

ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ  
И КРИСТАЛЛОХИМИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ПРИМЕНЕНИЯ  
ГЕОХИМИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ  
ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

МОСКВА-1978

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
МЕЖДУВЕДОМСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ „НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ  
ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ“  
ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ  
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ПРИМЕНЕНИЯ  
ГЕОХИМИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ  
ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



МОСКВА-1978



АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
МЕЖУПРАВСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ  
ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ МЕТОРОИДНЫХ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ  
ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ  
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ответственные редакторы

С.В. ГРИГОРЯН

М.Ф. КУЗИН



ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ  
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, 1978г.

В. А. Глухов

## ОЦЕНКА ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ<sup>1</sup>

### Основные положения

Оценка геолого-экономической эффективности геохимических методов поисков необходима, прежде всего, чтобы научно-обоснованно планировать, направлять и лучше использовать различные поисковые методы. От правильного применения какого-либо из методов непосредственно зависят качество подготовки минерально-сырьевых ресурсов и технико-экономические показатели их промышленного освоения.

Исследования эффективности геохимических методов поисков твердых полезных ископаемых особенно актуальны в связи с их передовой ролью в комплексе геологоразведочных работ.

Одна из важнейших задач геологоразведочных работ — это максимальная экономия общественно-необходимых затрат труда на прогнозирование и поиски минерального сырья.

По укрупненным данным, доля затрат на поиски в общих затратах геологоразведочных работ составляет более 50%, достигая 60% по многим видам минерального сырья (олово, полиметаллы, бокситы и др.), а по меди, например, превышает 75%.

Таким образом, главным направлением геолого-экономических исследований геологоразведочного процесса является стадия поисков, которая, во-первых, в современных условиях играет все большую роль в связи с сокращением числа открываемых приповерхностных месторождений, а во-вторых, должна обеспечить такой геологический эффект, который достаточен и для опережающего обеспечения народнохозяйственных нужд страны минерально-сырьевыми ресурсами.

Настоящий обзор базируется на признании необходимости использования геохимических методов на всех подстадиях поисков месторождений твердых полезных ископаемых.

Предпринимаемые исследования помогут решить следующие основные задачи:

- определение степени рентабельности использования геохими-

<sup>1</sup> Публикуется в порядке обсуждения.

ческих методов в любых геологических ситуациях;

- оценка эффективности геохимических поисков в сравнении с другими поисковыми методами;
- определение путей повышения геолого-экономической эффективности геохимических поисков.

Для геохимических методов поисков, составляющих в комплексе геологоразведочных работ весьма незначительные по стоимости удельные затраты, исчисляемые лишь первыми процентами от стоимости (единицы) других видов работ, первостепенное значение приобретает не понятие эффекта как физического результата хозяйственной деятельности, а определение геолого-экономической эффективности, т.е. соотношения геолого-экономического эффекта и вызвавших его затрат.

С этой точки зрения эффективность применения геохимического метода поисков должна характеризоваться обзорным рассмотрением всех его результатов - от фиксации геохимических аномалий до открытия по ним месторождений или отдельных рудных объектов - в соотношении к затратам - текущим и прошлым.

В своей сущности понятие эффективности геохимических методов поисков в основном исходит от главного целевого назначения этих методов, заключающегося, прежде всего, в поисках и оконтуривании площадей (с поверхности и на глубину), перспективных по геохимическим данным на обнаружение месторождений, отдельных рудных тел и зон.

Поэтому во всех случаях с народнохозяйственной точки зрения эффективными следует считать такие затраты на геохимические поиски, в результате которых: а) локализованы площади (участки) или отдельные интервалы в геологических разрезах, являющиеся перспективными для обнаружения последующими методами геологоразведочных работ промышленных рудных объектов; б) выявлены закономерности размещения полезных ископаемых на площадях или разрезах известных рудных полей, месторождений, способствующие открытию новых рудных объектов; в) определены контуры площадей, бесперспективных для поисков рудных объектов.

Оценку геолого-экономической эффективности геохимических методов поисков следует проводить с помощью системы показателей (натуральных и стоимостных), которые могут быть выражены как относительными, так и абсолютными величинами. Абсолютная величина позволяет дать количественную оценку геохимической деятельности

(т.е. эффект), а относительная величина представляет собой отношение эффекта к вызвавшим его затратам (или экономическую эффективность).

При этом во всех случаях проведенные геохимические поиски считаются эффективными, если:

а) полученные по ним результаты существенно дополняют имеющуюся информацию об изучаемом объекте и в определенной мере приближают к решению общей задачи;

б) по их данным выработаны конкретные обоснованные рекомендации по более целенаправленному продолжению геологоразведочных работ;

в) по данным геохимических методов исключаются из дальнейших поисков бесперспективные площади.

Если же поставленная задача геохимическими поисками не решена и полученные результаты не могут быть признаны эффективными, то необходимо вскрыть причины этого.

Эффективность геохимических методов поисков нельзя оценить лишь в случае их поисковой незавершенности, когда обоснованные на их данных выводы (положительные или отрицательные) в дальнейшем не использованы для решения геологических задач. В этом случае геохимические исследования числятся в разделе "незавершенных" работ.

Таким образом, основными показателями геолого-экономической эффективности геохимических методов поисков следует считать:

- число обоснованно зафиксированных геохимических аномалий (ореолов), проверенных при последующих поисковых и разведочных работах;

- число выявленных по рекомендованным геохимическим аномалиям (ореолам) месторождений и рудных тел (зон);

- количество и достоверность прогнозных, предварительно оцененных или разведанных запасов полезных ископаемых, выявленных на различных стадиях геологоразведочных работ по геохимическим рекомендациям;

- число обоснованно исключенных по геохимическим данным бесперспективных площадей (участков), оценивавшихся ранее как перспективные другими методами.

Кроме основных показателей, геолого-экономическая эффективность геохимических методов поисков должна характеризоваться рядом показателей, учитывающих доленое участие геохимических мето-

дов в конечных результатах геологоразведочных работ и долю экономической эффективности, полученной по данным геохимических рекомендаций.

- Эта долевая эффективность должна определяться при расчете
- количества и качества разведанных запасов полезных ископаемых, предназначенных для промышленного освоения;
  - стоимости разведанных запасов полезных ископаемых в месторождениях, отдельных рудных телах и зонах;
  - экономии затрат на геологоразведочных работах, полученной от их корректировки по данным геохимических рекомендаций.

#### Критерии экономической эффективности геохимических поисков и методика их расчета

Разработка методики определения геолого-экономической эффективности геохимических методов поисков требует тщательного учета специфических особенностей этого вида работ и характера его "продукции". Однако в любых ситуациях оценка этой эффективности представляет собой прежде всего статистическую задачу. Такая оценка отражает средний экономический эффект, который достигается при применении геохимических методов во всей их совокупности на конкретном рудном поле и месторождении, определенной площади, территории деятельности геологической организации (экспедиции, в территориальном или республиканском геологическом управлении), в целом по Министерству геологии СССР.

Сформировать показатели оценки эффективности геохимических методов можно только при выборе какой-либо единой их основы. Так, основными и общими нормативными показателями эффективности геохимических работ могут быть геохимическая проба, соотнесенная к зафиксированной по ней геохимической аномалии, а также геохимическая аномалия, соотнесенная к открытому по ней рудному объекту и месторождению.

Исходя из этого, можно ввести первые коэффициенты оценки эффективности, которые должны давать объективную сравнительную характеристику как в рамках отдельного метода по различным районам его применения, так и по разным методам и организациям.

Таковыми показателями сравнительной оценки эффективности геохимических методов могут служить следующие коэффициенты:

$$\vartheta_1 = \frac{m}{n}; \quad \vartheta_2 = \frac{M}{m}; \quad \vartheta_3 = \frac{M}{m_1}; \quad \vartheta_4 = \frac{M_I}{m}; \quad \vartheta_5 = \frac{M_I}{m_1}.$$

В этих коэффициентах  $N$  – число отобранных геохимических проб по определенному методу;  $m$  – число зафиксированных геохимических аномалий;  $M$  – число открытых рудных объектов (месторождений, рудных тел, рудопроявлений);  $m_1$  – число проверенных геохимических аномалий;  $M_1$  – число открытых промышленных рудных объектов (месторождений, рудных тел).

Использование рекомендуемых коэффициентов в качестве критериев оценки дает при простоте расчетов первое объективное представление об эффективности геохимических поисков.

Проведенная нами работа по расчету таких коэффициентов показала, что наивысшей эффективности в использовании литохимического метода поисков по вторичным ореолам рассеяния достигли Камчатское, Читинское и Приморское ТГУ, у которых показатели открытия рудных объектов по отношению к зафиксированным и проверенным аномалиям превышают аналогичные показатели других геологических управлений в десятки и сотни раз; самые низкие показатели у Северо-Западного, Ухтинского и Северо-Кавказского ТГУ, Давтаменьгеологии и Территориального геологического управления центральных районов.

Анализ показывает, что на фиксацию одной геохимической аномалии по управлению расходуется от 210 до 11 800 геохимических проб, на открытие одного рудного объекта – от 33 000 до 35 000 проб, а на открытие одного промышленного месторождения – от 250 000 до 3 600 000 проб. В среднем по Министерству геологии СССР эти показатели соответственно равны 1200, 70 000 и 1 100 000 геохимических проб.

Исходя из сметной стоимости работ по отбору, анализу и интерпретации геохимических данных по одной пробе (2–5 рублей), нетрудно рассчитать затраты на обнаружение одной геохимической аномалии и открытие одного рудного объекта, в том числе одного промышленного месторождения.

В расчете на зафиксированную геохимическую аномалию, к открытию одного рудного объекта управления приходят через выявление от одной до 586 аномалий, а к открытию одного промышленного месторождения и рудного тела – от 3 до 2200 аномалий, при соответствующих средних показателях по стране соответственно 55 и 415 аномалий.

В расчете по проверенным геохимическим аномалиям, на открытие одного рудного объекта по управлению расходуется от 1 до 80

аномалий, а на открытие одного промышленного месторождения и рудного тела - от 3 до 135 аномалий, при средних показателях по Министерству геологии соответственно в 4 и 30 аномалий.

Анализируя, например, по этим показателям эффективность применения геохимических методов Уральским ТГУ, можно прийти к выводу, что в среднем каждая пятая геохимическая аномалия из числа проверенных способствовала открытию рудного объекта, а каждая 30-я - месторождения. По Оренбургскому ТГУ к открытию рудного объекта приводила каждая шестая из проверенных геохимических аномалий, к открытию месторождения - каждая 150-я, а по Камчатскому ТГУ, где отмечена 100%-ная проверяемость зафиксированных геохимических аномалий, к открытию месторождения приводила каждая из 185 проверенных геохимических аномалий, а рудного тела - каждая третья.

Располагая такими статистическими данными и зная количество зафиксированных, но не проверенных геохимических аномалий, можно приблизительно определять резервные возможности открытия новых рудных объектов и месторождений при производстве работ по проверке аномалий.

Объективное использование указанных показателей возможно при сравнении эффективности применения различных геохимических методов в границах деятельности одного управления, по различным регионам, а также в целом по Министерству геологии СССР.

Полученные данные показывают, что наивысшая эффективность в открытии рудных объектов по отношению к зафиксированным аномалиям достигнута Камчатским ТГУ, где каждая зафиксированная аномалия привела к открытию рудного объекта. Высокая эффективность в открытии рудных объектов достигнута Оренбургским ТГУ при применении гидрогеохимического и литохимического методов поисков по вторичным ореолам.

Наряду с этим по обоим управлениям отмечается нулевая эффективность в открытии месторождений с помощью литохимических методов поисков по потокам рассеяния и первичным ореолам, что в первом случае объясняется ограниченной разрешающей способностью метода поисков по потокам рассеяния для открытия конкретных месторождений без привлечения более детальных методов, а во втором - малоквалифицированным использованием метода поисков по первичным ореолам. При квалифицированном применении метода поисков по первичным ореолам в Приморском ТГУ открыто в 1973 г. оловорудное

месторождение; в целом по СССР этот метод характеризуется максимальной эффективностью (табл. I), что объясняется, прежде всего, квалифицированным его применением на основе методических разработок, внедренных научными организациями Министерства геологии СССР, и особенно ИМГРЭ. Так, на основе изучения первичных ореолов различных по составу и условиям формирования гидротермальных месторождений более чем на 200 рудных объектах Институтом минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) разработаны критерии перспективной оценки геохимических аномалий, исходящие из ряда особенностей формирования первичных ореолов вокруг рудных объектов.

Эффективность гидрогеохимического метода, оцениваемая по показателю  $\mathcal{E}_4$  (число аномалий, приходящихся на одно открытое месторождение), по сравнению с литохимическими поисками по вторичным ореолам рассеяния (см. табл. I) ниже в 1,5 раза, а по первичным ореолам - в 4 раза.

Значительное несоответствие поисковой результативности затрачиваемым объемам гидрогеохимических исследований (при повсеместном отнесении их к категории эффективных) на первый взгляд трудно объяснимо, но при анализе их роли и места в комплексе поисковых методов выясняется, что на многих площадях они применялись в качестве не самостоятельных, а вспомогательных методов с попутным опробованием водных источников, что снижало их значение в открытии месторождений. Это также не способствовало методическому совершенствованию гидрогеохимических поисков и не стимулировало подготовку специалистов такого профиля. Показателен опыт открытия на территории Сибирской платформы с помощью гидрогеохимического метода медно-никелевых руд Октябрьского месторождения, участков колчеданно-полиметаллического оруденения в Енисейском крае и 150 аномалий в Красноярском крае, оценка большинства которых ведется в настоящее время. Гидрогеохимические исследования здесь проводились целенаправленно в качестве самостоятельного метода с достаточным теоретическим обоснованием и практической подготовкой, при участии ученых Томского политехнического института. В результате эффективность этого метода, рассчитанная на открытие одного промышленного рудного объекта, на территории Красноярского края превышает общесоюзную в 17 раз, а одного месторождения - в 7 раз (табл. I, 2).

Совсем иные результаты получены по Казахстану, где гидро-

Таблица I

Эффективность применения различных геохимических методов поисков  
по Министерству геологии СССР

Методы	Годы при- менения	Число сто- ранных проб	Число выявленных			Число проб на открытие од- ного ореола или аномалии	Число аномалий на открытие рудного промышленного объекта месторождения	
			ореолов и аномалий	место- рождений	рудных тел		рудного	промышленного объекта
По Министерству геологии СССР								
Литохимические поиски по вто- ричным ореолам рассеяния	1949-1973	105 000 000	65 000	90	75	1600	400	720
Литохимические поиски по пер- вичным ореолам	1963-1973	3 000 000	3200	5	50	980	60	640
Гидрогеохими- ческие поиски	1952-1973	4 000 000	4200	4	1	950	840	1050
	1965-1970	По Красноярскому ТГУ (опищеновано 55 000			124 000 км <sup>2</sup> )	366	150	50
			150	1	2	( $\alpha_1=0,003$ )	( $\alpha_4=0,007$ )	( $\alpha_2=0,02$ )
	1955-1970	По Казахской ССР (опищеновано 1 200 000			250 000 км <sup>2</sup> )	3000	0	400
			400	0	1	( $\alpha_1=0,0003$ )	( $\alpha_4=0$ )	( $\alpha_2=0,0025$ )

Таблица 2

Эффективность применения гидрогеохимического метода поисков  
на территории Красноярского ТГУ

Годы при- менения	Опищенован- ная пло- щадь, км <sup>2</sup>	Число ото- бранных проб	Число выявленных			Число проб на открытие одной ано- малии	Число аномалий на открытие одного место- рудного рождения объекта	
			ано- малий	место- рождений	рудных объектов		место- рождения	рудного объекта
1965-1970	124 000	55 000	150	1	2	366 ( $\alpha_1=0,003$ )	150 ( $\alpha_4=0,007$ )	50 ( $\alpha_2=0,02$ )

Таблица 3

Эффективность применения гидрогеохимического метода поисков  
на территории Казахской ССР

Годы при- менения	Опищенован- ная пло- щадь, км <sup>2</sup>	Число ото- бранных проб	Число выявленных			Число проб на откры- тие ано- малии	Число аномалий на открытие месторож- рудопрояв- дений лений	
			ано- малий	место- рождений	рудопро- явлений		месторож- дений	рудопрояв- лений
1955-1970	250 000	1 200 000	400	0	1	3000 ( $\alpha_1=0,0003$ )	0 ( $\alpha_4=0$ )	400 ( $\alpha_2=0,0025$ )

геохимические исследования проводились не самостоятельно и целенаправленно, а попутно, с отбором на всех стадиях геологоразведочного процесса дополнительного количества водных проб. В большинстве казахстанских отчетов сведения о результатах гидрогеохимических исследований ограничивались лишь перечнем химических элементов, обнаруженных в водах в повышенных концентрациях, без определения их местного геохимического фона, минимально-аномальных содержаний и закономерностей распределения, обоснования методики работ и принципов фиксации геохимических аномалий. Применение этого метода в Казахстане оказалось практически неэффективным (табл. 3). Как видно из сопоставления табл. 1, 2 и 3, по Казахстану показатель эффективности гидрогеохимических поисков, рассчитанный на одну открытую аномалию ( $\mathcal{E}_1$ ), в 3 раза ниже, чем по СССР в целом, и в 8 раз ниже, чем по Красноярскому краю. При расчете на одно открытое месторождение показатель эффективности ( $\mathcal{E}_4$ ) для Казахстана оказался равным нулю.

В большинстве других регионов, где гидрогеохимические исследования также проводились попутно с другими, и к тому же неподготовленными для применения метода специалистами, они носили часто формальный характер и практически завершались лишь фиксацией химических элементов и микрокомпонентов в гидрогеохимических пробах, без анализа источников их повышенной концентрации, типа естественной минерализации вод, обоснования рудной перспективности гидрогеохимических аномалий и их последующей проверки.

Приведенные примеры показывают, что для первой общей оценки абсолютной и относительной эффективности геохимических методов поисков необходимо, как минимум, рассчитывать пять оценочных показателей:  $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \mathcal{E}_4, \mathcal{E}_5$ .

В группу оценочных показателей в ряде случаев потребуется ввести также следующие коэффициенты:

$\mathcal{E}_6$  - отношение общего числа использованных при интерпретации геохимической информации геохимических проб к общему числу отобранных;

$\mathcal{E}_7$  - отношение общего числа использованных при фиксации геохимических аномалий элементо-определений к общему числу полученных при анализе геохимических проб;

$K_p$  - отношение общего числа проверенных геохимических аномалий к общему числу зафиксированных (коэффициент проверяемости);

$K_o$  - отношение числа открытых месторождений и промышленных

рудных тел к числу проверенных геохимических аномалий (коэффициент открытия).

Предлагать перечисленные показатели для оценки эффективности остальных двух геохимических методов (атмогеохимического и обоготехимического) из-за недостаточного их развития пока преждевременно.

Рекомендуемые критерии характеризуют только поисковую результативность, но не отражают сущность экономической эффективности применения геохимических методов. Поэтому для определения уровня экономической эффективности, характеризуемого стоимостной отдачей каждого из геохимических методов на каждый рубль, затраченный на их проведение, необходимо ввести дополнительные показатели оценки экономической эффективности.

К таким показателям следует прежде всего отнести стоимость разведанных в недрах запасов полезных ископаемых, ранее не учтенных и приращенных по данным геохимических поисков. С учетом масштабов прироста таких запасов и видов минерального сырья, их стоимость рассчитывается по разработанной и апробированной практикой формуле [1,2]:

$$S_{p.з.} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij},$$

где  $S_{p.з.}$  — стоимость разведанных запасов полезных ископаемых в недрах конкретных месторождений (руб.);  $P$  — количество запасов ( $\tau$ ) в недрах конкретного месторождения, разведанных на основе результатов применения геохимических поисков;  $\Pi$  — цена единицы запасов полезного ископаемого конкретного месторождения (руб.);  $n$  — число рекомендованных участков месторождения по данному виду полезного ископаемого;  $m$  — число видов рекомендованных полезных ископаемых.

В этом случае наиболее объективным показателем экономической эффективности использования в комплексе геологоразведочных работ геохимического метода поисков может служить формула

$$K_{э} = \frac{S_{p.з.}}{S_{\tau}},$$

где  $K_{э}$  — показатель экономической эффективности применения геохимического метода;  $S_{p.з.}$  — стоимость запасов, разведанных по результатам применения геохимического метода (руб.);  $S_{\tau}$  — общие затраты на применение геохимического метода поисков (руб.).

Рекомендуемый показатель экономической эффективности будет объективен для всех геохимических методов, с помощью которых открывались и в последующем детально разведывались новые месторождения или отдельные промышленные рудные объекты на известных рудных полях и месторождениях, но он не применим в случаях так называемой "поисковой безрезультатности", когда с помощью геохимического метода не открыто конкретного рудного объекта.

В этих случаях при разработке экономического показателя эффективности следует считать такие затраты на геохимические методы, с помощью которых локализованы площади или отдельные интервалы в геологических разрезах, неосновательно признанные перспективными при исследованиях другими поисковыми методами, а также достоверно определены явно безрудные площади, ранее считавшиеся перспективными.

Для определения экономической эффективности применения геохимических методов, хотя и не приведших к открытиям рудных объектов, но оконтуривших фронт последующих поисковых работ (площади, интервалы в разрезах), необходимо использовать принцип альтернативности затрат, т.е. сопоставление затрат на использование геохимических методов с затратами, которые должна была бы произвести геологическая организация для получения аналогичного эффекта при применении других поисковых методов. Наибольшую объективность в оценке эффективности применения геохимического метода в этих случаях может дать показатель экономии денежных средств, полученной от сокращения объемов последующих геологоразведочных работ в результате их корректировки по данным геохимических рекомендаций.

Относительную величину исключенной из сферы дальнейших геологоразведочных работ бесперспективной части площади можно определить по формуле

$$K_p = \frac{Q - Q_1}{Q},$$

где  $Q$  — общая площадь участков, опосредованных с помощью геохимического метода;  $Q_1$  — общая площадь участков, оцененных геохимическим методом как перспективные для продолжения дальнейших геологоразведочных работ.

Для расчета полной экономической эффективности использования геохимического метода необходимо в эту формулу ввести дополнительные показатели, характеризующие экономию денежных средств, полученную за счет исключения из сферы производства ранее запро-

ектированных или предусматриваемых к проведению на бесперспективной части площади объемов геологоразведочных работ (картировочных, опробовательских, горных, буровых, геофизических и т.д.).

Таковыми дополнительными показателями могут служить следующие:

$V$  – общие объемы поисково-разведочных работ, которые могли быть затрачены на единицу площади ( $1 \text{ км}^2$ ) или единицу разреза (1000 пог.м) без учета геохимических рекомендаций;

$V_1$  – общие объемы геологоразведочных работ, которые необходимо затратить на единицу площади или разреза на рекомендуемой по данным геохимического метода перспективной части площади или разреза;  $S$  – сметная стоимость единицы объема геологоразведочных работ;  $S_p$  – сметная стоимость геохимических поисков на всей охваченной ими площади.

Окончательные расчетные формулы экономической эффективности геохимического метода примут следующий вид:

$$K_p = \frac{QVS - Q_1V_1S}{QVS} \cdot 100\% \text{ и } K_z = \frac{QVS - Q_1V_1S}{S_p}.$$

Показатель  $K_p$  характеризует относительную экономию денежных средств, полученную от сокращения в соответствии с геохимическими рекомендациями физических объемов геологоразведочных работ, а  $K_z$  – относительную прибыль, полученную от внедрения геохимических рекомендаций в расчете на каждый рубль из общих средств, затраченных на геохимические поиски.

Абсолютную экономию денежных средств в рублях на геологоразведочных работах характеризует формула  $\Delta = QVS - Q_1V_1S$ ; в применении к геохимическому методу это означает прибыль от использования геохимических рекомендаций.

В качестве примера проведем предложенные расчеты для определения экономической эффективности конкретных геохимических рекомендаций, выданных ИМПРЭ по результатам применения на закрытых площадях Центрального Казахстана геохимического метода поисков по вторичным (наложенным сорбционно-солевым) ореолам и использованных Центрально-Казахстанским ТГУ при корректировке дальнейших поисковых работ в закрытых районах [3].

Конечная цель поисков по наложенным ореолам заключалась в локализации на перспективной территории участков для проведения горных и буровых работ. За единицу расчета принята условно единица основных видов сопоставляемых работ – стоимость 1 пог.м бурения поисково-картировочных скважин, равная по расчетам казах-

станских геологов 8-12 руб., и стоимость 1 точки наблюдения при проведении геохимических поисков, равная по расчетам геохимиков ИМГРЭ 6,8 руб.

Для опискования 1 км<sup>2</sup> площади без учета геохимических исследований требуется, по данным геологов, 100 скважин средней глубиной 50 м, а по данным геохимиков - 300 точек наблюдений. Затраты на бурение поисково-картировочных скважин на 1 кв.км составляют: 100 скв. x 50 пог.м x 8 руб = 40 000 руб. Затраты на геохимические поиски на 1 км<sup>2</sup> площади составляют: 300 точек наблюдений x 6,8 руб = 2040 руб. Учитывая, что в число 100скважин на 1 км<sup>2</sup> предусматривается обязательное во всех случаях бурение 20 картировочных скважин (затраты на их бурение составляют: 20 скв. x 50 пог.м x 8 руб. = 8000 руб.), общая эффективность от применения вместо буровых поисковых работ геохимических поисков по наложенным ореолам составит на каждый квадратный километр:  $\Delta = 40\ 000 - 2040 - 8000 = 29\ 960$  руб.

При использовании геохимических рекомендаций на площади в 100 км<sup>2</sup> относительная экономия денежных средств, полученная от сокращения в соответствии с геохимическими рекомендациями физических объемов поисковых работ, составит по формуле

$$K_p = \frac{100 \times 40000 - 100 \times 10040}{100 \times 40000} \cdot 100\% = 75\%.$$

Относительная прибыль от внедрения геохимических рекомендаций в расчете на каждый рубль составит по формуле

$$K_{\Delta} = \frac{4000000 - 1004000}{204000} = 14,7 \text{ (руб.)}.$$

Абсолютная прибыль от использования геохимических поисков на площади в 100 км<sup>2</sup> составит 2 996 000 руб.

Этот пример показывает экономическую эффективность использования геохимических методов поисков по вторичным, в данном случае наложенным, ореолам рассеяния. При поисках по первичным ореолам эти оценочные критерии экономической эффективности также корректны.

С учетом того, что проведение поисков по первичным ореолам предлагается, как правило, в крупных масштабах (1:25 000 - 1:10 000 и крупнее) в районах известных рудных полей и месторождений с охватом ограниченных площадей, в практике оценки экономической эффективности применения этого метода целесообразно определение критерия экономии денежных средств, подсчитываемого, например, на основе корректировки по первичным ореолам проектного

направления буровых и горных работ на стадиях разведки месторождений или поисков в пределах рудных полей, т.е. экономии от сокращения объемов буровых и горных работ на стадиях предварительной и детальной разведки месторождений полезных ископаемых. Поэтому здесь вышеприведенные формулы  $K_p = \frac{QVS - Q_1V_1S}{QVS} \cdot 100\%$  и

$K_e = \frac{QVS - Q_1V_1S}{S\tau}$  также вполне объективны.

При заложении скважин без геохимического обоснования часто встречаются три типичных случая нецелесообразной проходки:

- а) мимо рудных тел (зон);
- б) с излишней проектной глубиной;
- в) с разбуриванием заведомо неперспективных участков рудных полей и месторождений.

Предварительное геохимическое обоснование позволяет либо исключить нерациональные объемы разведочных работ (получается значительная экономия от такого сокращения), либо использовать объемы работ с более высокой геолого-экономической эффективностью. Эта экономия при полном использовании геохимических рекомендаций может выражаться крупными суммами.

До сих пор остаются неясными критерии и показатели оценки экономической эффективности применения атмогеохимического и других методов поисков скрыто-перекрытого оруденения. Предлагать приведенные формулы для этих методов пока преждевременно, но уже сейчас есть основание утверждать, что и для них можно будет использовать принцип альтернативности затрат, т.е. сопоставление затрат на использование атмохимических и других геохимических методов (как в отдельности, так и в комплексе) с затратами, которые должна была бы произвести геологическая организация для получения аналогичного результата без применения этих методов.

Предложенные нами наиболее простые формулы расчета оценки геолого-экономической эффективности применения геохимических методов верны при условии безошибочности геохимических заключений и рекомендаций. Однако, как показывает практика, в геохимических заключениях содержится немалый процент ошибок и неопределенностей. Учесть их при оценке геолого-экономической эффективности можно только на основе более сложных статистических приемов, применять которые из-за отсутствия строгого учета геохимических работ пока преждевременно.

Анализ критериев и показателей оценки геолого-экономической

эффективности применения геохимических методов поисков позволяет рекомендовать и пути ее повышения. Последнее в решающей степени зависит от уровня завершенности цикла геохимических работ, совершенствования техники этих работ и подготовки специалистов поисковой геохимии. Влияние последних двух факторов очевидно, поэтому остановимся подробнее на первом из них.

По большинству геологических организаций эффективность геохимических поисков несоизмерима с их объемными показателями. Это объясняется в основном незавершенностью поискового цикла геохимических работ, прекращаемых, как правило, на стадии фиксации геохимических аномалий без последующей их оценки, детализации и проверки.

По последним данным, из 100 тысяч геохимических аномалий, зафиксированных в геологических отчетах на 1977 г., проверено только 10 тысяч, с помощью которых открыта одна тысяча рудных объектов, в том числе 100 промышленных месторождений, 150 промышленных рудных тел и зон в пределах известных рудных полей и 750 перспективных рудопроявлений. Если к этим статистическим данным применить коэффициенты проверяемости аномалий ( $K_p$ ), открытия по ним рудных объектов, а по последним — и промышленных месторождений, то они в числовом выражении соответственно равны 0,1, а в смысловом — характеризуют огромный неиспользованный резерв значительного повышения поисковой, а следовательно, и экономической эффективности геохимических методов.

Форсированная реализация этого неиспользованного резерва в текущем пятилетии может привести к открытию сотен новых месторождений, в основном цветных, редких и благородных металлов, так как при повышении коэффициента проверяемости хотя бы вдвое (до 0,2) количество открытий новых рудных объектов значительно возрастает.

Но удвоение коэффициента проверяемости геохимических аномалий ниже реальных возможностей геологических организаций, так как некоторые из них за последнее пятилетие активизировали работы по проверке аномалий в значительно большей степени.

Статистические данные указывают на реальные возможности и остальных геологических организаций повысить коэффициент проверяемости аномалий ( $K_p$ ) в 2-5 раз с соответствующим повышением коэффициента открытия рудных объектов ( $K_o$ ) в 2,5-3,5 раза, а также подтверждают существование огромного неиспользованного резерва

непроверенных геохимических аномалий. По подсчетам геохимиков Красноярского ТГУ [4] намеченное ими обобщение результатов ранее проведенных геохимических работ позволит только по территории южных районов Красноярского края и Тувинской АССР выявить дополнительно 300-350 перспективных геохимических аномалий, проверка которых может привести к открытию 15-20 промышленных месторождений. По другим районам края остаются непроверенными от 30 до 70% зафиксированных ранее перспективных геохимических аномалий, проверка которых может дать еще около 20 месторождений. Значительные резервы непроверенных перспективных аномалий имеются на территории Приморского края (более 1000), Иркутской области (250), Читинской области (более 300); всего по территории СССР резерв таких аномалий оценивается примерно в 40 тысяч.

Даже при существующем среднем ( $K_p=0,1$ ) коэффициенте проверяемости аномалий и открытия рудных объектов и промышленных месторождений прирост может исчисляться выявлением тысяч новых рудных объектов и сотен промышленных месторождений, в основном цветных, редких и благородных металлов.

Как показал опыт некоторых геологических управлений (Приморского, Читинского), затраты на прогнозную оценку одной геохимической аномалии или группы близких аномалий (аномального поля) на первой стадии определения их формационной принадлежности без прогнозирования на глубину не превышают 15 тыс. руб., а с дополнительными работами второй стадии по определению перспектив оруденения на глубину со вскрытием горными выработками и буровыми скважинами рудных тел (зон) с детальностью масштаба 1:25 000-1:10 000 эти затраты возрастут до 60 тыс. руб. С учетом двухстадийной оценки геохимических аномалий, при которой после первой стадии работ отбраковывается, как правило, до 90% неперспективных аномалий, общие затраты на проверку 40 тысяч резервных аномалий составят по Министерству Геологии СССР примерно 800 млн. руб. (40 000 аномалий x 15 000 руб. + 4000 аномалий x 45 000 руб.). Исходя из предположения, что в результате проверки 40 000 аномалий (при коэффициенте открытия  $K_o = 0,1$ ) будет открыто 4000 рудных объектов, в том числе около 400 промышленных месторождений, затраты на открытие и предварительную прогнозную оценку одного промышленного месторождения составят 2 млн. руб.

При проверке близких аномалий, т.е. аномальных площадей, эти затраты значительно снижаются и, как показали произведенные

геохимиками Красноярского ГГУ расчеты, усредненные затраты на открытие одного месторождения на территории Красноярского края составляют 300-500 тыс.руб.

Сопоставление этих затрат с затратами на другие поисковые методы дает основание утверждать, что геохимические методы являются наиболее эффективными в практике поисковых работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кобахидзе Л.П. Экономика геологоразведочных работ. М., "Недра", 1973.

2. Кобахидзе Л.П., Быховер Н.А. Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ. М., "Недра", 1976.

3. Сает Ю.Е., Булавский Ю.И., Грабовская Л.Н. и др. Совершенствование и внедрение в производство методики оценки перспектив рудоносности участков по гипергенным ореолам и потокам рассеяния. М., Изд.ИМПРЭ, 1976.

4. Суганов Б.Л., Шерман М.Л. Состояние и основные направления развития геохимических методов поисков в Красноярском геологическом управлении (Тезисы докладов У Сессии Сибирской секции СГПМ). Красноярск, 1977.

А.З. Адамян, С.В. Григорян  
ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ  
ПЕРВИЧНЫХ ОРЕОЛОВ ШАУМЯНОВСКОГО  
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Шаумянское полиметаллическое месторождение расположено в юго-восточной части Кафанского рудного поля (Армянская ССР [1]) и представлено серией различных по размерам жил субширотного простирания, залегающих в толще среднеюрских (байос) вулканогенно-осадочных пород (кварцевых порфиров, их туфов и туфобрекчий). Рудовмещающие породы перекрыты лишенной рудной минерализации туфогенно-осадочной толщей верхней юры (оксфорд-кимеридж).

На месторождении полиметаллические рудные жилы залегают кулисообразно как по вертикали, так и по горизонтали; средние мощности относительно крупных жил варьируют от 0,2 до 0,45 м, реже больше. Основными рудными минералами являются сфалерит, халькопирит, пирит и галенит. Последний наиболее характерен для верхних горизонтов рудных тел. Реже встречаются теннантит, тетраэдрит, тетрадимит, алтаит. Жильные минералы представлены кварцем, кальцитом, флюоритом и гипсом. Зона окисления по рудным жилам развита слабо; вторичные минералы - лимонит, медная зелень, малахит.

Целью проводившихся исследований являлось изучение состава, морфологии и особенностей зонального строения первичных геохимических ореолов Шаумянского месторождения для выяснения специфических особенностей и практического значения первичных ореолов сравнительно маломощных рудных жил. Это требовалось для уточнения некоторых методических аспектов использования первичных ореолов при поисках и разведке месторождений жильного типа.

Для изучения первичных ореолов элементов-индикаторов по вертикальным поперечным разрезам проводилось геохимическое опробование рудных жил и вмещающих пород - по подземным горным выработкам и керну буровых скважин. Пробы отобраны методом пунктирной борозды [2] и с помощью экспрессного спектрального анализа проанализированы на широкий круг химических элементов в лаборатории физических методов анализа Бронницкой геолого-геохимической экспедиции ИМГРЭ.

Обработка результатов геохимического опробования позволила установить, что рудные жилы, несмотря на сравнительно четкие гра-

ницы с вмещающими породами, а также небольшую мощность, сопровождаются достаточно широкими и интенсивными ореолами широкого круга химических элементов. Прежде всего обращает на себя внимание исключительно неравномерное распределение химических элементов в их первичных ореолах: графики распределения элементов в ореолах представляют собой постоянное чередование пиков и провалов содержаний; это свидетельствует о том, что при формировании ореолов ведущим был процесс инфильтрации при резко подчиненном значении диффузии.

В строении первичных ореолов исследованного месторождения устанавливается отчетливая вертикальная зональность, которая полностью согласуется с единой зональностью первичных ореолов сульфидсодержащих гидротермальных месторождений [2]. Эта вертикальная зональность особенно четко проявляется в строении мультипликативных ореолов.

На рис.1 изображены частные мультипликативные ореолы элементов-индикаторов надрудных и подрудных сечений первичных ореолов. Как следует из рис.1, каждая из облизанных в пространстве рудных жил фиксируется своими ореолами, в строении которых отчетливо проявляется вертикальная зональность. Последняя выражается в резком усилении и расширении с глубиной ореолов подрудных элементов - вольфрама, молибдена, кобальта и ванадия. В то же время с глубиной происходит выклинивание мультипликативных ореолов надрудных элементов, таких как серебро, свинец, цинк и мышьяк. Последний на Шаумяновском месторождении образует наиболее широкие и интенсивные ореолы в верхних частях околорудного пространства, что также согласуется с установленной ранее минеральной зональностью первичных ореолов мышьяка [2]. На исследованном месторождении основными минералами-концентраторами мышьяка являются блеклые руды, и поэтому мышьяк является надрудным индикатором, в отличие от некоторых других месторождений, где мышьяк в рудах и ореолах содержится в основном в арсенопирите и является подрудным элементом-индикатором.

На рис.2 по тому же разрезу изображены первичные ореолы рудных тел, оконтуренные по величине мультипликативного показателя, представляющего собой мультипликативный коэффициент зональности, рассчитанный по каждой пробе. Как следует из рис.2, описанная выше вертикальная геохимическая зональность отчетливо проявляется и в строении ореолов, оконтуренных по величине мультипликативного показателя: ореолы с глубиной резко сужаются. Количественным по-

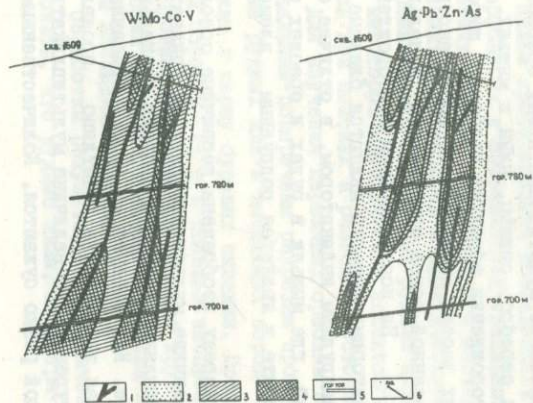


Рис.1. Мультипликативные ореолы надрудных (справа) и подрудных (слева) элементов  
 1 - рудные жилы; 2-4 - первичные ореолы по возрастающей интенсивности; 5 - подземные горные выработки; 6 - буровая скважина

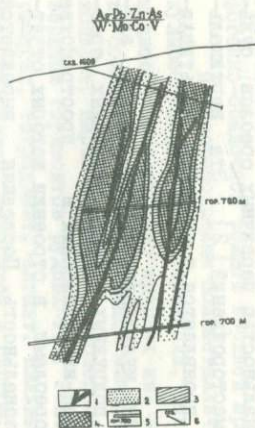


Рис.2. Первичные ореолы, оконтуренные по величине мультипликативного коэффициента геохимической зональности (усл. обозн. см. на рис.1)

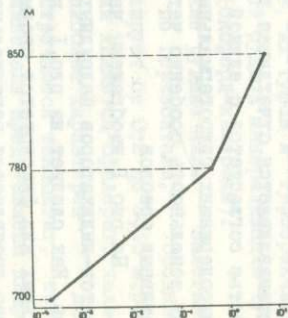


Рис.3. График изменения мультипликативного коэффициента геохимической зональности ( $Ag \cdot Pb \cdot Zn \cdot As$ ) с глубиной  $W \cdot Mo \cdot Co \cdot V$

казателем описываемой зональности является коэффициент геохимической зональности. На рис.3 приведены также графики изменения с глубиной величины мультипликативного коэффициента геохимической зональности первичных ореолов. Этот коэффициент представляет собой отношение произведений линейных продуктивностей ореолов надрудных и подрудных элементов. Как следует из рис.3, величины коэффициента зональности постепенно и достаточно контрастно уменьшаются с глубиной - при изменении глубины на 120 м коэффициент меняется почти в 3000 раз. В данном случае из-за отсутствия надрудных и подрудных сечений изучены только первичные ореолы, развитые на уровне рудных тел. Естественно, что при более полном прослеживании ореолов и изучении их надрудных и подрудных частей зональность ореолов будет контрастнее.

Приведенные выше данные показывают, что вокруг рудных жил развиты первичные ореолы с контрастной геохимической зональностью, которые с успехом могут быть использованы для поисков подобных месторождений в слепом залегании, а также для оценки уровня эрозионного среза выходящих на поверхность рудных тел и определения на этой основе их перспектив на глубину.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Геология Армянской ССР. т. VI. Металлические полезные ископаемые. Ереван, Изд-во АН Арм. ССР, 1967.
2. Григорян С. В. Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений. (Методические рекомендации). М., Изд. ИМГРЭ, 1974.

В.А. Бородин, С.В. Григорян

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ ЗОНАЛЬНОСТЬ НА РТУТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЛИСТВЕНИТОВОГО ПОДТИПА

Исследования последних лет, направленные на разработку методики и повышение экономической эффективности геохимических поисков ртутных месторождений, показали, что особенно большие трудности встречаются при изучении первичных ореолов ртутных месторождений лиственитового подтипа [8]. Эти месторождения локализируются в зонах глубинных разломов там, где они вмещают метасоматически измененные интрузии ультраосновных пород. Их размещение определяется конкретным сочетанием разрывных и складчатых структур, из которых доминирующую роль играют сопряжения разломов с осевыми зонами складок. Размещение оруденения внутри лиственизированных и серпентинизированных зон находится в тесной зависимости от литологического состава и структурных особенностей рудоносных зон. Киноварная минерализация приурочена главным образом к лиственитам и в значительно меньшей степени к трещиноватым разностям других пород. Рудные тела, как правило, имеют форму гнезд, линз и столбов. Обычным типом руд является вкрапленный и прожилково-вкрапленный. В составе руд — киноварь, и второстепенные — пирит, марказит, арсенопирит и др. Нерудные минералы представлены кварцем, кальцитом, доломитом и анкеритом. Месторождения данного подтипа отличаются значительной протяженностью оруденения на глубину (более 1000 м).

Сложное геологическое строение этих месторождений обуславливает совместное нахождение большого количества пород, резко различающихся между собой по химическому составу. На сравнительно небольших участках месторождений встречаются часто в непосредственном контакте известняки, сланцы, диабазы, альбитофирны, серпентиниты и их гидротермально измененные разности. Интенсивность изменения иногда не позволяет определять первичный состав породы (апоизвестковистые и апосерпентинитовые листвениты), что, несомненно, усложняет геохимические исследования.

Впервые изучение первичных геохимических ореолов ртутного оруденения лиственитового подтипа проводилось на Агятагском ртутном месторождении [5]. Исследования ореолов на этом месторождении показали многокомпонентность их состава, в котором по интенсивности и особенностям распределения были выделены две груп-

пы элементов-индикаторов: 1) ртуть, мышьяк, свинец, медь; 2) никель, кобальт, молибден, бериллий, вольфрам. Вертикальная зональность ореолов была представлена следующим рядом элементов (сверху вниз): мышьяк - ртуть - (серебро, свинец, олово, цинк) - медь - кобальт - никель - бериллий - молибден - вольфрам. Отношение произведений продуктивностей элементов-индикаторов, составленное на основе геохимического ряда зональности, позволило получить количественные показатели эрозийного среза и отрицательно оценить глубокие горизонты данного месторождения.

В качестве объектов дальнейших исследований были выбраны ртутные месторождения листовитового подтипа в Улугтаусском (участки 3, 8, 12) и Карачатырском (участок "Центральный") рудных полях Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса (Средняя Азия).

Участки 3, 8, и 12 Улугтаусского рудного поля приурочены к крупному глубинному разлому в осевой части Южной антиклинали, северное крыло которой сложено сланцами с прослоями известняков, а южное - диабазами, андезитовыми порфиритами и альбитофирами. Эти отложения прорваны интрузиями ультраосновных пород, в контакте с которыми развиты зоны листовитизации (рис. 1). Ртутное оруденение размещается в трех узких линейно вытянутых рудоносных зонах - Северной, Южной и Второй Южной.

Северная рудоносная зона приурочена к лежащему боку серпентинитового массива и сложена несколькими телами листовитов, залегающих на песчано-глинистых сланцах. Оруденение распределено в зоне крайне неравномерно. Первичные ореолы изучались вокруг рудного тела участка 8, расположенного на западе зоны и характеризующегося открытым залеганием промышленного орудения на глубине от 100 до 600 м. Киноварная минерализация локализована исключительно в листовитах. Промышленное оруденение прослежено и оконтурировано значительным числом (свыше 40) разведочных скважин.

Южная рудоносная зона (участок 3) располагается в ядерной части антиклинали и локализуется в лежащем боку песчано-сланцевой толщи, на контакте ее с аффузивами. Оруденение в основном приурочено к линзам листовитов, местами окремненным сланцам и алевролитам, и концентрируется на участках отслоения и дробления пород. Структурный контроль выражен в приуроченности оруденения к системам трещин, ориентированным вкрест простирания рудоносной зоны. Основное промышленное ртутное оруденение располагается на глубине, превышающей 300-400 м, образуя вблизи поверхности лишь отдельные мелкие рудные тела. Резкое различие в масштабах промышлен-

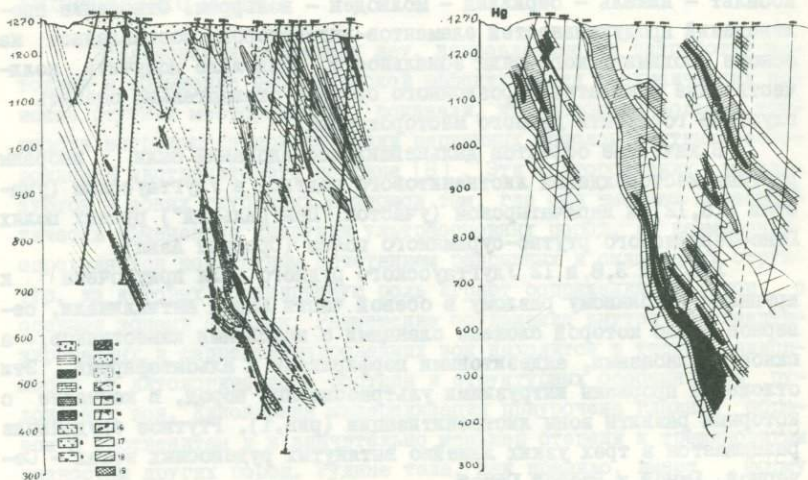


Рис. 1. Геологический разрез Улугтауского рудного поля (участок 3) и первичные ореолы ртути

1 - рыхлые отложения; 2 - песчано-глинистые сланцы; 3 - известковистые сланцы; 4 - известняки; 5 - песчаники; 6 - мергели; 7 - серпентиниты; 8 - арфузивы; 9 - рудоносные листвениты; 10 - туфы; 11 - березитизация; 12 - дробление; 13 - линии контакта (а - прослеженная; б - предполагаемая); 14 - разведочная скважина; 15 - опробованная разведочная скважина; 16 - контур промышленного оруденения. Содержания ртути в ореолах: 17-30-100·10<sup>-5</sup>%; 18-100-300·10<sup>-5</sup>%; 19 - больше 300·10<sup>-5</sup>%

ных концентраций в этих рудных телах и нижнего основного рудного тела (I:150) позволяет принимать данный объект в качестве месторождения с глубоким (скрытым) залеганием оруденения. Этот вывод может быть подтвержден результатом обработки данных химического анализа на ртуть, выполненной по всем рудным интервалам разведочных скважин (рис.2, а). Этот же материал на основе выделенных качественных градаций руд уточняет морфологию и внутреннее строение Южной рудоносной зоны, выделяя в ней отдельные рудные столбы, разобщенные пережимами с полным отсутствием в них листовенитов и промышленного оруденения. Выявленные особенности строения хорошо увязываются с отмеченным выше структурным контролем оруденения и позволяют положительно оценивать глубокие (более 800м) горизонты месторождения, которые в настоящее время не околтурены разведочными скважинами.

Вторая Южная рудоносная зона (участок I2) приурочена к контакту осадочно-эффузивных образований (андезитов, альбитофиров) с песчано-сланцевыми отложениями. Измененные породы представлены березитами и листовенитами. Последние отмечаются на контакте с апофизами ультраосновных пород, вскрытых разведочными скважинами на глубоких (300-400 м) горизонтах зоны. Киноварная минерализация локализуется как в интенсивно трещиноватых эффузивах и сланцах, так и в листовенитах, где сосредоточено основное промышленное оруденение. Вблизи поверхности последнее отличается крайне неравномерным распределением и уступает по масштабам нижнему рудному телу, что сближает этот объект с описанным месторождением участка 3. Однако, учитывая отсутствие резко выраженного отличия в масштабах оруденения, а также относительное постоянство коэффициента рудоносности по всей зоне, участок I2 отнесен к объектам с эродированным характером залегания ртутного оруденения. Глубокие горизонты рудоносной зоны разведаны и околтурены многочисленными поисково-разведочными скважинами.

Непромышленное ртутное рудопроявление Карачатыр (участок "Центральный") находится в 10 км от Улугтаусского рудного поля и характеризуется также сложным геологическим строением. На участке месторождения широко развиты хлорит-серицитовые сланцы, известняки, конгломераты и песчано-глинистые сланцы. Эти породы прорваны пластообразной интрузией ультраосновных пород, приуроченной к зоне контакта хлорит-серицитовых сланцев с окремненными частями песчано-сланцевых образований. Ультраосновные породы рас-

сланцованы и визуально трудноотличимы от хлорит-серицитовых сланцев, в связи с чем оконтуривание массива и его апофиз выполнено по данным спектрального анализа геохимических проб, установивших высокие содержания никеля (более 0,1%), кобальта (более 0,08%) и хрома (более 1%). Киноварная минерализация в виде гнезд и вкрапленности встречается в лиственитизированных породах и лиственитах в висячем боку этой интрузии и быстро выклинивается с глубиной (около 100 м). Рудоносная зона участка прослежена поисково-разведочными скважинами до глубины 600 м, несмотря на то, что интенсивность гидротермального изменения пород по падению зоны заметно уменьшается. Очевидно, что данное непромышленное рудопроявление лиственитового подтипа может быть принято в качестве эталонного эродированного объекта. Изучение его первичных ореолов было выполнено по наиболее представительному геолого-геохимическому разрезу.

Методика обработки геохимических данных на первом этапе исследований предусматривала использование приемов, изложенных в общеизвестных действующих инструкциях и методических рекомендациях. В соответствии с этим были составлены фоновые выборки проб для всех разновидностей пород и выполнен расчет параметров фонового распределения элементов. Геохимическая зональность первичных ореолов выявлялась для каждого объекта на основе расчета парных отношений средних содержаний элементов-индикаторов по одному из опорных геолого-геохимических разрезов. Геохимическая зональность Южной рудоносной зоны (участок 3) изучалась по серии (8) поперечных геолого-геохимических разрезов на основе расчета показателя зональности на ЭВМ Урал-14 по программам "Степан" и "Рядель". Место элемента в ряду зональности определялось по максимальному значению показателя зональности в соответствии с гипсометрическим уровнем месторождения. При обработке на ЭВМ (для большей достоверности) результатов использовались лишь данные однородных выборок, представленных средними содержаниями элементов в рудоносных лиственитах. В дальнейшем показатель зональности использовался для построения моноореолов элементов-индикаторов. Все его значения для каждого элемента выносились на вертикальную проекцию Южной рудоносной зоны, после чего отрисовывались поля максимальных значений, отражавшие накопление одного элемента к сумме всех остальных элементов-индикаторов (рис.2,б). Размещение аномальных полей одного элемента при сравнении с данными по другим элементам

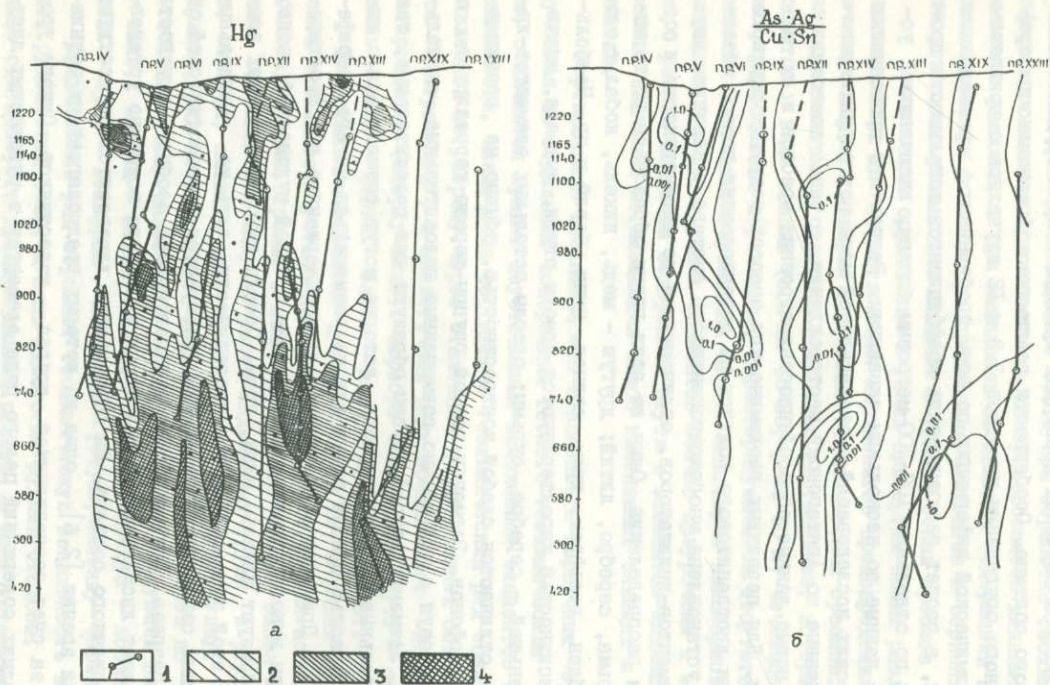


Рис. 2. Продольная проекция Южной рудоносной зоны (участок 3) на вертикальную плоскость с (а) данными о продуктивности руды в рудных интервалах и (б) изоконцентрами значений геохимического коэффициента  $\frac{\text{As} \cdot \text{Ag}}{\text{Cu} \cdot \text{Sn}}$  медь  $\times$  серебро / медь  $\times$  олово

I — линии опробованных геолого-геохимических разрезов; 2 — бедные руды; 3 — средние руды; 4 — богатые руды

фактически иллюстрирует его место в ряду зональности и позволяет более четко выявлять особенности распределения элементов в ореолах данной рудоносной зоны. Этот этап исследований отличался объемным характером изучения первичных ореолов вокруг оруденения листовенитового подтипа. Особенности геохимической зональности ореолов ртутного оруденения участков 3,8 и I2 изучались с привлечением геохимической информации по всем пробуренным разведочным скважинам, а расчет геохимических коэффициентов зональности производился по отдельным 100-200-метровым блокам, включавшим усредненные данные по нескольким скважинам. Результаты проведенных геохимических исследований в значительной мере подтвердили выводы, полученные по Агятагскому месторождению, а также позволили получить новые данные об особенностях строения ореолов и их зональности. Для первичных геохимических ореолов вокруг ртутного оруденения листовенитового подтипа на перечисленных выше объектах была установлена многокомпонентность состава и наличие двух групп элементов-индикаторов, отличающихся по интенсивности и особенностям распределения. Одну из этих групп образовали ртуть, мышьяк, сурьма, серебро, литий; другую - медь, никель, кобальт, олово, молибден, вольфрам, хром, свинец, цинк, барий и др. Наибольшей интенсивностью характеризуются ореолы ртути, мышьяка, значительно меньшей - серебра, сурьмы; ореолы остальных элементов-индикаторов отличаются слабой контрастностью, обычно не превышающей трех геофонов. Элементы первой группы хорошо коррелируют с ртутью, образуя с ней обычно совмещенные положительные аномальные поля. Элементы второй группы образуют как положительные, так и отрицательные аномальные поля, которые могут совмещаться с интенсивной частью ореола ртути или же размещаться по его периферии [1,2]. При этом наиболее четкие и выдержанные по простиранию ореолы выноса устанавливаются лишь в Южной рудоносной зоне, где их образуют никель, цинк, хром. Ореолы выноса остальных элементов в этой зоне выявляются спорадически, лишь по отдельным разведочным скважинам, и не всегда увязываются с геологической ситуацией разреза. При выявлении ореолов выноса особую трудность представляют листовениты, для которых не всегда возможно установление первичного состава. На образование листовенитов существуют две точки зрения [2,6], одна из которых предполагает их возникновение за счет серпентинитов, другая - известняков. Однако уровень средних содержаний целого ряда элементов в рудоносных лист-

венитах (табл. I) и в первую очередь никеля, кобальта, хрома, практически исключает точку зрения на преобразование в листвениты известняков. Вследствие этого при обработке геохимической информации выделение лиственитов контролировалось данными спектрального анализа, а при выявлении аномальных содержаний применялись параметры фонового распределения элементов в серпентинитах, что позволило установить наличие в рудных зонах ореолов выноса.

Локализация оруденения в узких притертых зонах разломов и благоприятных для рудоотложения лиственитов предопределила ограниченную ширину развития первичных геохимических ореолов. Последняя определяется в основном мощностью лиственитов, которые наблюдаются в виде тонких (обычно 10-20, реже 50 м) чечевицеобразных линз, разобренных пережимами, характеризующимися отсутствием рудоносных лиственитизированных пород. Максимумы кинварной минерализации и сопутствующих элементов обычно приурочены к этим линзам, с резким падением содержаний ртути и элементов-индикаторов др. фоновых значений во вмещающих слабо измененных сланцах и серпентинитах.

Вертикальная геохимическая зональность первичных ореолов, изученная по отдельным поперечным геолого-геохимическим разрезам, отличается крайне неустойчивым положением элементов в рядах зональности. Исключение составляет геохимический ряд зональности, выявленный по разрезу через эталонный эродированный объект (участок "Центральный") и аналогичный ряду зональности Агятагского месторождения (сверху вниз): серебро - мышьяк - ртуть - свинец - никель - цинк - барий - олово - медь - хром - кобальт.

По остальным объектам (участки 3, 8 и 12) в рядах геохимической зональности устанавливается лишь более тесная ассоциация кобальта, никеля, хрома, в меньшей степени - меди, олова и вольфрама, составляющих одну из ранее выделенных групп, и ртути, мышьяка, серебра, лития и др., представляющих другую группу. Так, например, ряд геохимической зональности, рассчитанный по геолого-геохимическому разрезу III участка 3, имеет следующий вид (сверху вниз): свинец - литий - олово - медь - серебро - кобальт - никель - хром - вольфрам - молибден - (ртуть, мышьяк) - барий - цинк.

Приведенный ряд отражает геохимическую зональность не всей Южной рудоносной зоны, а лишь одного из рудных столбов, параллельно оси которого пройден данный разрез. В ряду устанавливается очень тесная ассоциация подрудного комплекса и некоторая рассредоточенность элементов надрудного комплекса, основная масса

Т а б л и ц а I

Содержание элементов-индикаторов в рудах (листвениты) и вмещающих породах (участок 3)

Наименование элементов	Листвениты		Серпентиниты			Порфириты			С л а н ц ы		
	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Молибден	6-40	I,5-10	4,0	4-12	I,0-3,0	7,5	6-80	0,8-II,0	8,0	5-100	0,6-13,0
Медь	I,5-8	0,7-II,0	2,0	I-8	0,5-4,0	3,3	I,5-10	0,45-3,0	2,9	I-6	0,3-2,0
Свинец	0,3-3,0	2-20,0	0,15	0,15-2	I,0-13,3	0,38	0,3-20	0,8-50,0	0,35	0,4-3	I,1-8,0
Цинк	6-10	0,75-2,2	4,5	5-15	I,1-3,3	6,5	8-12	I,2-I,8	6,0	4-30	0,7-5,0
Никель	10-200	0,16-I,3	160	20-400	0,13-2,7	2,1	2-150	0,9-71,0	1,6	2-100	I,3-56,0
Кобальт	3-15	0,35-I,8	8,5	6-15	0,7-I,7	1,4	0,8-10	0,8-7,1	1,2	0,5-6	0,4-5,0
Хром	50-150	0,6-I,9	80	30-150	0,37-19,0	6,0	6-40	I,0-6,7	6,5	5-100	0,76-15,4
Олово	0,05-0,3	0,4-2,5	0,12	0,1-0,3	0,8-2,5	0,09	0,05-0,3	0,56-3,3	0,075	0-04	? -5,0
Ванадий	I-12	0,5-6,0	2,0	I,5-15	0,75-7,5	6,0	5-25	0,8-4,2	5,0	5-25	I,0-5,0
Марганец	50-200	0,7-2,2	90	60-150	0,56-I,7	50,0	30-150	0,6-3,0	50	I5-200	0,3-4,0

I - фоновое содержание; II - размах содержаний в рудах и вмещающих породах; III - коэффициент аномальности.  
 Содержания молибдена приведены в  $\mu \cdot 10^{-5}\%$ ; всех остальных элементов - в  $\mu \cdot 10^{-3}\%$ .

которых располагается в его нижних частях. Подобные ряды зональности наблюдаются и по другим изученным разведочным разрезам участка 3, и во всех случаях они характеризуются расположением большинства элементов-индикаторов, относящихся к надрудному комплексу, в нижних частях ряда в противоположность их положению в упомянутых рядах зональности эродированных объектов (участок "Центральный", месторождение Агятаг). Несмотря на это, в качестве количественных характеристик зональности были приняты следующие коэффициенты:

мышьяк х серебро<sup>I</sup>; мышьяк х серебро х сурьма;  
 медь х олово                      медь х кобальт х никель

мышьяк х серебро х сурьма х литий,  
 медь х олово х никель х кобальт

а также другие, составленные на основе выделенных групп элементов и универсального ряда зональности [7]. При этом принимался во внимание тот факт, что большинство исследователей ртутных месторождений [1,4] при составлении подобных коэффициентов также в качестве элементов-индикаторов надрудного комплекса обычно применяли ртуть, мышьяк, серебро, сурьму, литий, таллий, свинец, а подрудного - медь, никель, кобальт, олово, цинк и др. Графики значений перечисленных коэффициентов, построенные по отдельным разрезам через изученные объекты, отличаются общим не закономерным изменением по падению зоны, для которого не всегда представляется возможным наметить даже общую тенденцию. Исключение составили графики участка "Центральный", отличающегося эродированным залеганием ртутного оруденения; последние монотонно убывают по падению рудоносной зоны, отражая выклинивание ртутного оруденения. Особенной неустойчивостью характеризуются графики коэффициента второго порядка, изменение которого было прослежено не только по отдельным разведочным разрезам всех изученных объектов, но и по восьми разрезам, через участок 3 (рис.3).

Анализ этих графиков позволяет отметить, что их максимумы обусловлены промышленными концентрациями ртути и высокими содержаниями сопутствующего мышьяка и соответственно отражают развитие лиственитов в рудоносной зоне. Падение значений обычно устанавли-

<sup>I</sup>В дальнейшем анализ особенностей распределения элементов в ореолах выполнялся главным образом на основе коэффициента  $\frac{As \cdot Ag}{Cu \cdot Sn}$  (в связи с отсутствием общих спектральных результатов по всем изученным объектам).

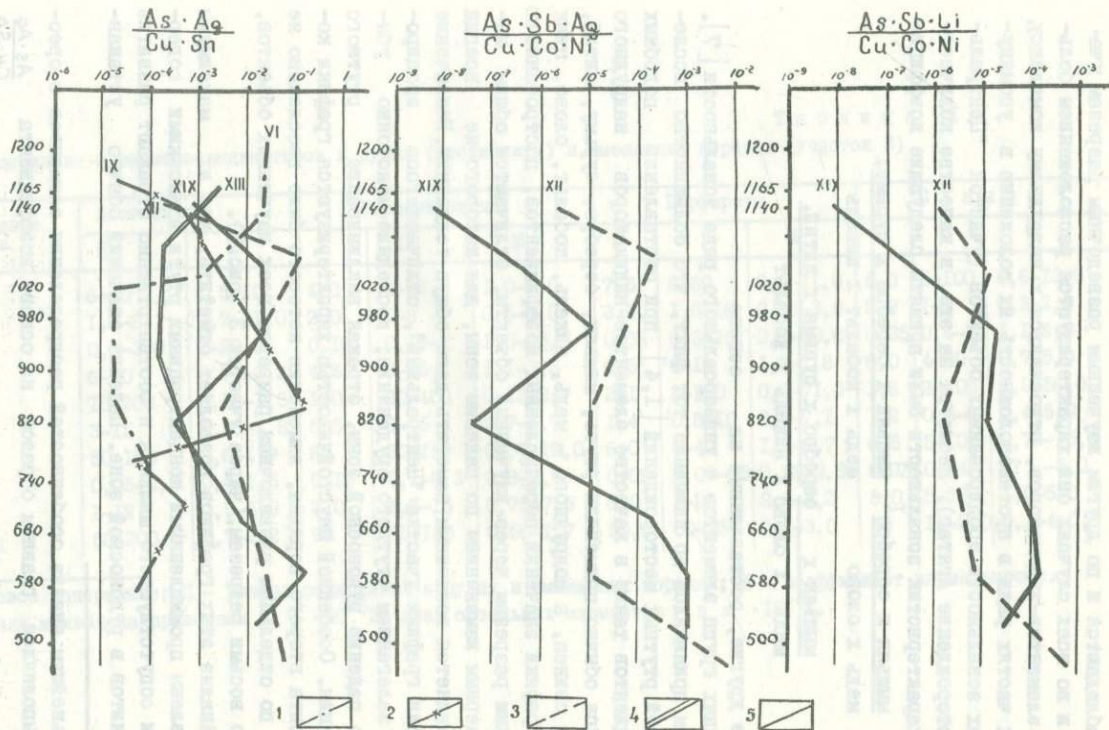


Рис.3. Графики изменения с глубиной отношений частных мультипликативных ореолов по отдельным геолого-геохимическим разрезам через участок 3

Геолого-геохимические разрезы: 1 - IV, 2 - IX, 3 - XII, 4 - XIII, 5 - XIX

ливаются в направлении выклинивания лиственитов, а их минимумы фиксируют участки пережимов, где встречаются безрудные сланцы и серпентиниты.

Соответственно величина коэффициента в той или иной мере связана с промышленными концентрациями ртути, а число максимумов на графиках зависит от положения изучаемого разведочного разреза по отношению к простиранию выявленных рудных столбов, т.е. фактически отражает, насколько точно ориентирован данный разрез к оси рудного столба. Так, например, по геолого-геохимическому разрезу VI промышленное оруденение вскрыто вблизи поверхности и на глубине, тогда как три разведочные скважины (см. рис. 2, а), пройденные между этими участками, оказались безрудными, что очень четко зафиксировал график значений коэффициента зональности (см. рис. 3). Другой разрез—XIII — почти полностью пройден по безрудной части, фиксируя бедное оруденение вблизи поверхности и на глубине (разрез не добурен); в соответствии с этим график его характеризуется низкими значениями с небольшим их увеличением на участках минерализации. В то же время разрез XII, направление которого почти полностью совпадает с осью протяженности рудного столба, характеризуется более высоким уровнем значений и фиксирует максимумами участки с наиболее богатым оруденением; таким образом, здесь наблюдается достаточно определенная тенденция к увеличению значений коэффициента зональности с глубиной. Аналогично, даже более отчетливо, выглядят по этому разрезу графики и других из ранее перечисленных коэффициентов зональности. Последние отличаются более высокой контрастностью, что достигается, по-видимому, за счет использования в знаменателе подрудного комплекса элементов, вносимых из зоны промышленного оруденения и накапливающихся в ее периферийных частях и на флангах. Следовательно, высокая степень контрастности между значениями коэффициента зональности, фиксирующими промышленное оруденение, и его значениями в минерализованных или слабо измененных вмещающих породах может быть достигнута использованием характеристик ореолов выноса. В связи со сложностью интерпретации в каждом отдельном случае поведения данного коэффициента по отдельным разрезам, все его значения по разведочным скважинам, пройденным в восьми изученных геолого-геохимических профилях, были вынесены на вертикальную продольную проекцию Южной рудоносной зоны (см. рис. 2). Анализ этих материалов позволяет отметить существование тесной морфогенети-

ческой связи между концентрациями ртутного оруденения и особенностями распределения элементов в первичных геохимических ореолах. Выделенные высокие значения коэффициента пространственно совпадают с рудными столбами, фиксируя своими максимумами наиболее продуктивные рудные интервалы разведочных скважин, связанные с линзообразными телами лиственитов. При этом отмечается общая тенденция к возрастанию их величины по падению рудной зоны, что уже наблюдалось при анализе графиков различных коэффициентов по геолого-разведочному разрезу XII.

Таким образом, отмеченная выше особенность расчленения надрудного и подрудного комплексов элементов-индикаторов в рядах зональности для объектов с разным уровнем среза находит закономерное отражение на графиках значений коэффициентов зональности, которые как для отдельных рудных тел, так и для всей рудоносной зоны в целом отличаются возрастанием значений в направлении промышленного оруденения, фиксируя последнее максимумом, и постепенным падением их при выклинивании оруденения по восстанию и с глубиной.

Особенности распределения ртути и ее элементов-индикаторов в Южной рудоносной зоне можно проследить на ореолах, построенных с помощью показателя зональности (рис. 4). Эти данные свидетельствуют в пользу накопления ртути, мышьяка, олова на глубоких горизонтах зоны; серебра, лития, германия, вольфрама, в противоположность рудному элементу, — в ее верхних частях, а меди, никеля, кобальта, свинца и, в меньшей степени, бария, цинка, галлия — в основном по периферии крупного рудного тела с образованием для ряда элементов отрицательных аномальных полей (ореолов выноса) в эпицентре промышленного ртутного оруденения. Исключение составляет хром, образующий положительные аномальные поля, которые совмещаются с контурами описанных выше рудных столбов лишь в центральной части разреза. Такое распределение элементов в продольном разрезе Южной рудоносной зоны не исключает появления менее интенсивных, слабо контрастных, небольших по размерам аномальных полей элемента в других ее частях. Поэтому, в зависимости от ориентировки изучаемого разведочного разреза, не всегда выдерживается определенное место элемента в частном ряду зональности, который обычно характеризуется отклонениями от общего ряда всей рудоносной зоны. Это обстоятельство подсказало необходимость вовлекать в обработку всю геохимическую информацию, которая бы позволила отразить наиболее общую пространственную картину распределения элементов-индикаторов. В связи с этим для выявления особенностей

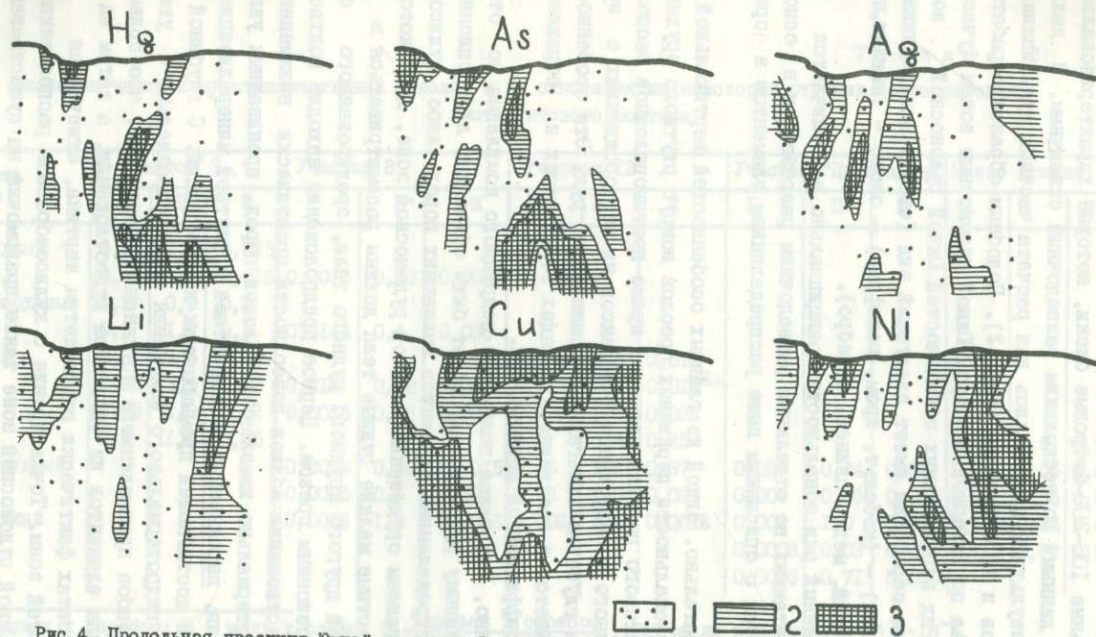


Рис. 4. Продольная проекция Южной рудоносной зоны (участок 3) на вертикальную плоскость с первичными ореолами, построенными по значениям показателя зональности

Ртуть, мышьяк и никель: I -  $< 0,3$ ; 2 -  $0,3-1,0$ ; 3 -  $> 1,0$ ; серебро, литий,  
 медь: I -  $< 0,03$ ; 2 -  $0,03-0,1$ ; 3 -  $> 0,1$

зональности ореолов Южной рудоносной зоны были обработаны все разведочные скважины (свыше 100) на основе разделения зоны по ее падению на отдельные 100-200-метровые блоки, которые характеризовались усредненными данными по нескольким разведочным скважинам. В дальнейшем эти результаты принимались для расчета частных мультипликативных ореолов и их отношений (табл.2). Подобным образом обрабатывался материал по Северной и Второй Южной рудоносным зонам (участки 8 и 12). Ряд вертикальных зональностей Южной рудоносной зоны по результатам обработки имеет следующий вид (сверху вниз): (никель, барий, молибден) - (кобальт, хром, вольфрам) - олово - (мышьяк, цинк) - ртуть - (литий, медь, свинец, серебро).

Приведенный ряд зональности принципиально не отличается от рядов, рассчитанных по отдельным разведочным разрезам, и в основном согласуется с описанным выше распределением элементов в ореолах.

Следовательно, одной из главных особенностей вертикальной геохимической зональности первичных ореолов вокруг ртутного оруденения листовитового подтипа является прямо противоположное расположение подрудного и надрудного комплексов на месторождениях с эродированным и глубоким залеганием промышленных руд. Эта особенность четко проявляется в геохимических рядах зональности и отражается графиками коэффициентов зональности.

Очевидно, что такое положение подрудного комплекса по отношению к основному рудному телу может быть объяснено либо описанным выше перераспределением элементов вмещающих пород, либо кулисообразным залеганием оруденения в Южной рудоносной зоне, для которой близповерхностные мелкие рудные тела должны рассматриваться в качестве корней другого крупного рудного тела, эродированного современным эрозионным срезом. Первое предположение находит подтверждение в существовании вблизи поверхности практически неизменных (слабо гидротермально измененных) блоков пород, пронизанных узкими зонами трещин, выполненных листовитами с ртутной минерализацией, спорадически достигающей промышленных концентраций. С глубиной интенсивность гидротермального изменения пород параллельно с увеличением масштабов промышленного оруденения возрастает, что приводит к выносу ряда элементов из эпицентра рудостложения, а затем на глубоких горизонтах фактически повторяется картина, отмеченная для верхних частей зоны. Точка зрения о кулисообразном расположении оруденения в Южной рудоносной зоне также правомочна на существование,

Таблица 2

Значения частных мультипликативных ореолов и их отношения на некоторых ртутных месторождениях  
лиственитового подтипа

Уровень среза	Участок 3			Участок 8			Участок I2			Участок "Центральный"			М-ние Агатаг			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Надрудный	0,04	1,6	0,025													
"	0,02	1,1	0,018	0,0012	0,33	0,0036										
Верхнерудный	0,2	0,9	0,2													
"	0,5	1,7	0,3	0,0144	0,4	0,036										
Рудный	0,3	3,5	0,08				0,018	1,5	0,012							
"	0,35	3,0	0,12	0,012	0,33	0,037	0,031	1,8	0,017							
"	0,45	2,0	0,22	0,0035	0,45	0,008	0,026	1,0	0,026							
"	0,7	1,6	0,45				0,2	0,8	0,25				0,01	0,9	0,011	
Нижнерудный				0,0072	0,48	0,0015	0,45	1,2	0,37	0,027	0,44	0,06	0,038	1,05	0,037	
"				0,0005	0,5	0,001	0,08	1,0	0,08	0,009	0,66	0,014	0,168	0,56	0,03	
Подрудный				0,0016	1,0	0,0016	0,0024	1,48	0,0016	0,002	1,0	0,002	0,038	0,34	0,01	
"										0,0008	0,08	0,009	0,001	0,72	0,00014	
"										0,0005	0,71	0,0007				

I - мышьяк x серебро; II - медь x олово; III -  $\frac{\text{мышьяк x серебро}}{\text{медь x олово}}$ . Значения приведены в  $\cdot 10^{-6}$ .

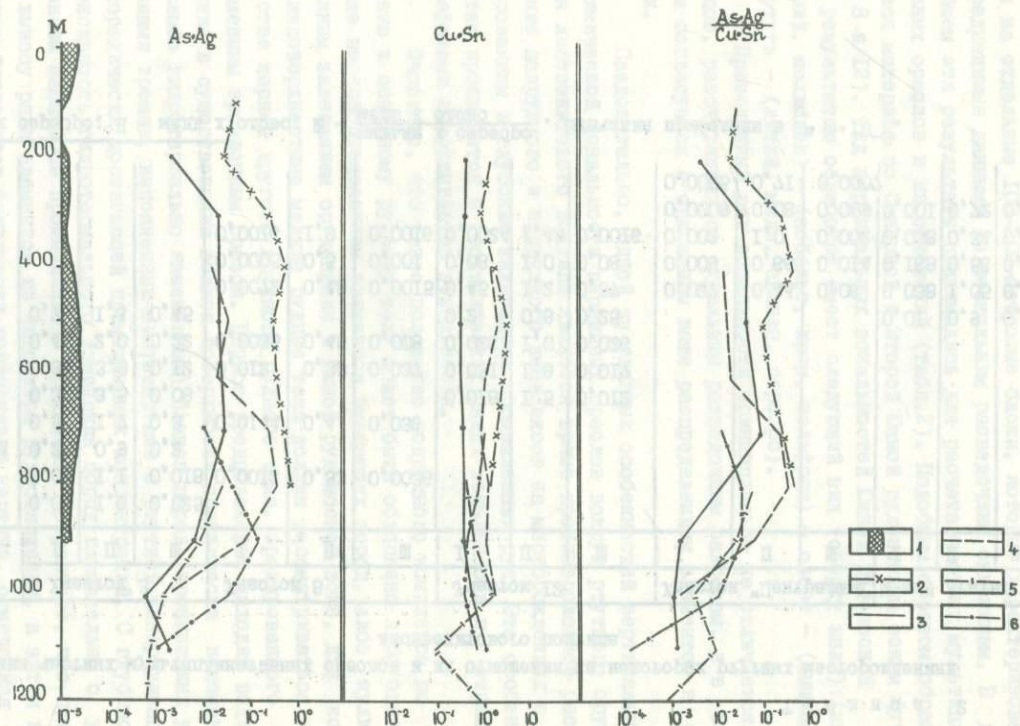


Рис.5. Совмещенные графики изменения с глубиной значений частных мультипликативных ореолов и их отношений для отдельных рудных месторождений

I - рудное тело; 2 - участок 3; 3 - участок 8; 4 - участок I2; 5 - участок "Центральный"; 6 - Агатаг

учитывая общий симметричный характер строения ореолов вокруг промышленного ртутного оруденения, независимо от масштабов его проявления, — мелкие и крупные рудные тела или рудоносная зона в целом.

Очевидно, что принятие той или иной точки зрения не может повлиять на общую оценку критериеспособности количественных характеристик в виде значений коэффициентов зональности. Их использование должно быть ограничено определенными условиями, поскольку наблюдается равенство значений, характеризующих прямо противоположные уровни среза ртутного оруденения.

В табл.2 и на рис.5 приведены количественные характеристики частных мультипликативных ореолов и их отношений для всех изученных объектов, включая данные по месторождению Агятаг, а также результаты обработки по всем разведочным скважинам, пробуренным на участках 8 и I2.

Приведенные данные подтверждают высказанное положение о существовании симметричного (концентрического) строения первичных ореолов вокруг оруденения листовитового подтипа. Они позволяют наметить общую модель первичного геохимического ореола для объектов данного подтипа, характеризующуюся определенными значениями коэффициентов зональности для разных уровней эрозийного среза. Эти данные намечают более широкое применение количественных характеристик ореолов при разведочных и эксплуатационных работах, при которых возрастает индикаторная роль выявленных значений. С другой стороны, при проведении поисковых геохимических работ описанные выше особенности вокруг оруденения листовитового подтипа предполагают более тщательное изучение геолого-структурного положения выявленных ртутных аномалий и рудопроявлений данного типа, глубокий анализ всего комплекса геохимических данных и предостерегают от упрощенного подхода при использовании количественных геохимических характеристик ореолов.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

И. Бородин В.А., Бельская А.Б., Гончаров А.И. и др. Зональность первичных геохимических ореолов ртутного оруденения в пологозалегающих структурах (на примере Хайдарканского месторождения). — В сб. "Новые данные по минералогии и геохимии редких элементов", Изд. ИМГРЭ, М., 1974.

2. Бочкарев И.И. Структура Чонкойского рудного поля, связь с ней ртутного оруденения. - В кн. "Материалы 4-й научно-техн. конф. Фрунзенск. политехн. ин-та", Фрунзе, 1959.
3. Булкин Г.А., Лепилин О.Н. О распределении некоторых элементов в Никитовском рудном поле. - Геохимия, 1964, № II.
4. Варгунина Н.П. Сравнительная характеристика первичных геохимических ореолов, формирующихся вокруг ртутных рудных тел различных формаций на примере некоторых рудопоявлений Якутии. - В сб. "Новые данные по минералогии и геохимии редких элементов". Изд. ИМГРЭ, М., 1974.
5. Григорян С.В., Гулиев Г.Г. Зубов М.А. и др. О значении литогеохимических ореолов при интерпретации газортутных аномалий. - В сб. "Геохимические методы при поисках и разведке рудных месторождений", вып. 5, Изд. ИМГРЭ, М., 1971.
6. Жариков М.Г. Рудовмещающие породы Чонкойского месторождения. - Узб. геол. ж., 1961, № 3.
7. Овчинников Л.Н., Григорян С.В. Еще раз о вертикальной зональности первичных геохимических ореолов. - В кн.: Научные основы геохим. мет. поиск. глубоковод. рудн. м-ний. Ч. II. Иркутск, 1971.
8. Федорчук В.П. Методические указания по разведке и оценке ртутных месторождений. Изд. ИМГРЭ, М., 1975.

С.В. Григорян, Н.Б. Мишина,  
Г.Л. Рубо, Б.И. Юнусов

ПЕРВИЧНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ  
ФЛЮОРИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
ВОСТОЧНЫЙ ТАСКАЙНАР

В последнее время в практике поисково-разведочных работ все более широкое применение получают методы, способствующие обнаружению месторождений "скрытого" типа и, в частности, метод поисков по первичным ореолам элементов-индикаторов. В отличие от месторождений некоторых типов (полиметаллических, оловорудных, золоторудных и др.), при поисках флюоритовых месторождений первичные ореолы практического применения не получили, и причина этого прежде всего в недостаточной изученности особенностей состава и строения первичных ореолов этих месторождений.

Авторами проведено детальное исследование первичных геохимических ореолов месторождения Восточный Таскайнар, относящегося к числу объектов, суммарные запасы которых позволили высоко оценить перспективность территории Казахстана на флюорит в целом. Первые работы, содержащие результаты детального исследования первичных геохимических ореолов "скрытого" месторождения Южный Таскайнар [2,3], а также аналогичные исследования по некоторым другим флюоритоносным объектам Южного Казахстана [4], позволяют оценить метод поисков флюоритовых месторождений по первичным ореолам элементов-индикаторов как перспективный. Дальнейшая его разработка, по-видимому, позволит получить критерии поисков скрытого флюоритового оруденения. Актуальность исследований увеличивается в связи с принадлежностью месторождения к группе Таскайнарского рудного района, перспективы которого выяснены неполностью.

Месторождение Восточный Таскайнар расположено в пределах одноименного рудного поля, приуроченного к краевой части Бесмайнакской грабен-синклинали, герцинские образования которой наложены на каледонское складчатое основание Кендыктасского антиклинория в участке сопряжения его структур с Заилийским антиклинорием.

В геологическом строении рудного поля принимают участие терригенно-осадочные породы чербактинской и ргайтинской свит ( $O_2$ ) нижнего геосинклинального структурного этажа и вулканогенно-тер-

ригенные суттыбайской, сугандинской ( $D_3$ ) и кербулакской ( $C_1$ ) свит верхнего орогенного этажа. Известняки шербактинской свиты слагают купольные структуры фундамента, покрытые чехлом дезинтегрированных пород (образованиями коры выветривания по известнякам), которые рассматриваются Б.И. Юнусовым [7] как первично-седиментационные, межформационные брекчии. Мощность брекчий в купольной части достигает 30–50 м, а на склонах уменьшается до 5 м. К зоне межформационной брекчии, развитой вдоль контакта известняков шербактинской свиты и песчаников кербулакской свиты, приурочены флюоритоносные залежи основных объектов рудного поля, в том числе и месторождение Восточный Таскайнар (рис.1). Отличительной особенностью месторождения Восточный Таскайнар является широкое развитие в его пределах диоритовых порфириров узунсу-карасуйского интрузивного комплекса, слагающих силлоподобную залежь, обнажающаяся поверхность которой составляет основную часть поверхности месторождения.

Рудное тело месторождения, повторяя очертания межформационной брекчии – основной рудовмещающей структуры, – представляет собой куполовидную залежь 700 x 500 м, мощностью 9,5–16,5 м, с глубиной залегания 180–390 м, не имеющую каких-либо жильных индикаторов на поверхности. Помимо рудной залежи, в которой сосредоточены основные запасы флюоритовых руд месторождения, в известняках среднего ордовика зафиксировано несколько крутопадающих тел небольших размеров.

Формирование руд месторождения, относящихся преимущественно к карбонатно-кварц-флюоритовому типу, носило многостадийный характер [6] и сопровождалось интенсивным развитием во вмещающих породах процессов оплавления, окварцевания, карбонатизации, хлоритизации, серицитизации, пиритизации.

Предварительное изучение метасоматитов, вмещающих рудную залежь месторождения Восточный Таскайнар, проведенное с использованием результатов приближенно-количественных и количественных (фтор) спектральных анализов, произведенных в лаборатории ИМГЭ, позволило установить, что рудная залежь сопровождается положительными и отрицательными ореолами, размеры и морфология которых находятся в тесной связи с миграционной способностью и содержанием в растворах элементов, обусловивших формирование рудного тела и изменения вмещающих пород [5].

Изучение особенностей распределения элементов проводилось

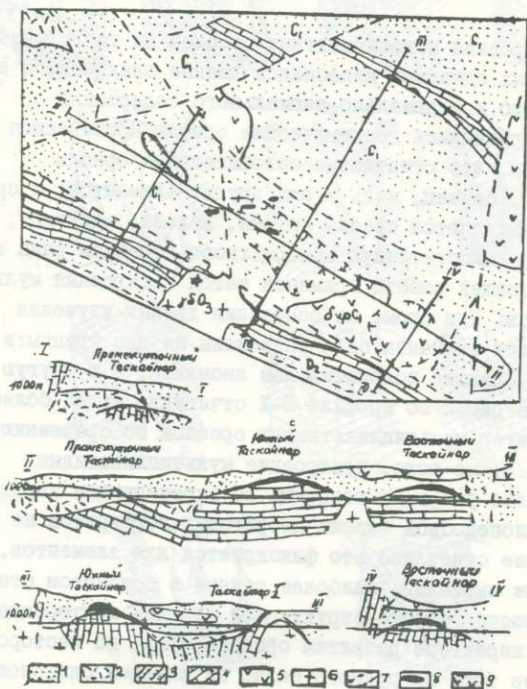


Рис. I. Схема геологического строения Таскайнарского рудного поля и геологические разрезы месторождения (по Б. И. Юнусову, Кыдырбекову, Шаймухамбетову [7])

I. - нижнекаменноугольные песчано-сланцевые отложения кербулакской свиты; 2 - верхнедевонские кислые эффузивы; 3 - среднеордовикские песчаники и сланцы; 4 - среднеордовикские известняки чербактинской свиты; 5 - диоритовые порфиры узунсуварасуйского комплекса; 6 - верхнеордовикские гранитоиды; 7 - разломы; 8 - рудные тела; 9 - контуры рудных тел в плане

по результатам анализов проб, систематически отобранных из керна скважин по трем разведочным профилям, пройденным вкрест прости- рания рудной залежи и вскрывающим ее во фланговой и центральной частях.

Для построения моноэлементных ореолов на геологические раз- резы в условных единицах наносились данные анализов, а затем с учетом фоновых и минимально-аномальных содержаний с помощью изолиний отстраивались геохимические ореолы. Проведенные исследо- вания показали, что отчетливые положительные ореолы образуют фтор, серебро, свинец, медь и ряд других элементов, а среди отрицательных выделяются ореолы натрия, железа, марганца, титана.

Учитывая недостаточную контрастность ореолов ряда элементов, авторами настоящей работы применен метод построения мультиплика- тивных ореолов. При этом, на основании данных изучения моноэле- ментных ореолов, элементы были разделены на две группы: в одну во- шли элементы, давшие положительные аномалии, а в другую — отри- цательные. На рис. 2 по профилю В-Х отчетливо виден более кон- трастный характер мультипликативных ореолов по сравнению с моно- элементными. Кроме того, построение мультипликативных ореолов позволило более уверенно говорить об экранирующем характере воз- действия силлоподобной залежи диоритовых порфиритов на развитие ореолов. Более отчетливо это фиксируется для элементов, давших положительные аномалии, наиболее важные в поисковом отношении.

Особенности геолого-структурной позиции месторождения нашли отражение в характере развития ореолов. Так, на месторождении Юж- ный Таскайнар того же рудного поля, не имеющем силлоподобной за- лежи диоритовых порфиритов, первичные ореолы четко фиксируются на поверхности, тогда как на месторождении Восточный Таскайнар те же ореолы выявляются только в зонах рудоконтролирующих разломов [2]. Подобное обстоятельство необходимо учитывать при использо- вании первичных ореолов для поисков рудных тел скрытого типа. При этом следует заметить, что характер развития ореолов по зонам ра- зломов может служить косвенным признаком для определения значи- мости отдельных разрывных нарушений.

В связи с многокомпонентностью ореолов была поставлена за- дача выявить их зональность и выбрать наиболее эффективные груп- пы элементов-индикаторов зональности.

На основании расчета показателя зональности (рис. 3-6), реко- мендуемого для этой цели [1], с помощью ЭВМ были построены ряды

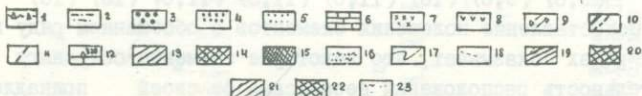
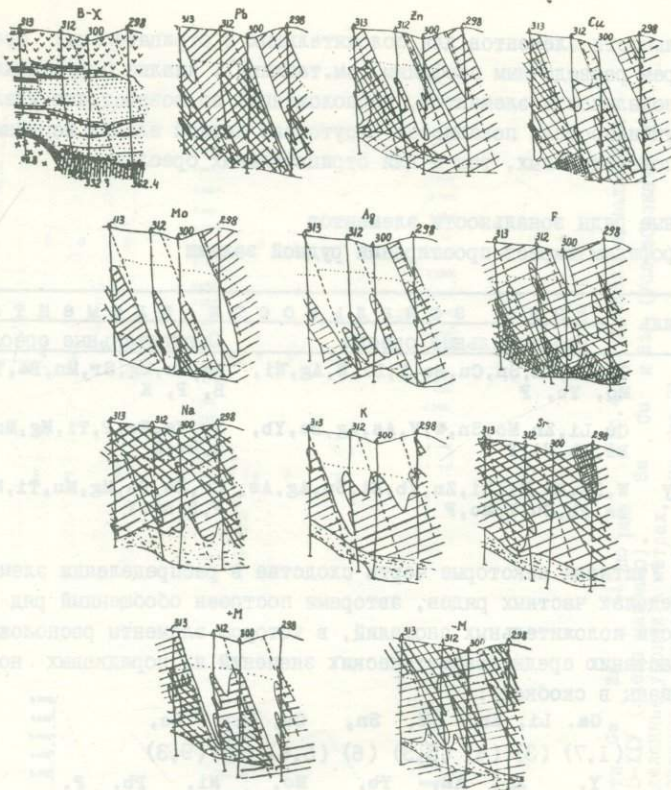


Рис.2. Первичные геохимические ореолы месторождения Восточный Таскайянар (моноэлементные и мультиэлитные)

I - щебенчатые суглинки и глины; 2 - алевролиты; 3 - конгломераты; 4 - песчаники грубозернистые; 5 - песчаники тонкозернистые; 6 - известняки; 7 - гранодиориты; 8 - диоритовые порфириды; 9 - зона метаморфической брекчи; 10 - рудная залежь; 11 - разломы; 12 - опробованные свеханы. Содержания химических элементов в %: 13 - свинец - 0,0005-0,001, цинк - 0,01-0,05, медь - 0,001-0,008 молибден - 0,0001-0,0008, серебро - 0,000005-0,00001, фтор - 0,1-0,5, натрий - 0,1-1,0, стронций - 0,002-0,005, калий - 0,1-0,3; 14 - свинец - 0,001-0,005, цинк - 0,05-0,1, медь - 0,008-0,015, молибден - 0,0008-0,001, серебро - 0,0001-0,0003, фтор - 0,5-0,9, натрий - 1,0-2,0, стронций - 0,005-0,01; 15 - свинец - 0,005-0,01, медь 0,15-0,1, молибден - 0,001-0,006, фтор - 1,0-10,0, натрий - 2,0-3,0, стронций - 0,01-0,02; 16 - натрий 0,01-0,1, калий - 0,01-0,1, стронций - 0,001-0,002; 17 - границы ореолов; 18 - контур симлоподобной залежи порфиридов. Содержания элементов в мультиэлитных ореолах: положительных (+M): 19 - I.IO<sup>58</sup>-I.IO<sup>56</sup>; 20 - I.IO<sup>56</sup>-I.IO<sup>52</sup>; отрицательных (-M): 21 - I.IO<sup>-20</sup>-I.IO<sup>-18</sup>; 22 - I.IO<sup>-18</sup>-I.IO<sup>-16</sup>; 23 - I.IO<sup>-24</sup>-I.IO<sup>-20</sup>.

зональности элементов для положительных и отрицательных ореолов по трем разведочным профилям (см. таблицу). Анализ полученных рядов зональности элементов, расположенных по возрастанию удельных продуктивностей, показывает отсутствие четкой единой картины как для положительных, так и для отрицательных ореолов.

Частные ряды зональности элементов по профилям вкрест простирания рудной залежи

Профиль	Ряды зональности элементов	
	Положительные ореолы	Отрицательные ореолы
В-Х	Ga, Li, Zn, Sn, Cu, Be, Y, Bi, W, Ag, Ni, Mo, Yb, F	Na, Fe, Mg, Sr, Mn, Ba, Ti, Nb, B, P, K
В-ХП	Cu, Li, Zn, Mo, Sn, W, V, As, Ag, Be, Yb, Bi, Pb, Ni, F	Sr, Na, Fe, P, Ti, Mg, Mn, Nb, B, Ba, K
В-ХIV	W, Sc, Ba, Bi, Li, Zn, Yb, Ni, Sn, Ag, As, Be, Pb, Cu, Y, Mo, F	Sr, Na, Fe, Mg, Mn, Ti, K, Nb, P, B, Ba, V

Учитывая некоторые черты сходства в распределении элементов в пределах частных рядов, авторами построен обобщенный ряд зональности положительных аномалий, в котором элементы расположены по возрастанию среднеарифметических значений их порядковых номеров (указаны в скобках):

Ga, Li, Zn, W, Sn, Cu, Bi, Be,  
 (1,7) (3) (4) (5,3) (6) (6,6) (8) (9,3)  
 Y, Ag, As, Yb, Mo, Ni, Pb, F.  
 (9,6) (9,6) (10) (11,0) (11,3) (11,6) (13) (16)

Сопоставление положения элементов в обобщенном ряду и в частных рядах показывает, что некоторые элементы сохраняют последовательность расположения независимо от своей принадлежности к тому или иному частному ряду. Это дает возможность построить сокращенный ряд вертикальной зональности: Ga, Li, Zn, Ag, Pb, F.

Большое практическое значение рядов зональности заключается в том, что на их основе производится выбор надежных индикаторных отношений, которые могут быть использованы для оценки аномалий.

Анализ мультипликативных индикаторных отношений по трем профилям, рассчитанным на основании частных рядов зональностей, показывает, что их контрастность определяется тремя-четырьмя порядками. В результате в качестве геохимического критерия оценки

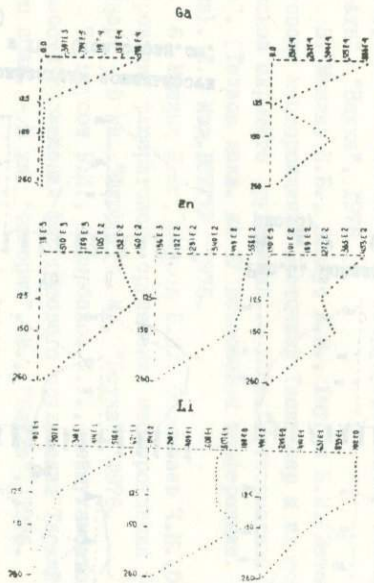


Рис.3. Показатели зональности Ga, Zn и Li по разведочным профилям В-Х, В-ХII, В-ХIV (слева направо). По оси ординат - условно выделенные уровни в метрах, по оси абсцисс - величина показателя зональности в метропроцентах

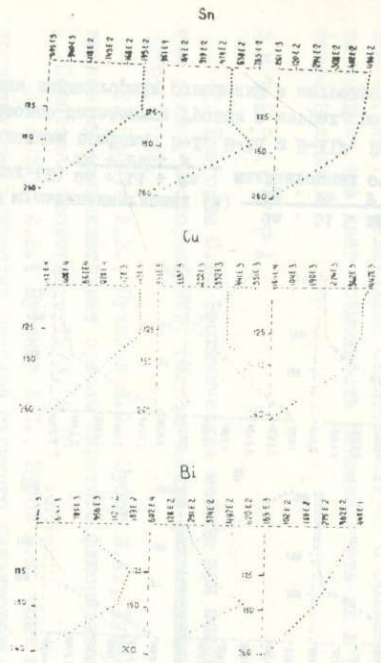


Рис.4. Показатели зональности Sn, Cu и Bi (усл.обознач. см. на рис.3)



зональности геохимических аномалий, сопровождающих флюоритовые месторождения данного типа, рекомендуется отношение  $\frac{Ga, Li, Zn}{Ag, Pb, F}$ .

Сравнение мультипликативных и аддитивных индикаторных отношений (рис.7) убедительно свидетельствует о большей контрастности первых, что дает возможность рекомендовать их в качестве наиболее надежных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Григорян С.В. Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений. (Методические рекомендации). М., Изд. ИМПРЭ, 1974.
2. Коплус А.В., Пузанов Л.С., Зубов М.А., Туманян В.З. Первичные мультипликативные ореолы скрытого флюоритового оруденения. - Советская геология, 1973, № 10.
3. Коплус А.В., Пузанов Л.С., Зубов М.А. Опыт изучения эндогенных геохимических ореолов скрытого плавиковошпатового оруденения Казахстана (на примере месторождения Таскайнар Южный). - Изв. ВУЗов. Геология и разведка, 1976, № 3.
4. Мишина Н.Б. Некоторые особенности окорудных изменений и распределения элементов-примесей в породах, вмещающих плавиковошпатовое оруденение Куланского узла. (Южный Казахстан). - В кн. "Материалы к У Всесоюзному петрографическому совещанию". Т.2.Алма-Ата, "Наука", 1976.
5. Мишина Н.Б., Коплус А.В., Юнусов Б.И. Метасоматиты флюоритового месторождения Восточный Таскайнар и их использование для поисков скрытого оруденения. - В сб. "Метасоматизм и рудообразование". (Тезисы докл. на IV Всесоюзной конференции. II-14 мая 1976 года). Л., Изд. ВСЕГЕИ, 1976.
6. Мишина Н.Б., Юнусов Б.И., Оспанбаев Ч.Н. Особенности формирования флюоритового оруденения месторождения Восточный Таскайнар. - В кн. "Флюорит", М., "Наука", 1976.
7. Юнусов Б.И., Кыдырбеков Л.У., Шаймухамбетов Ф.Т. Закономерности размещения флюоритового оруденения Таскайнарского рудного поля. - В кн. "Флюорит". М., "Наука", 1976.

С. В. Григорян, Г. М. Дергачева,  
Г. Э. Федотова, Н. И. Пономарева

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ  
ПОЛИФОРМАЦИОННЫХ ПЕРВИЧНЫХ ОРЕОЛОВ  
(на примере участка "Звездный" Рудного Алтая)

Изучение зональности первичных ореолов проводилось в юго-восточной части Гуслияковского рудного поля (Рудный Алтай), в пределах колчеданно-полиметаллического рудопроявления Звездное-1. Участок располагается на юго-восточном продолжении крупной антиклинали, сложенной комплексом метаморфизованных вулканогенно-осадочных пород девона, прорванных интрузиями различного возраста. Вся толща разбита серией кулисообразно расположенных нарушений, наиболее важными из которых являются субширотные, Гидротермальные изменения пород выражены в образовании зон интенсивного расщепления, дробления, окварцевания, альбитизации, хлоритизации, биотитизации. Наиболее мощные зоны гидротермального изменения фиксируют рудопроявление Звездное-1. На рудопроявлении (рис. 1) преобладают серноколчеданные руды, участками переходящие в медноколчеданные и колчеданно-полиметаллические.

Оруденение локализуется в зоне гидротермально-измененных пород, вдоль контакта серицит-кварцевых сланцев с туфогенно-осадочными породами среднего девона и представлено тремя обособленными рудоносными зонами. Зоны сложены кулисообразно расположенными крутопадающими рудными телами колчеданного и колчеданно-полиметаллического состава. В колчеданных с мелкозернистым пиритом рудах содержание меди 2,5%, серебра до 14 г/т. В колчеданно-полиметаллических рудах с пиритом, сфалеритом и галенитом среднее содержание меди 0,4%, свинца - 0,97%, цинка - 4%, серебра - 2-13 г/т.

С поверхности рудопроявление фиксируется первичными ореолами свинца, бария, меди, цинка, молибдена, развитыми в различных гидротермально измененных серицит-кварцевых, хлорит-серицит-кварцевых породах. Рудные зоны подсечены скважинами по нескольким профилям (см. рис. 1).

Изучение состава и строения первичных ореолов проводилось по трем разрезам, удаленным друг от друга на расстояние 100 м. Наиболее представительен разрез по профилю П-П, где рудные тела прослежены с поверхности до глубины горизонта 550 м (см. рис. 2).

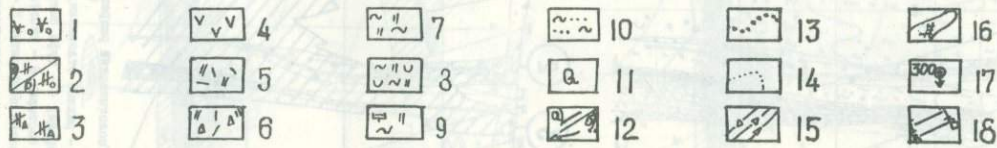
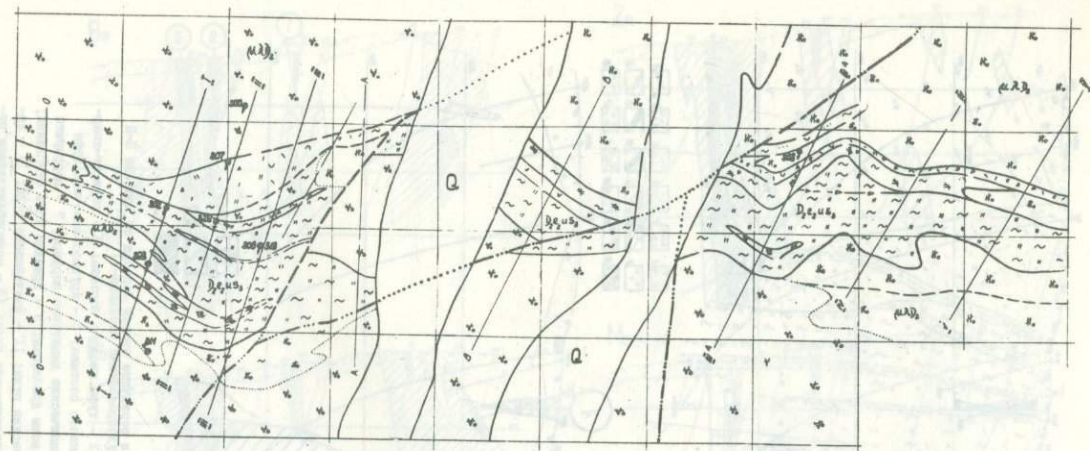


Рис.1. Геологическая карта рудопроизведения "Звездное-I" (по Спиричу В.Н.)

I - субвулканические дацитовые порфиры; 2: а) лавы альбитофиров, б) кварцевые альбитофиры; 3 - брекчиевидные кварцевые альбитофиры; 4 - порфириты; 5 - туфы смешанного состава; 6 - грубообломочные туфы смешанного состава; 7 - серицит - кварцевые породы и сланцы; 8 - хлорит-серицит - кварцевые породы; 9 - доломитизированные серицитолиты; 10 - алевропесчаники; II - нерасчлененные рыхлые отложения четвертичной системы; 12 - тектонические нарушения: а) нарушениями; б) предполагаемые; 13 - тектонические нарушения, предполагаемые под рыхлыми отложениями; 14 - границы фациальных переходов; 15 - зоны дробления пород; 16 - абсорбционность типа железной шпалы; 17 - устье глубоких скважин; 18 - профили (линии шурфов)

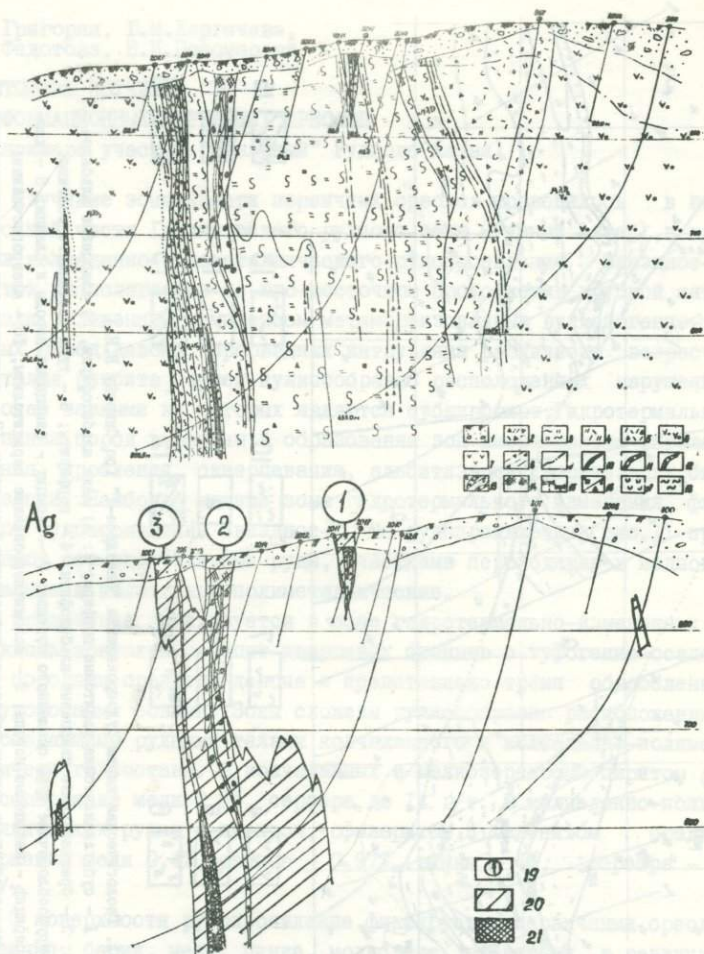


Рис.2. Геологический разрез и первичные ореолы серебра по профилю II-II (рудопроявление Звездное-I)

1 - рыхлые отложения; 2 - туфы кислого состава; 3 - серицит-кварцевые породы; 4 - туфы смешанного состава; 5 - крупнообломочные туфы кислого состава; 6 - субвулканические дацитовые порфиры; 7 - порфириты и диабазовые порфириты; 8 - зоны дробления; 9 - границы зоны окисления; 10 - колчеданно-полиметаллические руды; 11 - колчеданные руды; 12 - забалансовые колчеданно-полиметаллические руды; 13 - медноколчеданные руды; а) балансовые, б) забалансовые; 14 - ожелезнение; 15 - доломитовый серицитолит; 16 - минерализация; 19-номера рудоносных зон. Содержание серебра в ореолах (в  $\text{н} \cdot 10^{-3}\%$ ): 20 - 0,08-0,2; 21 - более 0,2

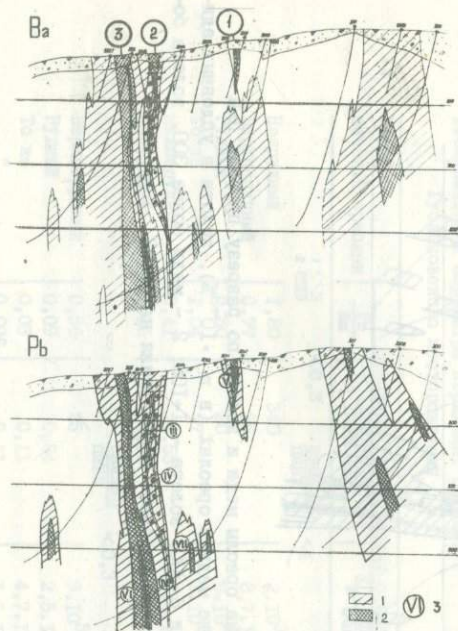


Рис.3. Первичные ореолы бария и свинца по разрезу профиля II-II

Содержания в ореолах в  $\mu \cdot 10^{-3}\%$ :  
 I- бария 50-100, серебра- I-10;  
 2- бария более 100, серебра более 10;  
 3- номера аномалий. Остальные условные обозначения на рис.2.

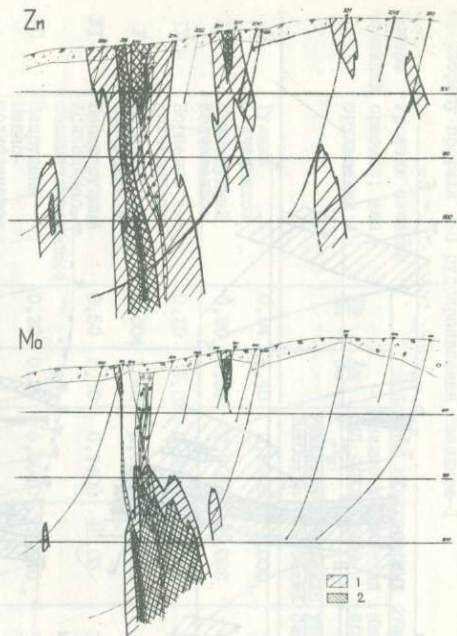


Рис.4. Первичные ореолы цинка и молибдена по разрезу профиля II-II

Содержания в ореолах /  $\mu \cdot 10^{-3}\%$ :  
 I- цинка 10-50, молибдена- 0,5-2;  
 2- цинка более 50, молибдена более 2.  
 Остальные условные обозначения на рисунке 2.

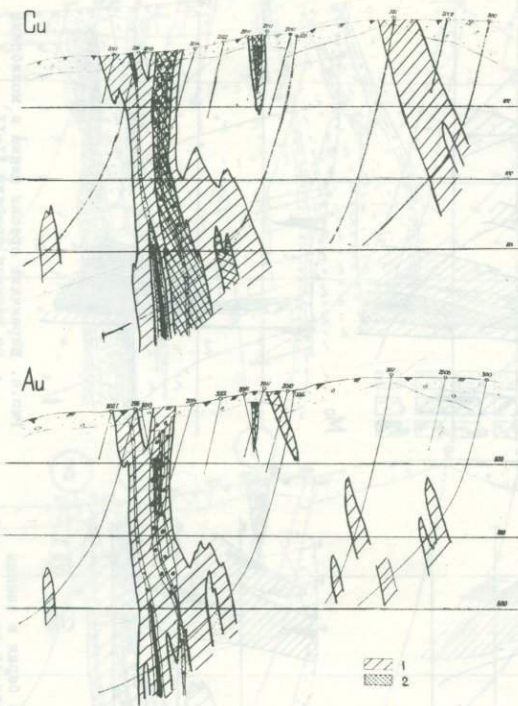


Рис.5. Первичные ореолы меди и золота по разрезу профиля П-П  
 Содержание меди в ореолах (в п. · 10<sup>-3</sup>%), золота в условных единицах: 1 - меди 8-300, золота - 1-100; 2 - меди более 300, золота более 100. Остальные условные обозначения на рис.2

Таблица I

Геохимические параметры первичных ореолов  
по разрезу профиля П-П рудопроявления Звездное-I

Номера аномалий	Уровень сечения ореолов; тип оруденения	Величины индикаторных отношений					
		Pb Zn	Zn Cu	Полиметаллический тип оруденения		Колчеданный тип оруденения	
				$K_3 = \frac{Pb \times Ag \times Ba}{Cu \times Co \times Zn}$	$K_4 = \frac{Pb \times Ag \times Zn}{Cu \times Co \times Ni}$	$K_3 = \frac{Pb \times Ag \times Ba \times Zn}{Cu \times Co \times Mo \times Ni}$	$K_4 = \frac{Pb \times Zn \times Ba}{Co \times Mo \times Ni}$
III	Рудный Колчеданное	0,04	0,40	0,0009	1,000	$1 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^6$
IV	Нижнерудный Колчеданное	0,20	0,03	0,0010	0,008	$4 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^4$
IV а	Корневые части Колчеданное	0,10	0,02	0,0006	0,005	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^2$
V	Корневые части Колчеданное	0,004	1,40	0,0001	0,300	10	$5 \cdot 10^5$
VI	Верхнерудный Колчеданно- полиметаллическое	0,50	2,50	0,1400	46,00	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^7$
VII	Надрудный Медно- молибденовое	0,20	0,20	0,0040	0,040	$7 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^3$

Таблица 2

Геохимические параметры первичных ореолов  
Гусяковского месторождения

Уровень сечения ореолов	Величины индикаторных отношений		
	$\frac{Pb}{Zn}$	$K_3 = \frac{Pb \times Ag \times Ba}{Cu \times Co \times Zn}$	$K_4 = \frac{Pb \times Ag \times Zn}{Cu \times Co \times Ni}$
		<0,3	$\frac{\text{свинец}}{\text{цинк}} < 1$
Надрудный	1,80	340	$2 \cdot 10^3$
Верхнерудный	0,77	55	$8,7 \cdot 10^4$
Рудный	0,80	20	$8 \cdot 10^2$
То же	1,04	7	$3 \cdot 10^2$
Нижнерудный	0,41	0,53	$6,6 \cdot 10^2$
Подрудный	0,15	0,09	2
		$\frac{\text{свинец}}{\text{цинк}} < 0,3$	
Верхнерудный	0,56	25	$9 \cdot 10^5$
Рудный	0,09	0,84	$2,5 \cdot 10^3$
То же	0,03	0,11	$4,7 \cdot 10^3$
"	0,006	0,11	$1,5 \cdot 10^5$
"	0,05	0,10	$6 \cdot 10^3$
Нижнерудный	0,01	0,01	$2 \cdot 10^4$
Зона рассеянной минерализации	0,50	36	3

Вокруг колчеданно-полиметаллических рудных тел первой, второй и третьей зон широкие ореолы образуют следующие элементы: барий, серебро, свинец, медь, молибден, цинк (см. рис. 2, 3, 4, 5). На уровне горизонта 600 м, в области резкого выклинивания колчеданных руд, обращает на себя внимание появление новой волны ореолов, не характерных для корневых частей колчеданного оруденения: последние характеризуются обычно развитием широких ореолов кобальта, никеля, вольфрама, молибдена; ореолы бария, серебра, свинца в областях корневых сечений часто отсутствуют или имеют незначительные размеры и слабую интенсивность.

Рассчитанные величины индикаторных отношений по трем рудным зонам профиля П-П приведены в табл. I, где:

- 1)  $\frac{\text{свинец}}{\text{цинк}} \times \frac{\text{цинк}}{\text{медь}}$  - коэффициенты, указывающие тип оруденения;
- 2)  $\frac{\text{свинец} \times \text{серебро} \times \text{барий}}{\text{медь} \times \text{кобальт} \times \text{цинк}}$  - коэффициент зональности для полиметаллического типа оруденения;
- 3)  $\frac{\text{свинец} \times \text{серебро} \times \text{цинк}}{\text{медь} \times \text{кобальт} \times \text{никель}}$  - коэффициент интенсивности для полиметаллического типа оруденения;
- 4)  $\frac{\text{свинец} \times \text{серебро} \times \text{барий} \times \text{цинк}}{\text{медь} \times \text{кобальт} \times \text{молибден} \times \text{никель}}$  - коэффициент зональности для колчеданного типа оруденения;
- 5)  $\frac{\text{свинец} \times \text{цинк} \times \text{медь}}{\text{кобальт} \times \text{молибден} \times \text{никель}}$  - коэффициент интенсивности для колчеданного типа оруденения.

Для оценки рудоносных зон на глубину указанные показатели сопоставлялись с величинами коэффициентов, рассчитанных для первичных ореолов вокруг известных рудных тел колчеданно-полиметаллических месторождений: Гуслияковского (табл. 2), Стрежанского и Хандизинского (табл. 3). По величинам коэффициентов зональности первая и вторая зоны (см. рис. 5) отвечают корневым частям колчеданно-полиметаллического оруденения (см. табл. I-3).

Колчеданно-полиметаллические руды третьей зоны (см. рис. 3) по своим параметрам (см. табл. I) отвечают верхнерудным областям колчеданно-полиметаллического оруденения, протягивающегося, вероятно, на более глубокие горизонты (см. табл. 2, 3).

На уровне выклинивания колчеданных руд (горизонт 600 м), где наблюдается развитие широких ореолов бария, серебра, свинца, меди, молибдена (см. рис. 2, 3, 4 и 5) имеет место наложение новой волны надрудного комплекса элементов. При этом концентрации меди, моли-

Т а б л и ц а 3

Геохимические параметры первичных ореолов  
колчеданно-полиметаллических месторождений  
Хандиза и Стрежанское

Уровень сечения ореолов	Величины индикаторных отношений			
	$\frac{Pb}{Zn}$	$\frac{Zn}{Cu}$	$K_z = \frac{Pb \times Ag \times Ba \times Zn}{Co \times Mo \times Ni \times Sn}$	$K_{и} = \frac{Cu \times Zn \times Pb}{Co \times Ni \times Mo}$
Верхнерудная зона	0,003	17	$1 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^4$
Рудная зона	0,14	17	$7 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^7$
Корни рудной зоны	0,05	9	$1 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^4$
Подрудная зона	1,00	0,1	3	$2 \cdot 10^3$

Т а б л и ц а 4

Геохимические параметры ореолов  
по разрезам рудопроявления Звездное-I

Номера профилей	Номера аномалий	Величины индикаторных отношений	
		$K_z = \frac{\text{медь} \times \text{серебро}}{\text{молибден} \times \text{олово}}$	$K_{и} = \frac{\text{медь} \times \text{молибден}}{\text{олово} \times \text{вольфрам}}$
II-II	IУ	568	$9 \cdot 10^2$
	IУа	299	$2 \cdot 10^5$
	УП	5	$1 \cdot 10^4$
I-I	УI	80	$2 \cdot 10^4$
III-III	УI	131	$7 \cdot 10^3$

Т а б л и ц а 5

Геохимические параметры первичных  
ореолов месторождения Каратае

Уровень сечения	Величины индикаторных отношений	
	$K_z = \frac{\text{медь} \times \text{серебро}}{\text{молибден} \times \text{олово}}$	$K_{и} = \frac{\text{медь} \times \text{молибден}}{\text{олово} \times \text{вольфрам}}$
Верхнерудный	6,00	22150
Среднерудный	2,30	5870
Среднерудный	1,20	25930
Область ниже среднего сечения руд	0,50	12750
Предкорневые части рудных тел	0,08	3416
Корневые части рудных тел	0,08	580

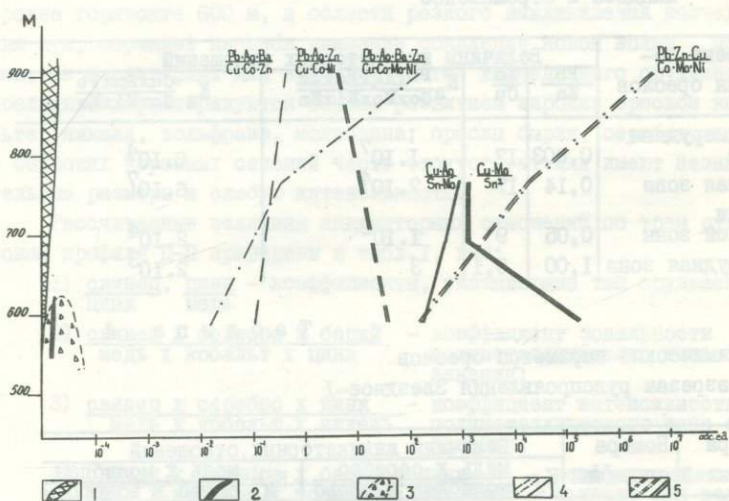


Рис.6. Графики изменения геохимических коэффициентов с глубиной (рудопроявление Звездное-1)

1 - колчеданная руда; 2 - свинцово-цинковая руда; 3 - медно-молибденовое оруденение; 4 - графики коэффициентов зональности; 5 - графики коэффициентов интенсивности

составляющих с различными коэффициентами, рассчитанными для различных образцов пород и рудных тел колчеданно-полиметаллического месторождения (табл. 2), ступенчатого - в Хандыжского (табл. 3). Во втором разрезе (см. табл. 4) оруденение колчеданно-полиметаллического оруденения (см. табл. 1-3).

Глубина, м	1	2	3	4	5
500	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>
600	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>
700	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>3</sup>
800	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>4</sup>
900	10 <sup>0</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>5</sup>

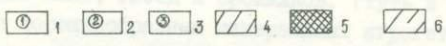
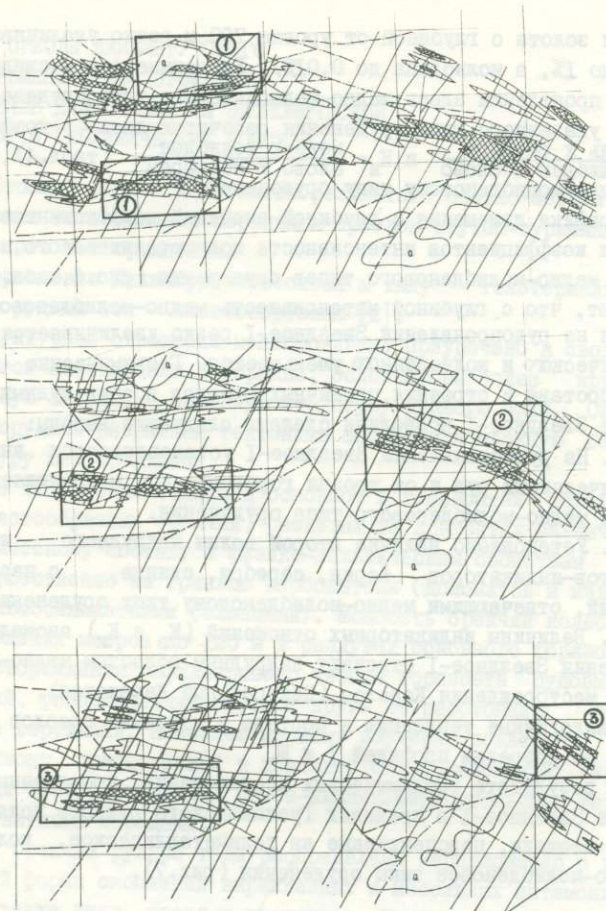


Рис.7. Перспективные площади на оруденение

I - полиметаллическое; 2 - колчеданно-полиметаллическое; 3 - медно-молибденовое. Аномалии по величинам отношений: 4 -  $\frac{\text{Pb} \times \text{Ag} \times \text{Zn}}{\text{Co} \times \text{Ni} \times \text{Mo}}$  - 10-30,  $\frac{\text{Pb} \times \text{Zn} \times \text{Cu}}{\text{Co} \times \text{Ni} \times \text{Mo}}$  1000-5000,  $\frac{\text{Mo} \times \text{Cu}}{\text{Ni} \times \text{Co}}$  5-30, 5 -  $\frac{\text{Pb} \times \text{Ag} \times \text{Zn}}{\text{Co} \times \text{Ni} \times \text{Mo}}$  - более 30,  $\frac{\text{Pb} \times \text{Zn} \times \text{Cu}}{\text{Co} \times \text{Ni} \times \text{Mo}}$  - более 5000,  $\frac{\text{Mo} \times \text{Cu}}{\text{Ni} \times \text{Co}}$  - более 30.

30. Остальные условные обозначения на рис. I

обедна и золота с глубиной от уровня 700 м резко увеличиваются (меди до 1%, а молибдена до 0,01%). Указанные факты свидетельствуют о проявлении здесь медно-молибденового типа оруденения. Для оценки указанного типа оруденения рассчитывались коэффициенты  $K_3 = \frac{\text{медь} \times \text{серебро}}{\text{молибден} \times \text{олово}}$  и  $K_{II} = \frac{\text{медь} \times \text{молибден}}{\text{олово} \times \text{вольфрам}}$  (табл.4), отвечающие медно-молибденовому типу оруденения.

Графики изменения с глубиной значений коэффициентов зональности и коэффициентов интенсивности полиметаллического, колчеданного и медно-молибденового типов оруденения (рис.6, табл. I, 4) показывают, что с глубиной интенсивность медно-молибденового оруденения на рудопроявлении Звездное-I резко увеличивается, а полиметаллического и колчеданного уменьшается. Геохимические исследования состава и строения первичных ореолов вокруг рудных зон на участке Звездное-I позволили сделать следующие выводы:

1. На рудопроявлении Звездное-I устанавливается выклинивание колчеданных руд и от уровня горизонта 600 м наблюдается проявление медно-молибденового типа оруденения.

2. Установлено наличие второй волны надрудного комплекса элементов-индикаторов - бария, серебра, свинца, с параметрами аномалий, отвечающими медно-молибденовому типу оруденения (табл.5).

3. Величины индикаторных отношений ( $K_3$  и  $K_{II}$ ) аномалий рудопроявления Звездное-I отвечают надрудным областям медно-молибденового месторождения Каратас (Центральный Казахстан).

Аналогичные тенденции в составе и строении ореолов наблюдаются по разрезам профилей I и III.

В результате геохимических исследований, проведенных на участке Звездное-I в пределах Гусяковского рудного поля, были выделены площади, перспективные на полиметаллическое, колчеданное и медно-молибденное типы оруденения (рис.7).

К. Аманов

ПЕРВИЧНЫЕ ОРЕОЛЫ ДЖИЖИКУТСКОГО  
РТУТНО-СУРЬМЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ

В настоящей статье излагаются результаты опытно-методических геохимических исследований первичных ореолов ртутно-сурьмяных руд Джижикрутского месторождения.

Месторождение Джижикрут относится к типу телетермальных. Морфология рудных тел - пластообразная [2].

В структурном отношении месторождение приурочено к сводовой части пологой антиклинали II порядка, осложняющей более крупную синклиналиную складку - основную структуру рудного поля. Сильно развитая дорудная разрывная тектоника обусловила сложную блоковую структуру месторождения.

Рудные тела локализованы в основном в горизонтах межформационных пластообразных брекчий, развитых на контактах различных по литологическому составу и физико-механическим свойствам пород, преимущественно на границе карбонатных (доломитов и известняков) с аллюмосиликатными (сланцами). Мощность брекчий колеблется от нескольких метров до 120 м в раздувах основного горизонта.

На месторождении зафиксировано четыре горизонта рудовещающих брекчий, расположенных друг от друга на расстоянии от 60 до 180 м по вертикали. Наиболее полному изучению подвергся основной горизонт, приуроченный к контакту силур-девонской карбонатной толщи с перекрывающими девон-нижнекаменноугольными терригенно-карбонатными породами.

Внутри брекчий рудные тела распределены неравномерно в виде неправильной формы скоплений вкрапленных и массивных антимонитовых руд, а также линз, гнезд и прожилков. Ртуть в рудах содержится обычно в порошкообразных минеральных агрегатах киновари.

Как рудные тела, так и их первичные ореолы изучались путем геохимического опробования коренных пород по подземным горным выработкам и керну буровых скважин на максимально доступную глубину по методике, рекомендуемой известными руководствами [1]. Выводы основываются на материале, собранном по 23 разрезам, и на результатах спектрального анализа более 10000 геохимических проб.

Был установлен следующий комплекс элементов-индикаторов:

ртуть, сурьма, мышьяк, таллий, цинк, серебро, молибден, медь, свинец, олово и висмут. Аналогичный комплекс элементов-индикаторов был выявлен ранее Г.А.Тереховой для некоторых типов ртутно-сурьмяного оруденения в пределах Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса [4], а также автором для ряда чисто ртутных объектов Западного Узбекистана. В отличие от ртутных месторождений на ртутно-сурьмяных обычно присутствуют также таллий, селен и теллур, находящиеся, вероятно, в изоморфной примеси в сурьмяных минералах.

Первичным ореолам, развитым вокруг ртутно-сурьмяного оруденения рассматриваемого типа, свойственны:

1) сложные формы, обусловленные, во-первых, блоковой структурой месторождения, в основном сформировавшейся еще до процесса рудоотложения, во-вторых, явлением многократного экранирования потоков рудоносных растворов локальными внутрибрекчиевыми экранами (линзы алевродито-глинистых пород, плоскости пологозалегающих разрывных нарушений и т.п.) и в-третьих, неоднородностью состава рудовмещающих брекчий;

2) пространственная приуроченность к горизонтам рудовмещающих брекчий, к зонам брекчирования и разрывных нарушений.

По основным параметрам и пространственной близости первичных ореолов все элементы-индикаторы, образующие эти ореолы, можно разделить на четыре группы: 1) ртуть, сурьма, мышьяк; 2) таллий; 3) цинк, серебро, медь, свинец, молибден; 4) олово, висмут.

#### Ореолы ртути, сурьмы, мышьяка

Для ореолов этой группы элементов характерны следующие особенности.

1. Заметная общая смещенность к верхним и надрудным частям, как отдельных рудных тел, так и горизонта рудовмещающих брекчий в целом.

2. Непосредственная связь с рудными телами или с полями высоких концентраций главного рудного элемента - сурьмы.

3. Максимальные размеры, в десятки раз превышающие размеры соответствующих рудных тел, и выход далеко за пределы горизонта рудовмещающих брекчий, в результате чего ореолы соседних рудных тел, расположенных внутри горизонта брекчий, сливаются друг с другом, образуя почти сплошные ореольные поля в околорудном пространстве (рис.1-3).

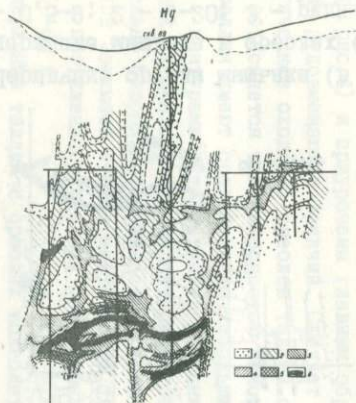


Рис.1. Первичные ореолы ртути (в разрезе)  
 Содержание ртути в ореолах ( $n \cdot 10^{-5}\%$ ):  
 1 - 10-100; 2 - 100-1000; 3 - 1000 -  
 -10000; 4 - 10000-100000; 5 - более 100000;  
 6 - рудные тела.

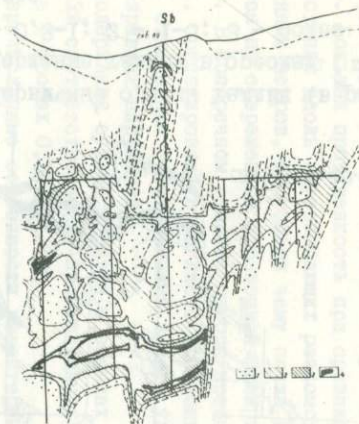


Рис.2. Первичные ореолы сурьмы (в разрезе)  
 Содержание сурьмы в ореолах ( $n \cdot 10^{-2}\%$ ):  
 1 - 0,5-2; 2 - 2-20; 3 - 20-100; 4 -  
 рудные тела

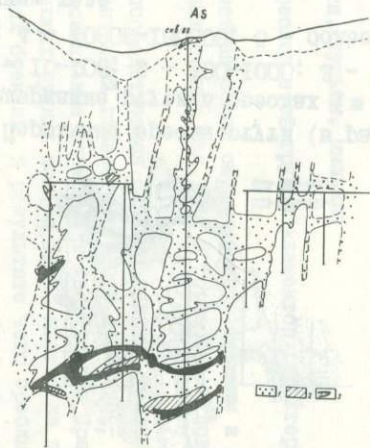


Рис.3. Первичные ореолы мышьяка (в разрезе)  
 Содержание мышьяка в ореолах ( $n \cdot 10^2\%$ ):  
 1 - 0,5-2; 2 - 2-20; 3 - рудные тела

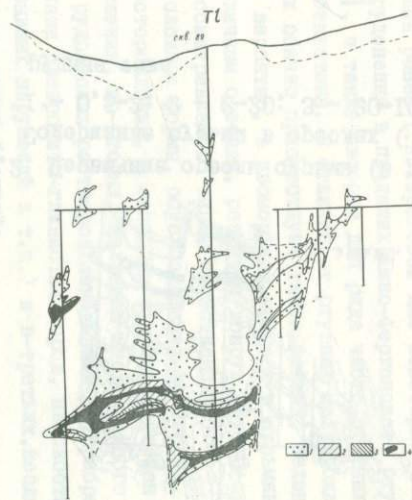


Рис.4. Первичные ореолы таллия (в разрезе)  
 Содержание таллия в ореолах ( $n \cdot 10^2\%$ ):  
 1 - 0,3-1; 2 - 1-3; 3 - более 3; 4 -  
 рудные тела

4. Максимальная интенсивность, соответствующая десяткам и сотням геофонов, при этом наиболее интенсивные поля расположены внутри горизонта рудовмещающих брекчий.

5. Большая протяженность при сравнительно небольшой ширине по восстанию вдоль крутопадающих разломов, измеряемая несколькими сотнями метров, благодаря чему почти повсеместно они обнаруживаются на современной эрозивной поверхности.

6. В поперечном разрезе ореолы представляют собой широкую полосу, ориентированную согласно горизонту рудовмещающих брекчий, с отдельными ответвлениями в виде узких рукавов вдоль секущих разрывных нарушений.

Содержания сурьмы и ртути в ореолах колеблются от 0,005% и 0,00003% соответственно до промышленных; максимальное содержание мышьяка в пробах 0,3%.

Перечисленные особенности характерны для ореолов первой группы элементов в целом. Но при более детальном сравнении их между собой можно заметить некоторую дифференциацию. Так, по фактическому убыванию основных параметров и интенсивности ореолов элементы можно расположить в таком порядке: ртуть, сурьма, мышьяк.

#### Ореолы таллия

Ореолы таллия, в отличие от ореолов других групп, обладают в общем случае симметричным строением относительно сурьмяных рудных тел (рис. 4) и приурочены главным образом непосредственно к горизонту рудовмещающих брекчий. Следует отметить особо тесное морфологическое сходство ореолов таллия с ореолами мышьяка, что, видимо, объясняется таллиеносностью некоторых минералов мышьяка. Ореолы таллия имеют сравнительно небольшие размеры и примерно совпадают с контурами интенсивных внутренних частей ореолов главных рудных элементов; они характеризуются в большинстве случаев относительно слабой интенсивностью (хотя по интенсивности ореолов таллий занимает второе место после элементов-индикаторов I группы) и протяженностью вдоль зон разрывных нарушений, не превышающей 50-60 м.

Содержание таллия в ореолах колеблется от 0,0003% до 0,003% или несколько большего.

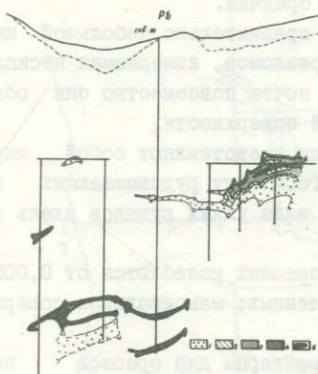


Рис.5. Первичные ореолы свинца (в разрезе)  
 Содержание свинца в ореолах ( $\mu \cdot 10^{-3}\%$ ):  
 I - 2-10; 2 - 10-50; 3 - 50-250; 4 -  
 более 250; 5 - рудные тела

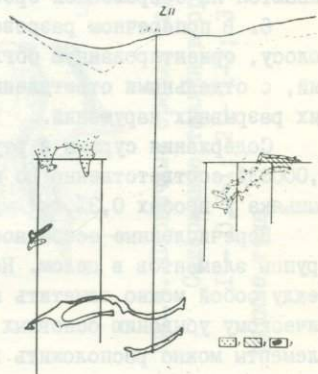


Рис.6. Первичные ореолы цинка (в разрезе)  
 Содержание цинка в ореолах ( $\mu \cdot 10^{-3}\%$ ):  
 I - 15-50; 2 - 50-150; 3 - рудные  
 тела

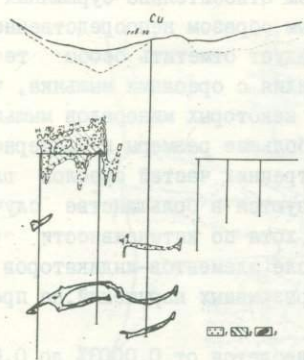


Рис.7. Первичные ореолы меди (в разрезе)  
 Содержание меди в ореолах ( $\mu \cdot 10^{-3}\%$ ):  
 I - 10-30; 2 - 30-100; 3 - рудные  
 тела

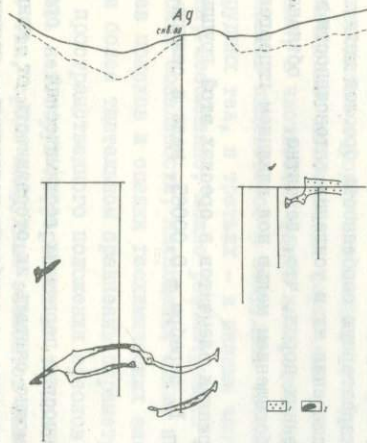


Рис.8. Первичные ореолы серебра (в разрезе)  
 1 - содержание серебра более  $5 \cdot 10^{-5}\%$ ;  
 2 - рудные тела

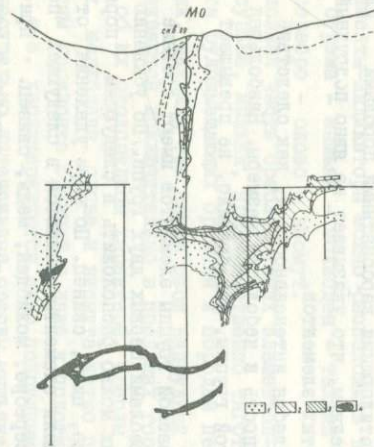


Рис.9. Первичные ореолы молибдена (в разрезе)  
 Содержание молибдена в ореолах  
 ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): 1 - 0,5-2; 2 - 2-10; 3 - бо-  
 лее 10; 4 - рудные тела

Ореолы цинка, серебра, меди, свинца и молибдена

Для ореолов этой группы характерны две особенности (рис. 5-9).

1. Заметная смещенность по вертикали к нижним и подрудным частям рудных тел и горизонта рудовмещающих брекчий, приуроченность к контакту с подстилающими карбонатными породами или же непосредственно к последним, что указывает на явно подрудный характер распределения этих элементов.

2. Относительно слабая интенсивность и, как следствие ее, значительная разрозненность и небольшие размеры. Наибольшая интенсивность ореолов этой группы, как правило, не превышает 5-10 геофонов.

Ореолы рассматриваемой группы элементов имеют средние размеры по сравнению с ореолами первых двух групп. По убыванию ширины и интенсивности их можно расположить в следующем порядке: молибден, медь, серебро, цинк, свинец. По мере удаления от рудных тел вниз по вертикали элементы сменяются в следующей последовательности: цинк, серебро, молибден, медь, свинец. При этом морфологически несколько сходны ореолы цинка, серебра и молибдена, а также соореолы свинца и ореолы меди. Ореолы свинца и меди чаще всего располагаются глубоко под горизонтом рудовмещающих брекчий - в известняках подстилающей толщи, тогда как ореолы цинка, серебра и молибдена тяготеют к нижним частям этого горизонта (рудовмещающих брекчий), располагаясь в небольшом удалении от ртутно-сурьмяных рудных тел, иногда даже вписываясь в контуры интенсивных ореолов сурьмы и ртути.

Следует отметить характерную особенность ореолов меди, заключающуюся в резком расширении их и усилении интенсивности в приповерхностной зоне коренных пород, что, вероятно, объясняется вторичным сульфидным обогащением медью под влиянием гипергенных процессов.

Максимальные содержания элементов в ореолах этой группы составляют (в %): цинка - I, серебра - 0,00065, меди и свинца - 0,08, молибдена - 0,015.

Ореолы олова и висмута

Характерной особенностью первичных геохимических ореолов этой группы элементов можно считать их оторванность от конкретных рудных тел и расположение на глубоких подрудных горизонтах рудного поля. Ореолы этих элементов весьма редки, единичны и от-

личаются слабой интенсивностью, характерна их приуроченность исключительно к зонам и узлам пересечений разрывных нарушений, а также к зонам брекчирования на контактах различных по составу пород.

По убыванию размеров и интенсивности ореолов все описанные выше элементы-индикаторы можно расположить в следующем порядке: ртуть - сурьма - мышьяк - молибден - таллий - свинец - цинк - медь - серебро - олово - висмут.

Основная часть ореолов таких элементов-индикаторов, как ртуть, сурьма, мышьяк, преимущественно тяготеет к верхним частям горизонта рудовмещающих брекчий и породам перекрывающей сланцевой толщи, выявляя тем самым свой надрудный характер. Ореолы таллия развиваются исключительно в пределах горизонта брекчий, что говорит об их околорудном характере. Ореолы цинка, серебра, свинца, меди, молибдена, олова и висмута четко приурочиваются к нижним частям горизонта брекчий и даже к подстилающим карбонатным породам, т.е. характеризуются явно подрудным распределением. Однако относительно интенсивные ореолы мышьяка и меди, в зависимости от форм нахождения, могут быть встречены и в надрудных и в подрудных частях ореолов. Так, мышьяк в минеральной форме аури-пигмента и реальгара образует надрудные части ореолов (и выступает в качестве индикатора этих частей), а в форме арсенопирита - подрудные части и является их индикатором. Также ведет себя и медь, являясь индикатором надрудных частей, когда присутствует в форме вторичных минералов, и индикатором подрудных частей, когда она находится в форме эндогенных сульфидов.

Приведенные особенности первичных ореолов ртутно-сурьмяного оруденения, в частности, факты избирательной приуроченности одних элементов-индикаторов к надрудным частям ореолов, других - к уровню рудных тел, а третьих - к нижним частям околорудного пространства, несомненно, можно рассматривать как проявление их геохимической зональности, являющейся одним из наиболее надежных критериев поисков и оценки геохимических аномалий.

При более тщательном сравнении параметров и более детальном анализе пространственного положения ореолов на разрезах можно установить некоторую дифференциацию элементов-индикаторов по вертикали. Так, среди надрудных элементов наиболее широкие, а следовательно, наиболее удаленные от кровли горизонта рудовмещающих брекчий или от рудного тела вверх ореолы имеет ртуть, а сурьма и

мышьяк по фактической ширине ореолов занимают следующие после ртути места. Подрудные элементы по мере удаления от середины горизонта рудовмещающих брекчий вниз по вертикали сменяются в следующем порядке: цинк, серебро, молибден, медь, свинец, олово, висмут. Соединяя полученные ряды зональностей в пределах надрудных и подрудных частей через околорудный элемент таллий, можно составить единый ряд вертикальной зональности сверху вниз на полную ширину ореолов: ртуть, сурьма, мышьяк, таллий, цинк, серебро, молибден, медь, свинец, олово, висмут. Выявленная зональность, несмотря на неоднородность состава брекчий, наличие локальных внутрибрекчиевых экранов и густой сети разрывных нарушений, обуславливающих блоковую структуру месторождения, выдержана по всем разрезам и планам на всех участках месторождения.

При анализе графиков рангов мультипликативных аномалий многих конкретных рудных тел выявилась идентичная вертикальная зональность первичных ореолов вокруг отдельных конкретных рудных тел (см. таблицу).

Вертикальная зональность первичных ореолов одного из рудных тел месторождения Джижикрут

Геохимический уровень первичных ореолов	Зональный ряд элементов-индикаторов по вертикали относительно рудного тела	Величина сдвига центра ореола каждого элемента относительно рудного тела, м
Надрудная часть	Ртуть	45-85
	Сурьма	35-50
	Мышьяк	15-45
	Медь	5-20
Уровень рудного тела (околорудная часть ореолов)	Таллий	0-5
	Сурьма, таллий	0
Подрудная часть	Таллий	0-5
	Цинк	5-10
	Серебро	10-25
	Молибден	15-35
	Мышьяк	15-35
	Медь	15-35
	Свинец	20-45
	Олово	20-55
Висмут	более 50	

Таким образом, ряд вертикальной зональности един для горизонта рудовмещающих брекчий в целом и отдельного рудного тела этого горизонта, что свидетельствует об устойчивости выявленной закономерности.

Исходя из полученного ряда вертикальной зональности элементов, в качестве индикаторов надрудных частей ореолов ртутно-сурьмяного оруденения можно назвать сурьму, ртуть, мышьяк; в качестве подрудных — медь, молибден, свинец, олово, висмут; индикатором уровня рудных тел — таллий. Цинк и серебро являются индикаторами глубоко подрудных уровней ореолов.

Установленные закономерности геохимической зональности ореолов позволяют использовать эти ореолы как при поисках благоприятных для рудоотложения структур, какими для данного типа оруденения является горизонт брекчий под сланцевым экраном, так и при непосредственной разведке ртутно-сурьмяных рудных тел внутри горизонта рудовмещающих брекчий и, следовательно, повысить экономическую эффективность геохимических поисков месторождений этого типа.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Григорян С.В. Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений (методические рекомендации). М., Изд. ИМГРЭ, 1974.
2. Новикова Т.И. Минералогия и некоторые вопросы генезиса ртутно-сурьмяного месторождения Джижикрут. — Труды ИГ АН Таджикской ССР, т.3, 1959.
3. Терехова Г.А. Ореолы первичного рассеяния на ртутно-сурьмяных месторождениях рудного поля хр.Боарды. Уч. зап. САИГИМС, вып.6, 1961.
4. Терехова Г.А. Первичные ореолы рассеяния некоторых гидротермальных ртутьсодержащих месторождений Средней Азии. — В сб. "Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений. М., Изд. ИМГРЭ, 1973.

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

## ОПЫТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Изучение фактического материала по одному из золоторудных объектов позволило авторам разработать методику оценки геохимических аномалий на золотое оруденение и тем самым повысить экономическую эффективность геохимических поисков для данного типа рудных месторождений.

По разработанной методике работы выполняются в следующем порядке.

1. Геохимическое опробование с последующим приближенно-количественным спектральным анализом на серебро, свинец, сурьму, медь и мышьяк.

2. Оконтуривание аномалий свыше следующих максимально-аномальных значений: для серебра - более  $1 \cdot 10^{-5}\%$ , свинца -  $5 \cdot 10^{-3}\%$ , сурьмы -  $3 \cdot 10^{-3}\%$ , меди -  $10 \cdot 10^{-3}\%$ , мышьяка -  $1 \cdot 10^{-2}\%$ .

3. Расчет коэффициента зональности  $K_z = \frac{Ag \times Pb \times Sb}{Cu \times As}$ , величина которого указывает на положение рудного тела относительно изучаемого сечения.

5. Расчет коэффициента интенсивности  $K_{и} = Cu \times As$ , определяющего силу рудного процесса.

6. Внос значений  $K_z$  и  $K_{и}$  на график-диаграмму для определения масштабов предполагаемого оруденения.

С целью пробного использования разработанной методики в производственных условиях были изучены первичные геохимические ореолы в пределах месторождения по данным опробования каналов и керн буровых скважин и даны конкретные практические рекомендации по направлению геологоразведочных работ. Ниже приводятся некоторые полученные при работах результаты.

### Оценка перспектив рудоносности

#### Западного участка по данным опробования каналов

Вмещающие породы участка представлены алевролитами, сланцами и в меньшей степени песчаниками, липаритами и кварц-полевошпатовыми порфирами (рис.1). По данным опробования поверхностных горных выработок устанавливается несколько субпараллельных рудных тел (№ 1,5,2 - см.рис.1), из которых наиболее разведанным явля-

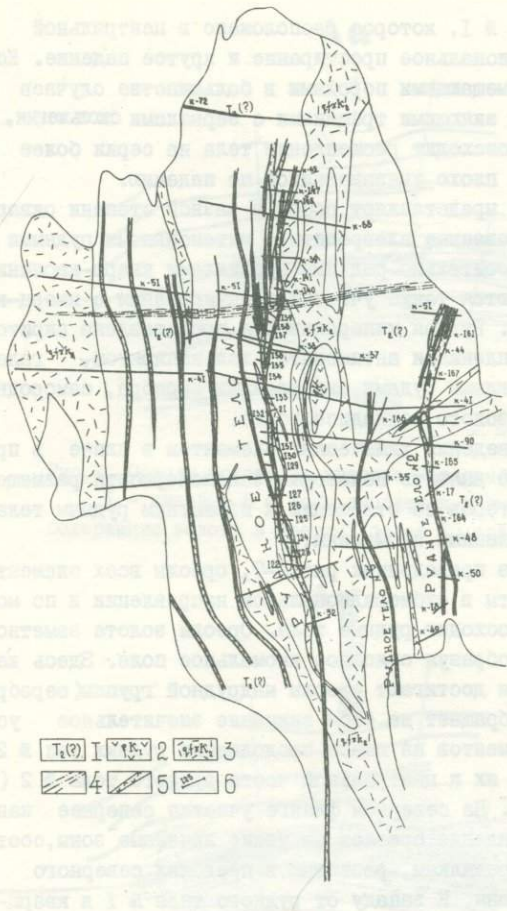


Рис. I. Схематическая геологическая карта участка Западный

I - алевролитовая толща; 2 - сиениты; 3 - кварц-полевошпатовые порфиры; 4 - тектонические нарушения; 5 - зоны дробления и смятия; 6 - каналы

ется рудное тело № I, которое расположено в центральной части и имеет субмеридиональное простирание и крутое падение. Контакты рудного тела с вмещающими породами в большинстве случаев четкие и ограничиваются зияющими трещинами с зеркалами скольжения. На северном фланге происходит расщепление тела на серии более мелких жил и прожилков, плохо увязывающихся по падению.

Рудные тела представляют собой в разной степени окварцованные, серицитизированные алевролиты с интенсивными рудными микропрожилками и относительно редкими прожилками кварц-каолинитового состава; встречаются также участки брекчирования с кварц-каолинитовым цементом. Рудная минерализация представлена пиритом, арсенопиритом, скоплениями антимонита, халькопиритом, галенитом, халькозином, блеклыми рудами, минералами серебра, самородным золотом. Основное золото тонкодисперсное.

Изучение поведения химических элементов в плане в пределах участка позволило выявить некоторые закономерности размещения элементов-индикаторов по отношению к известным рудным телам и дать оценку выявленным аномалиям.

Как видно из приведенных рис. 2-7, ореолы всех элементов-индикаторов вытянуты в субмеридиональном направлении и по мощности значительно превосходят рудные тела. Ореолы золота заметно расширяются к югу, образуя сплошное аномальное поле. Здесь же наибольшего развития достигают ореолы надрудной группы (серебра, свинца и сурьмы). Обращает на себя внимание значительное усиление ореолов этих элементов на южном продолжении рудных тел № 2 и № 5 и приуроченность их к центральной части рудного тела № 2 (канавы № 4I - см. рис. I). На северном фланге участка севернее канавы 4I происходит расщепление ореолов на узкие линейные зоны, соответствующие жилам и прожилкам, развитым в пределах северного фланга главной рудной зоны. К западу от рудного тела № I в кварц-поле - вошпатовых порфирах устанавливаются аномалии элементов-индикаторов, в особенности индикаторов надрудной группы, незначительной интенсивности.

Для количественной оценки ореолов были рассчитаны их геохимические параметры, величины которых сведены в таблицы I-4. Сравнение проводилось с параметрами, рассчитанными по эталонным разрезам. Величины  $K_z$  и  $K_{д}$  выносились на график-диаграмму.

Геохимические параметры, рассчитанные для зоны "Главная" (см. табл. I), и конфигурация ореолов, развитых в ее пределах, позволи-

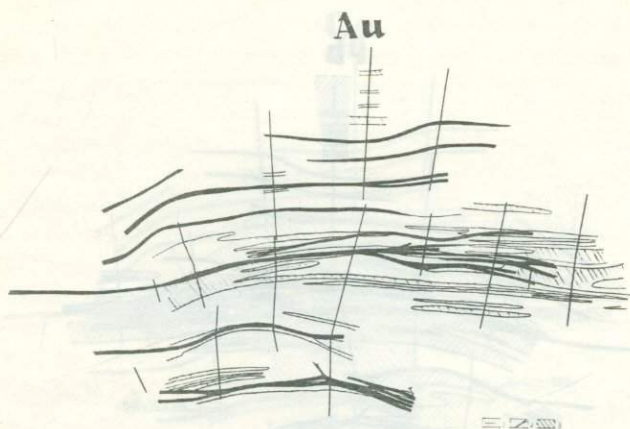


Рис.2. Ореолы золота на участке Западный  
 I - канавы; 2 - зоны дробления и смятия; 3 -  
 содержание золота в ореолах более 10 усл.ед.

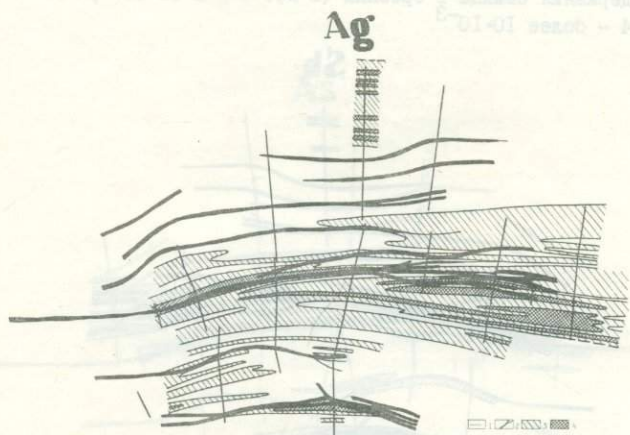


Рис.3. Ореолы серебра на участке Западный  
 I - канавы; 2 - зоны дробления и смятия. Со-  
 держания серебра в ореолах (в %): 3 -  $1-10 \cdot 10^{-5}$ ;  
 4 - более  $10 \cdot 10^{-5}$

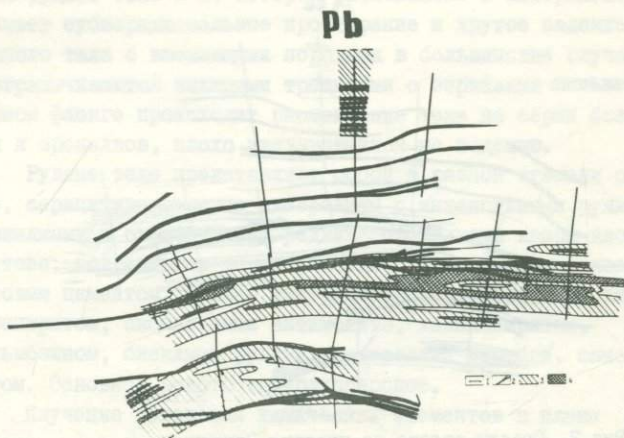


Рис.4. Ореолы свинца на участке Западный

1 - канавы; 2 - зоны дробления и смятия. Со-  
 держание свинца в ореолах (в %): 3 -  $1-10 \cdot 10^{-3}$ ;  
 4 - более  $10 \cdot 10^{-3}$

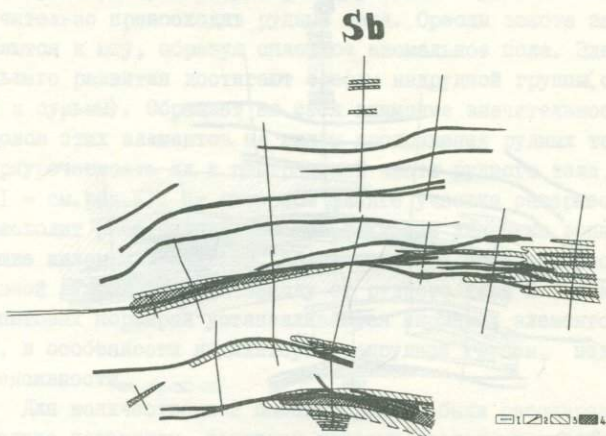


Рис.5. Ореолы сурьмы на участке Западный

1 - канавы; 2 - зоны дробления и смятия. Со-  
 держание сурьмы в ореолах (в %): 3 -  $3-10 \cdot 10^{-3}$ ;  
 4 - более  $10 \cdot 10^{-3}$

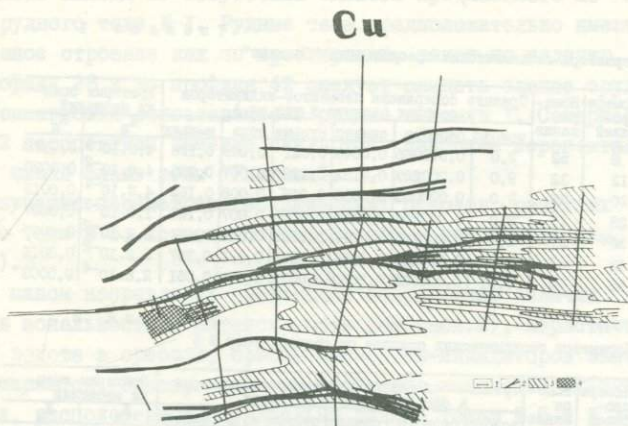


Рис.6. Ореолы меди на участке Западный

I - канавы; 2 - зоны дробления и смятия. Содержание меди в ореолах (в %): 3 -  $5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}$ ; 4 - более  $10 \cdot 10^{-3}$

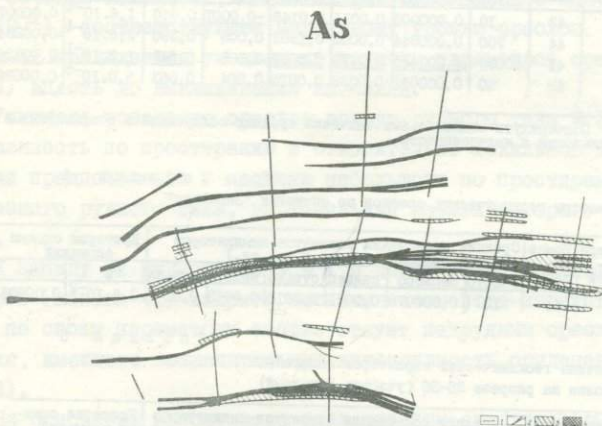


Рис.7. Ореолы мышьяка на участке Западный

I - канавы; 2 - зоны дробления и смятия. Содержание мышьяка в ореолах (в %): 3 -  $1 \cdot 10 \cdot 10^{-2}$ ; 4 - более  $10 \cdot 10^{-2}$

Таблица 1

Параметры геохимических ореолов зоны "Главная"

Номера профилей	Номера канав	Средние содержания элементов-индикаторов в ореолах (золото в усл.ед.)						Критерии оценки аномалий	
		золото	серебро	свинец	сурьма	медь	мышьяк	K <sub>з</sub>	K <sub>и</sub>
8	52	2,0	0,000065	0,0046	0,021	0,009	0,196	4,0.10 <sup>-4</sup>	0,0178
12	32	9,0	0,000289	0,0152	0,128	0,007	0,295	4,0.10 <sup>-2</sup>	0,0020
20	35	3,0	0,000058	0,0038	0,019	0,008	0,162	4,3.10 <sup>-4</sup>	0,0013
28	41	2,0	0,000306	0,0416	0,0035	0,007	0,101	1,0.10 <sup>-2</sup>	0,0007
36	51	2,0	0,000193	0,0026	0,0048	0,006	0,484	2,2.10 <sup>-2</sup>	0,0027
42	68	3,0	0,000221	0,0086	0,0055	0,004	0,357	5,2.10 <sup>-2</sup>	0,0016
52	72	0,01	0,000028	0,0052	0,0038	0,006	0,051	2,6.10 <sup>-4</sup>	0,0003

Таблица 2

Параметры геохимических ореолов по рудному телу № 5

Номера профилей	Номера канав	Средние содержания элементов-индикаторов в ореолах (золото в усл.ед.)						Критерии оценки аномалий	
		золото	серебро	свинец	сурьма	медь	мышьяк	K <sub>з</sub>	K <sub>и</sub>
28	41	10	0,000004	0,0014	0,002	0,009	0,006	2,2.10 <sup>-3</sup>	0,000054
16	48	20	0,000010	0,0013	0,004	0,003	0,032	1,6.10 <sup>-4</sup>	0,000096
8	49	1400	0,000228	0,0146	0,024	0,003	0,062	1,2.10 <sup>-2</sup>	0,000198

Таблица 3

Параметры геохимических ореолов по рудному телу № 2

Номера профилей	Номера канав	Средние содержания элементов-индикаторов в ореолах (золото в усл.ед.) <sup>1</sup>						Критерии оценки аномалий	
		золото	серебро	свинец	сурьма	медь	мышьяк	K <sub>з</sub>	K <sub>и</sub>
36	43	10	0,000005	0,0011	0,0146	0,0007	0,010	1,6.10 <sup>-4</sup>	0,00007
32	44	700	0,000044	0,0008	0,1903	0,006	0,390	2,6.10 <sup>-4</sup>	0,00234
28	41	40000	0,000485	0,0172	0,3067	0,006	0,543	1,2.10 <sup>-1</sup>	0,00326
16	48	50	0,000011	0,0039	0,0015	0,004	0,063	5,0.10 <sup>-5</sup>	0,00026

<sup>1</sup> Подчеркнуты максимальные значения средних содержаний и коэффициентов зональности и интенсивности.

Таблица 4

Параметры геохимических ореолов по аномалии "Западная"

Номера профилей	Номера канав	Средние содержания элементов-индикаторов в ореолах (золото в усл.ед.)						Критерии оценки аномалий	
		золото	серебро	свинец	сурьма	медь	мышьяк	K <sub>з</sub>	K <sub>и</sub>
28	41	10	0,000078	0,0071	0,0016	0,0013	0,02	2,6.10 <sup>-2</sup>	0,00003

Таблица 5

Величины геохимических параметров эндогенных ореолов на разрезе 36-36 (участок Западный)

Номера сечений	Номер скважин и канав	Средние содержания элементов-индикаторов в ореолах (в %)					Критерии оценки аномалий	
		серебро	свинец	сурьма	медь	мышьяк	K <sub>з</sub>	K <sub>и</sub>
Ia	K-51	0,00019	0,0026	0,0048	0,0056	0,484	1,6.10 <sup>-4</sup>	0,0026
Iб	C-76	0,00002	0,0018	0,0030	0,0100	0,014	7,9.10 <sup>-5</sup>	0,0001
Iв	C-34	0,00003	0,0025	0,0015	0,0100	0,070	1,6.10 <sup>-5</sup>	0,0007
II	C-34	0,00014	0,0040	0,0768	0,0080	0,291	2,3.10 <sup>-3</sup>	0,0023

ли сделать выводы об отсутствии единого протяженного по простиранию рудного тела № I. Рудные тела предположительно имеют кулисообразное строение как по простиранию, так и по падению. Севернее профиля 28 и до профиля 42 следует ожидать слепое оруденение, по интенсивности сопоставимое с рудным телом № I. Севернее профиля 42 перспективы заметно снижаются. Наиболее перспективным является южный фланг зоны "Главная".

Изучение параметров геохимических ореолов, развитых вокруг рудного тела № 5, позволило отнести его к непромышленным (см. табл.2).

В южном направлении происходит возрастание величин коэффициентов зональности и интенсивности (см. табл.2), нарастают содержания золота в ореолах, ореолы элементов-индикаторов значительно расширяются. Здесь, вероятно, возможно выявление слепых рудных тел, расположенных параллельно рудным телам № 5 и № 2 южнее канавы 49 (профиль № 8).

Рудное тело № 2 имеет некоторое отличие характера распределения элементов-индикаторов в ореолах, которое заключается в ограниченном распространении аномалий по простиранию при относительно высоких средних содержаниях.

Максимальная интенсивность оруденения ( $K_{II}=0,00326$ ) отмечается по сечению канавы 4I, здесь же наиболее высокое значение  $K_3$  ( $1,2 \cdot 10^{-1}$ ), соответствующее надрудному уровню ореолов. К югу от канавы 4I наблюдается уменьшение величин параметров ореолов (см. табл.3) вплоть до выклинивания аномалий.

Учитывая поведение ореолов вокруг рудного тела № 2, их малую протяженность по простиранию и относительно локальное проявление, сделали предположение о наличии небольшого по простиранию столбообразного рудного тела, вертикальный размах которого превышает 300 м.

К западу от рудного тела № I в дайке кварц-полевошпатовых порфиров (канавы 4I) вскрыта аномалия элементов-индикаторов, которая по своим параметрам соответствует надрудным ореолам рудного тела, имеющего незначительную интенсивность оруденения (см. табл.4).

На основании изложенного были сделаны следующие выводы.

1. Рудное тело № I слабо эродировано; поверхностные горные выработки вскрывают верхнерудные области.

2. На глубоких горизонтах рудного тела № I ожидается усиле-

ние концентраций золота и увеличение мощности рудного интервала.

3. Наиболее перспективным является южный фланг участка, где на основании расчета геохимических параметров следует ожидать оруденение, по масштабам сопоставимое с уже вскрытым рудным телом № I.

4. На южном продолжении участка, расположенного между рудными телами № 5 и № 2, следует ожидать слепое оруденение с высокими концентрациями полезного компонента.

5. По рудному телу № 2 ожидается на глубине скопление металла в виде столбобразного тела, имеющего значительную протяженность на глубину (более 300 м).

6. К западу от рудного тела № I в зоне развития дайки кварц-полевошпатовых порфиров ожидается слепое оруденение с незначительным содержанием полезного компонента.

7. Рудные тела месторождения имеют кулисообразное строение по падению и простиранию.

В настоящее время часть рекомендаций проверена бурением разведочных скважин. На южном фланге рудного тела № I оруденение прослежено до глубин 400-450 м.

По рудному телу № 2 прогноз подтвержден результатами опробования подземных горных выработок на глубине около 100 м и бурением колонковых скважин на глубинах 250-300 м.

#### Оценка перспектив рудоносности

##### Западного участка

по данным опробования керна скважин

Разрез 4-4 пересекает южный фланг рудного тела № I, где по данным опробования скважин № 60 и 30 были отмечены аномальные содержания золота, мышьяка, сурьмы, серебра и более узкие ореолы свинца и меди. С глубиной ореолы большинства элементов-индикаторов возрастают по ширине и содержаниям. Параметры ореолов серебра с глубиной уменьшаются (рис. 8). Величины индикаторных отношений на обоих сечениях равны соответственно: для  $K_z$   $1,7 \cdot 10^{-4}$  и  $1,1 \cdot 10^{-4}$  (близость значений объясняется сближенностью сечений), а для  $K_{II}$  - 0,00121 и 0,00143. Сравнение параметров аномалии с параметрами ореолов, рассчитанными по эталонным разрезам, позволило отнести сечение рудного тела № I скважиной 30 к верхнерудному и предположить продолжение оруденения на глубину.

Последующими буровыми работами было вскрыто оруденение на

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ 4-4

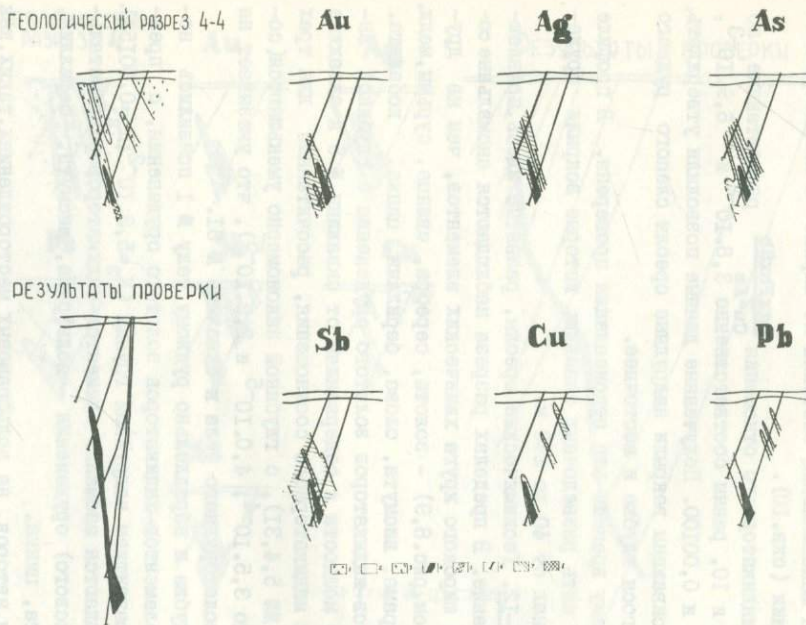


Рис.8. Ореолы элементов-индикаторов на разрезе 4-4

1 - кварц-полевошпатовые порфиры; 2 - терригенно-осадочные породы; 3 - зоны дробления и смятия; 4 - рудное тело; 5 - предполагаемое рудное тело; 6 - скважины. Содержание элементов в ореолах (в %): 7 - Au -  $10-100$  усл.ед., Ag -  $1-10 \cdot 10^{-5}$ , As -  $1-10 \cdot 10^{-2}$ , Sb -  $3-10 \cdot 10^{-3}$ , Pb, Cu - более  $5 \cdot 10^{-3}$ ; 8 - Au - более  $100$  усл.ед., As - более  $10 \cdot 10^{-2}$ , Sb - более  $10 \cdot 10^{-3}$

глубинах до 260 м (см.рис.8).

Разрез -4-4 расположен южнее разреза 4-4 на 160 м. В результате геохимического опробования керна скважин № 9 и 10 (рис.9) выявлены отчетливые ореолы элементов-индикаторов золотого оруденения. Ореолы всех элементов-индикаторов резко расширяются с глубиной, достигая максимальных значений по ширине и концентрациям на нижнем сечении (скв.10).

Величины индикаторного отношения  $\frac{AgxPbxBs}{Cu^2As}$  рассчитанные по скважинам № 9 и 10, равны соответственно  $3,8 \cdot 10^{-2}$  и  $6,9 \cdot 10^{-3}$ , а  $K_{\text{и}} = 0,00071$  и  $0,00100$ . Полученные данные позволили утверждать, что указанные скважины вскрыли надрудные ореолы слепого рудного тела, находящегося глубже и восточнее.

К настоящему времени эта рекомендация проверена. В профиле -4-4 пробурено пять разведочных скважин; которые вскрыли оруденение на глубинах от 40 до 240 м.

Разрез I2-I2. Геохимические ореолы, развитые здесь, привлекли особое внимание. В пределах разреза наблюдаются аномальные содержания более широкого круга химических элементов, чем на других разрезах (см.рис.8,9) - золота, серебра, свинца, сурьмы, меди, мышьяка, вольфрама, висмута, олова, бериллия, цинка, кобальта. Ореолы элементов-индикаторов золотого оруденения с глубиной выклиниваются по мощности и содержаниям от скважины № 5 к скважине № 3I. Величины индикаторного соотношения, рассчитанные для трех сечений (скв. № 5,4,3I), с глубиной закономерно уменьшаются (соответственно до  $3,5 \cdot 10^{-4}$ ,  $4,0 \cdot 10^{-5}$  и  $2,2 \cdot 10^{-5}$ ), что указывает на выклинивание золоторудного тела к скважине № 3I.

Однако глубже и параллельно рудному телу № I появились новые аномалии элементов-индикаторов золотого оруденения, с преимущественным развитием надрудной группы ( $K_{\text{з}} = 5,3 \cdot 10^{-2}$ ;  $K_{\text{и}} = 0,00153$ ). Здесь же наблюдаются аномалии элементов-индикаторов редкометалльного (вольфрамового) оруденения - вольфрама, висмута, бериллия, олова, кобальта, цинка.

По данным авторов, на вольфрамовых месторождениях, таких, как например Бом-Горхон (кварц-гюбнеритовый тип), Восток-2, Тырнауз (скарново-шеелитовый тип), Грынчарица (кварц-шеелитовый тип), серебро, свинец, цинк, бериллий, олово, мышьяк характеризуют надрудные ореолы рудных тел.

В связи с изложенными фактами (близким к промышленным содержаниям вольфрама в ореолах; наличием расширяющихся с глубиной

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ  
РАЗРЕЗ - 4

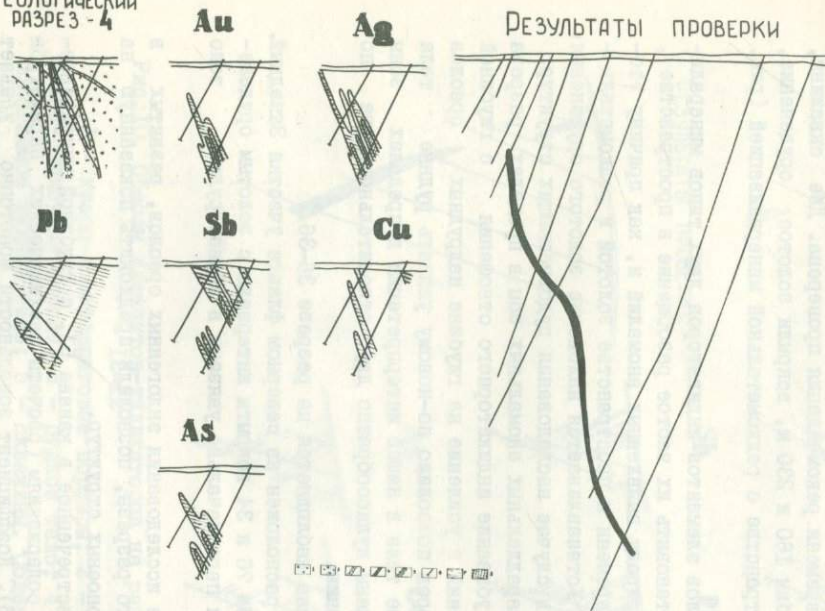


Рис. 9. Ореолы элементов-индикаторов на разрезе 4-4

1 - кварц-полевошпатовые порфиры; 2 - терригенно-осадочные породы; 3 - зоны дробления и смятия; 4 - рудное тело; 5 - предполагаемое рудное тело; 6 - скважины. Содержание элементов в ореолах (в %): 7 - Au -  $10^{-100}$  усл.ед., Ag -  $1 \cdot 10 \cdot 10^{-5}$ , As -  $1 \cdot 10 \cdot 10^{-2}$ , Sb -  $3 \cdot 10 \cdot 10^{-3}$ , Pb, Cu - более  $5 \cdot 10^{-3}$ ; 8 - Au - более  $100$  усл.ед., Ag - более  $10 \cdot 10^{-5}$ , As - более  $10 \cdot 10^{-2}$ , Sb - более  $10 \cdot 10^{-3}$

ореолов бериллия, вольфрама, цинка, висмута, олова, сурьмы, мышьяка, серебра, свинца; значением индикаторного отношения, соответствующим надрудному уровню золоторудных тел), было сделано заключение о наличии золотого оруденения на глубине и возможности обнаружения вольфрамовой минерализации, совмещенной с золотой.

К настоящему времени рекомендация проверена. Две скважины, пробуренные до глубин 160 и 230 м, вскрыли золотое оруденение, совмещенное в пространстве с редкометальной минерализацией (рис. 10, 11).

Изучение ореолов элементов-индикаторов двух типов минерализации позволило установить их частое разобщение в пространстве, полиформационную природу выявленных аномалий и, как причину этого, разобщение во времени и пространстве золотой и редкометальной минерализации. Устанавливается наложение золотого оруденения на редкометальное в случае наследования рудовмещающих структур.

Развитие субпараллельных аномальных зон в пределах разреза I2-I2, монотонное убывание индикаторного отношения с глубиной до подрудных значений и усиление на глубине надрудных ореолов элементов-индикаторов позволило по-новому увязать рудные тела (см. рис. 11). Рудные тела в нашей интерпретации в пределах зоны "Главная" расположены кулисообразно друг относительно друга по падению и простираению.

Похожая картина наблюдается на разрезе 36-36.

Разрез 36-36 расположен на северном фланге участка Западный. Здесь скважинами № 76 и 34 вскрыты интервалы с золотым оруденением, которые были первоначально увязаны в единое рудное тело (рис. 12).

Геохимические исследования эндогенных ореолов, развитых в пределах изученного разреза, позволили предложить показанную на рис. 12 увязку рудоносных структур.

Оруденение, встреченное в канаве 5I, с глубиной выклинивается по мощности и содержаниям (расчеты геохимических параметров приведены в табл. 5). Коэффициент зональности монотонно убывает с глубиной от  $1,6 \cdot 10^{-4}$  до  $1,6 \cdot 10^{-5}$ . На уровне 235-255 м появляется новая аномальная зона с относительно высокими содержаниями элементов-индикаторов. Наиболее высоких содержаний достигают серебро (1,4 г/т), сурьма (0,5%) и мышьяк (до 1%). Геохимические параметры, рассчитанные по зоне I, на трех уровнях (К-5I, скв. № 76, 34), указывают на правильность предложенной увязки и нево-

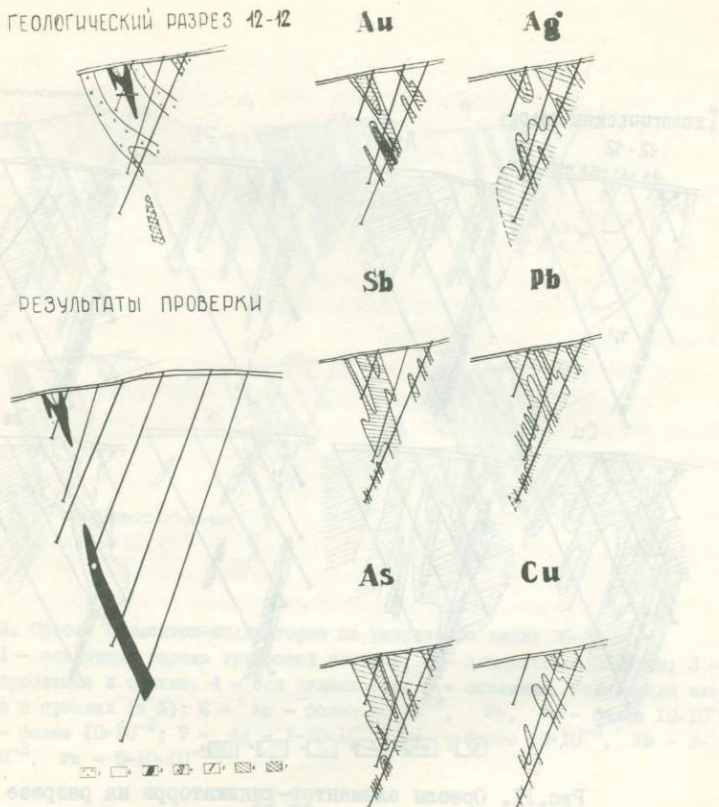
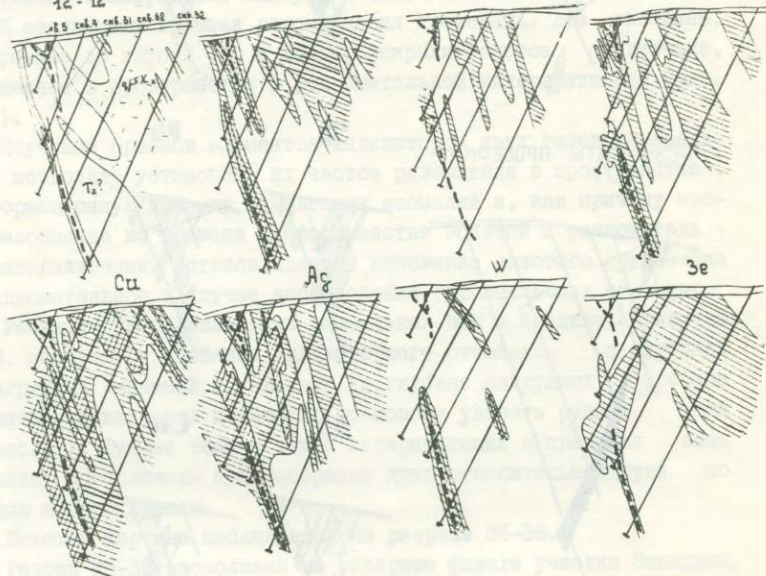


Рис. 10. Ореолы элементов-индикаторов на разрезе 12-12

1 - кварц-полевошпатовые порфиры; 2 - терригенно-осадочные породы; 3 - рудное тело; 4 - предполагаемое рудное тело; 5 - скважины. Содержание элементов в ореолах (в %): 6 - Au -  $10-100$  усл.ед. Ag -  $1-10 \cdot 10^{-5}$ , Sb -  $3-10 \cdot 10^{-3}$ , Pb -  $5-10 \cdot 10^{-3}$ ; As -  $1-10 \cdot 10^{-2}$ , Cu - более  $5 \cdot 10^{-3}$ ; 7 - Au - более  $100$  усл.ед., Ag - более  $10 \cdot 10^{-5}$ , Pb, Sb - более  $10 \cdot 10^{-3}$ , As - более  $10 \cdot 10^{-2}$

# Геологический разрез

12-12



1 - ; 2 - ; 3 - ; 4 - ; 5 - ; 6 -

Рис. II. Ореолы элементов-индикаторов на разрезе 12-12

1 - терригенно-осадочные породы; 2 - кварц-полевошпатовые порфиры; 3 - оси рудных тел; 4 - скважины. Содержания элементов в ореолах (в %):

5 - As -  $1 \cdot 10 \cdot 10^{-2}$ , Cu, Pb -  $5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}$ ,  
 Sb -  $3 \cdot 10 \cdot 10^{-3}$ , Ag -  $1 \cdot 10 \cdot 10^{-5}$   
 Se - более  $3 \cdot 10^{-4}$ , W -  $10 \cdot 100 \cdot 10^{-3}$ ; 6 - As -  
 более  $10 \cdot 10^{-2}$ , Cu, Sb - более  $10 \cdot 10^{-3}$ , Ag -  
 более  $10 \cdot 10^{-5}$ , W - более  $100 \cdot 10^{-3}$

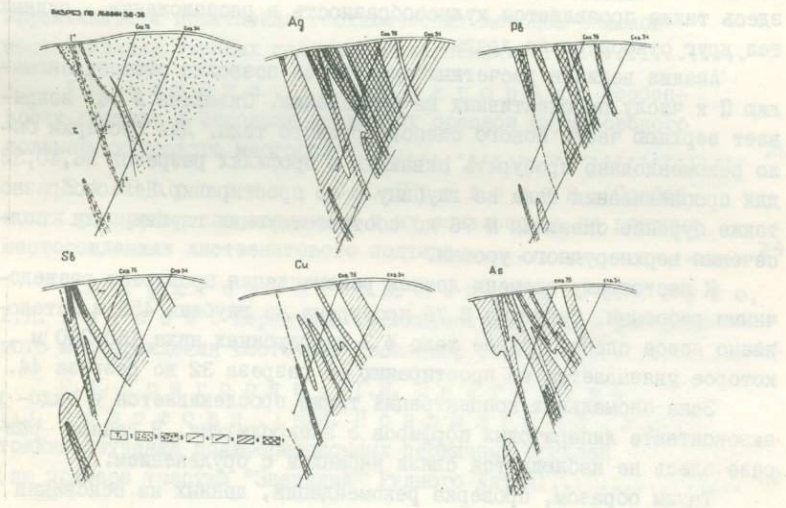


Рис. 12. Ореолы элементов-индикаторов на разрезе по линии 36-36

1 - осадочные породы триасовой системы; 2 - липаритовые порфиры; 3 - зоны дробления и смятия; 4 - оси рудных тел; 5 - скважины. Содержания элементов в ореолах (в %): 6 - Ag - более  $10 \cdot 10^{-5}$ , Sb, Pb - более  $10 \cdot 10^{-3}$ , As - более  $10 \cdot 10^{-2}$ ; 7 - Ag -  $1-10 \cdot 10^{-5}$ , Cu - более  $10 \cdot 10^{-3}$ , Sb -  $3-10 \cdot 10^{-3}$ , Pb -  $5-10 \cdot 10^{-3}$

Информация о месторождении, ее характеристика, геологическое строение, геологические условия, геологические условия и геологические условия (в %): 6 - Ag - более  $10 \cdot 10^{-5}$ , Sb, Pb - более  $10 \cdot 10^{-3}$ , As - более  $10 \cdot 10^{-2}$ ; 7 - Ag -  $1-10 \cdot 10^{-5}$ , Cu - более  $10 \cdot 10^{-3}$ , Sb -  $3-10 \cdot 10^{-3}$ , Pb -  $5-10 \cdot 10^{-3}$

зможности объединения зон I и II в единое рудное тело. Несомненно, здесь также проявляется кулисообразность в расположении рудных тел друг относительно друга.

Анализ величин расчетных параметров позволил отнести аномалию II к числу перспективных на оруденение. Скважина № 34 вскрывает верхнюю часть нового слепого рудного тела. Для проверки было рекомендовано пробурить скважины в профилях разрезов 36, 40, 32 для прослеживания тела на глубину и по простиранию. Целесообразно также бурение скважины № 76 до соответствующих глубин для подсечения верхнерудного уровня.

К настоящему времени данная рекомендация проверена разведочными работами. Скважина № 76 пробурена до глубины 455 м. Установлено новое слепое рудное тело № 3 на глубинах ниже 150-200 м, которое увязывается по простиранию от разреза 32 до разреза 44.

Зона аномальных концентраций также прослеживается в эндо- и экзоконтакте липаритовых порфиров с алевролитами. В данном разрезе здесь не наблюдается связи аномалии с оруденением.

Таким образом, проверка рекомендаций, данных на основании использования разработанных авторами количественных геохимических критериев оценки аномалий, показала высокую геологическую и экономическую эффективность предложенной методики. Обнаружено несколько новых рудных тел, что существенно повлияло на общую геолого-экономическую оценку месторождения.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

В.А. Глухов . Оценка геолого-экономической эффективности применения геохимических методов поисков месторождений твердых полезных ископаемых.....	3
А.З. Адамян , С.В. Григорян . Особенности состава и строения первичных ореолов Шаумяновского полиметаллического месторождения.....	20
В.А. Бородин , С.В. Григорян . Особенности распределения элементов и их зональность на ртутных месторождениях листовитового подтипа.....	24
С.В. Григорян , Н.Б. Мишина , Г.Л. Рубо , Б.И. Юнусов . Первичные геохимические ореолы флюоритового месторождения Восточный Таскайнар.....	43
С.В. Григорян , Г.М. Дергачева , Г.Э. Федотова , Н.И. Пономарева . Методике изучения полиформационных первичных ореолов (на примере участка "Звездный" Рудного Алтая).....	52
К. Аманов . Первичные ореолы Джижикрутского ртутно-сурьмяного месторождения и их значение для повышения экономической эффективности геохимических поисков.....	63
Г.Я. Абрамсон , С.В. Григорян , С.А. Григоров . Опыт прогнозирования золотого оруденения .....	84

Экономическая эффективность применения геохимических методов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых (сборник научных статей)

Утверждено к печати  
Институтом минералогии, геохимии  
и кристаллохимии редких элементов

Редакторы: Т.И. Нефелова, Э.Э. Верник

Подписано к печати 1 ноября 1978 г.

Т-20241. Тираж 500. 4 л. 28 коп.

Формат 60x108 1/16. Заказ № 4.

Ротапринт ИМГГЭ

УДК 550.84.003.1

Оценка геолого-экономической эффективности применения геохимических методов поисков месторождений твердых полезных ископаемых. Глухов В.А. Сб. "Экономическая эффективность применения геохимических методов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых". Изд. ИМПРЭ, 1978, стр. 3-19.

Эффективность геохимической и экономической применения геохимических методов различна в разных организациях страны в зависимости от примененной методики опробования, интерпретации и проверки результатов. Сопоставление затрат на геохимические поиски с затратами на другие поисковые методы дает основание утверждать, что первые являются наиболее эффективными в экономическом отношении.

Табл. 3, библ. - 4 назв.

УДК 553.44.3/9:550.84.092.1(479.25)

Особенности состава и строения первичных ореолов Шаумяновского полиметаллического месторождения. Адамян А.З., Григорян С.В. Сб. "Экономическая эффективность применения геохимических методов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых". Изд. ИМПРЭ, 1978, стр. 20-23.

Вокруг рудных жил Шаумяновского месторождения развиты первичные ореолы с контрастной геохимической зональностью, которые с успехом могут быть использованы для поисков подобных месторождений в слепом залегании, а также для оценки уровня эрозионного среза выходящих на поверхность рудных тел и определения на этой основе их перспектив на глубину.

Илл. 3, библ. - 2 назв.

УДК 553.499:550.84

Особенности распределения элементов и их зональность на ртутных месторождениях листовенитового подтипа. Бородин В.А., Григорян С.В. Сб. "Экономическая эффективность применения геохимических методов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых". Изд. ИМПРЭ, стр. 24-42.

Установлено концентрическое строение первичных ореолов вокруг ртутного оруденения листовенитового подтипа, что связано либо с перераспределением элементов вмещающих пород, либо с кулисообразным залеганием рудных тел и требует при проведении геохимических поисков тщательных геолого-структурных наблюдений.

Табл.2, илл. - 5, библ. - 3 назв.

УДК 553.634.12:550.84.092.1

Первичные геохимические ореолы флюоритового месторождения Восточный Таскайнар. Григорян С.В., Мишина Н.Б., Рубо Г.Л., Юнусов Б.И. Сб. "Экономическая эффективность применения геохимических методов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых". Изд. ИМГРЭ, 1978, стр. 43-51.

Выявлен ряд вертикальной зональности элементов-индикаторов флюоритового оруденения Ga, Li, Zn, Ag, Pb, F. В качестве критерия оценки зональности геохимических аномалий рекомендуется мультипликативное отношение  $\frac{Ga \cdot Li \cdot Zn}{Ag \cdot Pb \cdot F}$

Табл. I, илл. - 7, библиограф. - 7 назв.

УДК 550.84.092.1(571.15)

К методике изучения полиформационных первичных ореолов (на примере участка "Звездный" Рудного Алтая). Григорян С.В., Дергачева Г.М., Федотова Г.Э., Пономарева Н.И. Сб. "Экономическая эффективность применения геохимических методов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых". Изд. ИМГРЭ, 1978, стр. 52-62.

В результате геохимических исследований с широким использованием различных мультипликативных отношений, отражающих зональность первичных ореолов для различных типов оруденения, выделены раздельно площади, перспективные на полиметаллическое, колчеданное и медно-молибденовое оруденения.

Табл. 5, илл. 7.

УДК 553.499\*497.2:550.84.092.1(575)

Первичные ореолы Джижикрутского ртутно-сурьмяного месторождения и их значение для повышения экономической эффективности геохимических поисков. Аманов К. Сб. "Экономическая эффективность применения геохимических методов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых". Изд. ИМГРЭ 1978, стр. 63-73.

Выявлен единый ряд вертикальной зональности (сверху-вниз): ртуть, сурьма, мышьяк, таллий, цинк, серебро, молибден, медь, свинец, олово, висмут, из которых первых три являются индикатором надрудной части месторождения, ореолы таллия тяготеют к рудному горизонту, а последующие элементы - к надрудной части месторождения.

Табл. I, илл. 9, библиограф. - 4 назв.

УДК 553.411.071:550.84

Опыт прогнозирования золотого оруденения. Абрамсон Г.Я., Григорян С.В., Григоров С.А. Сб. "Экономическая эффективность применения геохимических методов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых". Изд. ИМГРЭ, 1978, стр. 74-90.

Проверка рекомендаций, данных авторами, подтвердила высокую экономическую эффективность разработанных ими количественных геохимических критериев оценки золоторудных месторождений. Обнаружено несколько новых рудных тел.

Табл. 5, илл. 12.

28 коп

2891