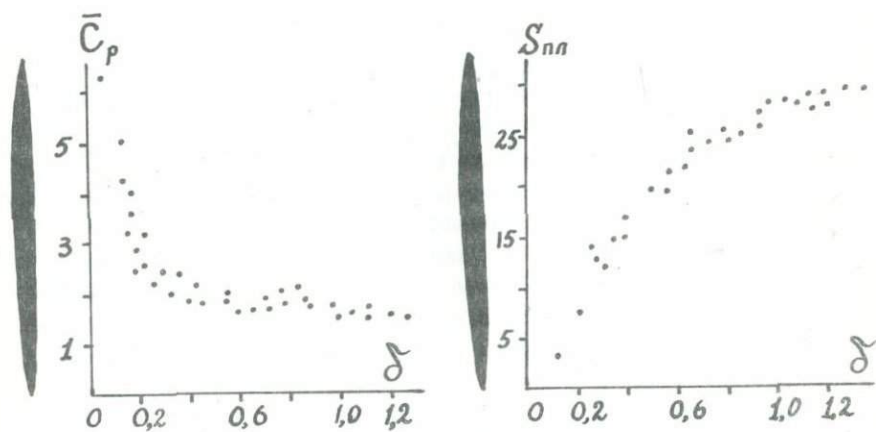
Повторив приведенные выше рассуждения применительно к рудному интервалу оруденной зоны и выполнив соответствующие графические построения (рис. 2, а), приходим к неожиданному выводу. Оказывается, что ореольные области рудного интервала оловорудного месторождения Учкошкон, охватывающие более масштабное оруденение, характеризуются наименьшими содержаниями главного компонента. Такое распределение олова в ореоле может стать возможным благодаря векторному привносу вещества в процессе гидротермального рудонакопления из ореольных областей в зону непосредственного формирования рудного тела.

Как уже указывалось ранее, величина  $\delta$  в равенстве (I) косвенно характеризует масштаб накопления рудного компонента и может служить одним из критериев количественной оценки оруденения. Многократные графические построения (рис. 1, с и 2, в) и вычислительные работы показали, что  $\delta$  является наиболее удобным в практическом отношении и убедительно достоверным для количественной оценки параметров.

Таким образом, на примере оловорудного месторождения Учкошкон установлена взаимосвязь ореольных и рудных концентраций главного компонента.



A



B

Рис. 2. Взаимосвязь параметров ореольного и рудного распределений главного компонента (рудный интервал)

Хотя анализ подрудных горизонтов в данной работе и не приводится, однако следует отметить, что и здесь отмечаются те же виды закономерностей.

Использование функциональных зависимостей ореольных величин распределения главного компонента от значений его рудных характеристик может значительно расширить область применения вычислительной техники при обработке геохимической информации и сделать возможным не только прогнозирование россыпных месторождений по подрудному уровню эрозионного среза, но и их количественную оценку.

Выявленные формы закономерностей взаимообусловленности ореольных и рудных характеристик главного компонента не предлагаются как нечто законченное и совершенное, а требуют дальнейшей разработки и уточнения. Определенной попыткой в этом направлении и является данная работа.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

Григорян С.В. Эндегенные ореолы рассеяния некоторых гидротермальных месторождений. Госгеолтехиздат, М., 1963.

Григорян С.В. Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений. Методические рекомендации. М., 1974.

Глинка Н.П. Общая химия. Изд-во "Химия", Л., 1975.

Карапетьянц М.Х. Введение в теорию химических процессов. Изд-во "Высшая школа", М., 1975.

Кемпбел Д. Современная общая химия. Изд-во "Мир", М., 1975.

Миронюк А.Ф. Особенности первичных геохимических ореолов некоторых оловорудных месторождений Дальнего Востока и их практическое значение. - В сб.: "Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений". Изд. ИМПРЭ, 1973.

Хельгесон Г. Комплексообразование в гидротермальных растворах. Изд-во "Наука", М., 1967.



ЗАКОНОМЕРНОСТЬ В ИЗМЕНЕНИИ ВЕЛИЧИН  
ОРЕОЛЬНЫХ СОДЕРЖАНИЙ ГЛАВНОГО  
КОМПОНЕНТА, ОПРЕДЕЛЕННЫХ НА  
РАЗЛИЧНЫХ ГОРИЗОНТАХ ОЛОВОРУДНОЙ ЗОНЫ

Различными авторами (Григорян, 1963; Беус, Григорян, 1975; Мироняк, 1973) уже неоднократно отмечался тот факт, что ореольные содержания главного компонента имеют не произвольные, а строго определенные значения на различных горизонтах рудной зоны. Однако, благодаря тому, что геохимическая информация, получаемая в период полевого сезона по тому или иному типу оруденения, нередко носила разрозненный характер, долгое время не удавалось получить общую схему этой закономерности.

За период с 1975 по 1976 год Среднеазиатской опытно-методической партией было изучено и детально опробовано оловорудное месторождение Учкочкон (Северная Киргизия). Полученный в результате этого обширный материал и явился основой для данной работы.

Осложняло задачу то, что все ореольные содержания главного компонента (олова), необходимые при последующих графических построениях, следовало брать для рудных тел с одинаковой степенью накопления олова. За показатель такого накопления принималось среднее содержание главного компонента, определенное по всему сечению рудного тела плоскостью изучаемого геологического разреза.

Исходя из генетических особенностей процесса гидротермального рудонакопления, рассмотрение которых выходит за рамки настоящей работы, зона оруденения (включая рудное тело) разбивалась на несколько областей:

- надрудная область;
- область А рудного интервала;
- область В рудного интервала;
- подрудная область,

в каждой из которых отдельно изучалось распределение ореольных содержаний олова (рис. I).

Все области оруденелой зоны выделялись по величинам индикаторного отношения -  $\frac{Ag \cdot Pb}{W \cdot Mo}$ , которое для каждой из них имеет следующие значения:

- надрудная область -  $> 4,0$ ;
- область А рудного интервала -  $4,0 - 1,0$ ;

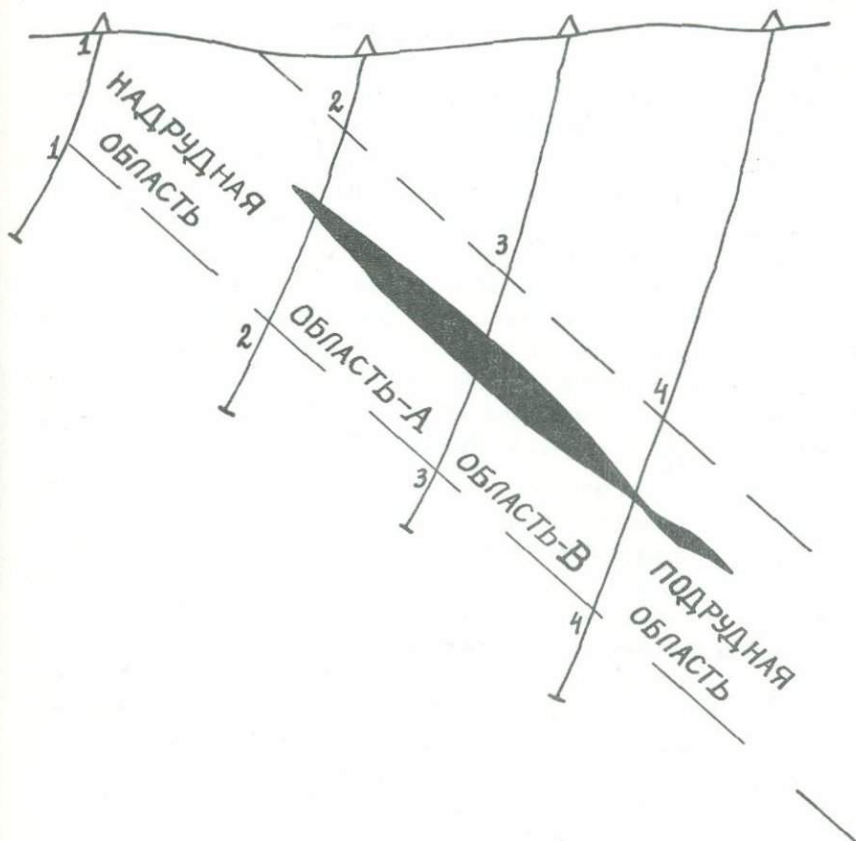


Рис. I. Схематическое строение рудной зоны (пунктирные линии - границы блока, по которому изучалось зональное строение геохимических ореолов)

- область В рудного интервала -  $I, 0 - 0, I$ ;

- подрудная область -  $< 0, I$

Средняя величина рудной концентрации главного компонента вычислялась по точкам, взятым на площади вертикального сечения оруденения, начиная от нижнерудных горизонтов и до участка подсечения оруденения скважиной. Так, для скважины I - I (рис. I) рудная концентрация олова определялась по всему сечению рудного тела, а для скважины 2 - 2 только по его части, а именно по 2 - 4, и т.д.

Средние ореольные содержания олова рассчитывались по каждому пересечению зоны оруденения (I-I, 2-2, 3-3 и т.д.), причем данные по рудным интервалам из подсчетов исключались.

Расстояние ( $\Delta R$ ) до пересечения оруденелой зоны скважинами (т.е. до тех ее участков, где производилось вычисление ореольных содержаний главного компонента) отмерялось для надрудных и подрудных ее областей от фланговых частей рудного тела, а для его областей А и В - от точки из разделения (т.е. от точки, в которой  $\frac{Ag \cdot Pb}{W Cu} = I, 0$ ; рис. I, скважина 3-3).

Как видно из рис. 2, в надрудных и подрудных областях оловорудных тел ореольные концентрации главного компонента при удалении от оруденелой зоны быстро убывают, причем это убывание несколько замедляется у тех рудных тел, которые отличаются наиболее высокими концентрациями олова.

В рудном интервале наблюдается обратная картина, т.е. с удалением от точки, разделяющей А и В (нулевой точки отсчета) ореольные содержания главного компонента постепенно возрастают. Характерной особенностью рудного интервала оловорудной зоны является то, что если в области В при различных скоростях возрастания ореольных содержаний главного компонента рудные концентрации олова различаются незначительно (рис. 2, в), то в области А это различие становится наиболее отчетливым.

Так как основное нарастание концентраций главного компонента в рудном теле, а следовательно и в его сечениях, происходит не только в направлении движения рудоносных растворов (т.е. в подрудных и нижнерудных областях), но и в направлении, противоположном таковому (в верхнерудных и надрудных областях), то для выявления общих для рудной зоны закономерностей одно из них (пусть направление противоположное движению растворов) будем считать положительным, а другое - отрицательным. Учитывая вышесказанное, расположим координатные оси так, как показано на рис. 3 и выпол-

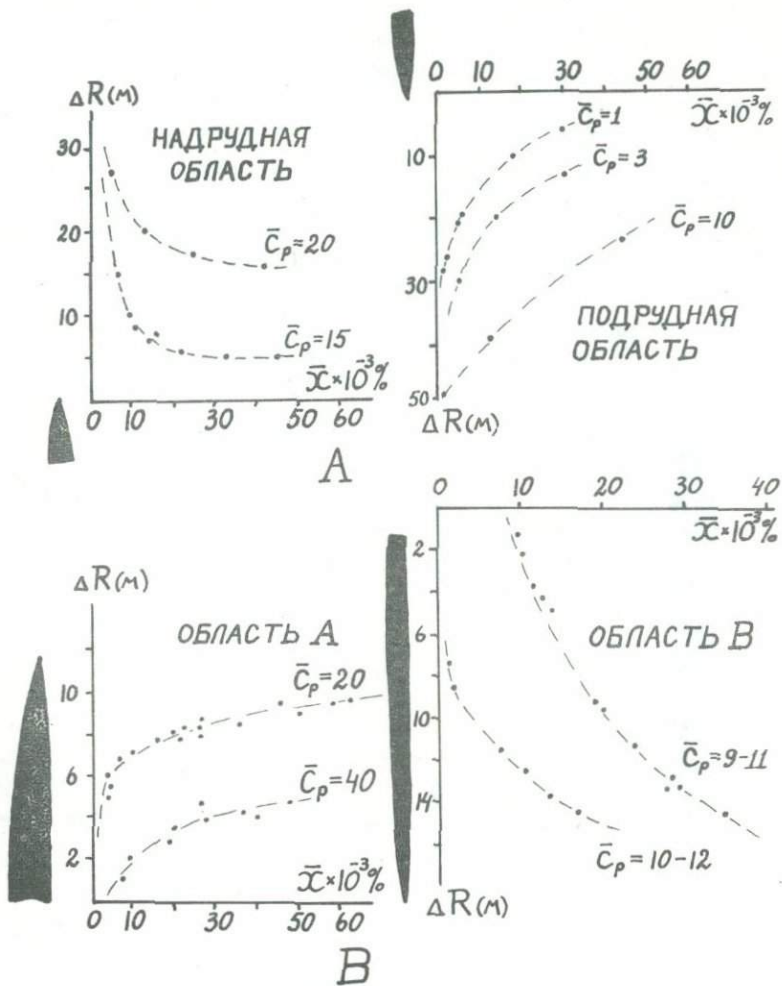


Рис. 2. Изменение ореольных содержания олова  $\bar{X}$  по восстановии оловорудной зоны ( $\Delta R$  - расстояние по восстановии от рудного тела (или от нулевой точки отсчета - для рудного интервала) до места отбора проб;  $\bar{C}_p$  - рудная концентрация олова в усл. единицах)

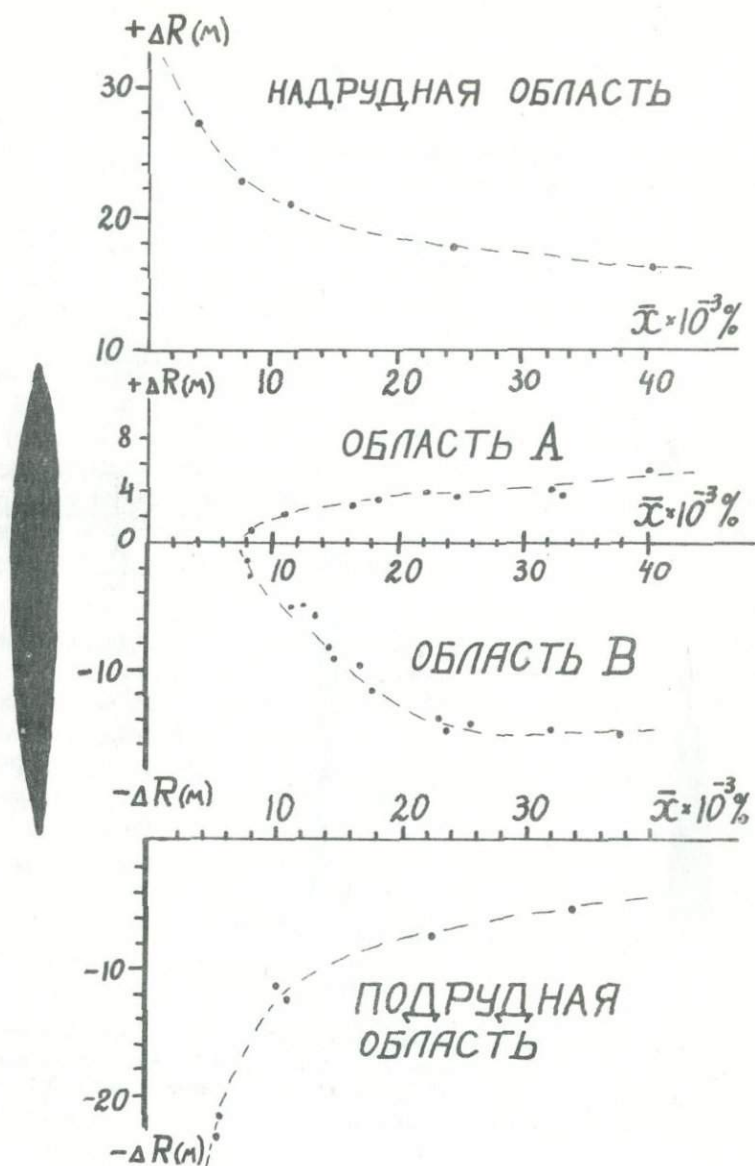


Рис. 3. Характер изменения ореольных содержаний олова (главного компонента) вдоль всей рудной зоны

ним известные графические построения.

Анализируя кривые (рис.3), можно прийти к неожиданному заключению о том, что наибольшую величину ореольные содержания главного компонента имеют во фланговых, а наименьшую - в центральных участках оловорудной зоны. Этот факт позволил сделать предположение о наличии в период развития процесса гидротермального рудонакопления векторного перемещения вещества, благодаря которому рудный элемент привносится в зону рудоотложения не только основным (стрежневым) потоком раствора, но и вспомогательным (векторным), выносящим олово из ореольных областей. Не останавливаясь на подробном анализе выявленной особенности гидротермального рудонакопления, следует отметить, что за последнее время получен ряд данных в пользу ее существования.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Г. Я. А б р а м с о н , С. В. Г р и г о р я н , С. А. Г р и г о р о в . Способ оценки геохимических аномалий на промышленное золотое оруденение .....	3
В. А. Б о р о д и н , С. В. Г р и г о р я н , В. В. А к с е н е я к о , Н. С. Н о с е н к о . Особенности геохимических поисков скрытого сурьмяного оруденения, локализованного в пологозалегающих структу- рах .....	II
Э. М а р е ш о в а . Результаты исследований первич- ных ореолов полиметаллических жил в рудном районе Прии- брам (ЧССР) .....	24
Э. М а р е ш о в а . Оценка геохимической аномалии в окрестности месторождения, отработанного в прошлом веке .....	29
А. А. И в а н о в . О возможности определения мас- штаба оруденения по параметрам ореольного распределения главного компонента .....	33
А. А. И в а н о в . Закономерность в изменении ве- личин ореольных содержаний главного компонента, опре- деленных на различных горизонтах словорудной зоны ....	40

### ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЛИТОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Утверждено к печати  
Институтом минералогии, геохимии  
и кристаллохимии редких элементов

Редакторы: Т.И. Нефелова, И.Л. Дзюба

Подписано к печати 26/I-78 г.  
Т-02812. Заказ № 3 . Тираж 400.  
Формат 60x90 1/16. Объем 3 л.  
Цена 21 коп.

Ротапринт ИМГРЭ

УДК 553.411.071:550.4

Способ оценки геохимических аномалий на промышленное золотое оруденение. Абрамсон Г.Я., Григорян С.В., Григоров С.А. В сб. "Интерпретация литохимических аномалий". Изд. ИМГРЭ, 1977 стр.

Установлена функциональная зависимость коэффициента зональности, величины произведения средних содержаний меди и мышьяка и содержаний золота, позволяющие производить оценку изучавшегося месторождения золота

Табл. 4, илл. 4.

УДК 553.497.2:550.84

Особенности геохимических поисков скрытого сурьмяного оруденения, локализованного в пологозалегающих структурах. Бородин В.А., Григорян С.В., Аксененко В.В., Носенко Н.С. В сб. "Интерпретация литохимических аномалий". Изд. ИМГРЭ, 1977, стр.

Наиболее надежными количественными критериями оценки глубины залегания скрытого сурьмяного оруденения в пологозалегающих рудных телах являются средние содержания элементов в первичных ореолах и в качестве дополнительных признаков - мультипликативные показатели.

Табл. 3, илл. 2, библи. 5 названий.

УДК 553.493:550.82.092.I(437)

Результаты исследований первичных ореолов полиметаллических жил в рудном районе Пришибрам (ЧССР). Марешова З. В сб. "Интерпретация литохимических аномалий". Изд. ИМГРЭ, 1977, стр.

Выявлен ряд зональности (As, Ba)-Ag-Pb-Sb-(Rb)-Zn-Cu-Be-(Sr)-Co-Mo-Sn-Ni-Cr. Наиболее информативными оказались мультипликативные отношения  $\frac{Ag.Pb.Zn}{Co.Mo.Ni}$  и  $\frac{Pb.Zn}{Co.Ni}$ .

Табл. I, илл. 3, библи. 2 названия.

УДК 553.041

Оценка геохимической аномалии в окрестности месторождения, отработанного в прошлом веке. Марешова З. В сб. "Интерпретация литохимических аномалий". Изд. ИМГРЭ, 1977, стр.

Отрицательная оценка литохимической аномалии в окрестности месторождения Кветна (ЧССР) с помощью геохимических параметров подтверждена буровыми работами.

Илл. 3.



УДК 550.4:551.2

О возможности определения масштаба оруденения по параметрам ореольного распределения главного компонента. Иванов А.А. В сб. "Интерпретация литохимических аномалий". Изд. ИМГРЭ, 1977, стр.

В статье сделана попытка генетического обоснования возможности количественной оценки оруденения по косвенным характеристикам. Приведено практическое построение и анализ закономерностей, отражающих взаимосвязь ореольного и рудного распределений олова (главного компонента) в различных областях рудной зоны. Указано на целесообразность функционального описания этих закономерностей. Изучение геохимических ореолов позволило выявить отчетливую взаимосвязь ореольного и рудного распределений главного компонента.

Библ. 7 названий.

УДК 553.45:550.4

Закономерность в изменении величин ореольных содержаний главного компонента, определенных на различных горизонтах оловорудной зоны. Иванов А.А. В сб. "Интерпретация литохимических аномалий". Изд. ИМГРЭ, 1977, стр.

В статье приводятся некоторые результаты методических работ, выполненных на оловорудных зонах месторождения Учкюкюн. Указывается на необходимость расчленения рудного интервала при изучении этих зон на области А (верхнерудная область) и В (нижнерудная область). Анализируется закономерный характер изменения содержаний олова на различных горизонтах (надрудных, рудных, подрудных) геохимического ореола и на этой основе рассматривается косвенная взаимосвязь ореольных и рудных концентраций главного компонента. Для выяснения структуры геохимических ореолов необходимо знание закономерностей в изменении величин ореольных содержаний главного компонента, определенных на различных горизонтах оловорудной зоны.

Библ. 3 названия.

2I KOL.

2504