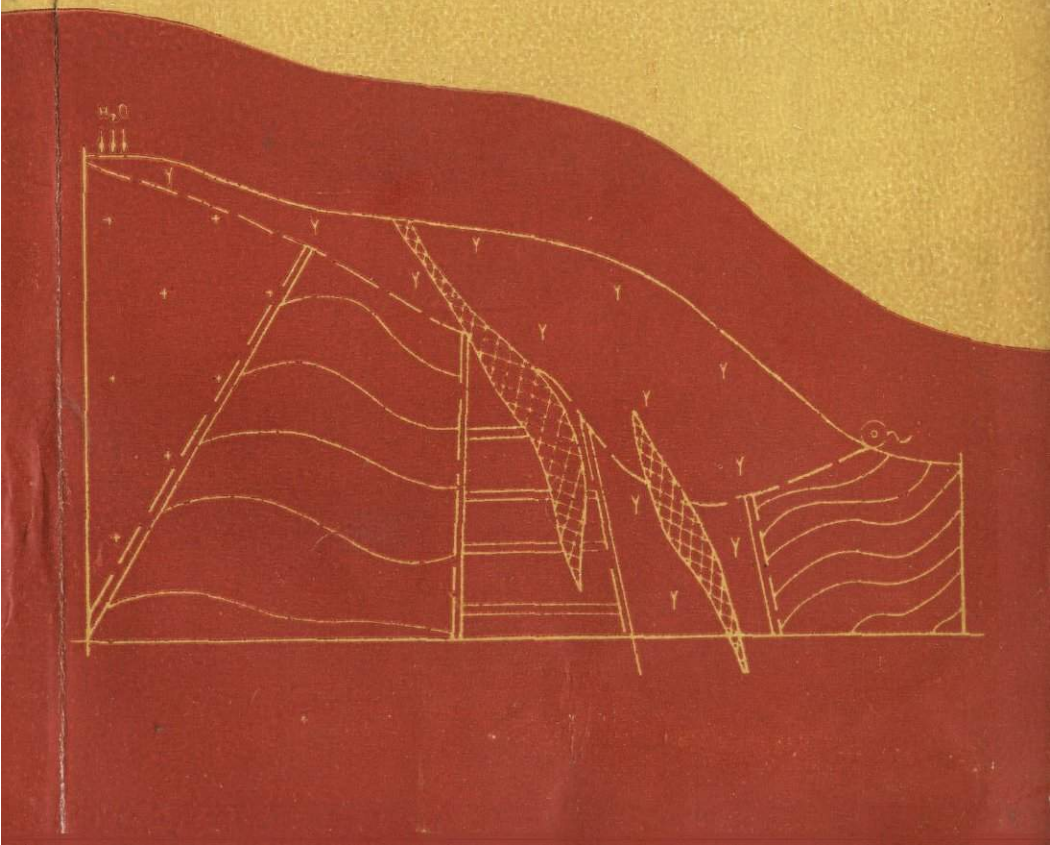
Д.С. Мукимова

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕДНЕЙ АЗИИ



МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ УЗБЕКСКОЙ ССР

Среднеазиатский научно-исследовательский институт
геологии и минерального сырья

Д. С. Мукимова

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕДНЕЙ АЗИИ

4849

Ташкент
Издательство «Фан» Узбекской ССР
1986

ИГЕМ РАН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Библиотека

УДК 550.84 (575)

Мукимова Д.С. Комплексные геохимические методы поисков рудных месторождений Средней Азии. Ташкент: Фан, 1987, 164 с.

В монографии впервые собраны и обобщены результаты лито-, гидро- и отчасти биогеохимических методов исследований ртутных, сурьмяных, полиметаллических, серебро-полиметаллических, флюоритовых, флюорит-баритовых и полисульфидных месторождений. Впервые проведено геохимическое районирование ртутно-сурьмяных зон в складчатых областях Срединного и Южного Тянь-Шаня, Копетдага, Памира. По наличию известных рудных формаций месторождений, шлиховых и литогеохимических ореолов ртути определенного содержания, а также зон гидротермально измененных пород выделены геохимические зоны, узлы.

Для геологов, занимающихся изучением рудных месторождений.

Рис. - 15 , табл.- 38 , библ. - 61

Ответственный редактор
канд.геол.-мин.наук Х.А.Акбаров

Рецензенты :
кандидаты геол.-мин.наук В.С.Попов, Л.А.Хасанова

М 1904050000 - 3444 89-87
М 355(04)-87

©

Ташкент, Издательство "Фан"
УзССР, 1987 г.

ВВЕДЕНИЕ

Геохимические методы поисков надежно вошли в практику и широко применяются на различных стадиях геолого-разведочного процесса. Этому способствуют поставленные партией и правительством задачи увеличения разведанных запасов минерально-сырьевых ресурсов страны, усиления поисков и разведки месторождений, развития более быстрыми темпами прогрессивных методов геофизических и геохимических исследований. Решение этих задач определяет перспективы расширения минерально-сырьевой базы - важнейшей части производительных сил страны и ее отдельных регионов. Роль прогрессивных видов геофизических и геохимических исследований в науке особенно велика для обнаружения скрытых, не выходящих на поверхность месторождений в районах, расположенных в благоприятных экономических условиях. Подсчеты, произведенные В.И. Красниковым, показывают, что фонд слепых и глубокопогребенных (500-1000 м) месторождений на территории СССР минимум в 6 раз превосходит по количеству рудных запасов фонд месторождений приповерхностного залегания (43).

В настоящее время при поисках рудоносных площадей и прогнозирования перспективных необходима разработка геохимических критериев, позволяющих вести поиски слепых рудных тел уже на этапе среднемасштабных работ порядка 1:50000. Изучение закономерностей первично конституционного рассеяния элементов способствует выявлению геохимических критериев слепого оруденения.

Геохимические методы объединяют следующий комплекс методов поисков:

1) литогеохимические по вторичным ореолам рассеяния поверхностного формирования (ранее именуемые металлометрией);

2) литогеохимические по потокам рассеяния (иногда именуемое донным опробованием);

3) глубинные литогеохимические;

4) литогеохимические по первичным ореолам рассеяния;

5) гидрогеохимические;

6) биогеохимические;

7) атмогеохимические и др.

Группа *литогеохимических методов поисков основана на* выявлении первичных и вторичных ореолов месторождений в коренных породах и покрывающих их рыхлых отложениях.

Гидрогеохимическими методами поисков выявляются ореолы рудных элементов и элементов-индикаторов в подземных водах и открытых водотоках.

Биохимический метод основан на анализе растительного материала, аккумулирующего микроэлементы без каких-либо видимых морфологических *или физиологических изменений.*

Одно из последних достижений поисковой геохимии - атмогеохимические поиски, осуществляемые при помощи газовой (воздушной и почвенной) съемки с использованием ореолов двуокиси серы, сероводорода, ртути, йода, радона, гелия и других газов или летучих элементов. Значение ртути как наиболее универсального элемента-индикатора сульфидных месторождений с различными типами оруденения (ртутно-сурьмяным, полиметаллическим, серебряным, золоторудным и др.) установлено А.А.*Сауковым*, Н.А. *Озеровой*, В.П.Федорчуком, В.З.Фурсовым, О.А.Вершковской . С 1964 г. этому начали уделять внимание и в зарубежных странах (23).

Исследование эффективности ртутнометрических методов поисков рудных месторождений Средней Азии - цель нашей работы.

Первоочередными задачами являлись:

I) обобщение, анализ и установление эффективности применявшихся в 1950-1970 гг. ртутнометрических (литогеохимических, шлиховых, гидрогеохимических и, частично, газортутных) *поисков* в Средней Азии для разработки рационального метода поисков погребенных, полупогребенных ртутных и ртутьсодержащих эндогенных месторождений;

2) изучение форм нахождения ртути в природных объектах;

3) гидрогеохимические особенности рудных районов ртути, сурьмы, полиметаллов, флюорита и золота.

Для решения этих задач автором с 1972 г. собран и обобщен материал по 138 объектам ртути, II - сурьмы и II - *полиметаллов*. Проведены экспериментальные ртутно-метрические исследования на ртутно-сурьмяных месторождениях джаспероидного (Новое) и карбонатного (Алтыаул) типов, полиметаллических месторождениях скарнового (Алтынтопкан) и стратиформного (Учкулач) типов, медно-

колчеданного (Южный Карасан), серебро-полиметаллического (Лашкерек), сульфидно-флюоритовых и флюорит-баритовых (Кандара, Бегар, Могов в Южно-Гиссарской подзоне), флюорит-баритовом (Агата-Чибаргата в Чаткало-Кураминской зоне), сурьмяно-флюоритовом (Абшир в Южной Фергане) и полисульфидных (Кызылалма, Чадак в Кураминской зоне) месторождениях.

Изучены современные рудоотлагающие растворы полуострова Челекен.

Материал базируется на более чем 15000 каменных проб, 430 - водных, 340 - биохимических и 295 - почвенных. Пробы анализировались в спектральной и химической лабораториях САИГИМСа и ЦХЛ Мингео УзССР. Полевые работы выполнялись под руководством Д.С.Мукимовой К.К.Карабаевым, Б.К.Дададжановым, А.Джураевым, Э.Исмаиловым и др. Спектральный анализ каменных, биохимических и почвенных проб производился в лаборатории САИГИМСа и ЦХЛ на 34 элемента: кремний, алюминий, магний, кальций, железо, марганец, никель, кобальт, титан, ванадий, свинец, серебро, антимонит, висмут, цинк, олово, галлий, бериллий, натрий, калий, литий, стронций, барий, фосфор, скандий, иридий, иттербий, лантан и др. Анализы выполнены химиками-аналитиками И.В.Скорняковой и Н.И. Власовой. Кроме этого, пробы анализировались на сурьму А.М.Сорокиной, ртуть - Б.К. Дададжановым на приборе РАФ-1М и в целях контроля в ЦХЛ Мингео УзССР - З.Лисичкиной.

Водные пробы подвергались общему химическому анализу в ЦХЛ Мингео УзССР с определением анионно-катионного состава вод, микроэлементов - $As, Pb, Zn, Sb, Cu, Hg, Au, Ag$ и др., жесткости карбонатной и некарбонатной, pH, CO_2 свободной, CO_2 агрессивной, окисляемости, SiO_2, H_2S, P_2O_3 и сухого остатка. Содержание ртути в воде определено автором А.Джураевым, К.Абдурахмановой и Г.А.Гориной. Рисунки выполнены Л.В.Тертичко и М.Н. Бикбаевой.

В процессе работы автор пользовался консультациями В.П.Федорчука, Н.А.Никифорова, Л.П.Быковской. Всем перечисленным коллегам автор выражает признательность.

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ЗАДАЧИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ, ПРОВЕДЕННЫХ В СРЕДНЕЙ АЗИИ НА РТУТЬ И СУРЬМУ

Основоположник изучения геохимии ртутных месторождений - А.А.Сауков. В монографии " Геохимия ртути", опубликованной в 1946 г., он впервые предположил, что ртуть, благодаря высокой упругости паров, должна широко рассеиваться вокруг собственных месторождений, образуя генетически связанные с ним эндогенные ореолы. Важным типом гипергенеза месторождений киновари является механогенез - механический перенос киновари под влиянием силы тяжести на достаточно большие расстояния. Экспериментально доказана возможность окисления киновари в сульфат при действии на нее сульфата окисного железа.

А.А.Сауков писал: " Высказанные выше соображения, очевидно, могут быть положены в основу гидраргирумметрической съемки областей и районов, как одной из форм геохимического картирования и как одного из методов для поиска и разведки ртутных месторождений".

Об индикаторной способности ртути образовывать ореолы рассеяния вокруг самых разнообразных сульфидных месторождений известно из работ Г.А.Тереховой (52), В.П.Федорчука (54), Н.А.Озеровой (36), А.Левинсона (23) и др.

Развитию ртутнометрических методов поисков способствовала разработка в 50-е годы экспрессного высокочувствительного метода А.А. Степановым и А.Е.Сергеевым (45). Создание в начале 60-х годов наиболее чувствительных атомно-абсорбционных приборов (Каз. РАФ-1М, 4,5 и ИМГРЭ-1,2,3,4) для определения концентраций ртути, выдвинуло ртутнометрический метод поисков сульфидных месторождений в качестве наиболее эффективного как в СССР, так и за рубежом (23).

В Средней Азии,с 1959 г.,в комплексе геологопоисковых работ на площадях,перспективных на ртутно-сурьмяное оруденение, введена геохимическая съемка масштабов 1:50000,1:25000,1:10000,1:5000 и 1:2000. Проведены литогеохимические поиски по вторичным ореолам

рассеяния поверхностного образования (металлометрия), шлиховые и гидрохимические. В порядке опытных на единичных объектах проводились газо-ртутные и биохимические исследования, отобрано свыше 15 тыс.проб из рыхлых коренных пород и природных вод (табл.I).

Таблица I

Объем выполненных работ по геохимическому опробованию на объектах исследования

Месторождение и его тип	Кол-во проб		
	геохимические	минералогические	гидрогеохимические
Новое, ртутно-сурьмяное	55	-	I7
Алтыаул, ртутное	50	I0	I0
Абшир, сурьмяно-флюоритовый	I28	-	5
Агата-Чибаргата,	I07	-	5
Наугискен, флюорит-баритовый	I30	-	8
Кандара,	63	I2	2
Бегар, сульфидно-флюоритовый	47	7	2
Могов, флюорит-баритовый	26I	64	II
Учкулач,	I00	-	-
Алтынтопкан, полиметаллы	III	-	-
Лашкерек, серебро-полиметаллическое	2500	-	32
Кызылалма, золоторудное	I2000	-	55
Чадак	300	-	-
Челекен, термальные воды	-	-	I0

В решение задач съемок входили следующие вопросы:

I) определение литологического и структурного контроля оруденения; 2) установление вертикального размаха оруденения; 3) определение элементного состава первичных и вторичных ореолов рассеяния.

Геохимические поиски масштаба I:50000 проведены на ртутных месторождениях карбонатно-полиаргиллитового типа (Мурдашинская группа рудопроявлений), лиственитов (Калача, Улуттауская группа рудопроявлений), карбонатного (Алаш, Учбулак и Чурбек), кварцево-хлорит-серицитового (Курутегерекское рудное поле) и на месторождении полиметаллов (Кичи-Сандык).

Поиски характеризовались большой детальностью выполняемого геохимического картирования по коренным породам и донным осадкам, а также постановкой на перспективных участках изучаемой территории, выделенных в процессе мелкомасштабных работ, площадных геохимических поисков для выявления первичных и вторичных геохимических ореолов рудных месторождений. В зависимости от ландшафтно-геохимических условий и учитывая особенность киновари сохраняться в потоках рассеяния, проводился комплекс геохимических методов: лито-, гидрохимических и шлиховых.

Результатами геохимических поисков в масштабе I:50000 послужили соответствующие геолого-геохимические карты (шлиховые, литогеохимические, гидрогеохимические), на которых отмечаются геохимические аномалии, выявленные в процессе поисков.

Геохимические поиски масштаба I:25000 проводились на площадях группы ртутно-сурьмяных и ртутных месторождений (Хайдаркан-ское, Актерекское), рудопроявлений (Кызыбекташское, Арпалыкское, Дильвакское), кварц-анкерит-баритового (Гурумдинское и др.) и полиметаллов (Сумсарское), перспективность которых доказана на более ранней стадии поисковых работ. Задача поисков заключается в систематическом изучении ранее выделенных перспективных площадей с целью оконтуривания и предварительной оценки всех присутствующих на этой площади геохимических аномалий. В зависимости от степени обводненности района производилось комплексирование литогеохимических методов поисков по первичным и вторичным геохимическим ореолам с шлиховым и гидрогеохимическим методами. На площадях, характеризующихся достаточной обнаженностью коренных пород, проводились поиски по первичным и вторичным геохимическим ореолам шлиховым и гидрохимическим методами, на площадях с достаточной обнаженностью коренных пород - по первичным геохимическим ореолам.

В результате детальных геохимических поисков составлены геохимические планы ореолов соответствующего масштаба, а также их

разрезы по горным выработкам и буровым скважинам, вскрывающим аномалии. На основании документации, а также анализа геолого-геохимических данных даются конкретные рекомендации по проведению горных работ или бурения для проверки выявленной аномалии и вскрытия рудного тела.

Детальное геохимическое опробование масштаба I:10000, I:5000 и I:2000 проводилось по рыхлым и коренным отложениям на площадях месторождений (Чонкой, Адырекоу, Абшир, Шамыши и др.) с целью выявления и оценки перспективности рудоносных зон на глубину. Основная задача литогеохимической съемки заключается в поисках слепых рудных тел и выделении благоприятных для рудолокализации элементов геологического строения.

Результатом крупномасштабных геохимических поисков явились карты геохимических аномалий соответствующего масштаба и прогнозные карты.

Литогеохимические поиски

Литогеохимические поиски проводились по потокам рассеяния русловых, пролювиальных, делювиально-пролювиальных отложений и коренным породам на площади развития допалеозойских и палеозойских пород.

Из рыхлых отложений пробы отбирались по профилям (сеть 250-500 м к 50-100 м) с глубины 0,2-0,25 м при шаге опробования 100 м. В дальнейшем пробы истирались механическим способом в лаборатории ИКГЭ (Киргизия) до размера частиц 0,07 мм и затем производился спектральный анализ на 14-24 элементах: медь, свинец, цинк, серебро, олово, молибден, вольфрам, бериллий, сурьма, мышьяк, никель, кобальт, кадмий, иттрий.

Данные спектральных анализов литогеохимических проб большинства районов исследования обрабатывались методом математической статистики согласно " Инструкции по геохимическим методам поисков рудных месторождений". Математическая обработка данных по ртути, серебру, сурьме, мышьяку и висмуту большей частью не проводилась, так как из-за низкой чувствительности рядового спектрального анализа эти элементы в большом количестве проб (30-40%) не устанавливались. Поэтому для них минимально аномальные значения приняты условно. Для ртути, сурьмы, мышьяка и висмута минимально аномальными являются содержания, соответствующие

порогу чувствительности метода анализа. Для серебра - принято 0,00003%. Аномальные содержания выносились на карту и по ним выделялись участки и потоки рассеяния, которые затем при необходимости детализировались, и в поисковых маршрутах устанавливался коренной источник сноса. Определялся минералогический состав руд и содержание полезных компонентов, для чего отбирались пробы-протолочки и штуфные пробы с последующим минералогическим и спектральным анализами их.

Определение фоновых и аномальных содержаний производилось по отдельным ландшафтно-геологическим зонам.

В процессе литогеохимических поисков по коренным породам составлялись литолого- стратиграфические разрезы для геохимической характеристики стратиграфических подразделений. Отбиралось большое количество штуфных проб для определения геохимической характеристики контактово измененных пород и зон дробления тектонических нарушений. Изучались надрудная и подрудная толщи с целью выявления первичных ореолов рассеяния. Опробование производилось по профилям, располагающимся вкрест простирания указанных зон.

Контрольные литогеохимические поиски проводились, если ранее площадь была покрыта литогеохимическими поисками масштаба I:50000 или I:25000. При контрольном опробовании рыхлых отложений выбирались представительные участки, каждый из которых - располагался в бассейне одного-двух саев. В пределах этих участков отбирались пробы по потокам рассеяния с шагом пробоотбора I00 м.

Отбор проб из коренных пород осуществлялся на представительных площадях. Опробование производилось по профилям по сетке 500х500 м с отбором в точке 4-5 сколков/м^2. Результаты спектральных анализов проб подвергались статистической обработке и сравнивались с предыдущими. Объем детализационного опробования составляет 50% выполненного при поисково-съемочных работах.

Шлиховой метод поисков

Один из надежных геохимических признаков ртутного и ртутно-сурьмяного и полиметаллического оруденения -площадное распространение шлиховых ореолов рассеяния.

Как показали исследования Л.П.Быковской количество знаков

киновари в шлихах (от единиц до 100) увеличивается от периферийных частей Южного Тянь-Шаня к Центральному.

Основными элементами шлиховых ореолов ртутно-сурьмяного оруденения являются свинец, мышьяк, сурьма, реже золото, олово и медь.

В понятие "Геохимические критерии" Л.П. Быковская включает "Ртутные шлиховые ореолы", " Полиметаллические шлиховые ореолы", отношение длины ртутных ореолов к их ширине. Вытянутые ореолы приурочены в основном к широтным структурам, но контролируются продольными разломами.

Как отмечает Н.А.Никифоров (35), результаты шлихового опробования служат одним из главных критериев при поисках месторождений ртути (ртутно-сурьмяных), имеющих выход на дневную поверхность. В районах со скрытыми залежами руд они могут указывать на интенсивность рудоотложений. Многолетний опыт показывает, что шлихи с содержанием киновари в несколько сот знаков свидетельствуют о возможном нахождении крупного рудного тела. Рудные тела промышленного значения могут быть обнаружены по данным шлиховых проб, содержащих киноварь от 200 до 1000 знаков и более.

Шлиховое опробование проводилось в соответствии с общепринятой методикой. Пробы отбирались по долинам саев и промоинам из пролювиальных, делювиальных и аллювиальных отложений. В большинстве случаев они отбирались с русловой части речного потока или сая и на их бортах последовательно от нижних частей саев в направлении к истокам. Дробно расчлененный характер рельефа с большим количеством мелких сухих саев позволял проводить детализационное опробование также по руслам мелких промоин, в результате чего район почвенного источника сноса определялся достаточно четко. При наличии зон лимонитизации, гидротермально измененных пород, интрузивных тел и т.п., шлихи отбирались непосредственно из делювия склонов. Расстояние между пробами в среднем составляло 250-500 м. На участках обнаружения киновари между пробами оно сокращалось до 50 м с целью оконтуривания ореола рассеяния и установления местоположения источника сноса. Пробы отбирались с удалением почвенно-растительного покрова и проходкой копуш глубиной 0,2-0,4 м. Вес шлиховой пробы

обычно составлял 25–30 кг, что обеспечивало вес серого шлиха (пробы отмывались до состояния серого шлиха) 20–25 г. Высушенный шлих просматривался под лупой.

Гидрохимические поиски

Гидрохимическим изучением охвачены площади ртутно-сурьмяного, золото-сурьмяного и полиметаллического оруденений Южной Ферганы, Чаткало-Кураминского региона, Кугитанга и Западного Копетдага (табл.2).

Таблица 2

Гидрогеохимическая исследованность Средней Азии

Регион	Ртутная формация	Объект	Исследователь, год	Кол-во проб
Южная Фергана	Ртутная	Калача	Э.А.Чернушенко и др.,I972	60
		Музбель	Г.М.Панфиленко и др.,I970	350
		Актерек	В.М.Лазаренко и др., I966	I50
		Майлису I-III	Э.А.Чернушенко и	
		Намаздык	др., I973	250
		Чичар, Чаек, Алаш	В.М.Тюленов и др. I962	650
		Сарыбель	Л.А.Лукина и др., I973	I02
		Учбулак, Чурбек	В.П.Чернышук и др., I973	200
		Шют, Джарык-таш, Алга-тур	Г.М.Панфиленко и др., I967	350
		Кашкасу П Бочасай, Ункурсай, Кенсай	В.А.Колесников и др., I968	I82

		Казыбекташ	Ю.П.Суетин и др., 1963	46
		Дильвак	Э.А.Чернушенко и др.,1972	150
		Чаувай	Ю.П.Суетин и др.,1962, Д.С.Мукимова, 1968	
	Ртутно-сурьмяная	Хайдаркан	Ю.П.Суетин, 1962; Д.С. Мукимова, 1962,1968	120
Южная Фергана	Сурьмяная	Карабий	Ю.П.Суетин и др.,1962	
		Кадамджай	Ю.П.Суетин и др.,1962	
		Терексай	С.В.Литовчак, Н.П.Джигурда, 1962; Д.С.Мукимова,1968	
	Сурьмяно-флюоритовая	Абшир	Д.С.Мукимова, 1972	
		Алик	Г.М.Панфиленко и др. 1970	
	Золотая	Южное	П.Д.Резвой и др.,	
		Терекан	1968	89
		Чакмакоу	Э.А.Чернушенко и др., 1970	400
		Кызылалма	В.Ф.Скрябин и др., 1969; В.А.Ан и др., 1977; Д.С.Мукимова, А.Джураев и др.,1980	
		Чадак	Б.Б.Адылов и др. А.Джураев, Д.С.Мукимова, 1983	
Чаткало-Кураминская зона	Флюорит-баритовая	Агата-Чибаргата	Л.П.Быковская, Д.С. Мукимова, 1972, В.А.	736
	Полиметаллическая	Кичик-Сандык	Черкасов и др.,1967	218
		Арабулак	Э.А.Чернушенко и др.,	
		Тилляберды	1973	200
		Развилка		
		Акмашат	К.А.Соенко и др.,1969	
	Серебро-полиметаллическая	Лашкерек	В.Ф.Скрябин и др. 1962,1966	
			А.Джураев, Д.С.Мукимова, 1983	

	Колчеданно-полиметаллическая	Южный Карасай	Б.Б.Адылов, I977, Д.С.Мукимова, М.К. Турапов и др., I978
Южный Гиссар	Сульфидно-флюоритовая	Кандара Бегар	Л.П.Быковская Д.С.Мукимова, I972
	Флюорит-баритовая	Могов	Л.П.Быковская, Д.С.Мукимова, I972
	Полиметаллическая	Кугитанг	С.Н.Алехин,I964; Д.С.Мукимова, I965
Копетдаг	Ртутно-полиметаллическая		С.Н.Алехин, I964,I969; Д.С.Мукимова, I965

2I0

Гидрогеохимическое опробование проводилось по общепринятой методике. Пробы отбирались в период наименьшего уровня расхода подземных вод. Опробовались все естественные выходы подземных вод (родники, мочажины) и поверхностные водотоки. Непосредственно на водопункте определялись pH, сульфат-ион, получали концентрат микрокомпонентов соосаждением с помощью гидроокиси алюминия методом ТПИ (Томского политехнического института), отбирались пробы воды для нахождения урана, радона и бора. На месте (в лагере) пробы анализировались на радон. Стационарные лаборатории (ЮКГЭ, ЦХЛ, САИГИМС, Туркм.геофиз.экспедиция) проводили полуколичественный спектральный анализ концентратов ТПИ, ртуть, уран, бор, сурьма, мышьяк, свинец, цинк и медь определялись химическим способом.

Газово-ртутные исследования

Газово-ртутные исследования носили экспериментальный характер и проводились Среднеазиатским отрядом Бронницкой геолого-

геохимической экспедицией совместно с территориальными поисковыми партиями ЮКГЭ и ТаджССР (Чакрыкская). Так, на восточном фланге центрального участка Кенсайского рудного поля, по В.Г. Глубоковских и др., обнаружены газово-ртутные аномалии в почвенном воздухе.

Работы проводились по профилям, ориентированным вкрест простиранию минерализованной зоны. Расстояние между замерами I0 м, на участках с повышенным содержанием ртути оно сокращалось до 5 м. В апикальных частях газово-ртутных аномалий проходились канавы с целью вскрытия коренных пород и их опробования. Всего пройдено I0 профилей и осуществлено 465 замеров газоанализатором ртути ИМГРЭ-4.

В.З.Фурсов для выяснения возможности использования атмохимических ореолов ртути при поисках эндогенных месторождений исследовал ряд ртутных и нертутных месторождений. В Средней Азии в перечень изученных месторождений входят ртутные (Хайдаркан, Чонкой, Кавнок, Канчоч), свинцово-цинковые (Ташбулак) и золоторудные (Кочбулак).

В Хайдаркане на участке Северная Плавиковая гора установлен газовый ореол, приуроченный к выходам джаспероидов. Существует четкая пространственная корреляция между концентрацией ртути в газовых и во вторичных остаточных ореолах. Ртутные пары фиксируются в том случае, когда ее концентрация во вторичном литохимическом ореоле равна и больше $I-3 \cdot I0^{-3}$%. Линейная продуктивность паров ртути $4 \cdot I0^{-4}$ мг/л.

На Канчоче и Левчае обнаружены газовые ореолы ртути в почвенном воздухе. Максимальные концентрации ртути $50-70 \cdot I0^{-7}$мг/л, соответственно во вторичном литогеохимическом ореоле 0,I-0,5%.

На Чонкое зафиксирована аномалия над рудной зоной, коррелирующаяся с наложенным на нее газовым ореолом.

На нертутных месторождениях газовые ореолы ртути оконтуривают рудную залежь и приурочены к висячим и лежачим бокам. Газовый ореол на рудных месторождениях образуется за счет разных форм нахождения ртути – киновари, сорбированной в металлической ртути и др. Максимальные концентрации ртути в почвенном воздухе порядка $II.000 \cdot I0^{-7}$мг/л.

В I983 г. запатентовано открытие А.А.Саукова, Н.А.Озеровой,

В.П.Федорчука, В.З.Фурсова и О.А. Вершковской о возможности поисков ртутных месторождений по их газовым ореолам рассеяния в подземной (глубина измерения 0,5-I м) и приземной атмосфере (высота I5-25 м), а также поисков полиметаллических и медно-колчеданных месторождений по газовым ореолам ртути.

Комплексные экспериментальные исследования

Автором проведены комплексные лито-, гидро-и биохимические исследования на ртутно-сурьмяных месторождениях джаспероидного (Новое) и карбонатного (Алтнаул) типов на полиметаллических месторождениях скарнового (Алтынтопкан) и гидротермально-стратиформного типа (Учкулач), колчеданно- полиметаллическом (Южный Карасан), флюоритовом (Агата-Чибаргата и Наугискен), месторождениях благородных металлов (Кызылалма, Чадак) и серебро-полиметаллическом (Лашкерек). Изучены современные рудоотлагающие растворы полуострова Челекен. При анализе проб использовались уточненные виды спектрального (ДФС) и химического анализов (табл.3), определялся газовый состав термальных вод.

Таблица 3

Чувствительность аналитических методов анализа проб

Элемент	САИГИМС	ЦХЛ	
		ДФС, спектральный,%	химический, мг/л
Марганец	$I \cdot IO^{-3}$	$I \cdot IO^{-3}$	Не опр.
Никель	$I.IO^{-3}$	$8 \cdot IO^{-4}$	"
Кобальт	$I \cdot IO^{-3}$	$8 \cdot IO^{-3}$	"
Титан	$I.IO^{-3}$	$I.IO^{-3}$	"
Ванадий	$I.IO^{-3}$	$I.IO^{-3}$	"
Хром	$3.IO^{-3}$	$3.IO^{-3}$	"
Молибден	$I \cdot IO^{-3}$	$6 \cdot IO^{-4}$	"
Цирконий	$I \cdot IO^{-3}$	$I \cdot IO^{-3}$	"
Медь	$I \cdot IO^{-3}$	$3 \cdot IO^{-4}$	0,002
Свинец	$I.IO^{-3}$	$I \cdot IO^{-3}$	0,0I
Галлий	$I.IO^{-3}$	$5 \cdot IO^{-4}$	

продолж.табл.3

Иттербий	$I \cdot IO^{-3}$	$I \cdot IO^{-4}$	
Иттрий	$I \cdot IO^{-3}$	$I \cdot IO^{-3}$	
Фосфор	0,I	$I \cdot IO^{-I}$	
Стронций	0,0I	$I \cdot IO^{-2}$	
Барий	0,0I	$I \cdot IO^{-I}$	
Бериллий	0,00I	$I \cdot IO^{-4}$	
Вольфрам	0,0I	$I \cdot IO^{-2}$	
Цинк	0,006	$6 \cdot IO^{-3}$	0,025
Мышьяк	0,03	$I \cdot IO^{-2}$	0,004
Сурьма	0,0I	$3 \cdot IO^{-4}$	Не опр.
Ртуть	$I \cdot IO^{-5}$	$I \cdot IO^{-7}$	0,0002
Германий	0,007	$8 \cdot IO^{-4}$	Не опр.
Фтор	-	-	0,I

При обработке результатов геохимического опробования автором дана количественная характеристика ореолов рассеяния основных элементов-индикаторов ртутно-сурьмяного, полиметаллического, серебро-полиметаллического, золотого и флюоритового оруденений.

4849

ГЛАВА II. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ НА ПЛОЩАДЯХ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА РТУТНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

Генетические типы ртутных месторождений

Изученные эндогенные ртутные месторождения и рудопроявления по генетической принадлежности (54) подразделяются на гидротермальные или плутоногенные, телетермальные и субвулканические (табл.4).

Собственно гидротермальные месторождения тесно связаны с проявлениями медно-полиметаллической, редкометалльной,золото-серебряной и другой минерализации. Они характерны для многих рудных провинций геосинклинальных областей, где они часто пространственно и, видимо, парагенетически ассоциируют с интрузивами кислого ряда. В их образовании принимали участие среднетемпературные (150^0-250^0C) концентрированные (до 10-100 г/л) многокомпонентные растворы.

Типично телетермальные месторождения развиты в пределах активизированных зон платформ, в которых отсутствуют интрузивные образования (за исключением серпентинизированных гипербазитов и даек диабазового порфирита глубинного происхождения); рудогенерирующие - низкотемпературные (100^0-200^0C) слабоконцентрированные (до 5 мг/л) малокомпонентные растворы.

Субвулканогенные месторождения преобладают в районах современной или недавней вулканической деятельности, где они нередко связаны непосредственно с вулканическими аппаратами или структурами их контролирующими. В их формировании участвуют, с одной стороны, высокотемпературные (до 300-400^0C и более) газово-жидкие эманации, а с другой, источники поствулканических термальных вод.

Плутоногенные (собственно гидротермальные) месторождения

Из плутоногенных нами изучались результаты геохимических поисков преимущественно ртутных месторождений кварцево-карбонатного типа. К ним относятся небольшие проявления комплексных ртутно-полиметаллических руд в известняках, в которых ртутная минерализация представлена главным образом шватцитом и в подчиненном

Таблица 4

Генетические типы эндогенных ртутных месторождений
по В.П.Федорчуку (55)

Генетический тип	Тип	Подтип	Рудовмещающие породы	Структурный тип рудных тел	Пример
I	2	3	4	5	6
Плутогенные (собственно-гидротермальные) от средне- до низкотемпературных	Кварцево-хлоритово-серицитовый	Золото-сурьмяно-мышьяково-редкометалльные с ртуть-содержащими блеклыми рудами и киноварью	Метаморфизованные сланцы	Секущие жилы	Рудопроявление Чаткальское (Курутегерекское рудное поле), Тепар, Арабулак, Тилляберды, Развилка
Телетермальные низкотемпературные	Кварцево-дикки-товый	Кварц-анкерит-баритовая	Кремнисто-карбонатные породы, эффузивы	Линзо-, гнездо-, жилообразные, реже согласные тела, приуроченные к ядрам антиклиналей	Гурумдинская ртутноносная площадь (Карабелес, Лянгар), Караелчи и др. (Копетдаг)

Продолж. табл. 4

1	2	3	4	5	6
		Кварцевая	Терригенные, преимущественно красноцветные отложения, выполненные песчаниками, гравелитами и конгломератами	Секущие и пластовые залежи	Ичкеторская группа рудопроявлений (Находка, Верхнее ртутное), Шунк, Птоу, Молдотауская группа рудопроявлений (Кашкасу II, Бочасай II) и др.
	Джаспероидный	Ртутные (киноварные), иногда ртутно-сурьмяно-мышьяковые с флюоритом	Зона контакта известняков обычно слоистых и перекрывающих их сланцев	Сложные седловидные межформационные залежи, локализующиеся в сводовых частях куполовидных складок, осложненных разломами; контролируются структурами экранирования	Хайдаркан, Чайвай, Казыбекташская группа рудопроявлений (Тетиз, Тамчи, Ирисай, Донгуз), Араван, Каравшин, Арпалыкская группа рудопроявлений

1	2	3	4	5	6
Телетермальные низкотемпературные	Карбонатный	Ртутные (киноварные)	Доломиты, обычно мергелистые	Внутриформационные залежи, приурочивающиеся к местам изгиба моноклиналей; контролируются структурами внутриформационного расслоения	Карасу
	Карбонатный	"	Доломиты, обычно мергелистые, слоистые	Секущие жилы и сложные зоны дробления	Сымап, Адыракоу, Черекты, Шамыши, Сарыбель, Ташбулакское рудное поле
	Лиственитовый	"	Осложненная разломами зона контакта серпентинизированных гипербазитов с прорываемыми ими толщами терригенных пород	Крутопадающие столбы, линзообразные и плащеобразные залежи, реже - секущие жилы	Чонкой, Майлису I, Майлису II, Майлису III, Намаздыр, Чичар, Чаок, Сарыташ, Калача, Акбеит

Продолж. табл. 4

1	2	3	4	5	6
Субвулканогенные относительно высокотемпературные, образующиеся при участии перегретых газово-жидких эманаций	Карбонатно-полиаргиллитовый	Ртутные (киноварные) с метациннабаритом и самородной ртутью	Мергелистые доломиты	Рудные столбы и внутриформационные залежи в "пропаренных" доломитах (полосчатые мраморы)	Алтыаул
	Травертиновый	Ртутные (киноварно-метацинобаритовые с хлоридами и оксихлоридами ртути); связаны с известковистыми травертинами	Карбонатные породы, раскарстованные	Секущие жильные тела и гнезда, иногда штокверки, связанные с выводными каналами термальных источников	Арчман (Копетдаг)

количестве киноварью. Это рудопроявление Чаткальское, расположенное в верховьях рек Чаткал и Сандалаш (Курутегерекское рудное поле), и месторождение Тепар-в Чаткальском хребте. Рудные тела предотавлены в виде гнезд неправильной формы и секущих тел, рассредоточенных в мощных зонах дробления в осветленных известняках.

Телетермальные месторождения

Наибольший охват геохимическими методами поисков получили телетермальные месторождения кварцево-диккитового джаспероидного, карбонатного и лиственитового типов.

Для кварцево-диккитового типа оруденения характерны выдержанные согласные горизонты кварцитовидных пород, образовавшиеся в результате метасоматического замещения отдельных пачек песчаников. Основная масса рудных тел локализуется в пределах главного рудоносного горизонта, образуя согласные залежи, линзы, короткие столбы и чаще гнезда (Гурумдинская ртутная площадь, Карaелчи). Вдоль разломов, в зонах дробления и гидротермального изменения, формируются рудные тела секущего типа, выходящие за контуры рудоносного горизонта (Ичкеторская и Молдотауская группа рудопроявлений). Оруденение обычно приурочивается к куполовидным складкам.

Группа месторождений джаспероидного типа (Хайдаркан, Кадамджай, Чаувай, Абшир и др.) по структурному признаку относится к типу согласных -пластообразных, контролирующихся структурами экранирования. Месторождения этой группы локализуются в зоне контакта известняков и перекрывающих их сланцев, приурочиваясь к сводовым частям антиклинальных складок главным образом куполовидных, крылья которых осложнены крутопадающими нарушениями, служившими рудоподводящими каналами. Характеризуются четко выраженными горизонтами джаспероидно-роговиковых брекчий, образовавшихся за счет метасоматического замещения отдельных пластов (тонкоплитчатых известняков) или же блоков пород, подвергшихся массовому дроблению. Главный рудоконтролирующий фактор - экранирование. Экраном обычно служит толща глинистых сланцев оптимальной мощности, под которой могли создаваться условия для замедленного движения рудоносных растворов.

Месторождения карбонатного типа (Сымап, Карасу) в минералогическом отношении отличаются исключительной простотой: единственным рудным минералом в них является киноварь, а жильным -доломит. Вмещающие породы - доломиты, в которых локализуются наиболее выдержанные рудные тела.

В структурно-морфогенетических типах рудных тел преобладают гнездовые и штокверковые тела, подчиненную роль играют секущие, согласные же встречаются очень редко.

Месторождения лиственитового типа (Сарыташ, Чонкой и др.) наиболее выдержаны на глубину. Они контролируются зонами глубинных (краевых) разломов и отличаются постоянством минерального состава руд. Локализуются в зоне контакта небольших массивов, а чаще локализованных тел серпентинизированных гипербазитов. Вмещающие породы обычно представлены сланцами, реже эффузивами и их туфами; иногда встречаются пропластки и линзы известняков. Ультраосновные интрузии внедряются вдоль зон глубинных долгоживущих разломов, обусловливая широкое развитие послеинтрузивных разрывных нарушений, часть которых развивается в контактовых зонах гипербазитовых тел. Проникновение и длительное воздействие на вмещающие породы низкотемпературных гидротерм с резко повышенной концентрацией углекислоты вызывает обменные реакции. Так, из гипербазитов, в процессе их серпентинизации, выносятся кальций , магний и железо, а из вмещающих сланцев - кремнезем. В результате в зоне контакта формируются тела лиственитов - пород кварцево-карбонатного состава. Лиственитовые залежи сопровождаются мощными зонами более слабой карбонатизации и аргиллитизации вмещающих пород. Рудные тела представлены небольшими в поперечном сечении, но выдержанными на глубину рудными столбами.

Субвулканогенные месторождения

Выделяются две группы субвулканогенных месторождений: высокотемпературные, в которых ртуть транспортировалась преимущественно в парообразной фазе и сравнительно низкотемпературные, образованные термальными растворами, аналогичными современным источникам Камчатки. Первые по характеру околорудного изменения вмещающих пород относятся к карбонатно-полиаргиллитовому типу, вторые - к травертиновому.

К карбонатно-полиаргиллитовому типу относится изученное нами месторождение Алтыаул, характеризующееся присутствием гипогенной самородной ртути, ассоциирующей с метациннабаритом. Вмещающими породами являются мергелистые доломиты, для которых характерна интенсивная аргиллизация и карбонатизация.

Структурно-морфогенетическая позиция определяется рудными столбами и внутриформационными залежами в "пропаренных" доломитах (полосчатых мраморах).

Из травертинового типа месторождений нами изучался Арчман, по отложениям термальных источников относящийся к карбонатному подтипу.

Литогеохимические поиски

На площади ртутных месторождений кварц-хлорит-серицитового типа (Курутегерекское рудное поле) проведены литохимические поиски масштаба I:50000. Выявлены площадные ореолы рассеяния ртути (0,5 км^2), приуроченные к полюсным частям, зонам разломов и крупным водотокам. Содержание ртути в рыхлом чехле находится в пределах $I \cdot IO^{-6} . IO^{-5}$%.

Геохимическое опробование кварц-диккитового типа ртутных месторождений показало присутствие небольших площадных (0,5 км^2) ореолов ртути, приуроченных к кварц-карбонатным, барит-кальцитовым жилкам и гнездам в оперяющих трещинах основных тектонических нарушений. Концентрация ртути 0,0I-0,08%.

На площади месторождений ртути джаспероидного типа проведены литогеохимические поиски масштаба I:25000. Ртуть образует обширные ореолы с площадью вторичного рассеяния 0,6-I5 км^2, концентрация ртути $n \cdot IO^{-5} - 5 \cdot IO^{-3}$%. На контакте карбонатных и терригенных пород ртуть устанавливается в количестве $n \cdot IO^{-5}$%. Высокие содержания ртути (0,0I%) наблюдались в сланцах силура на контакте с дайкой диоритового порфирита.

Площади ртутных месторождений карбонатного типа изучены средне- (I:50000, I:25000) и крупномасштабными (I:I0000, I:5000) литогеохимическими поисками коренных отложений и почв. Ртуть образует интенсивные ореолы рассеяния, приуроченные к интенсивно дробленым известнякам, в содержаниях $n \cdot IO^{-5} - n \cdot IO^{-4}$%, в широтных разломах - до $n \cdot IO^{-3}$%. Ореолы обычно вытянуты согласно общей структуре рудопроявлений.

Месторождения лиственитового типа опоискованы среднемасштабными (I:25000) и детальными (I;2000) литогеохимическими съемками. Выделены аномалии и отдельные точки. Аномальными значениями ртути являются содержания $n \cdot 10^{-5}$%.

Карбонатно-полиаргиллитовый тип месторождений изучен литогеохимическими поисками масштаба I:50000. Ртуть не образует вторичных ореолов рассеяния и находится в единичных пробах в количестве $I-9 \cdot I0^{-5}$%.

Источником ртутных ореолов на всех типах месторождений служат коренные рудопроявления, рудные скопления, а также минерализованные точки.

Шлиховая съемка

Площадь месторождений кварц-хлорит-серицитового типа месторождений (междуречье Чаткал-Сандалаш) изучалась шлиховой съемкой масштаба I:50000. Выявлено два проявления ртути.

Кварц-диккитовый тип месторождений исследован шлиховой съемкой масштабов I:50000 (Молдотауская группа месторождений), I:25000 и I:I0000 (Памирская группа рудопроявлений). Киноварь в шлихах содержится в количестве 25-255 знаков. Выделено медно-ртутное месторождение (Кенсай), установлено семь рудопроявлений ртути. Шлиховая съемка месторождений джаспероидного типа произведена в масштабе I:50000, I:25000 и I:5000. Киноварь присутствует в шлихах от единичных знаков до 300. Выделено I9 рудопроявлений, 74 проявления киноварной минерализации, 3 перспективных участка, I0 рудных точек. Карбонатный тип пород исследовался шлиховой съемкой масштаба I:50000 (Учбулак, Чурбек), I:25000 (Каравшинское рудное поле ; месторождения Шамансай, Курдактыр, Карасай), I:5000 (Бирксуйская группа месторождений). Ртуть в шлихах присутствует до 80% тяжелой фракции. Выделено два рудопроявления (Учбулак, Чурбек). Спецметодом шлиховых поисков (с проходкой копуш до 2,5 м на площадях с покровными отложениями мощностью более 3 м) выявлено семь ртутно-флюоритовых проявлений. Установлена низкая эффективность шлихового метода на участках рыхлых отложений с порошковой киноварью.

Шлиховое опробование площадей лиственитового типа месторождений выполнялось в процессе геологической съемки масштаба I:50000

(месторождение Чаак) и I:5000 (месторождение Акбеит). Выявлены одно месторождение и одна зона киноварной минерализации. Содержание киновари в шлихах достигает 300-600 зерен.

На площади карбонатно-полиаргиллитового типа месторождений проведена шлиховая съемка масштаба I:50000 и поисково-ревизионные работы в пределах ранее выявленных шлиховых ореолов. Выделено шесть ореолов киновари. На площади Алтыаульского рудопроявления выявлены с помощью шлихового метода при мощности покровных отложений 25-40 м. Аномальными ореолами являются шлихи с содержанием киновари I0 знаков и более.

По результатам шлихового изучения в Западном Узбекистане перспективными на ртуть площадями признаны горы Каратюбе, Каракчатау, Малыгузар и северный склон Туркестанского хребта. Содержание киновари в шлихе колеблется от единичных до нескольких десятков знаков.

Геохимические исследования на скрытое ртутно-полиметаллическое оруденение на участке "Новое" Хайдарканского рудного поля

Участок "Новое" является крайне западным продолжением ртутно-сурьмяного месторождения Хайдаркан. Представляет собой моноклиналь в блоке, зажатом с трех сторон разломами в виде чешуйчатых надвигов. На площади месторождения выделяются две крупные чешуи. Верхняя сложена силурийскими известняками, которые по Ишметаускому взбросо-надвигу надвинуты на сланцы нижнего девона. Последние слагают нижнюю чешую и надвинуты по слепому взбросо-надвигу на среднекаменноугольные терригенные отложения. Делювиальные отложения развиты в саях и представлены песчано-гравийным материалом с обломками известняков и сланцев. Мощность рыхлых отложений колеблется от 50 до I00 м.

Литогеохимические исследования проводились по выходам на поверхность коренных пород (известняки S_1 и сланцы D_1) и рыхлым отложениям (делювию). Цель этих исследований заключалась в выявлении поведения рудных элементов и количественной их интерпретации. В связи с этим пройдено два профиля (I-I и П-П) по перекрывающим сланцам D_1 , один профиль (Ш-Ш) - по известнякам S_1 и профиль IУ-IУ - по рыхлым, вторичным отложениям Зархарсая.

Литохимическое опробование производилось по следующей методике.

По профилям длиной 400-800 м, ориентированным вкрест простирания складчатых и разрывных структур, отобраны образцы весом 100-200 г. Пробы отбирались из зон литохимических разностей - известняков силура и карбона, глинистых сланцев нижнего девона. В целях изучения вторичных ореолов рассеяния пройден профиль в рыхлых отложениях Зархарсая между выходами на поверхность подстилающих известняков карбона и силура. Опробование производилось точечным способом из лунок глубиной 0,2-0,3 м с шагом опробования 20 м, длина профиля 300 м.

Геохимическими показателями, характеризующими вторичный ореол рассеяния в сечении по профилю, являются максимальное содержание элемента-индикатора C_{max} (%), его суммарное количество в ореоле M (м %) и выявленная (эффективная) ширина ореола 2a (м).

Количественную обработку геохимических данных мы начинали с построения графиков содержаний элементов-индикаторов по профилям оконтуривания аномалий в плане путем построения карт изоконцентраций (рис.I). По графикам и картам за вычетом местного геохимического фона, различными графическими и аналитическими способами производилась оценка соответствующих геохимических показателей.

Расчет проводился согласно руководству А.П.Соловова, А.А. Матвеева и В.М.Ряховского (50).

По каждому профилю выносились в таблицы результаты спектральных анализов для наиболее характерных элементов вторичного ореола рассеяния ртути, свинца и меди (табл.5) и строились графики (рис.2) для оценки геохимического фона и эффективной ширины с вертикальными масштабами: для ртути I см = 10×10^{-6}% Hg, свинца I см = $2 \cdot 10^{-3}$% и меди I см = $5 \cdot 10^{-3}$ Cu . Горизонтальный масштаб построения принимался I:5000. Уровень местного геохимического фона Сф оценивался графически в виде осредняющей линии на графике за пределами явной аномалии. В данном случае для ртути Сф = $9 \cdot 10^{-6}$% Hg , свинца Сф= $2{,}4 \cdot 10^{-3}$% Pb , меди Сф = $5 \cdot 10^{-3}$% Cu .

Для подсчета суммарного количества металла в ореоле исполь-

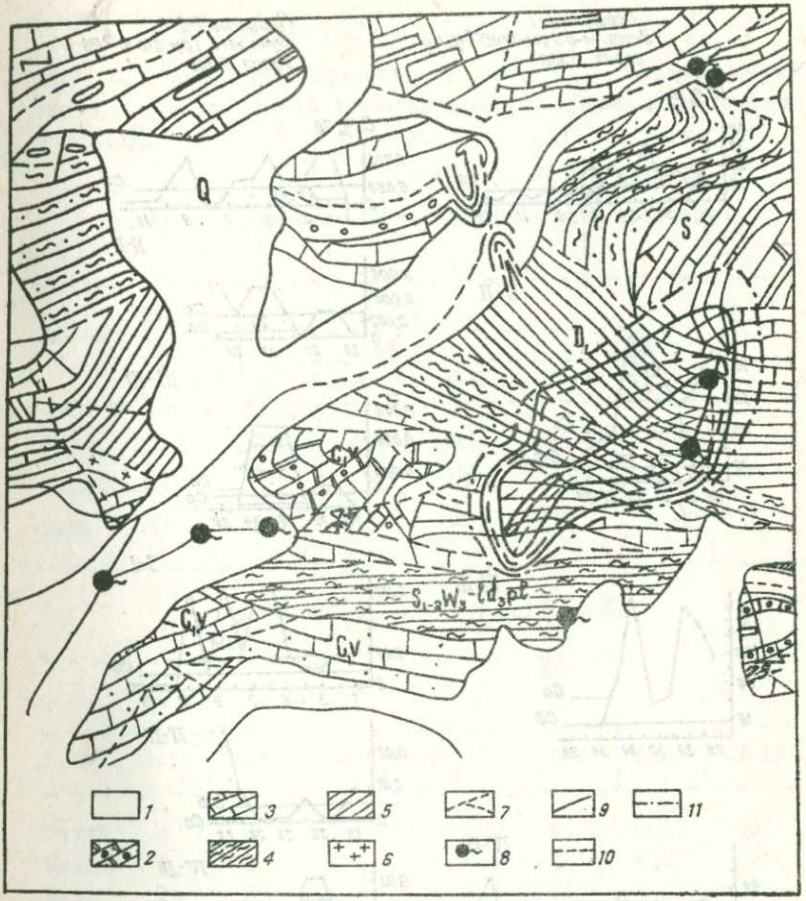


Рис.I. Карта изоконцентрации ртути, сурьмы и свинца на месторождении "Новое".

I - делювий, 2 - известняки, 3 - известняки массивные, 4 сланцы песчано-глинистые, 5 - сланцы глинистые, 6 - роговиково-джаспероидная брекчия, 7 - разломы, 8 - родники; изоконцентрации: 9 - ртути, I0 - свинца, II - сурьмы.

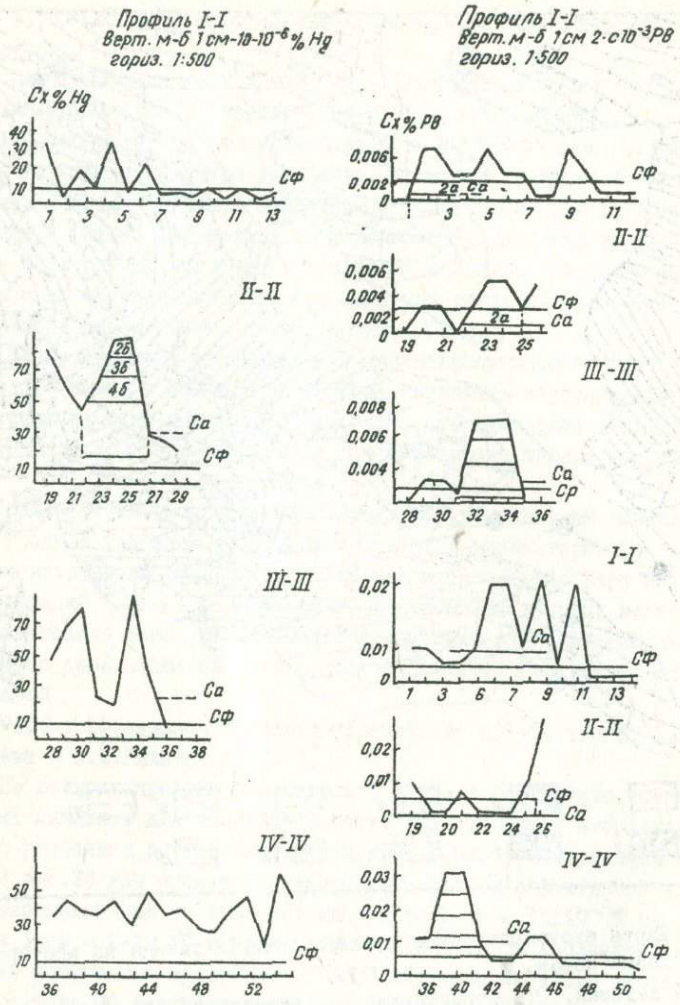


Рис.2. Результаты литогеохимического опробования участка "Новое" Хайдарканского рудного поля.

зуется формула $$M = \Delta x \left(\sum_{1}^{n} Cx - n Cф \right),$$

где C_x - содержание элементов в пробе, $C_ф$ - фоновое содержание и n - количество аномальных точек, включенных в подсчет (табл.5).

Таблица 5

Суммарное количество ртути, свинца и меди в ореоле

Элемент	Мощность, м	$\sum_{1}^{n} C_x$ по профилю I-I	П-П	Ш-Ш	IУ-IУ	$C_ф$, %
Ртуть	50	I737	494	370	620	$9 \cdot 10^{-6}$
Свинец	50	39	30	27	-	$2{,}4 \cdot 10^{-3}$
Медь	50	I57	6I	-	I33	$5 \cdot 10^{-3}$

$$M = \Delta x \left(\sum_{1}^{n} Cx - n Cф \right), \text{ м\%}$$

	профиль I-I	П-П	Ш-Ш	IУ-IУ	I-I	П-П	Ш-Ш	IУ-IУ
Ртуть	4	9	7	I5	0007	0,02	00I5	0,02
Свинец	8	3	4	-	0,99	I,I4	0,87	-
Медь	I3	3	-	7	4,6	2I5	-	4,9

Значение коэффициента гипергенного рассеяния δ определялось методом "трех уровней" (рис.I), где 2δ - 0,I35. Если найденные значения δ_1, δ_2 и δ_3 различаются не более чем на $\pm$ I0 - $\pm$ I5%, определение $\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}{3}$ считается достоверным (табл.6).

Таблица 6

Коэффициенты гипергенного рассеяния ореолов ртути, свинца и меди

Элемент	δ_1, м				δ_2, м			
	профиль				профиль			
	I-I	II-II	III-III	IУ-IУ	I-I	II-II	III-III	IУ-IУ
Ртуть	I3	37	20	I3	I6	37	23	I6
Свинец	-	-	50	-	-	-	50	-
Медь	37	-	-	40	30	-	-	37

Элемент	δ_3, м				δ, м			
	профиль				профиль			
	I-I	II-II	III-III	IУ-IУ	I-I	II-II	III-III	IУ-IУ
Ртуть	2I	42	28	I7	I7	38	24	I5
Свинец	-	-	48	-	-	-	49	-
Медь	37	-	-	35	34	-	-	37

Ширина ореола 2а определялась в границах Са (рис.I, табл. 6,7), рациональный шаг отбора проб по профилю Δx принимается равным от $\Delta x = \frac{2a}{7}$.

Таблица 7

Эффективная ширина ореолов компонентов ртутно-сурьмяного оруденения и рациональный шаг опробования при съемке

Элемент	2 а, м				Δ х, м			
	сланцы		известняк	делювий	сланцы		известняк	делювий
	пр.I-I	П-П	Ш-Ш	IУ-IУ	пр.I-I	П-П	Ш-Ш	IУ-IУ
Ртуть	I00	200	I50	I00	50	I00	75	50
Свинец	I40	200	200	-	70	I00	I00	-
Медь	I50	I00	-	I50	75	50	-	75

Результаты литогеохимического опробования на ртуть показали, что она образует ореолы высокой концентрации 1,5 - 89·10^{-6}%. Суммарное количество ее в ореолах по коренным (известнякам и сланцам) и рыхлым отложениям почти равнозначны: по сланцам 0,02 м%, известнякам - 0,0I5, делювию - 0,02 м%.

Свинец образует ореолы рассеяния в коренных породах - известняках и сланцах в концентрации 3-I0 ·10^{-3}%, в рыхлых отложениях (делювий) встречается в единичных пробах в количестве 3 ·10^{-3}%. Суммарное количество свинца в коренных породах находится в пределах 0,99-I,I4 м% в сланцах и 0,87% в известняках, в рыхлых - незначительное. Ореолы рассеяния меди отмечались в сланцах и рыхлых отложениях в концентрациях I·10^{-3}%. Суммарные ореолы меди в сланцах и рыхлых отложениях почти равнозначны: 4,6-2,I5 м% - в первом и 4,9 м% - во втором.

Коэффициент гипергенного рассеяния δ ртути (табл.6) наиболее высокий в сланцах (38 м), коэффициент вторичного рассеяния в рыхлых отложениях минимальный (I5 м). Свинец получает максимальное рассеяние в известняках (δ -49 м). Медь равномерно

рассеивается в сланцах и рыхлых отложениях: в первом δ - 34м, во втором δ- 37 м.

На месторождении проводились также лито- и фитохимические исследования (31) по общепринятой методике (53). Первичные ореолы рассеяния, полученные литогеохимическим опробованием, описаны по результатам изучения керна скважин 1936 и 1975.

Для выявления более контрастных геохимических ореолов при расчетах применялся метод мультипликативных ореолов (17) средних содержаний элементов по интервалам: в надрудной толще - 100-140, в подрудной 100 м. В каждом из них спектральным анализом установлено постепенное увеличение компонентов от минимального до до максимального.

Скважина 1936 находится в северной рудоносной структуре участка Новое. В геологическом разрезе скважины основную надрудную часть (920 м) слагают глинистые сланцы с прослоями углисто-глинистых. Рудная часть представлена сланцевой брекчией с мелкими обломками известняка, в подрудной залегают массивные (80 м), местами окремненные известняки (рис.3).

Ртуть образует неправильный вертикальный ореол при содержании $5\text{-}30\cdot10^{-5}$%. В углисто-глинистых сланцах концентрация ее увеличивается до $100\text{-}300\cdot10^{-5}$%, в подрудном горизонте снижается до $15\cdot10^{-5}$%.

Сурьма содержится в более высоких концентрациях чем ртуть: в надрудной толще - $30\text{-}2000\cdot10^{-5}$%, в подрудной - $15\text{-}30\cdot10^{-5}$%.

Мышьяк в первичных ореолах рассеяния присутствует в наиболее высоких концентрациях по сравнению с ртутью и сурьмой $15\text{-}20\cdot10^{-4}$%.

Более контрастное зональное распределение рудных компонентов прослеживается в мультипликативных ореолах (табл.8), что свидетельствует о приуроченности отчетливых ореолов рассеяния непосредственно в надрудной зоне, к поверхности же они постепенно выклиниваются.

Широко представлены в первичных ореолах цинк и свинец. Цинк распределен достаточно равномерно по всей надрудной толще при концентрации $1,5\text{-}4\cdot10^{-2}$%, в подрудной - $4\text{-}7\cdot10^{-3}$%. Содержание свинца в надрудной толще $7\cdot10^{-4}$ - $2\cdot10^{-3}$%, в подрудной оно снижается до $5\text{-}30\cdot10^{-5}$%.

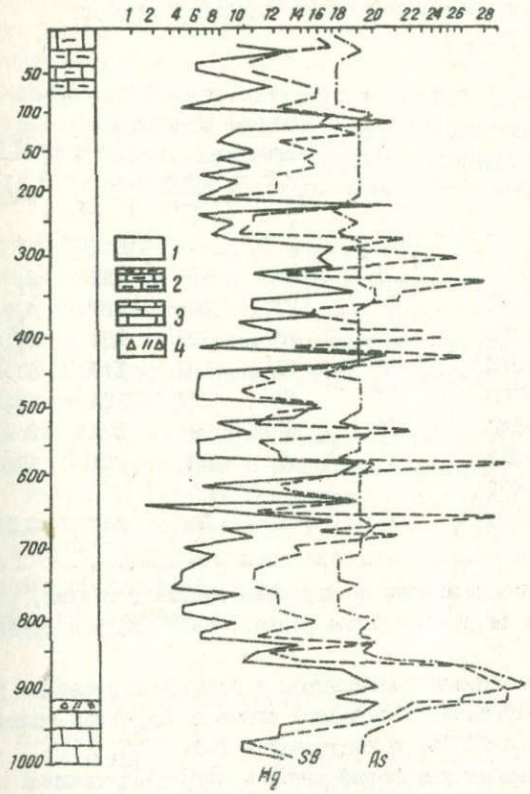


Рис.3. Первичные ореолы рассеяния компонентов ртутно-сурьмяного оруденения по скважине 1936 месторождения "Новое".

I - сланцы глинистые, 2 - известняки окремненные, 3 - известняки, 4 - сланцево-рогониковая брекчия.

Таблица 8

Зональное распределение ртути, сурьмы и мышьяка в скважине I936

Зона	Интервал глубин, м	Кол-во проб	Среднее содержание элементов, $n \cdot 10^{-5}$%			$\frac{Hg \cdot Sb \cdot As}{100000}$
			Hg	Sb	As	
Надрудная	I-I40	II	47	65	I23	3,75
	I4I-280	I3	23	225	I27	6,54
	28I-420	I2	58	228	I54	20,36
	42I-560	I2	48	I53	I43	I0,5
	56I-700	I2	47	33I	I54	23,96
	70I-840	I2	II,2	80	I33	I,2
	84I-9I2	5	87	988	967	68,27
Рудная	9I3-922					
Подрудная	923-994	8	46	I06	647	4,II

Промежуточное положение между ними занимает галлий, содержание которого в надрудной толще равно $3-8 \cdot 10^{-3}$%, в подрудной $2-5 \cdot 10^{-4}$%.

Аналогичным образом проявляются в первичных ореолах рассеяния олово и германий. Содержание олова в надрудной толще колеблется от 2 до $4 \cdot 10^{-4}$%, в подрудной - $1-3 \cdot 10^{-5}$%.

Германий повсеместно встречается в надрудной толще в концентрациях $7-15 \cdot 10^{-5}$%, в подрудной оно снижается до $1,5 \cdot 10^{-5}$%. В лежачем боку рудного горизонта германий не отмечается.

Висмут по всей толще образует монотонный ореол с невысоким содержанием $2-3 \cdot 10^{-5}$%, в подрудной части оно снижается до $7 \cdot 10^{-6}$%.

Серебро по характеру распространения можно отнести к основным подрудным элементам-индикаторам. Присутствие же его в средней части надрудной толщи объясняется, по-видимому, значительным количеством галенита в рудном теле. Так, концентрация галенита

в надрудном ореоле составляет в среднем $6 \cdot 10^{-6}$ – $2{,}8 \cdot 10^{-5}$%, тогда как в подрудном она достигает $3\text{–}4 \cdot 10^{-4}$%. Как видно из табл. 9, мультипликативные показатели элементов-индикаторов в скважине возрастают по глубине 560 м, на больших глубинах они снижаются (табл.9).

Скважина 1975 расположена в центральной рудоносной зоне месторождения Новое. Ею вскрыты надрудные углисто-глинистые сланцы (425 м), сланцево-роговиковая, рудовмещающая брекчия (425–445 м) и подрудные массивные известняки (445–662 м) (рис. 4).

Ртуть образует ореол по всей скважине. В надрудной его части выделяются три зоны. В первой – околорудной – концентрация ртути составляет $20{,}7 \cdot 10^{-5}$%, во второй снижается до $2{,}4 \cdot 10^{-5}$%, в третьей – приповерхностной – вновь повышается до $3{,}7 \cdot 10^{-5}$%. В подрудном ореоле ртуть распределена равномерно в количестве $9\text{–}10 \cdot 10^{-5}$%.

Сурьма образует по сравнению с ртутью более контрастный первичный ореол рассеяния с зональным строением в надрудной части (табл.10). Высокие концентрации ее характерны для нижнего околорудного горизонта – $102 \cdot 10^{-5}$%, в средней части толщи – $21{,}5 \cdot 10^{-5}$%, в приповерхностной зоне до – $31{,}5 \cdot 10^{-5}$%. Сурьма в подрудном ореоле встречается в незначительном количестве, с глубиной – уменьшается.

Таблица 10

Распределение рудных элементов в скважине 1975

Зона	Интервал глубин, м	К-во проб	Среднее содержание элемента, n·10⁻⁵%			Hg · Sb · As / 100000
			Hg	Sb	As	
Надрудная	1–140	13	3,7	31,5	180	2,97
	141–280	13	2,4	21,5	180	0,93
	281–420	13	20,7	102	1370	28,69
Рудная						
Подрудная	451–550	8	9	56,5	53,4	0,27
	550–650	7	10	21	12,4	0,026

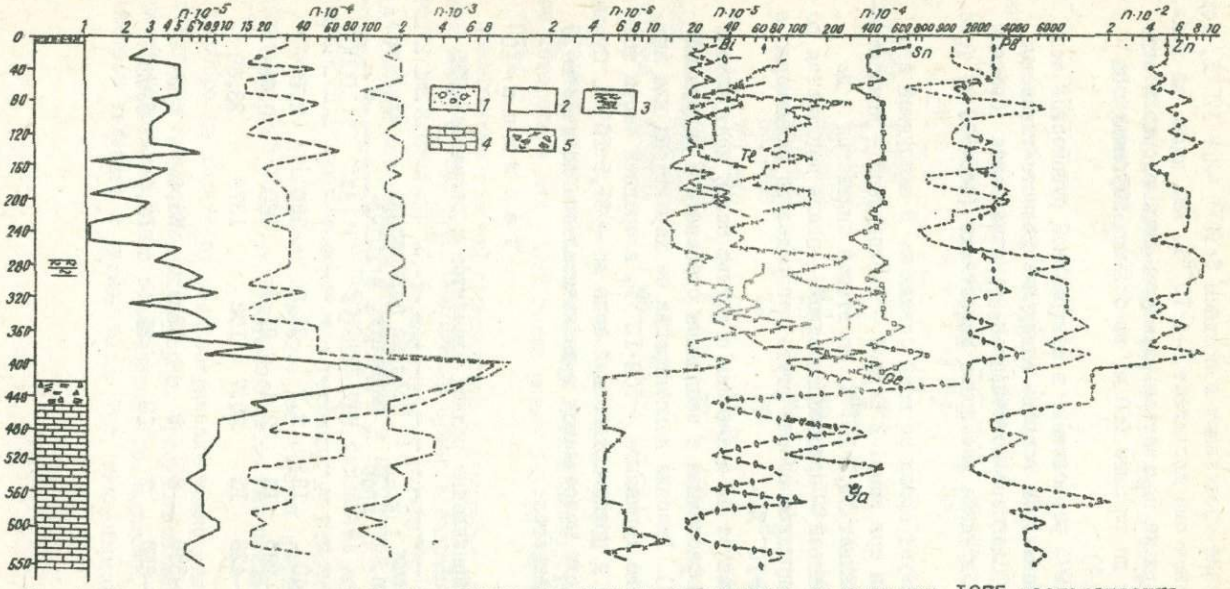


Рис. 4. Первичные ореолы рассеяния ртутно-сурьмяного оруденения по скважине 1975 месторождения "Новое".

1 - суглинки с обломками пород, 2 - сланцы глинистые, 3 - сланцы углисто-глинистые, 4 - известняки массивные окремненные, 5 - сланцево-роговиковая брекчия с мелкими обломками известняка, 6 - ртуть, 7 - сурьма, 8 - мышьяк, 9 - висмут, 10 - серебро, 11 - цинк, 12 - свинец, 13 - олово, 14 - германий, 15 - галлий, 16 - таллий.

Таблица 9

Распределение элементов-индикаторов в скважине I936

Зона	Интервал глубин, м	Кол-во проб	Среднее содержание элементов							$n \cdot 10^{-5}$ % Zn·Pb·Ga·Ge	Ag·Bi·Sn
			Zn	Pb	Ga	Ge	Ag	Bi	Sn	I00000	I00000
Надрудная	I-I40	II	2320	I5I	I83	6	5	I,5	20	3846,5	0,000I5
	I4I-280	I3	2762	I3I	404	9	3	2,0	35	I3I40,5	0,002I
	28I-420	I2	3000	I42	499	I4	2,5	2,4	4I	26582	0,00246
	42I-560	I2	3542	205	364	I0	I2,6	I,8	27	26430	0,006I2
	56I-700	I2	2500	I45	200	8,4	2,3	2,0	35	6090	0,00I6I
	70I-840	I2	2666	2I5	400	9	2,5	I,8	35	I9554	0,00I57
	84I-9I2	5	2000	I04	240	2I	2,5	I,6	36	I090	0,00I44
Рудная	9I8-922										
Подрудная	923-994	8	40	I2	I9	I	I2,7	I	I	0,09I20	0,000I2

Ореол рассеяния мышьяка отличается равномерным распределением в вертикальном разрезе. Резко увеличивается его содержание (в 7-8 раз) в околорудной части ореола ($1370 \cdot 10^{-3}$%).

Мультипликативные ореолы ведущих компонентов рудных тел четко фиксируют частичное накопление их в приповерхностной части надрудной толщи (табл. 10) по сравнению со средней ее частью.

Остальные элементы-индикаторы по распространенности можно разделить на две группы: образующие ореол в над- и подрудной частях разреза (свинец, галлий, висмут); образующие только надрудный ореол (олово, германий и галлий).

Содержание свинца в надрудной толще $1,5-5 \cdot 10^{-3}$%, в рудной количество его резко уменьшается до $3 \cdot 10^{-5}$%, в подрудной колеблется в пределах $2-7 \cdot 10^{-5}$%. Цинк распределен равномерно в надрудной части ореола ($5-7 \cdot 10^{-2}$%), в рудной и особенно в надрудной частях содержание его снижается до $3-7 \cdot 10^{-3}$%. Галлий образует ореол рассеяния различных концентраций в над- и подрудной толщах. В надрудной в интервале 200 м его концентрация достигает $5-10 \cdot 10^{-3}$%, убывая к поверхности до $1,5-3 \cdot 10^{-4}$%. Висмута в надрудной части разреза - $2-5 \cdot 10^{-5}$%, содержание его в рудной зоне и в подрудной части снижается до $5-10 \cdot 10^{-6}$%. Серебро образует достаточно равномерный ореол рассеяния. В надрудной части его концентрация составляет $2-6 \cdot 10^{-5}$%, в рудной зоне она резко снижается, а в подрудной вновь увеличивается до $2-3 \cdot 10^{-4}$%. Аналогичное увеличение серебра в подрудной зоне отмечалось по скважине 1936. Олово образует ореол рассеяния только в надрудной толще (концентрация $4-5 \cdot 10^{-5}$%), увеличиваясь на расстоянии 50 м над рудой до $7-10 \cdot 10^{-4}$%. Германий равномерно распределен в надрудной толще. В 250 м выше рудного горизонта его концентрация достигает максимума $3-5 \cdot 10^{-4}$%, после чего резко снижается до $5-9 \cdot 10^{-5}$%. Таллий образует прерывистый надрудный ореол с содержанием $2-7 \cdot 10^{-5}$%, значительное повышение его концентраций ($1,5-4 \cdot 10^{-4}$%) приурочено к рудному интервалу.

Мультипликативные ореолы группы перечисленных элементов-индикаторов четко фиксируют повышение концентрации от поверхности к рудному горизонту и (за исключением серебра) затухание в подрудном (табл.11).

Таблица II

Распределение элементов-индикаторов по интервалам скважины I975

Зона	Интервал глубин, м	К-во проб	Среднее содержание элементов,						$\cdot 10^{-5}$ %		$\frac{Zn \cdot Pb \cdot Ga \cdot Fe}{100000}$	$\frac{Ag \cdot Bi \cdot Zn}{100000}$
			Bi	Ag	Zn	Pb	Ga	Zn	Fe	Te		
Надрудная	I-I40	I3	2,5	3,6	5800	242	236	47	9	2,4	298I2,5	0,00423
	I4I-280	I3	2,5	5,6	6470	257	3I0;8	44	II	5	56858,5	0,006I6
	28I-420	I3	3,3	6,7	5238	270	854	55	30,8	II,8	37I995,6	0,0I2I6
Рудная	420-450	2	0,5	I0,3	I000	I00	250	50	50	30		
Подрудная	45I-550	8	0,5	II	362,5	II	22,5	-	-	-	4,4	0,00005
	550-650	7	7,4	9	757	6	-	-	-	-	0,0454	0,00066

Таким образом, по степени распространения и интенсивности первичных ореолов рассеяния можно выделить следующие группы элементов: I) прямые элементы-индикаторы (ртуть, сурьма и мышьяк), образующие ореолы в надрудном горизонте при мультипликативных значениях 28,69 и 68,27; 2) косвенные элементы-индикаторы (свинец,галлий), интенсивно накапливающиеся в околорудной зоне надрудной толщи, равномерно распространенные в ней (олово и германий); преимущественно в подрудной толще (серебро).

Фитогеохимическое опробование (25) на данном участке осуществлялось по двум профилям. Длина профилей по линии УI-УI 250 м, по линии У-У - 350 м. Первый проложен по выходам коренных пород (известняки, доломиты), второй - по покровным делювиальным отложениям. Опробовалась наземная часть растений, всего отобрано 54 пробы.

Состав растений, произрастающих на коренных породах, рассматривался по I2 пробам, на делювии - по 42. Мощность рыхлых отложений 50 м. Спектральным анализом в составе растения обнаружено 29 элементов, из них I9 стабильно присутствуют во всех пробах: кремний, алюминий, магний, кальций, железо, марганец, никель, хром, ванадий, медь, галлий и др. Частота встречаемости элементов постепенно убывает в ряду: бериллий (37), лантан (35), молибден (33), кобальт (3I), свинец (25), иттербий (I7), скандий (II), сурьма (7), цинк (5).

Отмечено, что растения, развитые на коренных породах, в отличие от таковых на делювии, содержат сурьму, цинк, часто в них присутствует свинец, увеличивается концентрация меди (0,006%). В то же время частота встречаемости кобальта, молибдена, лантана значительно ниже. На площади, сложенной делювием, в растениях чаще присутствует кобальт, лантан и др. Кроме того, обнаружены бериллий, лантан, молибден, иттербий и скандий-0,00I%, никель, галлий, иттрий, кобальт - 0,00I-0,003%, свинец-0,00I-0,006%, цирконий - 0,006-0,03%, марганец -0,03-0,I%, титан и барий - 0,06 -0,6%. В концентрациях, превышающих кларковые для растений* в 3-6 раз, отмечаются титан (35 проб), в

* Кларки (%): Ti - 0,I, V -0,006, Sr - 0,03, Ba - 0,04(2).

2-3 раза - ванадий (I9 проб), в 5-I2 раз - барий (30 проб), в 2 раза - стронций (I5 проб), в 4 раза - свинец (9 проб). Остальные не содержатся в количествах, не достигающих кларковых для растений.

На площади развития рыхлых отложений по сравнению с коренными породами заметно увеличивается содержание в растениях марганца и титана.

Результаты фитогеохимических исследований свидетельствуют о возможном использовании сурьмы, цинка, свинца и меди в качестве прямых элементов-индикаторов; титана, ванадия, бария и стронция - косвенных биопоисковых признаков обнаружения скрытых ртутно-сурьмяных рудных тел при мощности делювиального чехла 50 м. Из числа элементов, выявленных двумя методами - литофитогеохимическими - в косвенных породах и растениях роль прямого индикатора играет сурьма. В составе косвенных элементов-индикаторов отмечается различие: фитогеохимическими исследованиями установлена ведущая роль титана, ванадия, бария, стронция; литогеохимическими - свинца, галлия, олова.

По гидрогеологическим условиям площадь месторождения Новое характеризуется развитием трещинных и трещинно-карстовых вод, выклинивающихся на дневную поверхность в виде родников на контакте известняков S_{I-2} и $C_I v$ со сланцами $Д_I$. Воды по химическому составу пресные с величиной сухого остатка 0,2-0,5 г/л (единичные пробы I-2 мг/л), концентрация водородных ионов колеблется от нейтральных до слабощелочных (pH-6,5-8-8,2), по анионному составу воды гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатные, по катионному - кальциево-магниево-натриевые (табл.I2). Отчетливо выражен микрокомпонентный состав вод, характеризующийся повышенным содержанием рудных компонентов фтора, свинца, меди, мышьяка и ртути (табл.I3).

Фтор находится в водах в значительных концентрациях, особенно на площади месторождения - 0,9-I мг/л, за его пределами не превышает 0,2-0,5 мг/л (родник Чашма, Багашин). Свинец отмечается в водах, выклинивающихся на поверхность в количестве 0,005 мг/л. Аномальные содержания (0,0I мг/л и больше) наблюдаются в двух родниках (пробы 54 и II0), расположенных в центральной части месторождения. Медь встречается в основном в рудничных водах в количестве 0,002 мг/л. Мышьяк отмечается в по-

Анионно-катионный состав вод месторождения Новое, мг/л

Номер пробы	Местонахождение водопункта	pH	Сухой остаток	O_2	Углекислота: CO_2 св.	Углекислота: CO_2 агр.	O_2	CO_3	HCO_3	Cl
II5	Рудник I	7,0	2,4	I,44	26	Нет	I8	Нет	366	I2I
II9	Рудник 2	7,0	0,97	2,24	9	"	I8	"	354	39
II0	Рудник 3	6,8	0,4I	2,4	22	-	I0	75	329	7
53	Рудник 4	8,2	0,3	2,72	Нет	Нет	I0	I2	I22	II
I24	Рудник 5	7,2	0,4	4,00	4	2	8	Нет	I22	I8
I3I	Шахта вспом. гор. I534	8,2	0,44	I,28	Нет	Нет	I2	I2	I34	I4
I32	Шахта вспом. гор. I584	7,2	0,47	I,44	9	"	I2	Нет	2I3	I4
I33	Шахта I6 гор. I584 штрек I5I5	7,2	0,48	I,I2	9	"	I0	20I	I7	I86
I34	Шахта вспом. гор. I534-5	7	0,49	I,60	4	"	I2	20I	I4	I93
I46а	Штрек 426 гор. 4, I534 м	7,6	0,29	0,I6	2	"	I0	Нет	I52	5
56	Поверхн. отток хвост. обогат. комб.	5,8	3I0	I,92	26	23	I4	-	I2	7
58	Выброс хвост. вод обогат. комб.	8,2	0,27	I,I2	Нет	Нет	I0	I8	I40	5
60	Поверхн. водосб. хвостовых вод	6,8	0,42	I,76	22	I7	I2	Нет	I77	7

Таблица I2

Анионы: SO_4	NO_3	NO_2	Катионы: Ca	Mg	Na	K	Формула солевого состава воды, % мг-экв
I338	4	Сл.	380	I58	I2I	2	$M_{2,4}\ \frac{S^{4}_{76}\ HCO_3}{Ca_{52}\ Mg_{35}\ Na_{13}}\ pH_7$
393	I6	0,0I	I50	66	55	2	$M_{0,97}\ \frac{SO^{4}_{57}\ HCO^{3}}{Ca_{49}\ Mg_{35}\ Na_{16}}\ pH_{7,2}$
72	3	Сл.	88	26	I4	2	$M_{0,4}\ \frac{HCO^{3}_{75}\ SO^{4}_{21}}{Ca_{62}\ Mg_{29}}\ pH_{68}$
99	4	0,0I	52	I2	27	2	$M_{0,3}\ \frac{HCO^{3}_{50}\ SO^{4}_{43}}{Ca_{54}\ (Na+K)_{25}\ Mg_{21}}\ pH_{8,2}$
I84	2	0,02	40	35	33	I	$M_{0,4}\ \frac{SO^{4}_{60}\ HCO^{3}_{32}}{Mg_{46}\ Ca_{32}\ Na_{22}}\ pH_{7,2}$
I89	8	0,02	54	39	26	2	$M_{0,4}\ \frac{SO^{4}_{56}\ HCO^{3}_{37}}{Mg_{46}\ Ca_{38}\ Na_{16}}\ pH_{8,2}$
I7I	I0	0,02	68	36	27	2	$M_{0,5}\ \frac{SO^{4}_{47}\ HCO^{3}_{46}}{Ca_{45}\ Mg_{39}\ Na_{16}}\ pH_{7,2}$
I0	0,0I	68	38	29	2	Нет	$M_{0,6}\ \frac{SO^{4}_{50}\ HCO^{3}_{42}}{Ca_{44}\ Mg_{40}\ Na_{16}}\ pH_{7,2}$
I0	0,02	62	43	28	2		$M_{0,5}\ \frac{SO^{4}_{51}\ HCO^{3}_{42}}{Mg_{46}\ Ca_{39}\ Na_{16}}\ pH_{7,0}$
I00	-	0,0I	40	23	I8	I9	$M_{0,3}\ \frac{HCO^{3}_{53}\ SO^{4}_{44}}{Ca_{42}\ Mg_{40}(Na+K)_{18}}\ pH_{7,6}$
I65	24	0,I	I8	8	I8	I9	$M_{0,3}\ \frac{SO^{4}_{81}}{NH^{4}_{37}(Na+K)_{26}\ Ca_{21}\ M_{16}}\ pH_{5,8}$
69	Нет	0,0I	28	6	I7	6	$M_{0,27}\ \frac{HCO^{3}_{55}\ SO^{4}_{32}}{NH^{4}_{39}(Na+K)_{19}\ Mg_{11}}\ pH_{8,2}$
I65	2	3	20	8	I8	I0	$M_{0,4}\ \frac{SO^{4}_{3}HCO^{3}_{44}}{NH^{4}_{99}(Na+K)_{15}\ Ca_{16}\ Mg_{10}}\ pH_{6,8}$

Таблица I3

Содержание микроэлементов в водопроявлениях месторождения "Новое"

Номер пробы	Si	Al	Ca	Na	Fe	Mn	Ba	Sr	Mn	V	Ti
	%										
53	0,001	0,05	0,03	0,1	0,07	0,003	0,01	0,05	0,002	0,001	0,002
54	0,002	0,4	0,03	0,1	0,06	0,003	0,04	0,06	0,008	0,001	0,01
110	0,003	0,7	0,03	0,1	0,4	0,003	0,05	0,5	0,008	0,003	0,02
115	0,001	0,07	0,03	0,1	0,03	0,003	0,009	0,3	-	0,002	0,01
119	0,003	0,1	0,03	0,1	0,04	0,003	0,02	0,4	0,001	0,002	0,008
124	0,003	0,7	0,03	0,1	0,2	0,003	0,04	0,1	0,008	0,001	0,01
131	0,9	0,05	0,03	0,1	0,04	0,003	0,02	0,2	-	0,001	0,003
132	0,002	0,06	0,03	0,1	0,04	0,003	0,02	0,3	0,001	0,001	0,002
133	0,9	0,04	0,03	0,6	0,03	0,003	0,02	0,1	0,003	-	0,003
134	0,07	0,02	0,03	0,1	0,01	0,003	-	0,02	-	-	-
146а	0,002	0,1	0,03	0,9	0,05	0,003	0,03	0,3	0,005	0,001	0,005
56	0,2	0,03	0,03	0,01	0,03	0,001	-	0,02	0,007	-	0,001

Номер пробы	Cu	Pb	Sb	Cr	Pb	Cu	As	Zn	F	Hg
	%				мг/л					
53	$4 \cdot 10^{-4}$	-	-	0,003	0,005	Нет	0,001	Нет	0,200	0,0001
54	$1 \cdot 10^{-3}$	0,003	-	-	0,020	"	"	"	0,200	0,0001
110	$5 \cdot 10^{-4}$	0,001	0,01	0,002	0,010	"	0,002	"	0,700	0,0001
115	$1 \cdot 10^{-3}$	-	-		Нет	"	0,002	"	0,600	0,0000
119	$7 \cdot 10^{-4}$	0,001	-	-	"	"	Нет	"	0,600	0,0001
124	$8 \cdot 10^{-4}$	0,002	0,03	-	"	0,005	0,060	"	1,000	0,0002
131	$3 \cdot 10^{-4}$	-	-	0,001	0,005	Нет	0,030	"	1,000	0,001
132	$1 \cdot 10^{-3}$	-	0,01	0,001	0,005	0,002	0,050	0,030	0,900	0,0001
133	$6 \cdot 10^{-4}$	0,001	-	-	0,005	0,002	0,010	0,030	0,850	0,0001
134	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0,001	-	Нет	0,002	0,020	0,02	1,000	0,0002
146а	$4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	-	-	"	Нет	0,005	Нет	0,100	0,0001
56	$8 \cdot 10^{-4}$	-	0,05	-	0,015	"	0,002	"	15,000	0,0001

давляющем количестве проб в концентрации 0,002–0,060 мг/л, а в пробах рудничных вод- 0,01–0,02 мг/л. Цинк наблюдается исключительно в рудничных водах в содержаниях 0,02 и 0,030 мг/л. Ртуть присутствует повсеместно в концентрациях 0,0001 мг/л, в одном роднике (проба I24) - 0,0002 мг/л.

По ассоциации микроэлементов и их содержанию, а также анионно-катионному составу вод наиболее аномальны на площади родники II0, II5 и I24 (рис.2).

Рассмотренные данные по первичным геохимическим ореолам ртутных и ртутьсодержащих месторождений позволяют сделать следующие выводы.

I. Главными элементами-индикаторами первичных ореолов рассеяния являются ртуть, мышьяк и сурьма, причем ведущая роль каждого из этих элементов определяется составом руд.

2. Первичному распределению ртути, мышьяку и сурьме в ореолах свойственно закономерное убывание концентраций элементов по мере их удаления от рудной залежи. Это подтверждают мультипликативные ореолы элементов-индикаторов.

3. Комплексные геохимические исследования выявляют элементы-индикаторы вертикальной зональности первичных ореолов рассеяния; лито- и биохимические характеризуют приповерхностную часть, гидрогеохимические - глубинную (200–300 м).

Месторождения сурьмы приурочены к Южно-Ферганскому и Гиссарскому ртутно-сурьмяным поясам и локализуются в аналогичных с ртутными месторождениями геолого-структурных условиях. Рыхлые и коренные отложения сурьмяных месторождений образуют обширные литогеохимические ореолы рассеяния с содержанием сурьмы $n \cdot 10^{-3} - n \cdot 10^{-2}\%$, мышьяка $n \cdot 10^{-3} - n \cdot 10^{-2}\%$ и ртути $1 \cdot 10^{-5} - 8 \cdot 10^{-3}\%$. На площадях сурьмяного оруденения проводились литогеохимические, шлиховые и гидрогеохимические съемки масштаба I:25000 и I:I0000.

Литогеохимическими поисками отобрано I3739 проб и зафиксировано четыре аномалии, при шлиховых поисках отобрано 23I66 проб, зафиксировано шесть аномалий, выявлено четыре рудных объекта.

ГЛАВА Ш. РТУТНОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ НА ПЛОЩАДЯХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Полиметаллические месторождения часто пространственно и генетически ассоциируются с ртутно-сурьмяными и по классификации И.Бока и В.Смирнова (2) относятся к группе телетермальных, для которых характерны следующие признаки: I) приуроченность к осадочным толщам и отсутствие в районе изверженных пород, которые можно было бы рассматривать в качестве рудогенерирующих; 2) формирование в условиях перехода к платформенному режиму; 3) преобладание пластовых форм рудных тел и вмещающих их рудоносных зон и распространение их на значительной площади; 4) четкий стратиграфо-литологический контроль рудолокализации и часто многоярусное строение месторождений; 5) слабая связь с разломами; 6) простой вещественный состав руд. Образуются эти месторождения обычно на глубине от нескольких сотен метров до первых километров при температуре, не превышающей 200-250°.

А.В.Королев и П.А.Шехтман (22) выделяют комплекс рудных полей с преобладающим развитием согласных стратифицированных залежей, контролирующихся преимущественно складчатыми структурами.

В классификационной схеме К.Л.Бабаева (5) намечается группа телемагматических формаций - свинцово-цинковая и сурьмяно-ртутная.

Изученные нами полиметаллические месторождения являются ртутьсодержащими и располагаются в южной ветви Северо-Тяньшаньского (Кочкорское рудное поле) и Южно-Тяньшаньского (Чаткал, Гава-Сумсар-Кассан, Кенсай, Кичи-Сандык, Акмашат, Кугала и др.) поясов (5).

Месторождения полиметаллов Северного Тянь-Шаня приурочены к интрузивной формации, в которой преобладают породы гранитоидного ряда (22).

В Южно-Тяньшаньском поясе на площади месторождений широко развиты породы сланцевой, карбонатной и карбонатно-терригенной формаций. Стратиформные месторождения свинца и цинка характеризуются прожилково-вкрапленным оруденением, приуроченным к постоянному литолого- стратиграфическому горизонту карбонатных пород.

На территории Северного и Южного Тянь-Шаня проведены геохимические поиски масштаба I:50000, I:25000, I:10000. Выявлено I8 геохимических ртутных аномалий, открыта одна рудоносная зона (Кенсайская).

Свинцово-цинковое месторождение Учкулач

Относится к стратиформному типу и находится в предгорьях Северо-Нуратинского хребта в пределах останцовой гряды Ханбанды-тау (22).

Месторождение сложено породами девонского возраста, в которых выделяются порфиро-туфовая, туфо-шлифовая и мелководная морская прибрежная карбонатная слоистая формации общей мощностью более 2000 м. Выделенные формации расчленяются на бандскую ритмосвиту (D_1-D_2E_1 вп), нижнеучкулачскую (D_2 gvuC) и верхнеучкулачскую ритмоподсвиты (D_2 gvu C_2), ментскую (D_3fz mn) и устькуруксайскую ритмосвиты (D_3fzuк). Интрузивные породы на месторождении отсутствуют. Промышленное оруденение локализуется в ритмопереслаивающихся вулканогенно-осадочных породах нижнеучкулачской ритмоподсвиты, в доломитах и доломитовых разностях пород верхнеучкулачской ритмоподсвиты и в органогенных и органогенно-обломочных известняках ментской ритмосвиты. Оруденение, развитое в кислых эффузивах бандской свиты и в известняках, доломитах и аргиллитах устькуруксайской ритмосвиты, а также рассеянная минерализация в известняках нижнекарбонового возраста промышленной оценки пока не получили.

Вмещающие породы смяты в Ханбандинскую антиклинальную складку субширотного простирания, осложненную складчатостью более низкого порядка типа флексур. Широко развиты веерные диагональные и поперечные складки. В осевой части Ханбандинской антиклинали девонские формации размыты вплоть до эффузивов бандской ритмосвиты.

Оруденение приурочено к строго определенным ритмо-стратиграфическим горизонтам и литологическим разностям пород, чем обусловлена его многоярусность. В структурном отношении оруденение контролируется склоновыми частями палеовулканических построек. Околорудные изменения с образованием пород типа вторичных кварцитов, пропилитов и серицитолитов проявлялись в эффузивах и в

меньшей степени в вулканогенных осадочных породах бандской и учкулачской ритмосвит и практически отсутствуют в карбонатных.

Известные промышленные рудные тела в осадочных и вулканогенно осадочных толщах имеют форму выдержанных крупных согласных пластовых залежей, линз и повторяют структурные элементы вмещающих пород.

Минеральный состав руд сравнительно простой. Ведущее значение имеют галенит, сфалерит, пирит. Незначительно развиты халькопирит, марказит, ковеллин, борнит, халькозин, блеклые руды. Из нерудных минералов преобладают барит, кальцит, доломит, изредка встречаются кварц, флюорит. Промышленное значение имеют свинец, цинк, барий, сера, кадмий.

Широкое развитие продуктивных отложений в пределах Ханбандинской кордильерной структурно-формационной зоны (по В.И. Попову), их структурная позиция и прямые признаки рудной минерализации указывают на возможность выявления новых участков промышленного стратиформного оруденения в этом районе.

Ртутнометрические исследования проведены на участке Центральном по его западному флангу, где рудные тела подходят к поверхности в пологом падении и представлены двумя горизонтами. Пройдено два геохимических профиля с отбором проб из почвы и коренных пород (рис.5).

Первый из них (I-I) пересекает рудную зону и проходит в месте выхода доломитов. Опробуемая площадь закрыта на 80%, поэтому основная часть представлена почвенными образованиями.

Профиль П-П пройден на восточном фланге участка Центральный. Здесь коренные выходы пород незначительные и представлены плотными ожелезненными известняками.

Ртуть находится почти во всех пробах - в коренных и почвенных в концентрации $n \cdot 10^{-7}$ - $5 \cdot 10^{-6}$%. В последних наблюдается некоторое скопление ртути $n \cdot 10^{-6}$ -$7 \cdot 10^{-6}$%. Тектонические нарушения фиксируются несколько более высокими содержаниями ртути - $1 \cdot 10^{-4}$%.

Широко распространены рудные элементы: свинец, цинк, медь, никель, кобальт, титан, ванадий и хром. Свинец в рудных доломитах присутствует в концентрации $1 \cdot 10^{-3}$ - $6 \cdot 10^{-1}$%, в таких же содержаниях он находится и в почвах надрудной толщи. В известняках

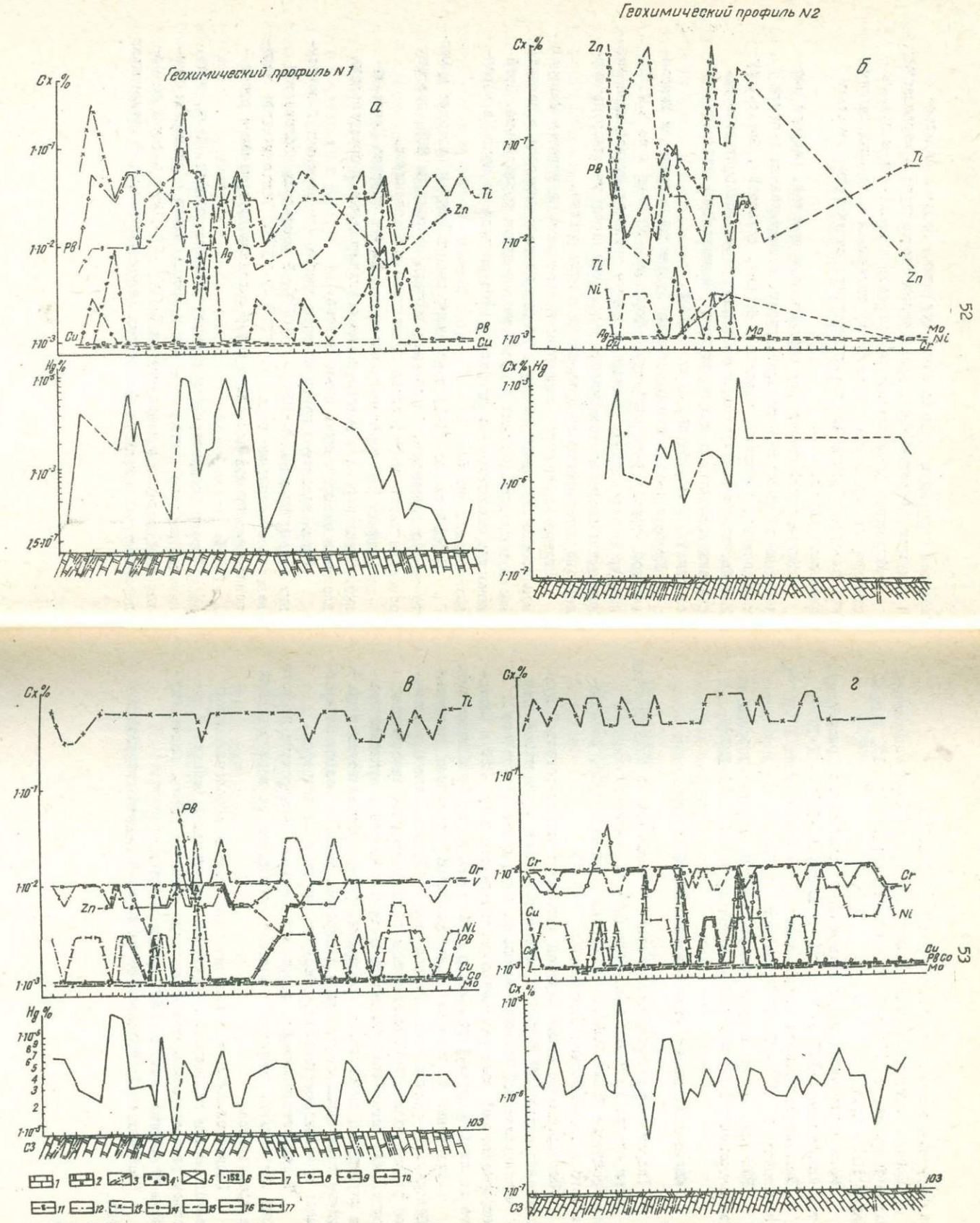


Рис.5.Распределение элементов в литогеохимических ореолах и почвах Учкулачского рудного поля (участок Центральный): а,б-по коренным породам, в,г-по почве: I-известняки, 2-доломиты, 3-разрывные нарушения, 4-почвенный слой, 5-шахта, 6-место взятия проб, 7-*Hg*, 8-*Cu*, 9-*Pb*, I0-*Ag*, II-*Zn*, I2-*Co*, I3-*Ti*, I4-*V*, I5-*Cr*, I6-*Mo*, I7-*Ni*.

околорудных зон - в количестве $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$%.

Цинк в коренных породах присутствует в высоких содержаниях: в доломитах $6 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-2}$%, известняках $6 \cdot 10^{-3} - 1$%, в почвах $8 \cdot 10^{-3} - 0{,}1$%.

Медь в доломитах не установлена, в известняках присутствует в количестве $1 \cdot 10^{-3} - 7 \cdot 10^{-3}$%, в почвах $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$%.

Высокие содержания принадлежат титану в доломитах $1 \cdot 10^{-2}$%, известняках $6 \cdot 10^{-3} - 7 \cdot 10^{-2}$%, почвах - 0,5-0,7%.

Ванадий, никель и хром присутствуют в коренных породах в концентрации $1 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3}$%, в почвах $n \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$%.

Медно-колчеданное месторождение Южный Карасан

Гидрогеохимические исследования в комплексе со структурными с целью прогнозирования проведены (27) на медноколчеданном месторождении Южный Карасан Чакчарского рудного поля, расположенного в Юго-Западном Гиссаре.

Месторождение Южный Карасан связано с нижнекарбоновой вулканогенно-осадочной толщей C_I и тяготеет к ее контактовой зоне с метаморфической толщей докембрия. Оруденение приурочено к межформационной зоне разлома и располагается в 150-250 м севернее от линии стратиграфического несогласия пород C_I и докембрия.

Оруденение по северной зоне проявлено отдельными участками (Центральное рудное тело, Рудное тело 3, Рудное тело 4, Восточное рудное тело), локализованными в линзообразных известняках. Оруденение интенсивно проявлено вблизи контакта с вулканогенными породами (андезитовые порфириты, туфы, туфопесчаники и др.). Рудные тела свинцово-цинковые с пиритом, редко с медью. Из минералов преобладают галенит, сфалерит, пирит и халькопирит.

В гидрогеологическом отношении в районе Чакчарского рудного поля специальные гидрогеологические наблюдения на месторождении не проводились.

Гидрогеологические условия рудного поля обусловливаются геологическим строением, структурой и тектоникой района. В основном распространены трещинные воды коренных пород, подвергнутые интенсивной региональной трещиноватости.

Ниже приведена трещиноватость пород Чакчарского рудного поля.

Таблица I4

Порода	Удельная трещиноватость на I пог.м.	Порода	Удельная трещиноватость на I пог.м.
Андезитовые порфириты	22–60	Докембрийские сланцы	64–84
Измененные андезитовые порфириты, темно-серые	75–220	Контакт рудного тела с вмещающими породами	I20
Измененные андезитовые порфириты светло-серые	I6–28	Рудное тело – измененные кварцевые порфиры	42–95
Липариты	64–80	Контакт известняков с порфирами	49–66
Известняки	38–230	Контакт известняков с андезитовыми порфирами	32–90
Зона разлома – порфиры	36–92	Измененные кварцевые порфиры	59–I20
Лампрофиры	I35–I50	Брекчия андезитового порфирита	34
Контакт туфопесчаников с липаритовыми порфиритами	36	Гнейсы	32–II0
Туфобрекчии	58–I90	Спилиты	28–42
Туфопесчаники	70–II0	Контакт известняков с разломами	42–80
Измененные туфы	50		
Яшмовидный алевролит	I30		
Кварцевые порфиры	33–52		

По гидрогеологическим и гидрохимическим условиям на Чакчарском рудном поле мы выделяем следующие типы вод:

поровые воды рыхлых четвертичных отложений;
трещинные воды терригенно-карбонатных пород нижней юры;
трещинные и трещинно-поровые воды изверженных пород нижнего карбона;
трещинные воды терригенных песчано-сланцевых пород нижнего карбона;
трещинные воды карбонатных пород нижнего карбона и среднего карбона;
трещинные воды кристаллических сланцев докембрия.

Областью питания подземных вод служит северо-западный склон гор Чакчар. Площади с наиболее интенсивной инфильтрацией отмечены на выходах карбонатных пород нижнего карбона, слабая инфильтрация и местная разгрузка - в области развития эффузивно-осадочной толщи. В этой области наблюдается значительное число родников с дебитом I-I,2 л/с. За счет таких родников питается р.Чакчар, пойма которой служит зоной выклинивания местных источников.Питание подземных вод атмосферное, поэтому режим трещинных вод неравномерный и зависит от климатических условий района. Максимальный приток вод наблюдается в весенние месяцы, в момент выпадения осадков и летом в июле месяце, когда идет наибольшее таяние снега. Минимальный дебит падает на август-сентябрь. В зависимости от этого меняется дебит основной гидрографической единицы района Чакчар. Во время весенних осадков он достигает 30-40 $м^3/с$, который быстро спадает до 20-25 $м^3/с$. Минимальный дебит, наблюдаемый в осеннее время, составляет IQ-I5 л/с. Абсолютные отметки родников выклинивания трещинных вод находятся в пределах 2525 -2740 м.

Гидрогеологические особенности Чакчарского рудного поля

В.И.Вернадский (I2) неоднократно подчеркивал огромную роль воды в распределении химических элементов в земной коре. Благодаря растворяющей способности воды и ее энергии большая часть химических элементов мигрирует с водой . В настоящее время в природных водах обнаружено до 62 элементов периодической системы Д.И.Менделеева. Количество последних элементов зависит от точности методики определения; вероятно, со временем в подземных

водах будут обнаружены все известные элементы.

Подземные воды участвуют во всех геохимических процессах, которые происходят в земной коре, начиная от магматических, пегматитовых, гидротермальных и кончая гипергенными, совершающимися вблизи поверхности земли. Химический состав подземных вод месторождений полезных ископаемых формируется при взаимодействии воды и пород, представляющих собой сложную динамическую систему, меняющуюся в зависимости от состава, степени активности составляющих элементов и термодинамических условий.

В зависимости от отношения к воде все химические элементы В.И.Вернадский (I2) делит на две группы.

I.Элементы гидрогенетические, значительная часть атомов которых мигрирует вместе с водными растворами. К этой группе относятся наиболее распространенные элементы, названные им циклическими: водород, бор, углерод, фтор, натрий, магний, алюминий, кремний, фосфор, сера, хлор, калий, кальций, ванадий, хром, марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, мышьяк, селен, бром, стронций, молибден, серебро, кадмий, индий, олово, сурьма, теллур, йод, барий, вольфрам, золото, таллий, свинец, бисмут, радий, уран.

2.Элементы парагенетические, которые содержатся в природных растворах в незначительных количествах и поэтому часто не выделяются из них в виде отдельных минералов. Миграция многих элементов связана с магматическими процессами. Сюда относятся цирконий, тантал, ниобий, элементы платиновой группы, редкоземельные и др.

Химический тип подземных вод определяют так называемые макрокомпоненты: кислород, водород, натрий, кальций, сера, фосфор, калий, кремний, магний, железо, хлор, алюминий. Они обычно содержатся в воде в значительных количествах, соответствующих составу вмещающих пород.

В свинцово-полиметаллическом Чакчарском рудном поле мы изучали первую гидрогеохимическую зону подземных вод, сложившуюся в ходе геологической истории при интенсивном водообмене, исследовали месторождения в горных областях со слепым залеганием свинцово-полиметаллических руд или зоны минерализации.

Процессы формирования химического состава подземных вод исследовавшихся районов проходят в окислительной обстановке,

характеризующейся обилием газов воздушного происхождения - кислорода, азота и углекислоты. В этих условиях образуются пресные негазирующие кислородно-азотные гидрокарбонатно- кальциевые или сульфатно-кальциевые воды, формирующиеся в результате инфильтрации атмосферных вод и выщелачивания горных пород.

Ниже приводим описание водоносных комплексов Чакчарского рудного поля.

I. Водоносный горизонт рыхлых четвертичных отложений приурочен к галечникам, выполняющим пойму р.Чакчар и ее боковых притоков Сангардак и Кызылсай. Поровые воды распространены в делювиальных отложениях склонов саев. Основное питание этого водоносного горизонта атмосферное, но отчасти и за счет родников эффузивно-осадочной толщи. Дебит родников значительный и находится в пределах I-I,2 л/с.

По химическому составу воды гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевые с минерализацией 0,3-0,4 г/л, со слабо щелочной средой pH-8,3. В составе вод отмечается повышенное содержание сульфат-иона - до I25 мг/л.

2. Водоносный комплекс карбонатно-терригенных пород юры приурочен к гравелитам, алевролитам и известнякам, окаймляющих с северо-востока Чакчарское рудное поле. Водоносный комплекс представлен трещинными водами, которые в виде единичных родников выклиниваются на поверхность с дебитом 0,0I-0,03 л/с. Питание водоносного горизонта атмосферное. Воды гидрокарбонатно-сульфатного кальциево-натриевого состава, пресные с минерализацией 0,I г/л, слабощелочные - pH-8,3.

3. Водоносный горизонт трещинных и порово-трещинных вод изверженных пород приурочен к липаритовым и кварцево- кератофировым разностям туфов и порфиритов вахшиварской свиты нижнего карбона. Подземные воды циркулируют в них по падению пластов, а также по тектоническим трещинам различного порядка, образуя небольшие водотоки. Дебиты родников невысокие 0,I-0,3 л/с.

По химическому составу воды гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниево-натриевые, пресные с плотным остатком 0,I-0,3 г/л, со средой, меняющейся от нейтральной до слабощелочной , pH-7,4 - 8,3.

4. Водоносный комплекс трещинных вод песчано-сланцевых отложений нижнего карбона развит в терригенных породах зойской свиты,

представленной песчаниками, конгломератами, углистыми алевролитами и гравелитами нижнего карбона. Они надвинуты на карбонатные породы и служат экраном для трещинных вод. Водоносный горизонт имеет небольшое количество водопроявлений порядка 10-12 родников с очень низким дебитом (0,01-0,03 л/с).

Питание подземные воды получают за счет атмосферных осадков, а также со стороны известняков нижнего карбона. Воды гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевые с минерализацией 0,1 г/л и слабощелочной средой pH 7,8-8,0.

5. Водоносный комплекс карбонатных пород приурочен к плотным доломитам и органогенным известнякам нижнего и среднего карбона, расположенным по протяженным структурам, между терригенно-сланцевой и эффузивной толщами пород.

Воды накапливаются и циркулируют на небольшой глубине и выклиниваются в виде малодебитных родников с расходом 0,2-0,3 л/с. Питание водоносного горизонта *исключительно атмосферное*.

Химический состав вод гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-магниевый с минерализацией 0,2 г/л со слабощелочной средой pH - 8,2.

6. Водоносный комплекс трещинных вод докембрия приурочен к кристаллическим сланцам и гнейсам, окаймляющим Чакчарское рудное поле с юга и разделяющим его на две части. Подавляющая часть водопроявлений Чакчарского рудного поля приходится на эти отложения. Являясь наиболее плотными породами рудного поля, они служат экраном для значительного выхода трещинных вод на поверхность.

Дебиты родников находятся в пределах 0,2-0,3 л/с. Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков.

Воды этого типа пород по химическому составу делятся на две группы. Первая - сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные магниево-кальциевые *с плотным остатком* 0,1 г/л и *слабощелочной* средой pH 7,8-8,0. Они характерны для центральной части Чакчарского рудного поля, т.е. для месторождения Южный Карасан. Вторая - гидрокарбонатные кальциево-магниевые с очень низкой минерализацией - 0,1 г/л, среда от нейтральной до слабощелочной с pH 7,0-8,0. Характерны для вод сланцев докембрия участка Кызылсай.

Микроэлементный состав водных ореолов рассеяния

Микроэлементный состав природных вод формируется в тесном взаимодействии их с минеральными образованиями рудных месторождений.

Основными рудными компонентами свинцово-цинкового оруденения являются цинк, свинец и медь. Эти элементы, как правило, представлены собственными минералами, образующими рудные тела и зоны минерализации. Руды характеризуются большим комплексом элементов-примесей, среди которых следует отметить галлий, германий , кобальт, никель, серебро, ртуть, индий, селен, теллур, висмут, мышьяк, молибден. Они в основном входят в состав сульфидных минералов в тех или иных количествах.

Например, ртуть образует значительные концентрации в сфалерите до $n \cdot 10^{-2}\%$, отмечается в пирите и галените.

Во вмещающих породах широко развиты ореолы рассеяния мышьяка, бария, висмута, кобальта, никеля, вольфрама и ртути (28).

Чакчарское рудное поле характеризуется интенсивным развитием трещинной тектоники. Трещины различных порядков образуют единую систему, связанную друг с другом , создавая таким образом условия для глубокой циркуляции подземных вод и взаимоотношения их с рудными зонами, а также с участками развития первичных ореолов рассеяния. Динамический характер природных вод способствует миграции рудных компонентов и образованию водных ореолов рассеяния характерных элементов-индикаторов. Состав и контрастность водных ореолов рассеяния рудных тел в значительной степени определяются составом руд, рудных элементов-примесей и элементным составом первичных ореолов рассеяния. Растворимость рудных минералов в природных водах находится в большой зависимости от строения их кристаллических структур и типа химической связи между составляющими их атомами, ионами и молекулами. Относительно легче растворяются минеральные соединения с ионным типом связи и труднее - минералы с ковалентной связью.

Наиболее разнообразным составом микрокомпонентов характеризуются водные ореолы рассеяния сульфидных месторождений, обогащенные примесями разнообразных редких и рассеянных элементов (I4, I5,I6). Влияние сульфидных минералов на интенсивность перехода

в подземные воды различных химических компонентов в зоне окисления рудных месторождений подробно описано С.С.Смирновым (49), В.В.Щербиной (60), А.А.Бродским (9) и др. Наиболее интенсивно это влияние проявляется в условиях неглубокого залегания рудных тел, перекрытых водопроницаемыми рыхлыми образованиями, не препятствующими инфильтрации агрессивных кислородсодержащих вод.

Химический состав природных вод в том числе и водных ореолов рассеяния рудных тел формируется под влиянием следующих основных геохимических процессов: сернокислого, окислительного (кислородного типа), углекислого, гидролитического. Сущность этих процессов в общих чертах описана в работах А.А.Бродского, А.И.Перельмана, П.А.Удодова, С.С.Смирнова и других исследователей.

Ведущим в разложении сульфидных минералов является сернокислый процесс. Наиболее активно он проявляется в зоне окисления медноколчеданных и полиметаллических руд, обогащенных дисульфидами железа и меди, в частности такими железистыми и медными минералами, как марказит (FeS_2) ,пирротин (Fe_nS_{n+1}), пирит (FeS_2) и халькопирит ($CuFeS_2$). В зависимости от характера протекающих реакций сернокислый процесс может быть окислительным или восстановительным.

Реакции окислительного ряда обычно протекают в верхней части зоны окисления сульфидных месторождений под воздействием агрессивных кислородсодержащих вод по схеме:

$$FeS_2 + 7O + H_2O \rightarrow FeSO_4 + H_2SO_4$$ (С.С.Смирнов) или

$$4FeS_2 + 11O_2 + 4H_2O \rightarrow 4Fe(OH)SO_4 + 2H_2S_2O_3$$

$$2Fe(OH)SO_4 + 2H_2S_2O_3 \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2O + H_2SO_4$$

$$H_2S_4O_6 + 6O_2 \rightarrow 4H_2SO_4$$

(И.Гинзбург).

Образующаяся в процессе реакции свободная серная кислота снижает pH вод до 2-3. Величина pH обычно изменяется в пределах (+0,5) - (+0,7)в.

Помимо кислорода в серной кислоте сильное окисляющее воздействие на сульфидные минералы оказывают образующиеся в процессе реакции сульфаты металлов (железа, меди и др.), тионовые

бактерии (С.И.Кузнецов).

Реакции восстановительного (сульфидного) ряда характерны для зоны цементации сульфидных месторождений. Инфильтрующиеся из зоны окисления кислые сульфатные воды, обедненные кислородом, который почти полностью расходуется в верхней части зоны на окисление сульфидных минералов, взаимодействуют с первичными сульфидными рудами. Схематично эта реакция выглядит так:

$$2H_2SO_4 + CuFeS_2 \rightarrow CuSO_4 + FeSO_4 + 2H_2S$$

$$7CuSO_4 + 4H_2O + 4FeS_2 \rightarrow H_2SO_4 + 4FeSO_4 + 7CuS$$

Главные окислители в зоне цементации сульфидных руд – серная кислота и сульфаты металлов (продукты окисления). Кислород расходуется обычно на окисление сульфидов в верхней части зоны окисления (подзона выщелачивания) и в водах более глубоких частей зоны окисления может вообще отсутствовать.

Выделяющийся в процессе сернокислотного разложения сульфидных минералов сероводород генетически связан с жизнедеятельностью сульфатредуцированных бактерий и имеет преимущественно биогенное происхождение. Вступая в реакцию с металлами в зоне цементации, сероводород обусловливает их восстановление и осаждение из воды в виде вторичных сульфидных минералов.

Развитие зон окисления сульфидных месторождений носит стадийный характер и сопровождается изменением минералогического состава окисляющихся руд в процессе увеличения pH вод.

В.В.Щербина (59) следующим образом характеризует минералогические превращения зоны гипергенеза сульфидных месторождений для основной группы рудообразующих минералов:

железо

$$FeS_2 \rightarrow FeSO_4 \cdot 7H_2O \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O \rightarrow KFe_3(OH)_6(SO_4)_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O \rightarrow$$

пирит → мелантерит → фиброферрит → ярозит → лимонит

медь

$$CuFeS_2 \rightarrow CuFeS_4 \rightarrow CuS \rightarrow Cu_2S, CuS, Cu_2S \rightarrow CuSO_4 \cdot 5H_2O$$

халькопирит → борнит → ковеллин → халькозин и другие сульфиды → халькантит

элит ⟶ малахит ⟶ хризоколла ⟶ узбекит

свинец

$$PbS \longrightarrow PbSO_4 \longrightarrow PbCO_3 \longrightarrow Pb_5(PO_4)_3Cl \longrightarrow Pb_5(VO_4)Cl$$

галенит ⟶ англезит ⟶ церуссит ⟶ пироморфит ⟶ ванадинит

Таким образом, при переходе кислых вод в нейтральные и щелочные в зоне окисления сульфидных месторождений появляются карбонатные, фосфатные и гидросиликатные вторичные минералы. Увеличение кислотности ореольных вод и растворимости рудных минералов происходит также в случае совместного нахождения минералов с большой разностью электродных потенциалов (сульфиды железа, меди, мышьяка, сурьмы, ванадаты, фосфаты и др.) (44,59).

Содержание тяжелых металлов в водах в виде различных комплексных соединений и ионов достигает в этом случае нескольких сотен, а иногда и тысяч миллиграммов на литр.

Результаты гидрогеохимического опробования вод

Химический состав подземных вод района изучения определяется литологией района, представленной терригенными, карбонатными, эффузивными и изверженными породами, микроэлементный состав - их рудоносностью, в данном случае - свинцово-цинковой.

Гидрогеохимическому опробованию подвергались водопроявления месторождения Южный Карасан, рудопроявлений Кызылсай, Харкуш и Тортмоглы. Всего отобрано 48 проб, объем каждой составлял 1,5 л.

При отборе пробы воды на месте определялись ее физические свойства: температура, запах, цвет, прозрачность и pH. Химический анализ проб производился в Центральной химлаборатории Министерства геологии УзССР на следующие элементы.

Анионы: гидрокарбонат-, хлор-, сульфат-, нитрат-, нитрит-ионы.

Катионы: кальций, магний, натрий, калий, железо закисное, железо окисное, аммиак.

Кроме этого, определялись углекислота свободная и агрессивная, окисляемость, концентрация водородных ионов (pH), минерализация и жесткость воды.

Микрокомпоненты: свинец, цинк, медь, ртуть определялись в пробах № 22-4I. Ртуть определялась в САИПИМСе дитизоновым методом Д.С.Мукимовой.

По анионно-катионному составу воды района в основном гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниево-натриевые, низкоминерализованные с плотным остатком 0,I-0,2 г/л. В меньшей мере распространены сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные кальциево-магниево-натриевые с минерализацией 0,3-0,4 г/л. Воды района характеризуются слабо щелочной средой, pH колеблется от 7,4 до 8,4.

Рудные элементы в водах определялись в пробах, отобранных в полевой сезон I976 г.

Свинец в содержаниях 0,005 мг/л обнаружен в семи пробах вод: в двух - рудопроявления Харкуш, в трех - Тортмоглы, в двух - рудопроявления Кызылсай. В одной пробе западного участка месторождения Южный Карасан установлено 0,0I0 мг/л (пр. № 46).

Цинк обнаружен в двух водных пробах № 24 и 87 в концентрациях 0,350 мг/л на рудопроявлении Харкуш и Кызылсай (табл.I5).

Таблица I5

Родники с аномальными содержаниями микроэлементов

Номер родника	Местонахождение родника	Содержание элементов, мг/л			
		SO_4	Pb	Zn	Hg
II	Южный	I6I	Не опр.	Не опр.	Не опр.
I2	Карасан	I80	"	"	"
I9	"	33	"	"	"
20	"	46	"	"	"
24	Рудопроявл.Харкуш	I6	Нет	0,350	0,005
27	"	6	0,005	Отс.	0,000

28	Рудопроявл.Харкуш	4	0,005	Отс.	0,005
30	Рудопроявл.Тортмоглы	I2	0,005	"	0,000
32	"	9	0,005	"	0,005
34	"	I2	0,005	"	0,000
37	Рудопроявл.Кызылсай	7	Отс.	0,030	0,006
38	"	48	0,005	Отс.	0,005
42	"	I2	0,005	"	0,005
46	Зона уч.Юж.Карасана	20	0,0I0	"	0,005
3I	Рудопроявл.Тортмоглы	4	Отс.	"	0,005

Ртуть - обнаружена в 26 пробах воды в концентрации 0,4-2,5 мкг/л. Наиболее высокие содержания ртути $I-2,5\cdot I0^{-6}$ г/л отмечаются на рудопроявлениях Харкуш и Тортмоглы.

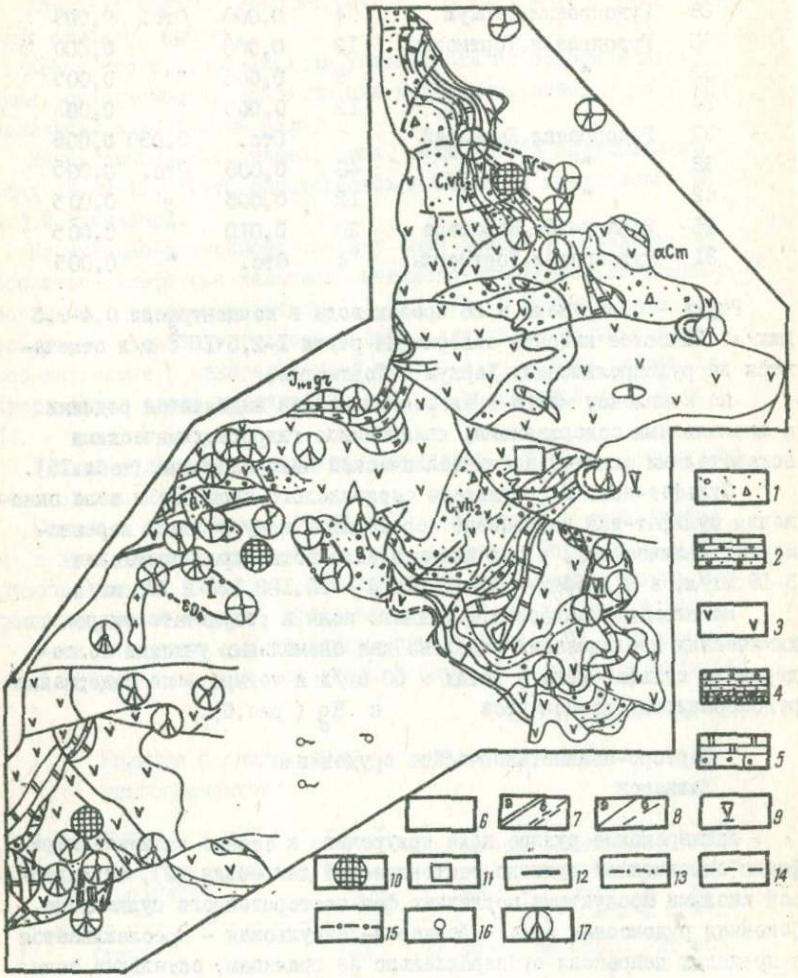
По комплексу макро-и микрокомпонентов выделяются родники с аномальными содержаниями, являющимися гидрогеохимическими показателями скрытой полиметаллической минерализации (табл.I5).

Сульфат-ион. В результате сернокислого процесса в зоне окисления сульфат-ион интенсивно переходит в воду в очень неравномерных количествах, в подавляющем количестве проб составляя 3-I8 мг/л, в 9 пробах - 25-47 и в 4 - 60,I00,I20 и I80 мг/л.

На площади Чакчарского рудного поля в результате гидрохимических исследований выделено два аномальных участка по содержанию сульфат-иона в водах > 50 мг/л и четыре - по содержанию рудообразующих компонентов и Hg (рис.6).

Серебро-полиметаллическое оруденение
Лашкерек

Лашкерекское рудное поле приурочено к северо-западной периферии одноименной вулкано-тектонической депрессии (2), заполненной кислыми продуктами последних фаз посторогенного вулканизма. Основная рудоносная зона - Лашкерек-Тезкульская - прослеживается в пределах депрессии субпараллельно ее границам, остальные зоны и участки размещаются севернее и часто приурочены к ограничивающим депрессию полукольцевым разломам (уч.Бешсандык, Шарчакмак и др). Размещение рудного поля контролируется крупной северо-западной зоной повышенной проницаемости скрытого типа, которая фиксируется цепочкой субвулканических, экструзивных тел малых интрузий.


αCm
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

. . . В составе липарит-трахилипаритовой формации, заполняющей депрессию, отчетливо обособляются две субформации. Первая, как установлено В.Н.Ткачевым (1968), сложена преимущественно пирокластическими отложениями мелко- и грубообломочными туфами липаритовых порфиров общей мощностью около 550-600 м, в основании которых залегает довольно мощная (до 160 м) пачка базальных вулканомиктовых конгломератов. Падение слоев южное, ориентировано к центру впадин. Толща туфов первой субформации с участками брекчиевых лав того же состава вмещает основную часть рудных тел.

Несогласно перекрывающие, а местами прорывающие туфовую толщу трахилипаритовые порфиры второй субформации слагают крупные экструзивные постройки, сформированные на заключительных стадиях вулканической деятельности.

Эта разновидность пород значительно менее деформирована и менее благоприятна для рудоотложения. В ряде случаев трахилипаритовые порфиры играют роль экрана для оруденения.

В пределах туфовой толщи вдоль Лашкерек-Тезкульской рудоносной зоны выявлен ряд крутопадающих тел трахилипаритовых порфиров, имеющих в поперечнике десятки метров и представляющих собой, видимо, субвулканические некки, или эродированные жерловины. Крупные выводящие каналы экструзий отмечал В.А.Арапов в северной части рудного поля, где обнажается фундамент депрессии, сложенный главным образом андезито-дацитовыми порфиритами. Рудоносные зоны, локализованные в фундаменте, характеризуются меньшими параметрами.

Рис.6. Гидрогеохимические ореолы месторождения Южный Карасан (составили Д.С.Мукимбова, М.К.Турапов на основе структурно-геологической карты Т.Ш.Шаякубова и др., 1974 г.)

I - поровые воды рыхлых четвертичных отложений; 2 - трещинные воды терригенно-карбонатных пород нижней юры; 3 - трещинные и трещинно-поровые воды изверженных пород нижнего карбона; 4 - трещинные воды терригенных песчано-сланцевых пород нижнего карбона; 5 - трещинные воды карбонатных пород нижнего и среднего карбона; 6 - трещинные воды кристаллических сланцев докембрия; 7 - срывы межформационные и межпластовые: а) достоверные, б) предполагаемые; 8 - разрывные нарушения: а) достоверные, б) предполагаемые; 9 - номер аномалии; I0- месторождения; II - площадь минерализации; гидрохимические аномалии: I2 - свинца, I3 - цинка, I4 - ртути, I5 - сульфат-иона; I6 - родник; I7 - процентное содержание анионно-катионного состава вод.

На площади рудного поля отмечаются довольно многочисленные дайки фельзит-порфиров, кварцевых порфиров, диабазовых порфиритов. Наиболее мощная дайка фельзит-порфира (до 300 м) наблюдается в зоне полукольцевого Бешсандыкского разлома. Дайки кислого состава предшествовали рудному процессу.

В процессе вулканизма внутренняя часть впадин претерпела значительное компенсационное опускание: амплитуды проседания юго-восточных блоков на отдельных участках кольцевой структуры (по Надакскому, Жерловому, Бешсандыкскому разломам) достигают 500-800 м. Наиболее крупный разлом линейного типа - Лашкерекский взброс-сдвиг восток-северо-восточного простирания- пересекает рудное поле в средней части, подчеркивая его блоковую структуру. Северный блок разлома опущен по отношению к южному на 400-450 м.

Наиболее протяженная рудоносная зона Лашкерек-Тезкульская, к которой приурочено большинство рудных тел, прослеживается в северо-восточном направлении на расстоянии более 5 км в южном блоке Лашкерекского разлома и примыкает к нему под острым углом. Зона состоит из четырех самостоятельных рудовмещающих структур, расположенных кулисообразно по отношению друг к другу.

Рудные тела в пределах зоны локализованы в крутопадающих жильных зонах, часто ветвящихся и меняющих элементы залегания как по простиранию, так и по падению. По данным И.Л. Яицкого, Д.Т.Хона максимальные концентрации рудных минералов, слагающих рудные столбы, линзы, приурочены к местам искривлений и сопряжений трещин. Протяженность отдельных тел составляет сотни метров, их мощности -2-3, иногда 9-10 м и более.

Главный минерал руд - галенит. Менее распространены сфалерит, блеклые руды, халькопирит, борнит, пирит, самородное серебро. Из нерудных широко распространены кварц, карбонат, реже - халцедон, барит, флюорит. Промышленное значение имеют свинец, цинк, медь, кадмий, теллур и др.

Основная масса сульфидного оруденения (массивные руды) приурочена к кварцевым и кварц-карбонатным жилам, в зальбандах которых наблюдаются вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды.

На Лашкерекском рудном поле исследования по геохимическим методам поисков, в частности по первичным ореолам, проводили

В.Ф. Скрябин и др. (47), А.Е.Антонов и др. (2), В.Р.Гейнке и др. В последние годы здесь проводятся геохимические работы силами ВКГРЭ (Н.Т.Гейнке и др.) и САИГИМСа (Д.С.Мукимова, А. Джураев и др.).

Нашими исследованиями установлено, что ореолообразующими элементами являются свинец, цинк, серебро, медь, мышьяк, сурьма, висмут, кадмий, кобальт, молибден, вольфрам, ванадий, олово, барий, никель, ртуть.

Ореолами ртути с концентрацией от $1 \cdot 10^{-6}$ до $35 \cdot 10^{-6}$% отмечены рудоносные зоны. Выявлена закономерность накопления ее ореолов в верхнерудных и надрудных частях. "Слепое" рудное тело, установленное на глубине свыше 100 м, фиксируется широким ореолом (более 100 м) с максимальной концентрацией ртути $17 \cdot 10^{-6}$%.

Гидрохимия Лашкерек-Тезкульского района

Особенности геолого-структурного строения месторождения Лашкерек, природные условия, выраженные в приуроченности к высокогорной ландшафтной зоне, и большие потенциальные возможности обнаружения скрытых и глубокозалегающих тел, требуют применения здесь высокопроизводительных экономичных и в то же время глубинных поисковых методов.

Один из таких методов, как показал опыт многолетних исследований, - гидрохимический, основанный на изучении особенностей формирования водных потоков рассеяния различных по составу рудных тел.

Гидрогеохимические поиски на площади Лашкерекского рудного поля проводились Б.Б.Адыловым, В.А.Ан и др. в комплексе с био- и литохимией В.Ф.Скрябиным и др. (1963,1966 гг.) и Ф.Г. Гуламовым и др. (1980 г.).

Площадь Лашкерекского рудного поля в гидрогеологическом отношении представляет часть свода и северо-западное крыло крупной открытой антиклинальной структуры с активным водообменом, обусловленным большим количеством тектонических нарушений и глыбовым строением района с различной амплитудой (2-500 м) смещения отдельных блоков.

Наличие даек, крупных региональных разломов мощностью I,5–500 м и протяженностью до 6 км обеспечивают образование трещинных вод с соответствующей глубиной и большой протяженностью циркуляции.

Питание подземных вод идет за счет инфильтрации атмосферных осадков, поступающих с поверхности через систему трещин в зонах выветривания и обрушения, связанных на некоторой глубине с тектоническими трещинами, выполняющими роль коллекторов.

Общий сток вод направлен к северу, минимальные среднемесячные модули подземного стока составляют на площади 3,4I л/с км^2, в том числе туфобрекчиям и туфам кварцевых порфиров кызылнуринской свиты- 2,I3, лавобрекчиям и лавам кызылнуринской свиты –0,07, интрузивным породам среднего состава – 0,77 л/с км^2 (Ф.Г.Гулямов, В.Д.Ляпкевич и др., I980 г.).

По условиям залегания и характеру водовмещающих пород на площади месторождения развиты следующие типы вод: I) трещинно-грунтовые верхней зоны региональной трещиноватости палеозойских пород; 2) трещинно-жильные дизъюктивных нарушений.

Первые – воды верхней зоны региональной трещиноватости палеозойских пород приурочены к эффузивным породам кислого состава, эффузивно-осадочным и интрузивным породам среднего состава.

Вторые подразделяются на трещинно-грунтовые воды: разнообломочных лав и лавобрекчий; туфов кварцевого порфира и даек диабазовых порфиров.

Воды холодные с температурой 6–II^{0}С, ультрапресные (0,07 г/л) и пресные (0,27 г/л), pH–5–8, по химическому составу гидрокарбонатно-сульфатные магниево-натриевые, иногда гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые, родники малодебитные (0,05–0,I л/с), сезонные.

Трещинно-жильные воды дизъюнктивных нарушений развиты в зоне Лашкерекского разлома и юго-западной части объекта, дебит родников до I л/с, глубина миграции до 200 м. Воды холодные 6–9^{0}С, ультрапресные с минерализацией 0,06–0,07 г/л, нейтральные (pH–7,0–7,2), гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниево-натриевые.

Микроэлементный состав вод многообразен и соответствует данной рудной формации. Воды содержат золото, серебро, мышьяк,

ртуть, фтор, свинец, бор, молибден, концентрация и частота встречаемости которых зависит от зон дренирования (табл.I6).

Таблица I6

Элемент	Всего опред.	В том числе значащих	Частота встреч.,%
Молибден	32	I9	60
Свинец	32	28	87
Медь	32	5	I6
Мышьяк	32	30	94
Цинк	32	2	6
Фтор	32	3I	97
Бор	32	23	7I
Бром	32	5	I6
Ртуть	32	32	I00
Золото	32		
Серебро	32		
Сурьма	32		

Наиболее распространена в подземных водах ртуть, она обнаружена во всех пробах (I00%) в концентрациях 0,000I-0,00025 мг/л, в единичном случае - 0,0008 мг/л (проба из поверхностного водотока - руч. Лашкерек).

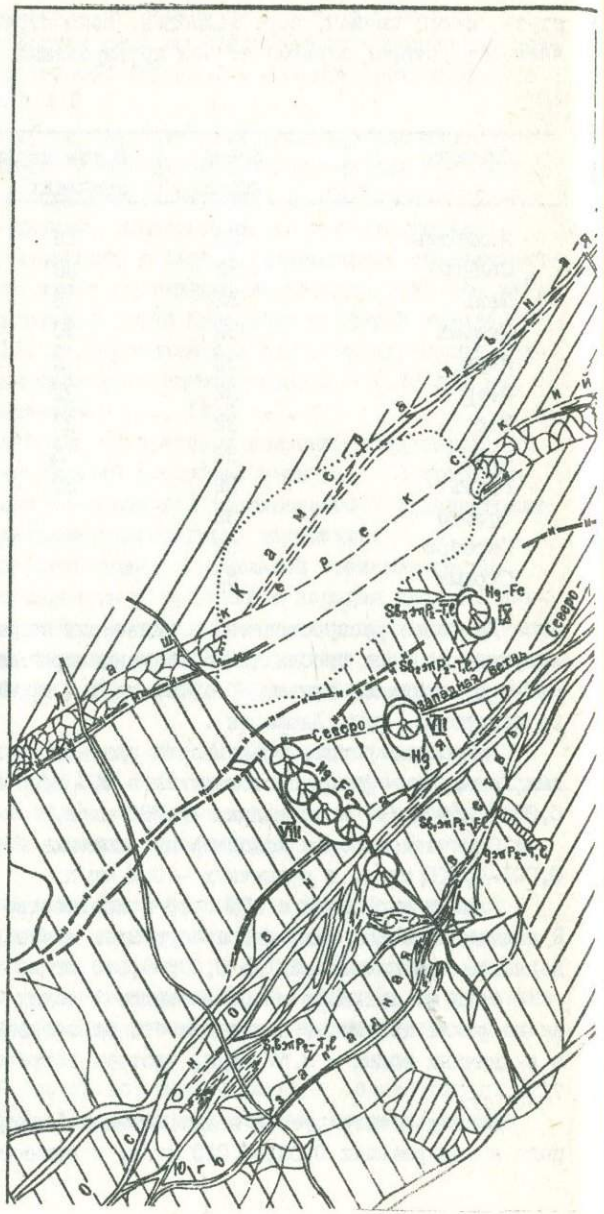
Второй по распространенности элемент на площади месторождения Лашкерек - фтор, он обнаружен в 97% проб в содержаниях 0,08-0,250 мг/л, в аномалиях -I,700 мг/л.

Отмечена высокая концентрация мышьяка в водах - в пределах 0,00I-0,0I0 мг/л, в рудничных - 0,2 мг/л.

Свинец определен в 87% проб в количестве 0,0I0-0,025 мг/л. В подземных водах скважин, пробуренных в зоне минерализации, содержание его повышается до 0,035-0,040 мг/л.

Один из активных микроэлементов в водах объекта - бор, несмотря на то,что концентрация его однообразна - I,74 мг/л, а в рудничных водах - 3,47 мг/л, частота встречаемости составляет 7I%.

Молибден мигрирует в водах площади Лашкерекского рудного поля в содержаниях 0,00I-0,0I2 мг/л, в рудничных и скважинной


Камрек
Hg-Fe
Hg-Fe
Hg
Северо
Северо
Западная ветвь
Hg-Fe
Hg
Hg-Fe
Hg-Fe
Hg-Fe

воде концентрация молибдена повышается до 0,020 мг/л.

Наибольшая по площади гидрогеохимическая аномалия I (рис.7) приурочена к протяженной полосе даек диабазовых порфиритов северо-восточного простирания, т.е. параллельного Лашкерекскому разлому. Максимальное содержание элементов наблюдается в родниках, дренирующих место максимального сближения даек, которому предшествует флексуроподобный разрыв. Воды аномалии характеризуются сравнительно высокой минерализацией (0,12-0,27 г/л) и содержанием большого количества микроэлементов: молибдена, свинца, меди, мышьяка, цинка, фтора, бора, ртути.

На флангах аномалии содержания элементов значительно снижаются. Наличие гидрохимической аномалии подтверждает структурно-контролирующий фактор даек золото-полиметаллического оруденения и ориентирует на его слепое залегание. Аномалия II приурочена к дайке основного состава в зоне Лашкерекского разлома. Химический состав рудничной воды из недостающей штольни характеризуется минерализацией 0,15 г/л и значительными содержаниями ртути, фтора, мышьяка, свинца, молибдена, цинка, бора и др.

Аномалия III приурочена к туфобрекчиям липаритовых порфиров (родн.7). Минерализация 0,11 г/л, отмечается в воде большое количество элементов: молибден, свинец, медь, мышьяк, фтор, бор, бром, ртуть.

Рис.7. Гидрогеохимические ореолы месторождения Лашкерек (составили Д.С.Мукимова, А.Джураев, 1985 г.).

1- трещинно-грунтовые воды брекчиевых лав липаритовых и трахилипаритовых порфиров; 2- трещинно-грунтовые воды глыбовых ксенотуфов липаритовых порфиров; 3- трещинно-грунтовые воды диабазовых даек; 4- трещинно-жильные воды зон дробления и разрывных нарушений; 5- рудные зоны с серебряно-полиметаллической минерализацией; 6- опробованные родники и их номер; 7- минерализация вод до 1 г/л; 8 - минерализация вод 1 г/л и выше; 9- а- анионы, б - катионы; 10- гидрокарбонат-ион; 11- сульфат-ион; 12- хлор-ион; 13- водные ореолы; 14- региональные разломы: а- долгоживущие, б - локальные, прослеженные; катионы: 15 - кальция, 16- натрия + калия, 17- магния.

Таким образом, наличие ореолов ртути на площади полиметаллического, колчеданно-медного и серебро-полиметаллического оруденений очевидно.

В первичных ореолах рассеяния стратиформного типа ртуть находится в количестве $n \cdot 10^{-7}$ – $1 \cdot 10^{-5}$%, во вторичных ореолах – $n \cdot 10^{-6}$–$7 \cdot 10^{-6}$%, в зонах тектонических нарушений – до $1 \cdot 10^{-4}$%. На серебро-полиметаллическом месторождении ореолы ртути в количестве $1 \cdot 10^{-6}$ – $35 \cdot 10^{-6}$% четко фиксируют слепые рудные тела.

ГЛАВА IУ. РТУТНОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗОЛОТА

Полисульфидная минеральная ассоциация относится к числу наиболее распространенных не только на описываемой территории, но и в Тянь-Шане. Присутствие ее установлено практически на всех месторождениях убого, мало, умеренно и существенно сульфидной групп формаций. В большинстве случаев она развита слабо и образует позднюю (наложенную) устойчивую ассоциацию, но на некоторых месторождениях является определяющей (*Самарчук, Сентяб*, Актурпак, Сартабуткан, Кочбулак, Бургунда и др.). Последние, умеренно сульфидные, образовались в относительно приповерхностных условиях, переходных к средним глубинам.

Обычный состав ассоциации: жильные минералы – кварц, карбонат, халцедон; рудные – халькопирит, пирит, галенит, сфалерит, тетраэдрит. Повсеместно, но в значительных количествах, присутствуют тетрадимит, теллуровисмутин, висмутин, самородный висмут. Сульфиды содержат высокие концентрации блеклой руды, галенита, пирита и др.

Форма рудных тел – жилы и залежи с неравномерной вкрапленностью сульфидов. Золото преобладает самородное, теллуриды золота (калаверит, сильванит и др.) установлены на месторождениях Кочбулак, Кызылалма и Бургунда.

Золото-серебряная формация (золото IУ)

К этой формации относятся месторождения, сформировавшиеся на небольших глубинах, в рудах которых серебро существенно преобладает над золотом. Выделяется два минеральных типа таких руд – золото-серебряный и золото-серебряно-антимонитовый (киноварный).

Собственно золото-серебряная ассоциация характерна для убогосульфидных руд. Представителями ее являются месторождения Каульды, Кызылалмасай, *Пирмираб*, Гузаксай. На месторождениях остальных групп формаций она либо отсутствует, либо имеет подчиненное значение (Мурунтау и Каракутан). Жильные минералы – кварц, анкерит, халцедон, кальцит адуляр; рудные – пирит, блеклая руда, халькопирит, пираргирит, иногда кюстелит.

Месторождения с золото-серебряным типом руд размещаются в гранодиоритах (Пирмираб) или эффузивных породах (Каульды, Гузаксай и др.) верхнего палеозоя. Рудные тела образуют жилы и прожилки в зонах измененных пород. Возраст оруденения - верхняя пермь - нижний триас.

Чаткало-Кураминский регион

Многократно проявившаяся тектоническая активность региона предопределила заложение и длительное развитие глубинных разломов северо-восточного и северо-западного простирания, обусловивших складчато-глыбовое строение территории с проявлением мощной магматической деятельности и рудных процессов.

В описываемом районе (включая Чадак) развиты рудопроявления и месторождения субвулканической золоторудной формации верхнепалеозойского возраста.

Нами исследовалась пермо-триасовая близповерхностная и субвулканическая группа. Она приурочена к краевым частям кольцевых вулканотектонических депрессий и тяготеет к областям пересечения их глубинными разломами северо-восточного и северо-западного направлений. Рудные тела размещаются среди вулканитов среднего состава, часто связанных с субвулканическими телами T_2 дипарит-трахилипаритовой и P_2 трахиандезит-трахибазальтовой формаций.

Широко развиты гидротермально измененные породы: березитизация и аргиллитизация (кварц, гидрослюда, каолинит, серицит, пирит), а во внешних зонах - процессы пропилитизации (эпидот, альбит, карбонат, хлорит).

Наряду с колломорфными тонкополосчатыми, фестончатыми, кокардовыми текстурами развиваются брекчиевые и брекчиевидные. Часто встречаются различные по характеру эруптивные брекчии, сопровождающие рудные тела.

Геологические условия, минеральный состав руд, их структуры и текстуры, характер околорудных метасоматитов указывают на формирование месторождений этой группы на небольших глубинах (до 4 км).

Кураминская зона, в которой расположено золоторудное месторождение Кызылалма является западным продолжением Северо-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса Среднеазиатской ртутно-сурьмяной провинции.

Район месторождения Кызылалма находится в пределах центрального горстового поднятия в Шаваз-Дукентском синклинальном прогибе (4). Образование этой структуры связано с герцинским орогенезом, когда сформировались протяженные Гошсайский и Булакский разломы северо-восточного простирания, ограничивающие поднятия с юга и севера. Позже возникли относительно более мелкие разломы широтного, субширотного, северо-западного и северо-восточного (Кызылалмасайский, Туячавульский и др.) направлений, разделившие горст на ряд узких опущенных блоков.

Месторождение Кызылалма приурочено к одноименному разлому северо-западного простирания. Он представляет единую сложнопостроенную зону мощностью до 200 м, падающую на северо-восток под углом 45-60° и маркирующуюся полосой осветленных серицитизированных, окварцованных гранитов среднего палеозоя, а также серией различных даек и линейно вытянутыми субвулканическими телами. Внутренняя часть Кызылалмасайского разлома имеет мелкоблоковое строение. На площади Центрального участка разрывное нарушение, к которому приурочена жила Главная, по генетическому признаку относится к сбросу с амплитудой вертикального перемещения висячего крыла около 80 м.

По времени формирования элементы Кызылалмасайского разлома разбиваются на дорудные, предрудные, внутрирудные и пострудные (М.О.Сулейманов, Н.Ф.Рафиков, О.А.Белоплотова и др.).

Дорудные трещинные структуры локализуют различные дайки среднепалеозойского интрузивного комплекса, слагающие дайковый пояс запад-северо-западного простирания. Дайки представлены сиенито-диоритовыми порфиритами, кварцевыми диоритовыми порфиритами, гранодиорит-порфирами, кварцевыми порфирами.

В предрудный этап формирования структуры возникают ослабленные зоны, характеризующиеся серицитизацией, окварцеванием, последующие подвижки вдоль которых привели к образованию разрывов, впоследствие залеченных кварцевыми жилами.

К сопряжению Кызылалмасайского и Широтного разломов приурочены золото-кварцевые жилы, несущие оруденение. Они размещаются в нижней части акчинской свиты и гранитоидах P_2.

В пострудный этап структура Кызылалмасайского разлома значительно усложнилась. Широкое развитие получили разрывы вдоль контактов даек и жил с образованием зон дробления и перетирания с глинкой трения, сохранившие направление Кызылалмасайского разлома.

Особенности строения и состава первичных ореолов месторождения Кызылалма

Роль строения и состава первичных ореолов месторождений полезных ископаемых в практике поисков скрытого оруденения особенно велика, так как располагаясь в определенной закономерности относительно рудных тел, они могут указать какое это оруденение или какая его часть.

Изучение первичных ореолов проведено в пределах Главной рудоносной зоны, включающей структуры двух основных рудных тел (эродированной и слепой), на которых пройдены разрезы, выходящие за ее пределы в висячий и лежачий бока.

Рудоносная структура представлена зонами интенсивного (кварца 50-90%), умеренного (кварца 30-50%) и слабого (кварца менее 30%) прожилкового и метасоматического окварцевания и околорудно измененных пород. Она приурочена к горстовому поднятию синклинального прогиба. Вмещающие породы - формации вулканогенно-флишоидная каледонского тектоно-магматического цикла и гранодиоритовая, андезитовая, дацитовая герцинского. Последние две формации слагают большую часть площади и лежат на глубоко размытом фундаменте, образующем клиновидный блок из пород первых двух. Изменение вмещающих пород выражены в площадной пропилитизации и околорудной аргиллитизации. Рудные тела преимущественно кварцевого состава, несут пиритовую минерализацию, халькопиритовую, галенитовую, сфалеритовую и блеклую.

Верхняя часть эродированного рудного тела исследована с поверхности, а средне- и нижнерудные - на горизонтах А, В, С. Сле-

пое рудное тело изучалось от надрудных, верхнерудных и среднерудных до нижнерудных по скважинам и горизонтам А, В, С. Все исследования в данном направлении производились согласно "Методическим рекомендациям..."1974, 1979 гг.

Оруденения сопровождаются поликомпонентными первичными ореолами, состоящими из ртути, сурьмы, мышьяка, висмута, золота, серебра, свинца, меди, цинка, молибдена, вольфрама и других элементов. Среди них можно выделить две группы (по контрастности). К первой относятся ртуть, сурьма, мышьяк, висмут, серебро, золото, свинец, медь, цинк, молибден, вольфрам, иногда никель и кобальт, концентрация которых в рудных телах и их ореолах в . 10 - . 10^4 и более раз превышает значения фона. Данные элементы, чаще всего привнесенные совместно с золотом и закономерно распределенные в ореоле относительно рудного тела, по-видимому, можно отнести к прямым элементам-индикаторам золотого оруденения.

Вторую группу - олово, ванадий, бор, фтор, содержания которых в малоконтрастных ореолах отличаются от фона в 1,5-5,0 раз, можно отнести к косвенным элементам-индикаторам данного типа оруденения.

Р т у т ь наиболее легколетучий элемент, характерная особенность которого заключается в способности образовывать широкие ореолы над рудными телами. Максимальные содержания ее приурочены к эндоконтактовой части со стороны висячей зальбанды. Аномальные содержания ртути прослеживаются на расстояние до 100 м во вмещающие породы со стороны висячего бока рудной зоны с содержанием $1 \cdot 10^{-6}$ при минимальном $0{,}4 \cdot 10^{-6}$%.

Повышенными содержаниями ртути $1{,}6 \cdot 10^{-6}$%, $2{,}1 \cdot 10^{-6}$% фиксируются зоны тектонических нарушений. При изучении горизонтов месторождения установлено, что ртуть аномальными содержаниями охватывает всю главную рудную зону. Повышенные содержания ее приурочены к рудным телам, максимальные (до $25 \cdot 10^{-6}$%) выявлены на горизонтах. На первом из них, кроме ореолов над известными рудными телами, обнаруживается мощная аномалия шириной 30 м, интенсивностью до $15 \cdot 10^{-6}$%, располагающаяся на крайнем севере выработки. Привлекает внимание аномалия ртути, расположенная на крайнем севере выработки горизонта В, где ее интенсивность достигает $5{,}5 \cdot 10^{-6}$%.

На этом же горизонте в 110 м от крайней северной стенки выявлена аномалия шириной до 15 м с максимальным содержанием ртути $11 \cdot 10^{-6}$%, в пределах которого аномалия золота отсутствует, хотя на горизонтах ниже под данным ореолом ртути выявляются повышенные содержания главного элемента месторождения.

Средние содержания ртути в первичном ореоле слепого тела постепенно увеличиваются от надрудной части к среднерудной; затем снижаются к подрудной. Во многих случаях максимальное содержание основного элемента месторождения коррелируется с максимальным содержанием ртути.

Аномалии ртути эродированного тела менее интенсивны, чем слепых рудных тел на тех же горизонтах (рис. 8-10). Это наблюдается на горизонте С, где эродированное тело сопровождают ореолы ртути с повышенными содержаниями до $3 \cdot 10^{-6}$% при единичных максимальных концентрациях $5,5 \cdot 10^{-6}$%, а слепое - от 7,5 до $24 \cdot 10^{-6}$%. Ореол ртути, зафиксированный в нижней части оруденения с максимальным содержанием $1,5 \cdot 10^{-6}$%, при среднем $1,26 \cdot 10^{-6}$%, менее интенсивен по сравнению с его же ореолом слепого оруденения, расположенного гипсометрически ниже подсеченного в верхнерудной части с наибольшим содержанием $5,8 \cdot 10^{-6}$% при среднем $2,13 \cdot 10^{-6}$%.

С у р ь м а является над- и верхнерудным элементом, ее четкие и контрастные аномалии выявлены по всей главной рудной зоне, фиксирующиеся в виде широкого ореола, выходящего как в надрудную, так и подрудную часть. При этом максимальные высокие его значения (0,1 и 0,16%) приурочены соответственно к средним и нижним частям слепого рудного тела.

Средние содержания сурьмы по слепому рудному телу аналогично ртути увеличиваются до среднерудной части, затем постепенно снижаются. В большинстве случаев со стороны висячего бока рудной зоны эти значения сурьмы выше, чем со стороны лежачего. Наблюдается корреляция ореолов сурьмы с ореолами ртути.

М ы ш ь я к также как и сурьма - характерный подрудный верхнерудный элемент максимальные содержания которого пространственно располагаются по висячей стороне жилы в этом же направлении, прослеживаясь на 40 м вверх по восстанию. Наиболее высокие значения (0,0154%) среднего содержания этого элемента выявлены в надрудных частях. Затем с резко сниженных средних, почти в три

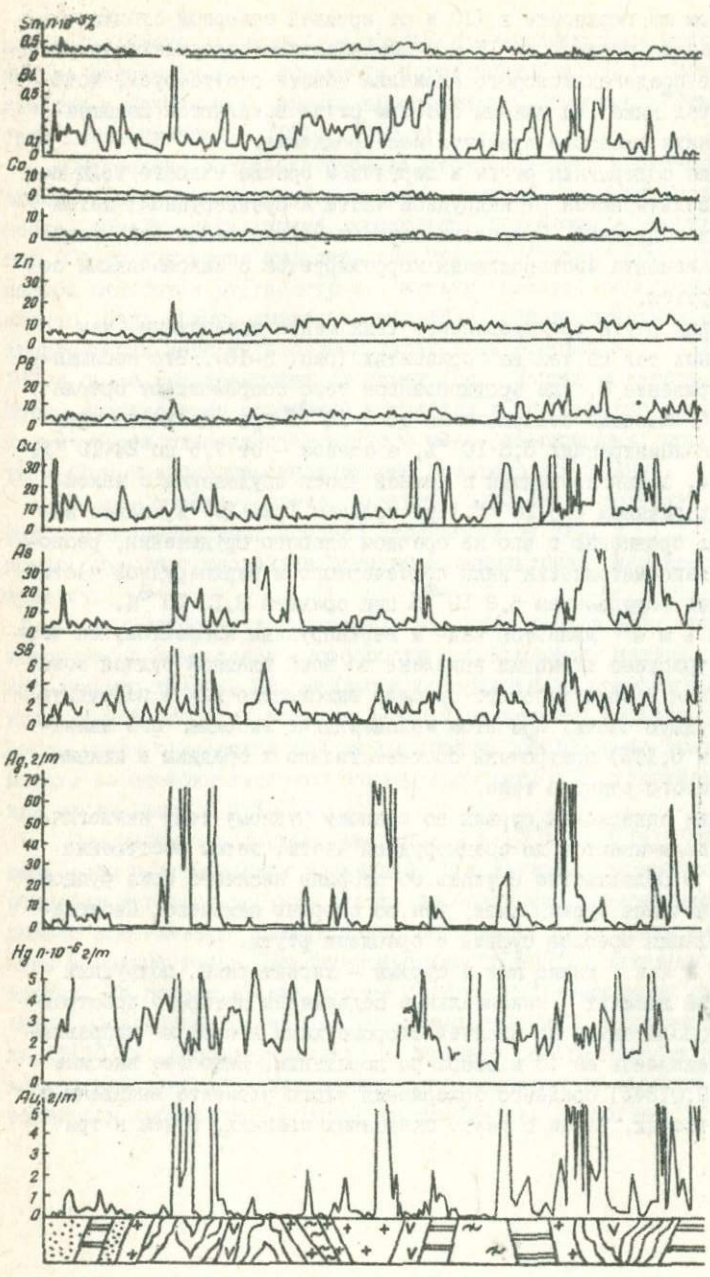


Рис.8. Содержание элементов в ореолах гр.А.
Зоны: I-умеренного окварцевания (кв.30-50%), 2-интенсивного (кв.> 50%); 3-гранит-порфиры рассланц.; 4-сиенит-порфиры, 5-зона перетертых пород, 6-сланцы метаморфич., 7-габбро-диориты, 8- диоритовые порфириты.

раза, он увеличивается до горизонта В, где его значения составляют 0,012% и снова уменьшается к нижним горизонтам.

В нижнерудной части ореол мышьяка резко уменьшается, лишь выявляются наибольшие пики между ветвями рудного тела, вскрытого на верхних уровнях. Широкий ореол мышьяка с наиболее высок ми концентрациями характерен со стороны висячего бока. Выявляется корреляция ореолов мышьяка с ореолами ртути и сурьмы.

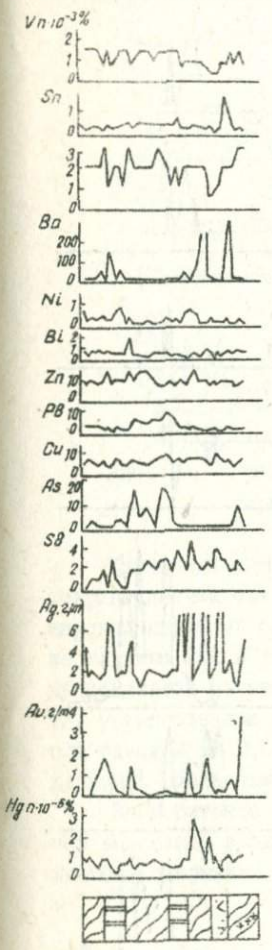


Рис.9. График содержания элементов в первичных ореолах горизонта В.

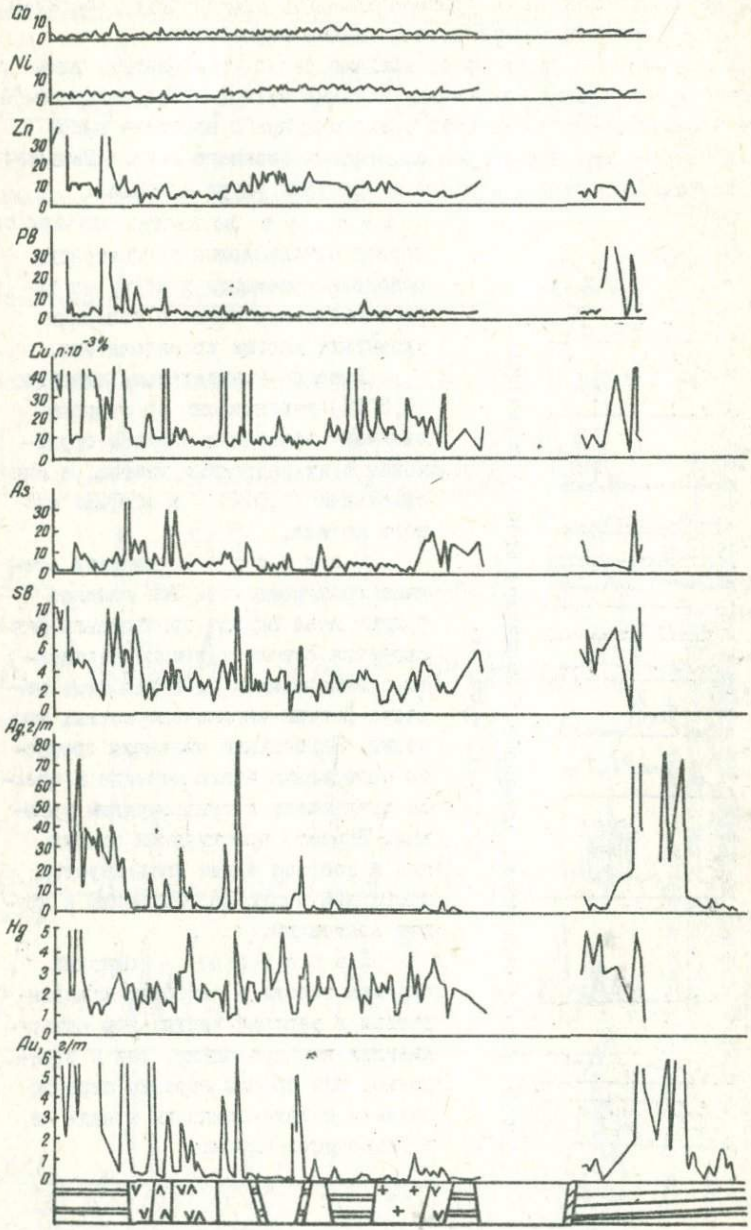
Усл.обозн.см.рис.8

В и с м у т во многих случаях повторяет максимальные концентрации основного элемента и меди, на парагенетическую связь с которыми указывают многие исследователи.

Высокие концентрации висмута (0,001%) установлены со стороны висячей зальбанды слепого оруденения в их надрудных частях, а максимальные (0,04%) - в апофизе одного из них.

З о л о т о - ведущий элемент месторождения. Вся главная рудная зона вкрест простирания фиксируется ореолами данного элемента с содержанием 0,05 усл.ед., образуя факелы высококонтрастных аномалий. Наибольшие значения среднего содержания этого металла в ореоле приурочены к среднерудным уровням. Вкрест простирания рудных жил и зон оно также локализуется в средней части по отношению к другим элементам.

С е р е б р о - близкий спутник золота - способно накапливаться в верхних частях зон минерализации как продольно, так и поперечно. Его ореолы гораздо шире по размеру и интенсивности в над- и верхнерудных частях.


Co
10
0
Ni
10
0
Zn
30
20
10
0
Pb
30
20
10
0
Cu n·10⁻³%
40
30
20
10
0
As
30
20
10
0
Sb
10
8
6
4
2
0
Ag г/т
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Hg
5
4
3
2
1
0
Au г/т
6
5
4
3
2
1
0

Ореолы свинца распространены от среднерудных до надрудных частей. Повышенные значения 0,03% приурочиваются к висячему боку рудной зоны, ореолы его прослеживаются в этом же направлении оруденения.

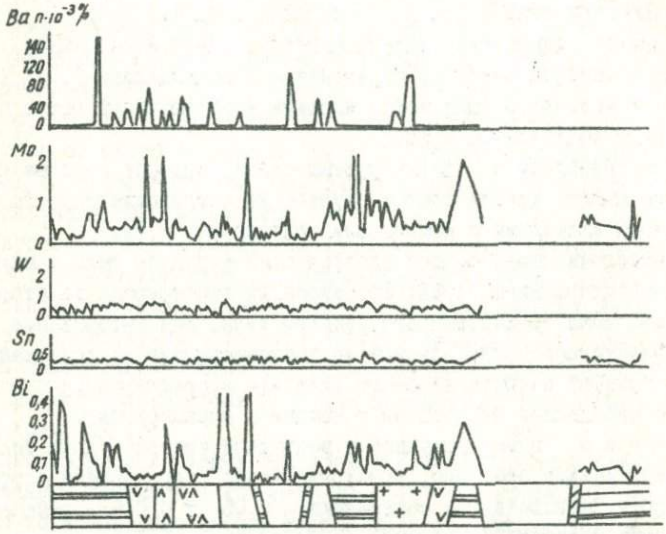


Рис. 10. График содержания элементов в первичных ореолах горизонта С (квершлаг). Усл.обозн.см.рис.8

Единичным аномальным всплеском свинца с содержанием 0,01% сопровождается слепое оруденение на горизонте А. Интенсивная и широкая аномалия свинца с наибольшей ее концентрацией отмечена на глубине 100 м (0,5%) (рис. 8–10). Слепое оруденение также сопровождается интенсивным ореолом свинца с максимальным значением 1%, установленным в висячем боку. Широкий ореол этого элемента с содержанием до 0,02% сопровождает эродированное оруденение с отдельными всплесками, достигающими на горизонте А до 0,01%.

На горизонте С широкий ореол фиксируется со стороны висячей зальбанды эродированного рудного тела, где установлено повышенное содержание свинца 0,05%. По разрезу, пройденному восточ-

нее от последней, интенсивный ореол свинца сопровождает слепое рудное тело, максимальное содержание в эпицентре которого составляет 0,3%, в то время как на флангах менее интенсивные ореолы с содержанием 0,08%.

Ц и н к в рудных частях образует слабые ореолы, его максимальное значение - 0,03%, со стороны висячего бока.

Слепое рудное тело сопровождается, аналогично свинцу, единичным всплеском цинка на горизонте А с содержанием 0,02% (рис. 8). На горизонте С выявляется широкий и интенсивный ореол с максимальным содержанием 0,5%.

По сравнению со слепым рудным телом, которое не отмечается ореолом цинка, другое слепое оруденение сопровождается его интенсивной аномалией с наибольшим содержанием 0,5%.

Ореолами цинка сопровождается слепое рудное тело с максимальным содержанием 0,04%. Его аномалии фиксируются со стороны висячего бока эродированного рудного тела, где интенсивное значение достигает 0,08%. Данные по средневзвешенному содержанию характеризуют накопление этого элемента в среднерудном пространстве с небольшими переходами в нижние и верхнерудные.

М е д ь в верхнерудной и надрудной частях рудных тел отмечается узкими ореолами, пространственно совпадающими с ореолами золота, максимальные содержания - 0,05 и 0,04% - отмечаются в средней и нижней части жилы (в поперечном срезе).

Ореолы меди слепого рудного тела менее интенсивные и очень узкие по сравнению с широкими ореолами эродированного рудного тела. Наиболее широкие (до 110 м) ореолы сопровождают слепое рудное тело на горизонте С, где его максимальное содержание достигает 0,3%.

Интенсивными аномалиями меди фиксируются остальные слепые рудные тела от 0,07% и выше с наибольшим значением 0,3-0,5% с развитием широких ореолов (до 40 м).

В висячем боку слепых рудных тел установлен еще ряд аномалий этого металла с максимумом до 0,2%.

Характерная особенность данного элемента заключается в накоплении его по всему рудному телу. Если в нерудных частях его ореолы узкие, то в средне- и подрудной - широкие и более интенсивные.

В о л ь ф р а м образует узкие ореолы в верхнерудной зоне, в средней части и лежачем боку слепого рудного тела с интенсивными содержаниями до 0,002-0,003%.

На горизонте А ореол вольфрама наблюдается по эродированному рудному телу, где его ширина достигает 5 м при максимальном содержании 0,002%. Слепое рудное тело на этом же горизонте сопровождается одним аномальным пиком вольфрама 0,001%, приуроченным к лежачему боку.

Ореолы вольфрама одного слепого рудного тела на горизонте С выявлены со стороны лежачего бока повышенно аномальных всплесков ведущего элемента или приурочиваются к областям минимальных содержаний золота и ртути.

Широкая аномалия вольфрама (до 30 м) с максимальной концентрацией (0,006%) выявлена со стороны лежачего бока слепого рудного тела. Со стороны лежачего бока высоко аномальных всплесков другого слепого рудного тела отмечаются ореолы вольфрама с наибольшим содержанием - 0,005%. Эродированное рудное тело сопровождается узкими прерывистыми ореолами вольфрама и содержанием до 0,003% (рис. II).

Одно из слепых рудных тел сопровождается ореолом вольфрама, максимальное содержание которого (0,004%) установлено в лежачем боку, в то время, как слепое рудное тело сопровождается прерывистой аномалией данного элемента на протяжении 50 м. Наивысшие значения вольфрама (0,007%) установлены между ветвями высоких значений основного элемента. Наблюдается увеличение его среднего содержания от верхне- к нижнерудным горизонтам при увеличении ширины ореола - к нижнерудным.

Ореолы молибдена отмечаются на протяжении от надрудных частей до нижнерудных. Причем, во многих случаях он фиксируется в лежачем боку рудных тел. Максимальное содержание молибдена в надрудных и верхнерудных частях 0,003%-0,004% (рис. 8, I2). На горизонте А его максимумы уже достигают по слепому рудному телу 0,01-0,03%, по эродированным рудным телам - 0,006-0,02%. Здесь он способен локализоваться в лежачем боку. Наблюдается закономерность расположения максимумов молибдена в минимумах ртути.

На горизонте С устанавливается та же закономерность.

Н и к е л ь очень интенсивен в над- и верхнерудных частях

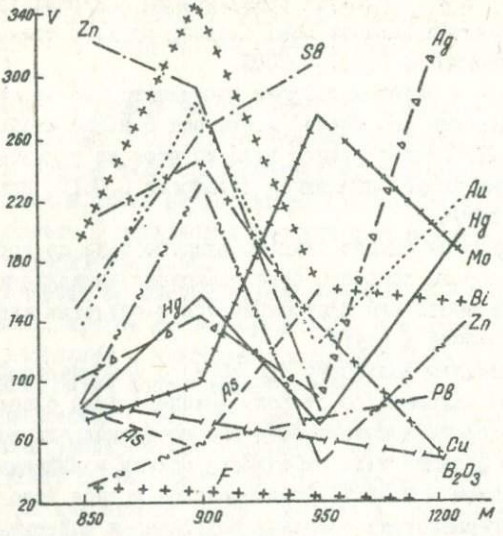


Рис.II. Распределение коэффициента вариации элементов в вертикальном разрезе месторождения Кызылалма.

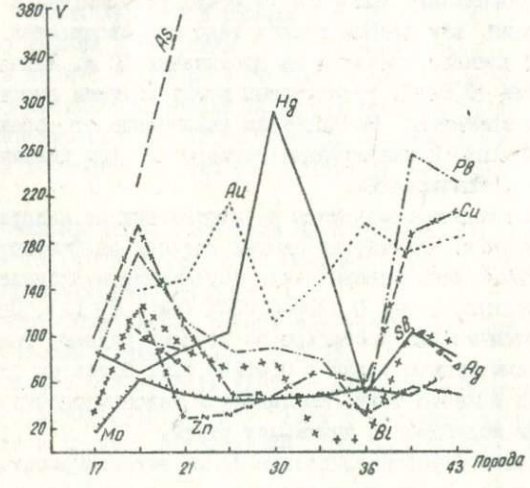


Рис.12. Распределение коэффициента вариации в литолого-петрографических разностях месторождения Кызылалма на горизонте 850 м.

за счет выноса его из висячего бока рудоносной зоны. Здесь отмечаются его самые минимальные значения-0,005-0,001%. Ореолы выявлены по эродированному рудному телу на горизонте А, где его наибольшее содержание достигает 0,01%. Наиболее интенсивный и широкий ореол (до 30 м) никеля наблюдается со стороны лежачего бока слепого рудного тела, у восточного замыкания западной аномалии ведущего элемента. Максимальное содержание составляет 0,03%. Ореол этого элемента наблюдается со стороны лежачего бока слепых рудных тел интенсивностью 0,01 и 0,008%.

К о б а л ь т образует вынос шириной 5 м, который отмечается в надрудной части. Его аномалии наблюдаются на горизонте А эродированного рудного тела, где концентрации достигают 0,006% (рис. 8).

По разрезу, расположенному восточнее, ореол кобальта фиксируется в лежачем боку слепого рудного тела с содержанием до 0,007%. Метров сто ниже на этом же рудном теле наибольшее содержание никеля составляет 0,01% (рис. 10).

В а н а д и й образует слабо выраженные зоны выноса по данным опробования скважин, расположенных в висячих боках зон и наиболее ярко отмечается на горизонте С по двум рудным телам,где ясно наблюдается корреляция минимального содержания этого элемента с максимальными основного элемента. Данная тенденция фиксируется в пределах двух слепых рудных тел (рис. 9).

Б о р и ф т о р способны выноситься из рудных зон и отлагать свои повышенные концентрации в висячем боку рудных тел (рис. 10).

Таким образом, данные изучения распределения элементов в различных горизонтах по графическим приложениям позволяют сделать следующий вывод:

Легкоподвижные элементы ртуть, сурьма, мышьяк, серебро, а также свинец накапливаются в основном в надрудных и верхнерудных частях, приурочиваясь максимальными концентрациями к висячей зальбанде рудных тел, прослеживаются на расстояние 100 м,при наличии тектонических нарушений распространяются еще дальше. Свинец и мышьяк образуют ореолы на протяжении 40 м в этом же направлении.

Золото, медь, цинк и висмут приурочиваются главным образом

к среднерудной части, хотя повышенные концентрации последнего элемента фиксируются в над- и верхнерудной частях.

Вольфрам, молибден, никель и кобальт - элементы, образующие аномалии в нижнерудных частях. Ванадий, отчасти бор и фтор, образуют зоны выноса. Причем, ореолы никеля и кобальта образуют также зоны выноса в верхнерудных частях со стороны висячего бока рудных тел.

Для более точного обоснования вышесказанного мы определили зональность первичных ореолов слепого рудного тела месторождения, которая устанавливалась путем расчета коэффициента контрастности и показателей зональности на основе средневзвешенных содержаний и линейных продуктивностей, нормированных на среднефоновые содержания соответствующих элементов (табл. I7). Исходя из таблиц I7 и I8, получен следующий ряд (сверху вниз): мышьяк(ртуть,сурьма,висмут)-серебро (свинец, медь) - золото (цинк, молибден (?)) - вольфрам. Место молибдена проблематично, так как его повышенная величина отмечается в двух случаях, верхнерудном и нижнерудном горизонтах, что может быть обусловлено двумя минеральными разновидностями молибдена.

Пользуясь изменчивостью величины показателя зональности по вертикали, устанавливаем ряд зональности: мышьяк-ртуть-висмут--сурьма-серебро-свинец-медь-золото-цинк-молибден (?)-вольфрам. В целом ряд зональности слепого рудного тела соответствует обобщенному ряду сульфидных месторождений (Л.Н. Овчинников, С.В. Григорян).

Зональность элементов подтверждает, что ртуть, мышьяк, сурьма, висмут являются над- и верхнерудными элементами. Наличие их аномалий в пределах исследованной площади позволит прогнозировать слепые слабо эродированные тела.

Модель подвижности элементов в вертикальном разрезе месторождения Кызылалма

Подвижность ассоциаций элементов рассчитывалась методом математической статистики. По предлагаемой методике сбора и обработки геохимической информации в выборку включались закодирован-

Таблица I7

Геохимические параметры эндогенных ореолов слепого рудного тела

Выработка	Местоположение	Au, усл. ед.	Ag, усл. ед.	Hg, $n \cdot 10^{-6}$%	Sb, $n \cdot 10^{-3}$%	As, $n \cdot 10^{-3}$%	Pb, $n \cdot 10^{-3}$%	Cu, $n \cdot 10^{-3}$%	Zn, $n \cdot 10^{-3}$%	Bi, $n \cdot 10^{-3}$%	W, $n \cdot 10^{-3}$%	Mo $n \cdot 10^{-3}$%
	Величина линейной продуктивности											
Скв. *a*	Надрудное	I2780	323,9	I6,4	I02	I93	–	I43,8	–	I7,3I	–	I76,4
Скв. *b*	"	4435	87,8	II,4	62	I8	2	I9	–	2	–	6
Скв. *c*	Верхнерудное	36I85	443,I	54,23	429	87,4	84	522	–	I0,3	3I	I7I
Скв. *d*	"	85I5	II3,6	48,9	I73	45	6	34	–	II,4	II	89
Гор.	"	II575	337I,2	73,5	205	72	I	27	I	3,5	I,5	0,4
Гор.	Среднерудное	I9295	I296,I	44,3	I9I	22	300	42I	60	7	43,6	II5
Гор.	"	3I2560	8396,25	254,7	907	266	643	II67	I38	I0	39,5	39,5
Скв.	Нижнерудное	I2685	I08,42	II,5	20I	96	–	202,8	I38	2,7	I26	85
	Коэффициенты контрастности											
b/d		0,5I	0,77	0,23	0,35	0,40	0,33	0,57	–	0,I6	0,4(?)	0,I0
a/c		0,35	0,65	0,30	0,23	2,2	25I	2,75	–	I,67	I2,5(?)	I,02
A/C		0,03	0,40	0,28	0,22	0,26	0,002	0,02	0,005	0,38	0,03	0,I0

Ряды зональности

b/d серебро–медь–золото–мышьяк–сурьма–свинец–ртуть–висмут–молибден–вольфрам

Таблица I8

Величина показателя зональности элементов на различных уровнях ореолов слепого рудного тела

Выработка	Местоположение	*Au*	*Ag*	*Hg*	*Sb*	*As*
Скв.	Надрудная	0,929	0,023	0,00I2	0,007	0,0I4
"	"	0,955	0,0I9	0,0025	0,0I34	0,0039
"	Верхнерудная	0,962	0,0I3	0,00I4	0,0II4	0,0023
"	"	0,942	0,0I26	0,005	0,0I9	0,005I
Гор. *A*	"	0,755	0,22	0,004	0,0I34	0,0047
" *B*	Среднерудная	0,885	0,059	0,002	0,0088	0,00I
"	"	0,963	0,026	0,0008	0,0028	0,0008
Скв.	Нижнерудная	0,929	0,008	0,0008	0,0I5	0,007

Pb	*Cu*	*Zn*	*Bi*	*W*	*Mo*
-	0,0I	-	0,00I	-	0,002
0,00043	0,004I	-	0,00043	-	0,00I3
0,000026	0,00I4	-	0,00027	0,00082	0,0045
0,0007	0,0038	-	0,00I26	0,00I2	0,0002
0,000065	0,00I8	0,000065	0,0002	0,000048	0,000026
0,0I4	0,0I9	0,0028	0,00032	0,002	0,0053
0,00I98	0,0036	0,00055	0,00003I	0,000I2	0,000I2
-	0,0I5	0,0097	0,0002	0,0092	0,0062

Мышьяк - (ртуть, сурьма, висмут) - серебро - (свинец, медь) - - золото - (цинк, молибден (?), вольфрам).

а/с медь–мышьяк–висмут–молибден–серебро–золото–ртуть–сурьма–свинец–вольфрам

А/С серебро–висмут–мышьяк–сурьма–молибден–вольфрам–золото–медь–свинец

ные геолого-тектонические, петрографические признаки и содержания элементов в пробах по горизонтали +850 м, +900 м, +950 м, +1180 м, +1260 м.

Исходя из изложенного выше, по методу Ю.К.Буркова, рассчитана модель подвижности элементов (табл. 19), которая дает возможность обоснованной оценки ассоциаций элементов путем многократной корреляции. Последняя включает как учет корреляции между самими элементами, так и взаимоотношение каждой пары элементов со всеми остальными. Изучение коэффициента корреляции ртути с элементами-индикаторами в вертикальном сечении месторождения показала, что она наиболее тесно связана на рудном горизонте +900 м с золотом, свинцом, медью, цинком, сурьмой и кобальтом (табл. 20-24).

Вертикальная зональность ассоциаций элементов также выявлена графическим способом с использованием статистических параметров распределения среднего арифметического и коэффициента вариации (табл. 25-30).

В основу положена балльность средних содержаний элементов. За один балл принято минимальное содержание каждого элемента на одном из горизонтов. Это дает возможность судить об интенсивности элемента в вертикальном сечении. В ряду интенсивности элементов в вертикальном разрезе ртуть и сурьма доминируют как в околорудном пространстве, так и на поверхности (табл. 25).

Один из показателей значимости элемента-индикатора - характер распределения его коэффициента вариации. В вертикальном разрезе месторождения крайне неравномерно распределяются ртуть, *золото, серебро, цинк, молибден, висмут, медь* и свинец, *равномерно*-спокойно - литий, бор и фтор (рис. 11).

Коэффициент вариации содержаний ртути и золота в различных типах пород распределяется крайне неравномерно и колеблется в пределах 212-110 у золота, 70-280 у ртути (рис. 12). Максимальная

Таблица I9

Модель подвижности элементов в вертикальном разрезе месторождения Кызылалма

Шахтный горизонт	Абсолютная отметка, м	Рудное тело	Ассоциация элементов		
			по методу Ю.К.Буркова	по средним содержаниям	по коэффициенту вариации "γ"
IУ	+850	№ I	Au(Sb,Ag)(Zn,Pb) Cu,Bi→(Hg)(As,Mo) Co(B,F)	Cu>Au>Ag>Sb>Hg>Pb> >Bi>B>As>F,Zn, Mo,Co.	Au,Ag,Zn,Mo, Hg
Ш	+900	№ I3	Zn,Cu,Pb(As,Sb),Au Ag,Hg→(Mo,Bi) (Co)	Au>Bi>Cu>Pb>Ag> >Sb>Mo>Zn>Co> >As,Hg	Au,Ag,Zn,Mo,Hg
П	+950	Нет	(Cu,Zn)(Sb,Pb)As, Au,Ag,Hg→Bi,Mo, J,Co	Au>Sb>Bi>Ag>Cu> Mo>Hg>Co>As, Pb,Zn	Sb,Mo,As,As
Поверхность (профиль 3–4)	+II80	№ I	Hg,(Ag,Cu,Bi) (Pb,Mo,Au)→Co (J,Mn,As,Zn)Ba, F,W	F>B>Zn>Cu>Pb>As	Mo,Au,Mn,Zn,Bi, Cu,Ba,As,Pb,Hg
Поверхность	+I260	Нет	Mo,Zn(Hg,Ag,Cu,Bi) Co,Pb→Au(F,Sb)	Zn>Hg>Co,Pb, Mo>Sb,Au,As, Cu,Bi,B	Co

Таблица 20

Коэффициент корреляции между элементами на горизонте +850 м месторождения Кызылалма

Элемент	Ртуть	Сурьма	Мышьяк	Золото	Серебро	Свинец	Цинк	Медь	Висмут	Иттрий	B_2O_3	CaF_2	Молибден	Кобальт
Кобальт	0,04	-0,02	0,07	0,06	-0,07	-0,09	-0,01	-0,02	0,01	0,23	0,29	0,28	0,42	I
Молибден	0,31	0,01	0,30	-0,17	-0,07	-0,07	-0,08	0,02	0,02	0,25	0,26	0,27	I	
	0,10	-0,17	0,01	-0,18	-0,20	-0,04	-0,01	-0,14	-0,06	0,54	0,57	I		
B_2O_3	0,07	-0,16	0,07	-0,13	-0,24	-0,04	-0,08	-0,22	-0,18	0,48	I			
Иттрий	-0,15	0,08	-0,01	-0,17	-0,15	-0,04	-0,09	-0,16	-0,08	I				
Висмут	0,20	0,07	0,02	0,05	0,25	0,10	0,43	0,86	I					
Медь	0,17	0,16	-0,04	0,08	0,35	0,07	0,50	I						
Цинк	-0,03	0,05	0,03	-0,02	0,12	0,05	I							
Свинец	0,01	0,04	-0,02	0,18	0,17	I								
Серебро	0,12	0,68	-0,08	0,50	I									
Золото	-0,07	0,30	-0,13	I										
Мышьяк	0,19	0,11	I											
Сурьма	-0,05	I												
Ртуть	I													

Коэффициент корреляции значим при $r \geq 0,20$
и весьма значим при $r \geq 0,28$.

Таблица 21

Коэффициент корреляции между элементами на горизонте +900 м месторождения Кызыламa

Элемент	Ртуть	Сурьма	Мышьяк	Золото	Серебро	Свинец	Цинк	Медь	Висмут	Иттрий	Молибден	Кобальт
Кобальт	[0,19]	[0,25]	-0,08	0,13	0,10	[0,33]	[0,32]	[0,31]	0,03	0,04	0,13	1
Молибден	0,01	[0,21]	0,18	0,06	0,06	0,16	[0,18]	[0,19]	0,16	-0,09	1	
Иттрий	0,01	-0,05	-0,03	-0,05	-0,04	-0,06	-0,05	-0,07	-0,04	1		
Висмут	0,02	-0,01	[0,19]	0,01	-0,02	-0,02	-0,01	0,04	1			
Медь	[0,41]	[0,46]	-0,05	[0,32]	[0,18]	[0,85]	[0,85]	1				
Цинк	[0,39]	[0,44]	-0,05	[0,21]	[0,21]	[0,97]	1					
Свинец	[0,42]	[0,55]	-0,04	[0,29]	[0,32]	1						
Серебро	0,12	0,14	0,01	[0,41]	1							
Золото	[0,53]	0,18	0,02	1								
Мышьяк	-0,04	-0,02	1									
Сурьма	[0,33]	1										
Ртуть	1											

Коэффициент корреляции значим при $r \geq 0,18$
и весьма значим при $r \geq 0,27$.

Таблица 22

Коэффициент корреляции между элементами на горизонте +950 м месторождения Кызылалма

Элемент	Ртуть	Сурьма	Мышьяк	Золото	Серебро	Свинец	Цинк	Медь	Висмут	Иттрий	Молибден	Кобальт
Кобальт	0,16	0,07	[0,23]	0,09	0,03	0,04	-0,07	0,16	0,08	-0,02	[0,24]	I
Молибден	-0,01	-0,02	[0,34]	-0,01	-0,02	0,01	-0,01	0,10	[0,27]	-0,03	I	
Иттрий	-0,02	-0,04	0,02	0,03	0,05	-0,08	-0,06	0,03	-0,06	I		
Висмут	-0,01	0,12	0,14	0,16	0,13	0,16	0,13	[0,34]	I			
Медь	0,15	[0,55]	[0,33]	[0,18]	0,20	[0,42]	[0,28]	I				
Цинк	-0,02	[0,34]	0,16	0,04	0,02	[0,34]	I					
Свинец	0,13	[0,24]	[0,31]	[0,46]	[0,26]	I						
Серебро	0,11	[0,26]	0,19	[0,41]	I							
Золото	0,03	[0,26]	0,25	I								
Мышьяк	0,16	[0,33]	I									
Сурьма	[0,29]	I										
Ртуть	I											

Коэффициент корреляции значим при $r \geq 0,17$
и весьма значим при $r \geq 0,26$.

Таблица 23

Корреляционная таблица элементов по профилю 3-4

Элемент	Hg	F	J	Ag	Pb	Mn	As	Ba	Zn	Cu	Bi	Mo	Sn	W	Co	Au
Au	[0,63]	0,09	-0,II	[0,6I]	-0,0I	-0,06	0,05	-0,09	-0,05	[0,39]	-0,04	-0,08	-0,I5	-0,2I	-0,06	I
Co	-0,06	-0,06	-0,04	-0,0I	0,20	0,I4	[-0,23]	-0,02	[0,30]	-0,0I	[0,25]	0,08	0,I5	0,I9	I	
W	-0,20	0,23	0,I4	-0,30	-0,I5	-0,05	-0,09	0,08	0,I7	-0,I0	-0,I7	-0,I4	[0,50]	I		
Sn	-0,I8	-0,07	0,08	[-0,2I]	0,03	-0,07	-0,08	[0,50]	0,I5	0,0I	0,04	0,I2	I			
Mo	0,02	-0,I6	-0,2I	0,I6	0,I3	-0,04	-0,I2	-0,05	0,03	0,I4	0,7I	I				
Bi	0,I6	-0,I4	-0,II	[0,39]	[0,33]	[0,3I]	[-0,24]	-0,05	-0,06	0,22	I					
Cu	[0,38]	-0,03	0,02	[0,33]	-0,06	-0,04	-0,I3	-0,07	0,05	I						
Zn	0,0I	0,06	0,07	-0,03	0,25	-0,09	-0,I3	-0,I0	I							
Ba	-0,05	-0,07	-0,06	-0,I6	0,30	-0,06	0,I5	I								
As	-0,07	0,28	0,04	-0,0I	-0,I5	-0,0I	I									
Mn	-0,05	0,I6	[0,30]	0,06	-0,04	I										
Pb	[0,3I]	-0,I0	-0,I8	0,I8	I											
Ag	[0,57]	-0,I6	-0,I5	I												
J	-0,08	0,I7	I													
F	-0,06	I														
Hg	I															

Коэффициент корреляции значим при $r \geqslant 0,24$
и весьма значим при $r \geqslant 0,32$.

Таблица 24

Коэффициент корреляции между элементами на поверхности месторождения Кызылалма (+1260 м)

Элемент	Hg	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Bi	J	B_2O_3	CaF_2	Mo	Co	Sb
Sb	-0,03	-0,01	-0,03	0,11	-0,01	0,07	-0,03	-0,05	0,03	-0,01	-0,03	-0,05	1
Co	0,07	-0,08	0,11	0,16	[0,32]	[0,35]	[0,27]	-0,02	[0,22]	-0,06	[0,38]	1	
Mo	0,11	-0,01	[0,36]	-0,05	[0,72]	[0,36]	[0,29]	-0,07	0,15	-0,03	1		
CaF_2	0,03	-0,03	-0,02	0,05	-0,01	-0,03	-0,05	-0,07	0,03	1			
Ba_2O_3	0,02	-0,14	0,07	-0,10	0,17	-0,1	0,02	0,14	1				
J	-0,08	-0,13	-0,10	-0,01	-0,06	-0,17	-0,11	1					
Bi	0,13	-0,05	0,16	-0,04	0,08	[0,22]	1						
Cu	[0,25]	-0,06	[0,22]	[0,30]	[0,39]	1							
Zn	-0,02	-0,08	[0,22]	[0,23]	1								
Pb	-0,04	-0,04	-0,10	1									
Ag	0,09	[0,22]	1										
Au	-0,02	1											
Hg	1												

Коэффициент корреляции значим при $r \geq 0,20$ и весьма значим при $r \geq 0,28$.

Таблица 25

Средние значения содержания элементов по шахтным горизонтам месторождения Кызыларма

Элемент	850 м	балл	900 м	балл	950 м	балл	I600 м	балл
Hg	0,0000089	4,5	0,0000020	I	0,0000029	I,4	0,0000034	I,52
Sb	0,0034	5	0,0028	4	0,0026	3,5	0,00069	I
As	0,0I0	I,5	0,0078	I,I	0,007I	I		
Au	0,86	II	2,60	37	0,89	II	0,075	I
Ag	0,0007I	5	0,00063	4	0,00048	3	0,000I5	I
Sb	0,0I2	4	0,0I4	4,7	0,003I	I	0,0040	I,3
Zn	0,0045	I	0,0I3	3	0,0055	I	0,0098	2
Cu	0,037	I3,6	0,0I9	6,I	0,0096	3	0,0028	I
Bi	0,0003	3,3	0,00065	7	0,00030	3,5	0,000087	I
B_2O_3	0,0I2	2,4					0,0049	I
CaF_2	0,046	I,I					0,04I	I
Mo	0,00033	I	0,00I2	3,7	0,00099	3	0,0004I	I,3
Co	0,00II	I	0,00I7	I,6	0,00I4	I,2	0,00I6	I,5

Таблица 26

Коэффициенты корреляции ртути с элементами-индикаторами и их ассоциации в различных типах пород месторождения Кызылалма (гор.850 м)

Элемент	Сланцы метаморфические O–S	Дацит-порфиры	Порфировидные гран.	Гранит-порфиры	Грубообломочные вулканоген. осад.	Сиенит-порфиры	Биотитовые диор. порфир.	Диоритовые порфириты	Игнимбриты C_{2-3} ак
Au	0,32	-0,06	-0,44	-0,02	-0,26	-0,13	0,07	-0,26	-0,10
W	0,17	0,10	–	0,30	-0,19	0,33	-0,01	0,05	-0,002
Sn	-0,36	-0,33	-0,54	-0,36	-0,05	0,11	0,11	-0,30	-0,03
Mo	-0,13	-0,05	0,61	0,93	0,17	-0,04	0,42	-0,47	+0,09
Bi	0,49	0,20	-0,77	0,66	-0,43	0,22	0,71	-0,12	-0,23
Cu	0,37	0,12	0,67	0,35	-0,28	0,02	0,36	-0,47	-0,02
Zn	-0,21	0,01	0,08	-0,15	-0,27	0,08	-0,29	-0,16	-0,15
As	-0,07	0,34	–	–	–	0,01	–	–	–
Sb	0,25	0,05	–	–	-0,57	-0,08	–	–	–
Pb	0,25	0,19	0,47	-0,15	0,09	0,45	-0,17	-0,41	+0,10
Ag	0,35	0,27	–	–	0,01	0,01	–	–	–
B	-0,24	-0,05	-0,06	0,15	-0,24	0,16	-0,06	0,02	-0,10
F	-0,08	-0,24	–	–	-0,06	0,52	–	–	–
Коэф.вар.	102	68	50	293	80	87	102	187	78
Ассоциации элементов по Ю.К.Буркову	Cu, Bi, Hg, Au, Sb, Pb→As, B, W, F, Zn, Mo, Zn	Au, Cu, Zn, Sb Bi, Ag, Pb, Hg→ As, Mo, W, Sn, F, B	Au, Cu, Bi, W, Sn → B Zn, Pb, Hg Mo	—	Pb, Cu, Au, Li Bi, Sn– B, W, Mo Hg, Zn	Zn(Sn, W) (Hg, F)(B, Pb) →(Cu, Mo) Au, Bi, Sb, As	Sn, Mo, Au, W Pb(Cu, Bi, Zn, Hg) →B	—	Bi(B, Mo, W) J→(Hg, Cu, Sn, Ag, Pb, Zn

Таблица 27

Коэффициенты корреляции сурьмы с элементами-индикаторами в различных типах пород месторождения Кызылалма (гор.850 м)

Элемент	Сланцы метаморфические	Дацит-порфиры	Грубообломочные вулканогенно-осадочн.	Сиенит-порфиры
Au	0,25	0,24	[0,58]	0,30
W	-0,22	-0,04	-0,22	-
Sn	-0,I5	-0,07	0,03	-0,34
Mo	-0,I5	0,05	[-0,48]	0,23
Bi	0,I6	0,29	[0,37]	0,53
Cu	0,I6	[0,57]	[0,65]	0,35
Zn	[-0,39]	[0,50]	-0,I8	-0,I4
As	0,I8	-0,22		0,27
Коэфф. вариации	I08	96	72	88

Значимые коэффициенты корреляции при $r \geqslant 0,37$.

Таблица 28

Коэффициент корреляции ртути с типоморфными элементами по геологическим формациям месторождения Кызылалма (гор. 850 м)

Элемент	Раннетриасовый дайковый комплекс (T_1)	Липаритовая (кызылнуринская свита) (P_1)	Трахиандезит-дацитовая ($P_1 sh$)	Трахидацитовая $C_{2-3}ak$	Трахиандезитовая	Среднепалеозойск. гранитоид. комплекс (D_1)	Дацит-порфиры C_T (минбулакская свита)	Нижнепалеозойский метаморфическ.комп. $O-S$
Au	-0,02	0,03	0,I9	0,I7	-0,05	-0,02	0,06	0,I7
W	0,03	0,I8	0,I5	0,05	-0,07	0,I6	0,I0	0,I5
Sn	-0,20	0,05	-0,23	0,0I	-0,04	-0,I2	-0,33	-0,44
Mo	-0,I4	0,I6	0,25	0,29	-0,04	0,56	-0,04	-0,II
Bi	0,27	0,04	0,25	-0,03	0,22	0,62	0,I9	0,2I
Cu	0,39	-0,0I	0,25	0,I5	0,I2	0,32	0,I2	0,47
Zn	-0,02	-0,I9	-0,I6	-0,32	0,08	-0,05	0,0I	-0,26
As	-0,3I	0,28	0,23	-	0,II	-	0,34	-0,05
Sb	0,05	-0,07	-0,I7	0,I9	0,02	-	0,05	0,0I
Pb	0,46	-0,04	-0,0I	0,35	0,26	-0,08	0,I9	-0,I3
Ag	-0,34	0,07	0,29	0,53	0,20	-	0,27	0,35
B	-0,I3	0,40	0,I7	0,03	0,28	0,03	-0,05	-0,I7
F	-	0,4I	0,0I	-	0,20	-	-0,24	-0,02
Коэфф. вариац.	79	92	I59	I03	78	252	68	94
Ассоциации элементов по Ю.К.Бурков	Au(Ag,Zn, Hg)(Bi,Cu, Pb)Sb→W (Sn,B)(Mo,As)	Bi,Cu,Zn,Pb, (Ag,Sb)Au→As, Sn,Mo,W,Hg, B,F	Bi(Cu,Ag)(Sb,Au) Hg,Pb,W→(F,As, Mo)(B,Zn)Sn	Cu,Pb,Ag, Au,Sb(Hg, Bi)→Zn, Mo,S,B,W	Bi,Pb,Cu,Zn, Au,Ag,Sb→ Hg,As,Mo,B, F,W,Sn	Au(Zn,Pb), Sn,Cu(W,Mo, Bi)Hg→B	Cu,Au(Sb,Zn) Bi,Ag,Pb, Hg→As,Mo W,Sn,F,B	Bi(Au,Ag,Pb, Sb)Cu,Hg→(As, Zn,Mo) (F,B)Sn,W

Таблица 29

Коэффициент корреляции сурьмы с типоморфными элементами по геологическим формациям месторождения Кизылалма (гор. +850 м)

Элемент	Раннетриасовый комплекс (T_I)	Трахиандезитовая	Липаритовая	Трахиандезито-дацитовая (P,sh)	Трахидацитовая	Нижнепалеозойский метаморфич. комплекс (O-S)
Hg	0,05	0,02	-0,07	0,17	0,19	0,01
Au	0,25	0,28	0,31	0,65	0,38	0,54
W	-0,05	-0,05	-0,11	0,16	0,09	-0,09
Sn	0,04	-0,37	-0,33	-0,42	-0,001	-0,20
Mo	-0,21	0,14	-0,06	0,06	-0,10	0,04
Bi	-0,06	0,32	0,34	0,49	0,15	0,31
Cu	0,23	0,40	0,50	0,38	0,33	0,23
Zn	0,16	0,28	0,11	-0,29	-0,20	-0,23
As	0,21	0,20	0,25	-0,03		0,05
Pb	0,21	0,40	0,22	0,40	0,50	0,48
Ag	0,68	0,75	0,77	0,75	0,42	0,66
B	-0,12	-0,28	-0,24	0,09	-0,02	-0,31
Коэфф. вариации		94	134	141	108	118

Значимые коэффициенты корреляции при $r \geq 0,22$.

Таблица 30

Коэффициент корреляции ртути и сурьмы с типоморфными элементами по гидротермальным изменениям пород месторождения Кызылалма (гор. +850 м)

Элемент	Хлоритизация		Окварцевание	
	ртуть	сурьма	ртуть	сурьма
Au	[0,94]	0,03	-0,05	[0,30]
W	0,32	[0,94]	0,07	-0,II
Sn	-0,48	-0,22	-0,20	[-0,26]
Mo	-0,I6	0,0I	-0,06	-0,04
Bi	-0,I0	-0,04	[0,27]	-0,0I
Cu	[0,95]	0,2I	[0,35]	0,I7
Zn	[-0,70]	-0,25	-0,I4	[-0,26]
As	-0,26	-0,I4	-0,07	0,I6
Sb	0,I8	I	0,09	I
Pb	[0,64]	-0,33	[0,38]	[0,26]
Ag	[0,54]	[0,9I]	[0,28]	[0,65]
V	-0,I6	-0,27	-	-
B	0,I2	0,36	0,0I	[-0,26]
F	-0,I7	-0,I4	-	-
Hg	I	0,I8	I	0,09
Коэфф. вариации	I07	I44	74	95

изменчивость его установлена в гранитпорфирах рассланцованных (290) и диоритовых порфиритах палеозоя, метаморфических сланцах и биотитовых диоритовых порфиритах.

Неравномерной изменчивостью коэффициента вариации ($V > I00$) характеризуются медь, свинец, цинк и висмут. Распределение спокойнее, равномерное у молибдена.

Связь ртути и сурьмы с элементами-индикаторами золотого оруденения устанавливается коэффициентом корреляции. Выявлено, что наибольшее количество элементов (*Au, Sn, Bi, Cu, Ag*), коррелируемых с ртутью на горизонте 850 м, отмечается в метасоматитах

O-S , а с сурьмой (*Au, Mo, Cu*) - в грубообломочных вулканогенно-осадочных породах C_2 ак (табл. 26,27).

Установлена связь ртути и сурьмы с типоморфными элементами золотого оруденения в геологических формациях месторождения. На горизонте 850 м ртуть образует значащие связи с элементами в трахиандезит-дацитовой, трахидацитовой C_{2-3} ак, липаритовой, среднепалеозойском гранитоидном комплексе Д, раннетриасовом дайковом комплексе Т и единичные - в трахиандезитовой формациях, нижнепалеозойском метаморфическом комплексе O-S (табл. 28).

Сурьма образует значащие связи с типоморфными элементами золоторудной минерализации в пяти формациях: липаритовой (*Au, W, Sn, Bi, Cu, As*), трахиандезитовой (*Au, Sn, Bi, Cu, Zn*), трахиандезит-дацитовой (*Au, Sn, Bi, Cu, Zn*) и трахидацитовой (*Au, Cu*), нижнепалеозойском метаморфическом комплексе (*Au, Bi, F, B, Ag, Pb*) (табл. 29).

Статистическая обработка поведения сурьмы и ртути в породах, подверженных хлоритизации (пропилитах) и окварцеванию, показала наличие в пропилитах связи с высокими коэффициентами корреляции ртути с золотом (0,94), медью (0,95), цинком и свинцом, что служит высокой оценкой поисковой значимости околорудных пропилитов Кызылалмы.

Окварцевание характеризуется значащими коэффициентами корреляции сурьмы с золотом, оловом, цинком, свинцом, серебром и бором (табл. 30).

На горизонте 900 м ртуть образует значащие коэффициенты корреляции в трахидацитовой (0,29-0,52) и трахиандезитовой (0,23-0,57) формациях с золотом, кобальтом, медью, цинком, сурьмой и серебром; в нижнепалеозойском метаморфическом комплексе - с оловом (0,30).

Сурьма образует значащие связи в трахидацитовой формации (0,24-0,68) с золотом, серебром, свинцом, медью, кобальтом, цинком, молибденом; в нижнепалеозойском метаморфическом комплексе (0,40-0,54) с медью, цинком и свинцом (табл.31).

В петрографических разностях пород наибольшее количество корреляционной связи ртути и сурьмы выявлено в гранодиорит-порфирах - с золотом, кобальтом, оловом, медью, цинком, сурьмой, серебром и др. (табл. 32).

Таблица 31

Коэффициент корреляции ртути с типоморфными элементами по геологическим формациям месторождения Кызылалма (гор. +900 м)

Элемент	В породах			В геологических формациях		
	сиенито-диоритовые порфириты	гранодиорит-порфиры	сланцы метаморфические	трахидацитовая	трахиандезитовая	нижнепалеозойский метаморф. комплекс
Au	0,01	**0,31**	0,04	**0,43**	**0,39**	0,02
Co	-0,23	**0,44**	0,01	**0,50**	**0,25**	-0,11
Sn	-0,04	**0,23**	**0,28**	0,15	-0,24	**0,30**
Mo	0,11	-0,05	0,04	-0,03	0,01	-0,04
Bi	0,27	0,10	0,13	0,07	**0,24**	0,10
Cu	0,06	**0,51**	0,01	**0,52**	**0,44**	-0,001
Zn	-0,11	**0,61**	0,03	**0,64**	**0,45**	0,04
As	0,22	-0,17	-0,06	-0,22	-0,07	-0,05
Sb	0,21	**0,37**	0,11	**0,40**	**0,30**	0,08
Pb	-0,04	0,05	0,05	0,10	-0,02	-0,18
Ag	0,18	**0,23**	0,02	**0,29**	0,19	0,008
Коэфф. вариации	134	146	132	164	158	128
Ассоциации элементов по Ю.К.Бурькову	(Au,Sb)Zn, Ag, Li, → Co (Mo,Sn) Pb, As, Bi	Zn, Pb, Sb, Au (Ag, Hg, Cu, Co (Bi, Mo) → Sn) As	Sn, Mg (Bi, Cu) As, Zn, Hg → Co, Pb, Sb, Au, Ag	Cu, Zn, Sb, Bi, Co, Au, Hg, Pb, Ag → Mo, Sn, As	Au, Co, Cu (Zn, Ag) Sb, Hg, Pb, Bi → Mo (Sn, As)	Cu, Zn, Co, Hg, Mo, Sb, As, Ag → Pb, Au

Таблица 32.

Коэффициент корреляции сурьмы с типоморфными элементами по геологическим формациям месторождения Кызылалма (гор. + 900 м)

Элемент	В породах			В геологических формациях		
	сиенито-диоритов. порфириты	гранодиорит-порфиры	сланцы метаморфические	трахиандезитовая	трахидацитовая	нижнепалеозойск. метаморфич. компл.
Au	0,7I	0,65	0,33	0,57	0,68	0,04
Co	-0,09	0,4I	0,44	0,28	0,35	0,22
Sn	-0,27	0,03	0,2I	0,06	0,23	0,07
Mo	0,I5	0,33	-0,04	0,23	0,24	0,I6
Bi	0,09	0,08	0,06	0,I4	0,03	0,2I
Cu	0,24	0,45	-0,02	0,48	0,39	0,54
Zn	+0,I2	0,37	0,08	0,4I	0,35	0,40
As	0,I6	-0,I2	0,02	-0,06	-0,I0	0,I0
Pb	0,46	0,35	0,40	0,34	0,43	0,4I
Ag	0,42	0,58	0,I2	0,4I	0,57	0,26
Коэфф. вариации	88	I08	68	I04	99	68

Значимые коэффициенты корреляции при $r \geq 0,42$.

На горизонте +950 м ртуть образует значащие коэффициенты корреляции в сиенит-диоритовых порфиритах с молибденом, медью, цинком, мышьяком и свинцом. Единичные значащие коэффициенты корреляции установлены в трахидацитовой формации с цинком (табл. 33).

Сурьма образует большое количество значащих связей в трахиандезитовой формации(с золотом,висмутом,медью,цинком),нижнепалеозойском метаморфическом комплексе (с золотом,висмутом,цинком,мышьяком), в трахидацитовой - со свинцом.

В петрографических разностях пород ртуть коррелирует в сиенит-диоритовых порфиритах с молибденом, медью, цинком, мышьяком, сурьмой и свинцом. На горизонте +950 м она образует значащие корреляционные связи во всех типах пород.

На поверхности над рудным телом № I (профиль 3-4) ртуть образует с золотом достаточно высокий коэффициент корреляции (0,78) в кварцево-диоритовых порфиритах, во всех типах пород - с серебром, свинцом - в кварцевых и сиенитовых разностях диоритовых порфиритов, медью - в кварцевых диоритовых порфиритах и метаморфических сланцах, единичные связи с барием, висмутом и фтором.

Из геологических формаций наибольшее количество связей ртути отмечено в трахиандезитовой формации с золотом, оловом, медью, свинцом, серебром, фтором.

Сурьма создает высокие коэффициенты корреляции в сиенит-диоритовых порфиритах с золотом, мышьяком и фтором. В трахиандезитовой геологической формации она коррелирует с кобальтом и висмутом.

Таким образом, наиболее устойчивую связь с типоморфными элементами золотого оруденения ртуть образует в породах трахиандезитовой формации и нижнепалеозойского метаморфического комплекса (табл. 28-33), а также околорудных пропилитов, подверженных интенсивной хлоритизации.

Ртуть, сурьма и типоморфные элементы золотого оруденения в первичных ореолах месторождения Кызылалма

Изучение первичных ореолов рассеяния было проведено в пределах главной рудоносной зоны Центрального участка, включающей

Таблица 33

Коэффициент корреляции ртути с типоморфными элементами в различных типах пород месторождения Кызылалма (гор. + 950 м)

Элемент	Сиенито-диоритовые порфириты		Сланцы метаморфические		Гранодиорит-порфиры		Фельзиты	
	Hg	Sb	Hg	Sb	Hg	Sb	Hg	Sb
Au	0,32	-0,41	0,10	0,41	-0,11	0,44	0,13	-0,11
Mo	-0,78	0,63	-0,06	0,11	0,63	-0,06	0,12	0,71
Bi	-0,35	0,22	0,25	0,28	-0,06	-0,13	0,13	0,76
Cu	-0,65	0,34	0,14	0,18	-0,02	0,06	-0,11	0,23
Zn	-0,84	0,68	0,18	0,51	-0,06	0,22	0,05	-0,08
As	-0,69	0,93	0,23	0,37	-0,03	0,04	0,09	-0,03
Sb	-0,70	1	0,06	1	0,05	1	0,02	1
Pb	-0,83	0,57	0,09	0,09	-0,07	-0,12	0,06	0,20
Ag	0,02	0,26	-	-	-	-	0,20	0,85
Hg	1	-0,70	1	0,06	1	0,05	1	0,02
Коэфф. корреляции	49	106	283	99	279	78	57	123
Ассоциация элементов по Ю.К.Буркову	Sb(Pb,As,Cu,Mo) (Ag,Zn,Bi)→(Hg,Au)		Au,Sb(Zn,As,Pb)→Hg (Bi,Cu,J)		Cu (Au,Zn)(As,Bi)→ →Hg,Pb,Sb,Mo		Mo,Pb(Sb,Bi)Ag,Cu→ →(Zn,Hg)(Au,As)	

структуры рудных тел №I и IO. Мощность исследованного вертикального разреза 350 м. Рудоносная структура представлена зоной прожилкового и метасоматического окварцевания интенсивного (кварца более 50-90%), умеренного (30-50%) и слабого (менее 30%) и гидротермально измененных пород.

Основные рудные тела в пределах Главной рудоносной зоны размещаются кулисообразно. Вмещающие породы представлены литологическими разностями: каледонского фундамента - сланцами ($O-S$) и гнейсированными гранитами ($\gamma P z_2$); герцинского структурного этажа - вулканогенной и трахиандезитовой формациями.

Каледонский фундамент. Сланцы ($O-S$) - кварц-серицит-хлоритовые заключены в массиве гранитов. Они пиритизированы, в рудных зонах окварцованы, нередко несут промышленное оруденение. Широко распространены гнейсированные граниты ($\gamma P z_2$), слагающие большую часть фундамента. В результате динамометаморфизма рассланцованы, катаклазизированы, гнейсированы. Обнажаются в виде эрозионных и тектонических окон среди вулканогенных пород. Гранитоидный фундамент пересекается дайками и штокообразными телами габбродиоритов ($\nu\delta\mu P z_2$), кварцевых альбитофиров ($\lambda\pi, P z_2$), кварцевых и фельзитовых порфиров ($\alpha\pi P z_2$), диоритовых порфиритов ($\delta\mu P z_2$) и гранит-порфиров ($\gamma\pi P z_2$).

Герцинский структурный этаж. Андезитовая вулканогенная формация представлена: покровами бурых туфов и туфолав андезитового состава; сиенито-диоритами, порфиритами; гранодиорит-порфирами и кварцевыми диоритовыми порфиритами; дацит-порфирами.

Трахидацитовая формация. Акчинская свита ($C_{2-3}ак$) представлена вулканическими и покровными фациями. Первичные ореолы рассеяния описаны по шахтным горизонтам. Содержание ртути в четвертом шахтном горизонте от $8\cdot10^{-7}$ до $2{,}5\cdot10^{-5}$%. Умеренные концентрации ее ($1\cdot10^{-6}$ - $3\cdot10^{-6}$%) приурочены к монолитной части разреза, представленной чередованием метаморфических сланцев. Высокие содержания ртути (до $2\cdot10^{-5}$%) характеризуют рудное тело, представленное мощной зоной окварцевания, подверженной интенсивным тектоническим нарушениям, а также зоной гидротермального изменения, несущих рудную минерализацию. З о л о т о присутствует незначительно. Сурьма отмечается во вмещающих породах ($6\cdot10^{-4}$ - $8\cdot10^{-3}$%). В жильной кварцевой зоне и при наличии сульфидов ее содержание повышается до $1\text{-}3\cdot10^{-2}$%.

М ы ш ь я к во вмещающих породах при данной чувствительности анализа (0,003%) периодически отмечается в содержаниях $I \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-2}$% в зоне прожилкового окварцевания, а также в зоне гидротермального изменения пород - серицитизации, пиритизации и карбонатизации.

В и с м у т отмечается во вмещающих породах в количестве $5 \cdot 10^{-5} - 0,6 \cdot 10^{-4}$%. В кварцево-сульфидных рудных жилах, а также в глинке трения его содержание составляет 0,001-0,003%.

Б о р повсеместно распространен в концентрациях 0,0024-0,006%. В зонах измененных пород, подверженных серицитизации, карбонатизации, содержится 0,011-0,013%, в зоне прожилкового окварцевания - 0,023-0,033%.

Ф т о р отмечается во всех литологических разностях в количестве 0,04%, в единичных пробах из зоны окварцевания его содержание увеличивается от 0,05 до 0,1%.

С е р е б р о в породах находится в количестве 0,0001-0,0006%. Зоны кварцевых жил, трещиноватых сланцев, кварцево-сульфидная жильная зона, а также зоны серицитизации, хлоритизации и карбонатизации характеризуются содержаниями серебра 0,001-0,0035%.

Более широко распространен в тех же геологических позициях в концентрациях 0,001-0,003% иттрий.

Содержание ртути в III шахтном горизонте (+900 м) колеблется от $1,1 \cdot 10^{-6}$ до $6,7 \cdot 10^{-5}$%. Низкие содержания ртути ($1,1 \cdot 10^{-6}$%) единичны и характерны для кварцевых диоритовых порфиритов и метаморфических сланцев.

Развитие повышенных концентраций ртути (до $4 \cdot 10^{-6}$%) наблюдается в зонах гидротермального пропаривания, выраженного карбонатизацией, алунитизацией и серицитизацией.

Устойчивые и наиболее высокие концентрации ртути $2,0-2,5 \cdot 10^{-5}$% характерны для зон интенсивного окварцевания (кв. 2) и тектонических нарушений, для рудных интервалов $4 \cdot 10^{-6}$% (р.т. № 13).

Концентрации золота находятся в различных пределах, отмечаются единичные высокие значения, в зонах чередования интенсивного и умеренного окварцевания содержание золота выше, чем в рудной зоне.

Сурьма находится в равновеликих количествах 0,001-0,008%. Единичные, несколько повышенные содержания (0,01-0,04%) характерны для кварцев с сульфидами.

Мышьяк концентрируется в пробах в количестве 0,002-0,03%: в сланцах 0,002-0,003, в порфиритах 0,009-0,0I, высокие содержания мышьяка (0,02-0,03%) характерны для кварца.

Серебро колеблется от 0,000I% и более, распределяясь следующим образом: в порфиритах - 0,0003-0,0005%, сланцах - 0,0002-0,0006%, окварцованных порфиритах и сланцах более 0,00I%, в кварцах - 0,0003-0,00I% и т.д.

Содержания серебра наблюдаются в кварцевых жилах, заключенных в толще сланцев.

Бор присутствует во вмещающих породах в пределах 0,002-0,0I%; в порфиритах - 0,002-0,006%, окварцованных их разностях - 0,004-0,0I, сланцах - 0,003-0,0I, кварцах - 0,003-0,008%.

Высокие содержания бора (0,0I%) отмечаются в зонах интенсивного дробления вмещающих пород: сланцев и диоритовых порфиров с прожилками окварцевания (рассечка 6I-62).

Фтор присутствует во вмещающих породах в количествах 0,0I2-0,I2%: в порфиритах 0,0I-0,I, окварцованных порфиритах 0,04-0,08, сланцах 0,0I2-0,07, *фтор контролирует зоны интенсивного дробления.*

Висмут распределяется в породах в концентрациях 0,00004-0,00008%, в единичных случаях повышаясь до 0,04%.

Ртуть во II шахтном горизонте (+950 м) равномерно колеблется в интервале $0{,}7 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-5}$%. Высокие ее содержания ($7-10 \cdot 10^{-6}$%) приурочены, как правило, к гидротермально измененным породам, выраженным карбонатизацией, серицитизацией, а также к зонам тектонических нарушений.

Сурьма присутствует в пределах $6 \cdot 10^{-4}$ - $6 \cdot 10^{-2}$%. Высокие концентрации приурочены к зонам окварцевания в метаморфизованных сланцах.

Мышьяк находится в концентрациях 0,0009-0,005%. Более его высокие содержания (0,0I-0,05%) характерны для зон дробления и гидротермального изменения метаморфических сланцев и кварцевых диоритовых порфиритов.

Золото присутствует повсеместно в различных содержаниях, повышенные содержания характерны для зон окварцевания, дробления метаморфических сланцев и кварцевых диоритовых порфиритов.

Серебро присутствует в концентрациях $1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-3}$%, минимальные его содержания ($3 \cdot 10^{-5}$ – $3 \cdot 10^{-4}$%) характерны для зон интенсивного дробления, высокие (до $3 \cdot 10^{-3}$%) развиты в зоне гидротермального изменения кварцевых диоритовых порфиритов – серицитизации, карбонатизации.

Висмут находится во вмещающих породах в количестве $2 \cdot 10^{-5}$–$5 \cdot 10^{-3}$%. Высокие его содержания $5 \cdot 10^{-3}$% приурочены к метаморфическим *сланцам*, подверженным гидротермальным изменениям с зонами дробления с кварцевыми прожилками.

Изучение концентрации элементов в вертикальном разрезе оруденения в интервале +850 м – 950 м показало, что максимальное содержание рудных компонентов приурочено к горизонту +900 м.

Гидрогеохимические условия месторождения Кызылалма

Месторождение расположено в юго-западных отрогах Чаткальского хребта и приурочено к центральному горстовому поднятию в Шаваз-Дукентском синклинальном прогибе. Контролируется разломами северо-западного широтного и северо-восточного простираний и маркируется полосой осветленных серицитизированных окварцованных гранитоидов и вулканитов среднего – верхнего палеозоя. Геологические образования площади объединяются в следующие формации (от наиболее древних к молодым): вулканогенно-флишоидная, гранодиоритовая, андезитовая, дацитовая.

Гидрогеологические условия характеризуются развитием преимущественно трещинных вод палеозоя и в меньшей степени – поровых грунтовых вод конечных морен, аллювиальных и аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений. К зонам тектонических нарушений приурочены трещинно-жильные напорные воды.

Подземные воды трещинного типа приурочены к различным по литолого-петрографическому составу и генетическим типам породам эффузивно-*осадочным, метаморфическим и интрузивным*.

В формировании трещинных вод ведущая роль принадлежит инфильтрации атмосферных осадков. Разгружаются подземные воды в виде родников, весьма разнообразных по дебиту и выклинивающихся на поверхность по бортам и в тальвегах саев, скрытым дренированием,

гидрографической сетью и расходованием на подземный отток по четвертичным, палеозойским породам и испарениям. Они питают в период межени поверхностные водотоки района.

Подземный сток в трещиноватых породах осуществляется от местных водоразделов к естественным дренам, роль которых выполняет местная гидрографическая сеть, и в сторону регионального направления движения долины р. Ангрен, согласно общему уклону поверхности юго-западного склона Чаткальского хребта.

Питаются трещинно-жильные воды за счет атмосферных осадков и гидравлически связанных трещинных вод пород палеозоя.

По условиям залегания на площади месторождения выделены следующие практически водоносные горизонты, благоприятствующие выщелачиванию и миграции микроэлементов.

I. Водоносный горизонт современных аллювиальных отложений - alQ_{IV}.

2. Водоносный горизонт верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений - apQ_{III}.

3. Водоносная зона трещиноватых эффузивно-осадочных пород карбона (андезитовая и дацитовая формации).

4. Водоносная зона трещиноватых преимущественно кислых и средних интрузивных пород палеозоя (гранодиоритовая формация).

5. Водоносная зона трещиноватых преимущественно метаморфических пород ордовика-силура (вулканогенно-флишоидная формация).

6. Трещинно-жильные воды зон тектонических нарушений.

Водоносный горизонт современных аллювиальных отложений (alQ_{IV})

Развит на исследованной площади узкими полосами по долинам основных правобережных притоков р. Ангрена. Приурочен к аллювиальным галечниковым отложениям, выполняющим их долины.

Глубина залегания уровня грунтовых вод колеблется от 0,0 до I7,7 м. Родники, приуроченные к современным аллювиальным отложениям, имеют преимущественно расходы от 0,I5 до 2,95 л/с, редко достигают 6,0 л/с.

Минерализация грунтовых вод не превышает 0,5 г/л. Воды по химическому составу преимущественно гидрокарбонатно-кальциевого

и гидрокарбонатно-кальциево-магниевого типа минерализации.

Геохимический тип воды по данным режимных наблюдений во времени не изменяется. По физическим свойствам воды прозрачные, без цвета и запаха, температура воды изменяется от 8 до 20°С.

В грунтовых водах обнаружены следующие микроэлементы: бор, фтор, мышьяк, золото, серебро, ртуть, сурьма.

Водоносный горизонт верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений - apQ_{III}.

Верхнечетвертичные отложения на площади проведенных исследований довольно широко распространены и развиты узкими прерывистыми полосами вдоль бортов саев, расширяясь к долине р. Ангрена.

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, смешанные по катионному составу, с минерализацией до 0,4 г/л.

Водоносная зона трещиноватых пород андезитовой и дацитовой формаций

Подземные воды приурочены к образованиям минбулакской, акчинской, надакской свит карбонового возраста.

В разрезе водовмещающих пород заметно преобладают туфы андезито-дацитовых порфиритов, дацитовые порфиры. Подчиненное значение имеют маломощные горизонты конгломератов, конгломерато-брекчий, туфопесчаников, песчаников, гравелитов, алевролитов, лавобрекчий и лавоконгломератов.

Водоносность пород обусловливается их трещиноватостью. Наиболее широко развиты трещины отдельности и выветривания. Глубина залегания трещинных вод зависит главным образом от рельефа. Так, по геологоразведочным скважинам, пройденным на участках, глубина залегания уровней подземных вод на водоразделах от 40 до II4 м; вниз по склонам уровень приближается к дневной поверхности. В наиболее пониженных участках рельефа подземные воды выклиниваются на поверхность в виде разнодебитных нисходящих родников. *Напорный характер* подземные воды приобретают в условиях резкой

смены фильтрационных свойств водосодержащих пород.

На большей части площади подземные воды водоносной зоны по степени минерализации относятся к пресным с минерализацией до I,0 г/л, а по химическому составу – гидрокарбонатно-кальциевым и сульфатным натриево-магниевым.

Подземные воды гидравлически взаимосвязаны с другими водоносными зонами трещиноватых пород палеозоя.

Водоносная зона гранодиоритовой формации

Наиболее широко распространена по площади и развита в междуречьях.

Преобладающая часть площади развития водоносной зоны сложена интрузивными породами кислого состава: граниты, адамеллиты, гранодиориты, гранодиорит-порфиры и гранит-порфиры. На западе и юге района в строении водоносной зоны принимают участие средние по составу изверженные породы – сиенито-диоритовые порфириты, диоритовые порфириты, габбро, габбро-порфириты, кварцевые диориты, габбро-диориты. Подчиненное значение имеют субщелочные интрузии – сиенит-порфиры, сиениты, кварцевые сиенит-порфиры, слагающие небольшую площадь.

Глубина распространения этих вод достигает 50–I00 м. Подземные воды, циркулирующие в пределах этой зоны, относятся к типу трещинных.

Величина и химический состав подземных вод, циркулирующих в интрузивных образованиях палеозоя, различны. На большей части площади формируются пресные гидрокарбонатно-кальциевые, гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные смешанные по катионному составу воды с сухим остатком от 0,I7 до 0,9 г/л.

В подземных водах обнаружены содержания золота, серебра, мышьяка, ртути, сурьмы, фтора и др.

Питание подземных вод в основном происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также за счет подземного притока со стороны водоносных зон, расположенных гипсометрически выше.

Тип и величина минерализации подземных вод во времени не претерпевают значительных изменений, а тип химического состава

меняется от гидрокарбонатно-кальциевого до гидрокарбонатного кальциево-магниевого.

Водоносная зона трещиноватых преимущественно метаморфических пород вулканогенно-флишоидной формации

Породы значительно распространены по площади.

Водосодержащими породами являются метаморфические сланцы, алевролиты, песчаники и роговики. Водообильность слабая, расходы родников не превышают 0,6 л/с.

По химическому составу подземные воды в отложениях ордовика-силура пресные с минерализацией до 0,5 г/л и относятся к гидрокарбонатно-сульфатным, смешанным по катионному составу.

Питание подземных вод происходит аналогично описанным выше зонам. Режим родников носит сезонный характер.

Трещинно-жильные воды зон тектонических нарушений

Циркулируют по трещинам пород зон тектонических нарушений. Вскрыты отдельными разведочными скважинами. Нередко по скважинам отмечается самоизлив с напором. Расходы скважин при самоизливе не превышают 0,6 л/с и редко составляют 3,0 л/с. Глубина залегания напорных трещинно-жильных вод 37-97 м и более.

По химическому составу воды гидрокарбонатно-кальциевые, гидрокарбонатно-сульфатные со смешанным катионным составом. Сухой остаток изменяется от 0,I до 0,7 г/л.

В природных водах месторождения распространены микроэлементы, типичные для полисульфидного оруденения: золото, серебро, мышьяк, сурьма, фтор, ртуть. Геологическое строение и тектоника района благоприятствуют образованию водных ореолов рассеяния в пределах развития аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений, эффузивно-осадочных пород карбона, интрузивных пород палеозоя и в зонах разломов различного порядка.

Общий химический состав вод подавляющей части площади гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-магниевый с минерализацией 0,I-

0,6 г/л pH 7,6-8,0.

Сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриево-магниевые воды с минерализацией 0,4-0,9 г/л характерны для крайней восточной части площади, на которой ярко проявлены процессы гидротермальной деятельности - наличие измененных пород вдоль зон минерализации и рудных тел. Площадь развития сульфатно-гидрокарбонатных вод ограничена протяженными разломами IУ, У и УI порядков.

Встречаемость золота в пробах - 43%.

Сурьма развита в водах в количестве $0,7\text{-}22\cdot10^{-4}$ мг/л и отмечается в подавляющем большинстве (90%) проб. Максимальные ее содержания ($54\cdot10^{-4}$ мг/л и $65,4\cdot10^{-4}$ мг/л) выявлены в водопроявлениях восточной части площади.

Серебро присутствует в 73% проб, концентрация его колеблется в пределах $0,45\text{-}9,4\cdot10^{-4}$ мг/л.

Ртуть выявлена в 80% проб, концентрация ее колеблется от 0,06 до 0,32 мг/л. Наиболее высокие содержания ртути характерны для сульфатно-гидрокарбонатных рудничных вод участков.

Мышьяк мигрирует в водах в количестве 0,00I-0,0I0 мг/л, встречаемость его 93%. Максимальные содержания мышьяка (0,008-0,0I мг/л) характерны для рудничных вод, а также родников участка Самарчук сульфатно-гидрокарбонатного анионного и смешанного катионного химического состава вод с минерализацией свыше 0,5 мг/л, pH 7,8-8,0.

Фтор отмечен во всех водных пробах в значительных концентрациях 0,50-0,75 г/л. Его содержания в поверхностных водотоках находятся в пределах 0,2-0,35 г/л; в родниках, выклинивающихся в гранитоидах, наряду с низкими (0,050-0,2 г/л) отмечаются максимальные (0,5-0,75 г/л). В гидрохимически аномальной зоне фтор присутствует в количестве 0,I5 г/л, 0,4-0,65 г/л.

Наряду с описанными выше элементами в подземных водах месторождения мигрируют свинец, цинк, молибден, вольфрам и селен (табл. 34), а также никель, кобальт и медь (Скрябин, I969); бор и йод обнаружены в единичных пробах (бор - 0-I,74 мг/л; йод - 0,3-0,56 мг/л).

Развитие на площади тектонических нарушений различного порядка вызвало активную миграцию подземных вод в рудных зонах и областях минерализаций. Воды, как правило, обогащаются микроэле-

Таблица 34

Фоновые и аномальные значения содержания элементов площади, мк г/л (В.А.Ан, Н.И.Еникеев и др.)

Индекс	Au	Ag	Sb	Pb	Cu	Zn	Mo	As	W	Se
Ф	0,005	I0	2,6	0,35	0,58	I6	I,25	I,5	-	0,9
A_I	0,0I5	37,5	5,9	I,2	2,I	40	3,8	6	-	2,6
A_2	0,043	I50	I3	3,8	7,0	95	I0,2	I7	-	7,5
A_3	0,II	500	20,5	I0,0	-	200	-	45	-	
Е	I57	I60	I60	I60	I60	I60	I67	I66	I65	I62
Н	-	-	-	29	6	32	76	56	82	55
мах.	0,I53	I942,5	22,65	I7	5,7	I60	I70	I00	30	6
	0,0002	0,0039	0,057I	0,I	0,I	6,5	I,0	Сл.(I)	Сл.(0,05)	0,3

Примечание. Ф - фоновое содержание, $A_{I,2,3}$ - аномальные значения при уровне вероятности 84,I%, 97,7, 99,85%, Е - общее кол-во проб, Н - кол-во проб, в которых элемент не обнаружен анализом.

ментами в аномальных концентрациях (рис. 13).

По составу вод на площади месторождения выделено четыре гидрохимические аномалии. Они характеризуются определенными параметрами: средним аномальным значением содержания микроэлементов $\frac{(C_1 + C_2 + C_3)}{n}$, содержанием SO_4, а также аддитивным гидрохимическим ореолом (табл. 35).

Таблица 35

Контрастность средних аномальных значений микроэлементов и аддитивных ореолов, мкг/л

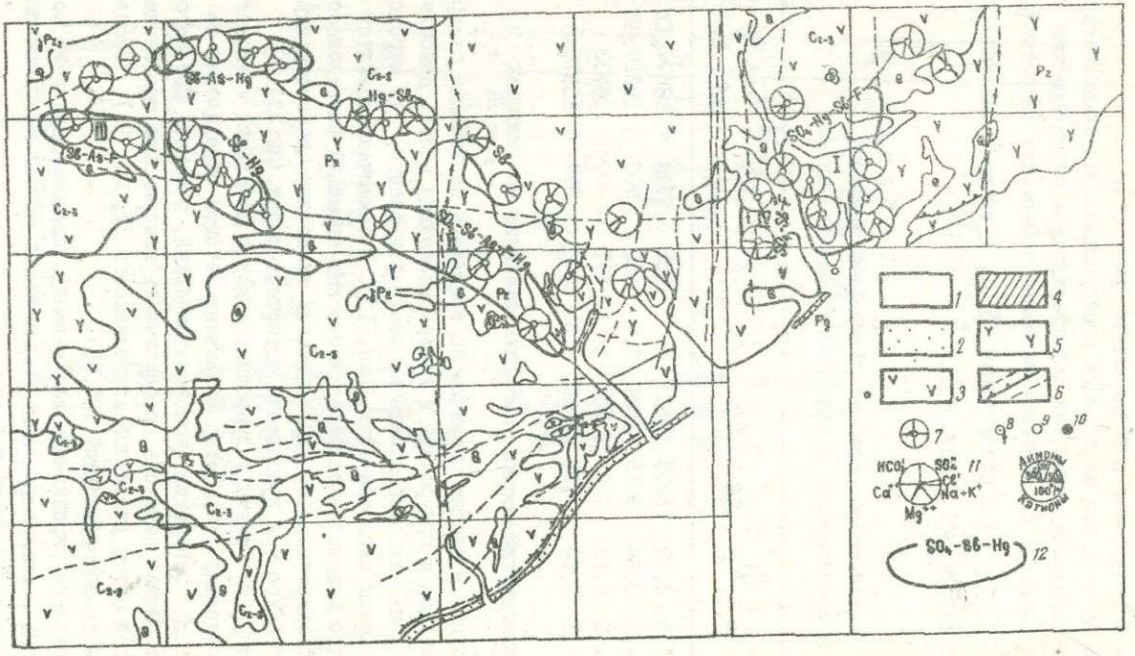
Номер аномалии	Au	Hg	Sb	Ag	As	F	SO_4'', мг/л	Au+Ag+Hg+Sb+As+F
I	7,8	0,32	15903	6348	4	355	2326	158474,11
II	4,3	0,04	3615	2134	2,7	408	703	18517,82
III	1,5	0,12	1051	1735	2	575	39	6733
IV	6,5	0,24	755	2000	5,5	500	374	6557,48

Гидрогеохимические аномалии различны по площади и содержанию.

Водные аномалии различны по средним и аддитивным содержаниям элементов и приурочены к минерализованным зонам. Наиболее контрастная из них расположена на восточном фланге, где широко развиты процессы минерализации (рис. 13). В заключение следует отметить, что выделение гидрогеохимических аномалий может способствовать предварительной оценке флангов известных месторождений и выбору объектов для проведения оценочных работ (32,33).

Миграция ртути в природных водах в небольших количествах предопределила разработку различных методов определения ее в воде: метод осаждения, колориметрический, в основу которого положено свойство дитизона образовывать комплексные соединения двухвалентной ртути различной интенсивности (I, 24, 26), беспламенный атомно-абсорбционный (37,58).

Наиболее приемлемым для ведения гидрогеохимических поисков в аридных условиях является беспламенный атомно-абсорбционный метод определения ртути в водах.


Se-As-Hg
Se-As-F
Se-Hg
Hg-Se
Se
Se-Hg-F-Hg
SO4-Na-Se-F
Pz
Cz-s
Cz-g
Pg
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
HCO3
SO4
Cl
Ca++
Mg++
Na+K+
SO4-86-Hg

Нами изучены гидрогеохимические ореолы ртути на площади убого- и малосульфидных месторождений золота.

В определении ртути в природных водах месторождения золота применена новая методика (31). Использовался комбинированный метод выделения ртути из концентрата водной пробы, полученного осаждением ее карбонатом кальция (61) с коллектором гидроокиси железа (ВСЕГИНГЕО, 1967) и последующим определением ртути на приборе КазРАФ-1 М. Метод осаждения ртути разработан в ЦЛ Мингео УзССР С.Н.Гориной, апробирован в поисковых условиях А.Джураевым и Э.А. Исмаиловым. Он прост в исполнении и эффективен при получении концентратов ртути непосредственно у источника..

Ход анализа следующий. В стакан помещают 1 л совершенно прозрачной, отфильтрованной исследуемой воды. Если на анализ взято меньше 1 л, то доводят бидистиллатом до 1 л. Пробу подкисляют соляной кислотой 1:1 до кислой реакции (pH 1-2) по универсальной бумажке конго. Далее в воды, содержащие кальция более 500 мг/л, добавляется столько насыщенного хлористого кальция, чтобы общая его сумма составляла приблизительно 3 г/л кальция, из расчета, что в каждом 1 мл насыщенного раствора хлористого кальция содержится 1 г кальция:

Содержание Ca в пробе, мг/л	Количество добавляемого р-ра $CaCl_2$ насыщ., мл
500	2,5
1000	2,0
1500	1,5
2000	1,0
2500	0,5
3000	0

Рис.13. Карта водных ореолов месторождения Кызылалма
1 – водоносный горизонт четвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений (Q); 2 – водопроницаемая зона нерасчлененных отложений песчаников, глин и известняков палеогена (P_g); 3 – водоносная зона трещиноватых эффузивно-осадочных пород карбона (C); 4 – водоносный горизонт метаморфических пород ордовика-силура (OS); 5 – водоносная зона трещиноватых интрузивных пород палеозоя (P_z); 6 – тектонические нарушения; 7 – исследованный родник и его номер; 8 – родник нисходящий; 9 – M = 0,1 – 0,4 г/л; 10 – M = 0,5-1,0 г/л; 11 – процентное содержание анионно-катионного состава вод; 12 – контуры микроэлементного состава водных ореолов рассеяния.

В воды, содержание кальция в которых менее 500 мг/л, добавляется 3 мг насыщенного раствора хлористого кальция. Затем небольшими порциями добавляют сухого растертого Na_2CO_3 до образования устойчивой взвеси. Необходимо проверить полноту осаждения карбоната кальция: добавляют несколько капель 10%-ного раствора соды. Если на месте падения капли возникает большая муть, следует добавить еще сухой соды и опять проверить полноту осаждения.

После образования осадка углекислого кальция добавляют очень медленно, при помешивании, 40 мг раствора хлорного железа и 15 мл 10%-ного аммиака. Пробу оставляют на 2 часа отстаиваться. Просветленный раствор сифонируют, оставшийся раствор с осадком (20-30 мл) отфильтровывают через фильтр синей ленты (9 см), 2-3 раза промывают 1%-ным раствором соды и высушивают на фильтре в течение 1-2 суток на воздухе, или 1,5-2 часа в сушильном шкафу при температуре не выше 80°С. Затем высушенный осадок аккуратно снимают шпателем с фильтра в пакетик, взвешивают на аналитических весах, растирают стеклянным пестиком в однородную пудру (в пакете) и замеряют ртуть на приборе РАФ-1 М. Чувствительность метода 0,1 мкг/л ртути при соосаждении из 0,5 л исследуемой пробы воды.

Выводы

1. Получение концентрата ртути возможно из водных проб - достаточно в полевых рабораториях. В дальнейшем концентрат ртути может быть использован для неоднократных аналитических работ на ртуть.

2. Определение ртути на РАФ-1М возможно только из концентратов.

3. Полевые исследования по применению данного метода определения ртути в природных водах показали, что он эффективен для гидрохимических поисков сульфидных месторождений с развитием пресных вод, минерализация которых не превышает 2 г/л.

Чадакское рудное поле

Расположено на пересечении глубинных разломов северо-восточного Кураминского с северо-западным Угамо-Кумбельским, в юго-восточной окраине - Камчикской кольцевой вулкано-тектонической депрессии. По Ю.А.Аверину, в Чадакском рудном поле установлены фрагменты всех выделяемых верхнепалеозойских вулканогенно-осадочных свит. Они перекрывают нерасчлененный средний палеозой,

сложенный толщей туфоконгломератов, туфопесчаников, аргиллитов, глинистых известняков и кислых эффузивов, а также прорывающие их интрузивные комплексы.

В работах Ю.А.Аверина и В.П.Коржаева в рудном поле в качестве структурного элемента выделяются вулкано-купольные постройки.

Рудные тела представлены секущими образованиями, контролируются *разломами и по морфогенетическим особенностям* (Аверин), делятся на три типа: в приоткрываниях нарушений сколового типа, в *повторных сколах жил и на пересечениях разломов* (*рудные столбы*, клинообразные рудные тела).

Золотое оруденение, относимое к электрум-карбонат-кварцевой формации, локализуется в кварц-карбонатных жилах. Руды убогосульфидные. Главными минералами рудных тел являются электрум, серебро, кварц, кальцит, анкерит, гематит, адуляр. Редко встречаются сульфосоли серебра и теллуриды золота.

Площадь рудного поля подвергалась интенсивным гидротермальным изменениям пород с развитием вблизи рудных тел аргиллитизации, сопровождаемой адуляризацией, а во внешних зонах – пропилитизации.

Чадакское рудное поле изучалось Ю.А.Авериным, В.Ф.Скрябиным, Х.Б.Фаттаховым, М.А.Абатуровой и др., М.Д.Увадьевым, Ю.Л.Гертманом и др., Н.П.Холоповым, Д.С.Мукимовой.

М.А.Абатурова оруденение данного рудного поля относит к золото-серебряному типу с их отношением I:70, на основе осевой зональности разработан геохимический критерий для определения уровня эрозионного среза $P = \frac{Pb \cdot Ag}{Bi \cdot Cu}$, который изменяется от подрудных к нижнерудным в I000 раз на участке Пирмираб.

На примере участка Гузаксай проследим первичные ореолы убогосульфидного золото-серебряного месторождения. В составе первичных ореолов месторождения преобладают золото, серебро, ртуть, свинец, цинк, вольфрам, молибден, хром, титан, марганец, сурьма, мышьяк, барий, висмут и др. Из них титан образует слабовыраженную зону выноса.

Судя по графикам кривые серебра повторяют изгибы содержаний золота, но эпицентры первого иногда смещаются в сторону висячего бока рудных тел. Избирательное накопление в этом же направлении характерно для ртути, свинца, сурьмы менее цинка.

Вольфрам, кобальт, молибден занимают те же позиции, что и золото. Мышьяк, висмут и другие элементы наблюдаются не только по рудной жиле, но и образуют отдельные всплески за пределами, что обусловливает ее накопление в околорудных метасоматитах.

Наряду с аномалиями, сопровождающими известное рудное тело, параллельно последней аномалии в западной части разрезов выявлены ореолы ртути, серебра, свинца и других элементов, которые интенсивно увеличивают свои содержания от верхних исследованных горизонтов – II90 м до нижних – II40 м. Так, свинец достигает 0,06% в нижней части (II40 м) по сравнению с содержанием его 0,0I% в верхнем (II90 м) и 0,02% в среднем горизонте. Ртуть наверху (II90 м) составляет около $2 \cdot 10^{-6}$%, в средней части разреза (II70 м) более $2 \cdot 10^{-6}$ и в нижней (II40 м) свыше $5 \cdot 10^{-6}$%. Это объясняется наличием на глубине (~200 м) слепого рудного тела, вскрытого скважиной 49, приближение к которому фиксируют аномальными содержаниями надрудные элементы, в первую очередь ртуть и свинец.

Установлено, что золото на верхних горизонтах коррелирует с серебром ($r = +0,82$), свинцом ($r = +0,77$), медью ($r = +0,79$), барием ($r = +0,32$), при приближении к нижним горизонтам указанной группы включаются средние и надрудные элементы: висмут ($r = +0,24$), вольфрам ($r = +0,32$), ванадий ($r = 0,20$), а в нижних горизонтах оно связано только с серебром ($r = +0,6I$).

Многократной корреляцией, по Ю.К.Буркову, выявляется закономерное уменьшение элементов в геохимических ассоциациях с золотом от верхних горизонтов карьера до нижних. Так, на горизонте II90 м они представлены $(V,Ti)Cu,Cd;Ba,Au,Sn,Zn,Co \rightarrow Mn\ Pb,Mo,W,As,Bi,Ag,Sb)$, а 50 м ниже (горизонт II40 м) $Ag,Au \rightarrow Zn(Co,Pb),W,Sn,Mo,Sb,Bi,Cu,As$.

Таблица 36

Геохимические ассоциации элементов, полученные методом многократной корреляции по Ю.К.Буркову

Исследованный горизонт карьера, м	Геохимические ассоциации
II90	$(V,Ti)Cu,Cd,Ba,Au,Sn,Zn,Co \rightarrow Mn,Bi\ Pb,Cu,Mo,W,As,Bi,Ag,Sb$
II70	$W,Ba,V,Mn,Au,Co,Cr,Bi \rightarrow Mo,Ti,Ag(Sb,As)\ Cd.$
II60	$Sn,W,Mo,Zn,Co,Ba \rightarrow Sb(As,Au)\ Ag,Pb,Cu$
II50	$Au(Zn,Pb)Ag,Cu \rightarrow W,Sn,Sb,As,Bi,Ba,Mo$
II40	$Ag,Au \rightarrow Zn(Co,Pb)\ W,Sn,Mo,Sb,Bi,Ba,Cu,As$

ГЛАВА У. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ

Формы нахождения ртути на ртутно-сурьмяных полиметаллических и золоторудных месторождениях

Выяснение форм нахождения элементов и прежде всего ртути в первичных ореолах рассеяния представляет не только теоретический, но и практический интерес, так как дифференцированное распределение различных форм нахождения ртути в вертикальном разрезе, установленное на некоторых месторождениях, может дать дополнительные критерии оценки уровня эрозионного среза ртутных рудных тел. Методика фазового анализа ртути развивалась исследователями в двух направлениях: I) возгонка соединений ртути при разных температурах (7, 8, I0, I9, 5I, 53, 57); 2) химические методы фазового анализа (I9, 38, 42, 46). Все существующие методики пока несовершенны, тем не менее они дали возможность получить первые интересные сведения.

При геохимических методах поисков, особенно при расшифровке геохимических аномалий, необходимо определять не только валовые концентрации ртути, но и раздьлять их на составляющие, отвечающие определенным формам ее нахождения в породах. Для определения форм нахождения ртути могут быть использованы минералогические, химические и различные методы фазового анализа, однако при малых концентрациях ртути в геохимических пробах определение форм нахождения перечисленными способами затруднительно, а порой и невозможно.

Для определения форм нахождения ртути используется зависимость между концентрацией насыщенных паров ртути и температурой.

Нами изучены формы нахождения ртути атомно-абсорбционным методом анализа (57) на приборе РАФ-IМ. Принцип работы прибора заключается в следующем. Истертая проба весом от 0,03 до I г помещается в специальную печь, температура которой повышается линейно от 50° до 800°. Измерение температуры производится I5-I6 раз с интервалом от 50° до 800°С. Для контроля замеры производились по 2 раза из одной пробы и вычислялось среднее арифметическое зна-

чение содержания ртути. Атмосферный воздух вместе с ртутью и вмещающими примесями прокачивается насосом через фильтр, разъемный кран, золотой сорбент и ротаметр. Ртуть поглощается сорбентом, а воздух с примесями выбрасывается в атмосферу. Ртуть на этом сорбенте накапливается за 30 с, после чего краны переключаются для десорбции ртути – включается подогревное устройство сорбента. Десорбированная ртуть попадает в фотометр, который фиксирует концентрацию ртути в пробе.

По результатам разделения валовой ртути строится график: по оси абсцисс откладывается температура нагревания, а по оси ординат – абсолютное количество ртути, накопленное сорбентом за одно измерение.

Недостаток метода заключается в следующем:

I. Невозможность измерения концентраций ртути в пробах, содержащих такие вмещающие примеси, как органические соединения и сульфиды.

2. Незначительная чувствительность измерения паров ртути в почвенном воздухе и небольшой диапазон измеряемых концентраций в порошковых пробах. Интерпретация результатов прокаливания производилась по температурному показателю. Предполагается, что каждой температурной ступени соответствует испарение ртути, заключенной в определенной форме. Основываясь на данных о температурных разрушениях кристаллических решеток минералов, с которыми может быть связана ртуть в исследуемых месторождениях, можно предположить, что каждая из указанных температурных ступеней будет характеризоваться испарением ртути, заключенной в определенной минеральной или безминеральной форме.

Нами взят перечень форм нахождения ртути, предложенный Л.П. Быковской (I0).

I. Ртуть элементарная (свободная самородная) – полное испарение при температуре I00°С.

2. Ртуть сульфидная, в форме порошковатой (вторичной) киновари, испаряется в интервале температур 200–300°С.

3. Ртуть сульфидная в форме кристаллической киновари, полностью испаряется в интервале 300–400°С.

4. Ртуть устойчивая при высокой температуре (400–500°С и более) – "тонкодисперсная" форма.

5. Ртуть в виде изоморфной примеси в рудных и жильных минералах.

Формы нахождения ртути определялись на ртутно-сурьмяном месторождении джаспероидного (месторождение Новое Хайдаркенского рудного поля) и карбонатного типов (Алтнаульское рудное поле), свинцово-цинковых месторождений стратиформного (Учкулач) и скарнового типов (Алтынтопканское рудное поле).

Месторождение Новое – крайне западное продолжение Хайдарканского ртутно-сурьмяного рудного поля (3), ограничивается треугольным блоком, сформированным северным взбросом (на юге), северо-западным разломом (на северо-востоке) и Зархарским сбрососдвигом (на северо-западе). Ртутно-сурьмяно-флюоритовое оруденение локализуется в роговиково-сланцевых, джаспероидных и сланцевых брекчиях, в меньшей степени в известняках.

Опробовался керн скважин I936, I975, находящихся в северной части структуры месторождения. В геологическом разрезе скважины основную надрудную часть слагают глинистые сланцы с прослоями углисто-глинистых. Рудная часть представлена сланцевой брекчией с мелкими обломками известняка, в подрудной залегают массивные, местами окремненные известняки (табл. 37).

Ртуть образует непрерывный вертикальный ореол, характеризующийся содержанием ртути от $5 \cdot 10^{-5}$ до $300 \cdot 10^{-5}$% в надрудной части и в подрудной $15 \cdot 10^{-5}$%. Каждая проба подвергалась двух- и трехкратному прокаливанию.

Результаты изучения температурного режима прокаливания вмещающих пород месторождения Новое позволили выделить пять основных форм ртути (табл. 37). I) элементарная *Hg* (самородная), испарение произошло в интервале I00–I50°С, установлена в зоне контакта известняков с джаспероидами; 2) сульфидная в форме порошковатой *Hg Sn* (вторичной), киноварная форма нахождения, полное испарение ртути произошло в интервале 200–300°С, характерна для зоны известняковых джаспероидов, контакта известняков с джаспероидами и перекрывающих известняков; 3) сульфидная в форме кристаллической киновари *HgS* (минеральная форма), полное испарение произошло от 300 до 400°С, характеризует надрудные сланцы и зону контакта известняков с джаспероидами; 4) тонкодисперсная *Hg тд* (безминеральная форма), испарение наблюдается в ин-

тервале 400-500°С. Установлена в породах зоны контакта известняков с джаспероидами, известняковых джаспероидах и подрудных контактовых известняках; 5) изоморфная $Hg_{из}$ вероятно, связанная форма ее, испарение происходит при температурах выше 500°, характеризующих зоны контакта известняков с джаспероидами и надрудные контактовые известняки.

По геологической позиции в околорудном пространстве месторождения формы нахождения ртути распределяются следующим образом.

В перекрывающей толще известняков доминирует минеральная форма ртути - порошковатая, сульфидная, в мощной толще сланцев - сульфидная кристаллическая ртуть с содержанием $9 \cdot 10^{-6}\%$ Hg.

Контакт сланцев с джаспероидной брекчией содержит несколько форм ртути: минеральную, (сульфидная порошковатая с содержанием ртути $30 \cdot 10^{-6}\%$), элементарную ($8 \cdot 10^{-6}\%$ $Hg_э$) и безминеральную тонкодисперсную ($5 \cdot 10^{-6}\%$ $Hg_{тд}$).

Рудная толща (джаспероидные брекчии) отчетливо фиксируется наличием сульфидной порошковатой ($> 30 \cdot 10^{-6}\%$ $Hg_п$) и тонкодисперсной ($13 \cdot 10^{-6}\%$ $Hg_{тд}$) формами ртути.

Подрудная толща (известняки) характеризуется присутствием сульфидной кристаллической ртути ($12 \cdot 10^{-6}\%$ Hg) и тонкодисперсной с содержанием $6 \cdot 10^{-6}\%$ $Hg_{тд}$ (36).

Таким образом, различное распределение некоторых форм нахождения ртути в вертикальном разрезе рассматриваемого месторождения позволяет оценить уровень эрозионного среза месторождения $HgS_{n_{30}}\, Hg_{э_{80}}\, Hg_{тд_5} / HgS_{n_{30}}\, Hg_{тд_{13}} / HgS_{12}\, Hg_{тд_6}$, соответствующий верхнерудной, рудной и подрудной толщам.

Алтнаульское рудное поле сложено доломитами и доломитизированными известняками силура и девона. Они собраны в антиклинальную складку и прорваны лейкократовыми гранитами. Столбообразные, трубчатые и секущие, реже согласные рудные тела локализованы в "пропаренных" мраморизованных, сильно осветленных породах. Рудные минералы представлены киноварью, реже антимонитом, из жильных - кальцитом.

Ртуть концентрируется в околорудных и верхнерудных частях разреза в содержаниях $1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-3}\%$.

Результаты изучения температурного режима прокаливания вмещающих пород Алтыаульского рудного поля позволили выделить три основные формы ртути (табл. 37, рис. I4) :

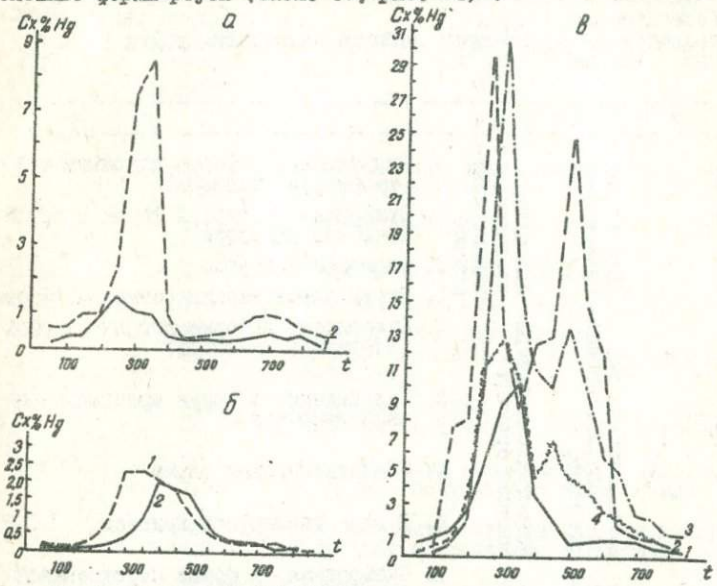


Рис. I4. Графики возгонки ртути.
Ртутно-сурьмяные месторождения. Содержание ртути: а) Алтыаул: I - в доломитизированных известняках; 2 - на контакте доломитизированного известняка с рудной толщей; б) Новое: I - в сланцах, 2 - зонах контакта известняков со сланцами, 3 - известковых джаспероидах, 4 - известняках; в) свинцово-цинковое месторождение Учкулач. Содержание ртути: I - в доломитах, 2 - известняках.

I) сульфидная, в форме порошковатой (вторичной) - $HgSn$, киноварная форма нахождения: полное испарение ртути произошло в интервале 200-300°С, характерна для зоны контакта доломитизированного известняка с рудной толщей; 2) сульфидная ртуть в форме кристаллической киновари HgS (минеральная), полное испарение которой произошло от 300 до 400°С, характеризующая доломитизированные

Формы нахождения ртути в первичных ореолах рассеяния эндогенного оруденения

Месторождение	Генетический тип	Объект исследования	Рудовмещающие породы	Форма нахождения ртути
1	2	3	4	5
Ртутно-сурьмяные	Карбонатные	Алтынаульское рудное поле	Доломиты и доломитизированные известняки	I. Сульфидная, в форме порошковатой (вторичная киноварь)
				2. Сульфидная ртуть, в форме кристаллической киновари
				3. Изоморфная ртуть
	Стратиформные Джаспероидные	Хайдаркенское рудное поле, месторождение Новое	Известняково-джаспероидная брекчия	I. Ртуть элементарная (самород.)форма
				2. Сульфидная в форме порошковатой (вторичная киноварь)
				3. Сульфидная, в форме кристаллической киновари
				4. Тонкодисперсная форма
				5. В виде изоморфной примеси
		Учкулачское рудное поле, участок Центральный	Доломитизированные известняки и доломиты	I. Сульфидная, в форме порошковатой (вторичная киноварь)
				2. Сульфидная, в форме кристаллической киновари
				3. Тонкодисперсная форма
	Скарновые	Алтынтопканское рудное поле, участок Пайгулак	Скарны	I. Сульфидная, в форме порошковатой (вторичная киноварь)
				2. Сульфидная, в форме кристаллической киновари
				3. Тонкодисперсная форма
				4. В виде изоморфной примеси

Таблица 37

Испарение, °С	Средн. содержание в породах 10^{-6}%	Породы, подверженные возгонке ртути
6	7	8
200-300	I,I	Зона контакта доломитизированного известняка с рудной толщей
300-400	5,6	Доломитизированные известняки
500	0,5	Доломитизированные известняки
I00-I50	4,0	Зона контакта известняков с джаспероидами
200-300	I4	Известняковые джаспероиды
	I7	Контакт джаспероидов с перекрывающими известняками
300-400	7,5	Надрудные сланцы
	II	Зона контакта известняков с джаспероидами
400-500	I7	Зона контакта известняков с джаспероидами
	5,5	Подрудные контактовые известняки
500	5,5	Зоны контакта известняков с джаспероидами
	2,2	Надрудные контактовые известняки
200-300	I,2	Доломиты
300-400	I,I	Известняки
	2,25	Доломиты
400-500	I,7	Доломиты
	I,8	Известняки
200-300	I,2	Скарны
	0,9	Аплиты
	I,6	Андезитовые порфириты
	I,6	Эффузивные скарны
300-400	I,7	Скарны
	I,7	Эффузивные породы
	I,7	Известняки доломитизированные
	2,5	Аплиты
	5,5	Андезитовые порфириты
	2,9	Эффузивные скарны
I00-500	I,4	Эффузивные породы
	I,5	Известняки доломитизированные
	4,7	Андезитовые порфириты
	4,8	Эффузивные скарны
500	I,9	Эффузивные скарны

известняки; 3) изоморфная $Hg_{из}$ вероятно, связанная форма, испаряется при температурах выше 500°, выявлена в доломитизированных известняках.

По геологической позиции месторождения формы нахождения ртути распределяются следующим образом.

В зоне контакта доломитизированного известняка с рудной толщей преварирует минеральная форма ртути – порошковатая сульфидная с содержанием ртути от $0,5 \cdot 10^{-6}$ до $3,6 \cdot 10^{-6}\%$ Hg.

В зоне доломитизированных известняков содержится несколько форм ртути: сульфидная в виде кристаллической киновари с содержанием ртути от $2 \cdot 10^{-6}$ до $18 \cdot 10^{-6}\%$ Hg и изоморфная – с содержанием $0,2 \cdot 10^{-6}$ – $1,7 \cdot 10^{-6}\%$ Hg. В зоне околорудных известняков ртуть присутствует в форме изоморфной (связанной) в содержании $0,2 \cdot 10^{-6}$ – $1,7 \cdot 10^{-6}$ Hg. Во вмещающих породах доломитов она присутствует в форме сульфидной кристаллической концентрации $2 \cdot 10^{-6}\%$ – $18 \cdot 10^{-6}\%$

Эрозионный срез Алтыаульского рудного поля характеризуется следующим соотношением термоформ ртути: $Hg^{3}_{n\,3,6} / Hg^{S}_{12\text{-}18}\ Hg\,из_{1,7}$.

Учкулачское свинцово-цинковое месторождение относится к стратиформному типу, находится в предгорьях Северо-Нуратинского хребта в пределах останцовой гряды Ханбандытау.

Площадь месторождения сложена породами девонского возраста. Вмещающие породы смяты в Ханбандинскую антиклинальную складку субширотного простирания, осложненную складчатостью более низкого порядка типа флексур.

Ртутнометрические исследования проведены на участке Центральный по его западному флангу, где рудные тела подходят к поверхности в пологом падении и представлены двумя горизонтами доломитов и доломитовых разностей пород верхнеучкулачской ритмосвиты и известняками нижнекарбонового возраста.

Ртуть присутствует в породах в концентрации $n \cdot 10^{-7}$–$5 \cdot 10^{-6}\%$. Тектонические нарушения фиксируются несколько высокими содержаниями ртути – $1 \cdot 10^{-4}\%$ Hg.

Результаты изучения температурного режима прокаливания вмещающих пород свинцово-цинкового месторождения Учкулач позволило выделить три основные формы нахождения ртути (табл. 37, рис. 14): I) сульфидная, в форме порошковатой (вторичной), киноварная форма

нахождения: полное испарение ртути произошло в интервале 200–300°С, характерна для доломитов; 2) сульфидная – в форме кристаллической киновари (минеральная), полное испарение произошло от 300 до 400°С, отмечается в известняках и доломитах; 3) тонкодисперсная (безминеральная), испарение наблюдается в интервале 400–500°С, обнаружена в известняках и доломитах.

По геологической позиции околорудного пространства месторождения формы нахождения ртути распределяются следующим образом.

Для рудовмещающей толщи (доломитов) – две основные формы: сульфидная порошковатая с содержанием $2{,}3 \cdot 10^{-6}\%$ Hg; сульфидная кристаллическая киноварь (минеральная) с содержанием $2{,}3 \cdot 10^{-6}\%$ Hg

Для подстилающих толщ (известняков) отмечаются следующие формы нахождения ртути: сульфидная кристаллическая киноварь (минеральная) с содержанием ртути $2 \cdot 10^{-6}\%$; тонкодисперсная форма с содержанием ртути $1{,}7 \cdot 10^{-6}\%$.

Для современного эрозионного среза месторождения Учкулач характерными термоформами ртути являются $Hg S_{n_{2,3}} / Hg Sn_2 Hg_{Tg_{1,7}}$, соответствующие рудной и подрудной толщам.

Месторождение Пайбулак расположено в центральной части Алтынтопканского рудного поля. Его позиция определяется приуроченностью к пересечению двух крупных тектонических зон – Чалатинского и Касканасайского разломов. Месторождение размещается в блоке, удлиненном в северо-восточном направлении и ограниченном на северо-западе и юго-востоке ветвями Чалатинского разлома. Площадь месторождения сложена в основном осадочно-вулканогенными породами верхнего палеозоя и прорывающими их позднегерцинскими интрузиями и дайками. На небольших участках обнажаются нижнекарбоновые известняки.

Рудные тела локализованы в зоне контакта известняков с эффузивными породами и базальными туфоконгломератами.

Ртуть присутствует во всех литологических разностях в тех или иных количествах. Максимальные содержания ртути в количестве $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-4}\%$ наблюдаются в скарнированных андезитах рудоносной зоны и в андезитовых порфиритах. Содержание ртути в почвенном слое над эффузивами несколько снижается ($1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}\%$). В зоне контакта известняков с эффузивами количество ртути мини-

мальное $1 \cdot 10^{-7}$ – $1 \cdot 10^{-6}$% *Hg*.

Результаты изучения температурного режима прокаливания вмещающих пород месторождения Пайбулак позволили выделить четыре основные формы ртути (табл. 37):

1) сульфидная, в виде порошковатой *Hg Sn* (вторичной), киноварная форма нахождения; полное испарение ртути произошло в интервале 200–300°С, характерна для зоны скарнов, аплитов, андезитовых порфиритов, эффузивных скарнов;

2) сульфидная в форме кристаллической киновари *HgS* (минеральная) полное испарение произошло от 300 до 400°С, характерна для скарнов, эффузивных пород, известняков доломитизированных, аплитов и андезитовых порфиритов, эффузивных скарнов;

3) ртуть тонкодисперсная *Hg rg* (безминеральная), испарение ее наблюдается в интервале 400–500°С, обнаружена в эффузивных породах, известняках доломитизированных, андезитовых порфиритах и эффузивных скарнах;

4) изоморфная *Hg из* связанная, испаряется при температурах выше 500°С, характерна для эффузивных скарнов.

По геологической позиции месторождения формы нахождения ртути распределяются следующим образом.

Для рудной толщи основной формой является: сульфидная порошковатая с содержанием $2{,}4 \cdot 10^{-6}$ – $4 \cdot 10^{-6}$% *Hg* Кроме того, отмечается сульфидная кристаллическая киноварь (минеральная форма) с содержанием ртути $1{,}2 \cdot 10^{-6}$ – $1{,}8 \cdot 10^{-6}$%.

Контакт рудной толщи с подстилающими эффузивами характеризуется двумя основными формами: сульфидной кристаллической киновари (минеральная форма) с содержанием ртути $4{,}7 \cdot 10^{-6}$ – $14 \cdot 10^{-6}$%; тонкодисперсная с содержанием $2{,}7 \cdot 10^{-6}$ – $7 \cdot 10^{-6}$% *Hg* , присутствует изоморфная ртуть с содержанием $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ – $2 \cdot 10^{-6}$% *Hg*.

Для перекрывающей толщи породы основными формами нахождения ртути является сульфидная кристаллическая (безминеральная форма) с содержанием $2{,}5 \cdot 10^{-6}$% *Hg* присутствует тонкодисперсная с содержанием $1{,}4 \cdot 10^{-6}$% *Hg*.

Для месторождения полиметаллов Пайбулак характерными формами нахождения ртути являются $Hg S_{2,5} Hg_{rg1,4} / Hg Sn_{2,4-4} Hg S_{1,5} / Hg S_{4-14} Hg_{rg2}$, соответствующие над-, рудной и подрудной частям.

На золоторудном месторождении Кызылалма ртуть находится в

двух формах: среднетемпературной 300-400° и высокотемпературной - более 500°С. Первая характерна для зон геохимических площадных аномалий, вторая (изоморфная) - для зон осветления, рудовмещающих пород андезито-дацитового состава, туфов и т.д.

В природных водах ртуть мигрирует в ионной форме Hg^{++}, в виде $Hg_2Cl_2/HgCl_2$ и димерной Hg_2^{2+}.

Из изложенного выше следует, что формы нахождения ртути могут служить четким критерием в определении уровня эрозионного среза месторождения.

ВЫВОДЫ

I. Ртуть является универсальным элементом-индикатором, образующим ореолы рассеяния как вокруг собственно ртутных и ртутьсодержащих месторождений, так и полиметаллических.

Наряду с ртутно-сурьмяным оруденением ртуть служит основным элементом-индикатором и на ртутно-полиметаллическом оруденении.

Косвенным элементом-индикатором ртуть является на свинцово-цинковом и колчеданно-полиметаллическом оруденении, тесно коррелируя с основными рудными элементами; свинцом, цинком, медью, ванадием, никелем и титаном.

Свинцово-цинковые месторождения обогащены ртутью в рудоносной зоне в количестве $I \cdot I0^{-6}$ - $I \cdot I0^{-4}$%, во вторичных ореолах рассеяния - $I \cdot I0^{-6}$ - $I \cdot I0^{-5}$%.

Колчеданно-полиметаллическое оруденение концентрирует ртуть в количестве $n \cdot I0^{-7}$ - $n \cdot I0^{-6}$%, в зонах тектонических нарушений - до $n \cdot I0^{-4}$%.

2. Детальные геохимические поиски (лито-, гидрогеохимические, шлиховые и газо-ртутные), изучение первичных ореолов рассеяния и форм нахождения ртути в них обусловливают значительное повышение эффективности геохимических поисков скрытого сульфидного оруденения.

Геолого-геохимическое районирование ртутно-сурьмяных зон Средней Азии

В основу геохимического районирования Среднеазиатской ртутно-сурьмяной провинции положены работы А.А.Саукова с учетом особенностей ассоциаций элементов в геологических формациях складчатых областей Тянь-Шаня и Памира по В.П.Федорчуку (53) и Н.А. Никифорову (34), а также результаты литогеохимических и шлиховых съемок.

Геохимические узлы представляют собой "районы, которые испытали повторные наложения нескольких геохимических циклов, вследствие чего в них миграция элементов происходила особенно интенсивно. Для них характерны многоэтапные процессы минералообразования, явления наложения и омоложения месторождений рудных типов" (42).

Геохимическое районирование проведено в складчатых системах Срединного и Южного Тянь-Шаня, Копетдага и Памира (37).

Срединный Тянь-Шань

Каратау-Нарынская геохимическая зона находится в пределах складчатой системы Срединного Тянь-Шаня, отделяющегося от Северного Тянь-Шаня Южно-Кавакским региональным глубинным разломом. В границах зоны выделяется Молдотауский геохимический узел (I, рис. I5) в виде коренных проявлений и аномальных площадей ртути, расположенных среди терригенных, преимущественно красноцветных отложений среднего карбона, лишь одно рудопроявление (Бебексай) находится среди доломитизированных известняков фамена.

Наиболее благоприятными рудовмещающими породами являются песчаники, гравелиты, конгломераты, т.е. породы, обладающие наибольшей пористостью. Киноварь в них присутствует в виде вкрапленности и прожилков, образуя часто согласные рудные тела. Наблюдается большое количество шлиховых проб с киноварью до 29 знаков. В литогеохимических пробах отмечаются значительные содержания ртути (до $6 \cdot 10^{-3}$%).

В массивных известняках фамена ртутное рудопроявление представлено штокверком кальцитовых и флюоритовых прожилков с вкрап-

Рис.15. Схема геохимического районирования ртутно-сурьмяной минерализации Средней Азии. Составила Д.С.Мукимова по материалам В.М.Андреева, М.М.Безуглова, В.Ф.Бородаенко, А.Г.Бушмакина, Л.П.Быковской, В.В.Вировца, В.И.Гапочка, Р.Р.Исакова, Е.Г.Краснова, Л.Н.Кугуракова, Н.В. Лихарчук, Г.Ф.Литвиненко, М.Мирзаахмедова, Л.Н.Мозолева, В.В.Никанорова, Н.А.Никифорова, Т.И.Новиковой, К.О.Осмонбетова, Д.А.Салаватовой, З.А.Суеркулова, Ш.Султанмурадова, В.Т. Сургай, И.Д.Тулукеева, Р.С.Фахрутдинова, Х.М.Юсупова, А.В.Яговкина, 1980 г.

I - тектонические контакты; 2 - контуры геохимических зон и их номера: I - Каратау-Нарынская, II - Чаткало-Кураминская, III - Фергано-Кокшаальская, IУ - Зарафшано-Гиссарская, У - западная и восточная части Центр.Копетдага, УI - северная, центральная и южная части Памира; 3 - контуры геохимических узлов и их номера. Месторождения: 4-ртути, 5-сурьмы, 6-полиметаллов; рудопроявления: 7-ртути, 8-сурьмы, 9-полиметаллов; литогеохимические ореолы с содержанием ртути:

I0 - 7-I0·I0^{-6}%; II - I0-I00·I0^{-6}%; I2 - I00-I000·I0^{-6}%.

ленностью киновари, образующей линзообразное тело. Содержание ртути высокое (0,01%), в протолочках киноварь отмечается от 112 до 223 знаков.

Площадь перспективна на поиски ртутно-сурьмяных рудопроявлений. Признаком, способствующим поискам коренных тел, служит наличие окварцованных, серицитизированных, баритизированных, карбонатизированных пород с сульфидной минерализацией (табл. 38). В районе следует проводить лито- и гидрогеохимические поиски масштабов 1:25000 для обнаружения дополнительных структур, а также газортутные и детальные литохимические масштабов 1:10000 и 1:5000 - для скрытых рудных тел.

Южный Тянь-Шань

В Южно-Тяньшаньской складчатой системе сосредоточены крупнейшие геохимические зоны: Чаткало-Кураминская, Ферганo-Кокшаальская и Зарафшано-Гиссарская (табл. 38).

Чаткало-Кураминская геохимическая зона имеет сложное тектоническое строение, обусловленное принадлежностью его к различным структурно-формационным зонам. Геохимический облик зоны обусловлен наличием коренных проявлений ртутно-сурьмяной, блеклорудной, молибденовой и висмутовой минерализаций, образующих и вторичные литогеохимические ореолы.

В пределах Сандалашского геохимического узла (2; рис. 15) расположено киноварно-блеклорудное рудопроявление Чаткальское. Киноварь представлена в виде скоплений пылевидных частиц и приурочена к зонам брекчирования и контактовым частям интрузий гранитоидов с карбонатными породами. Отмечаются аномальные площади ртути с повышенными содержаниями киновари (до 99% тяжелой фракции шлиха). В литогеохимических потоках рассеяния ртуть присутствует в количестве $1 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-4}$%.

В центральной части Чаткало-Кураминской геохимической зоны Н.А.Никифоров выделяет Терек-Кассанский геохимический узел (3, рис. 15).

Ртутно-сурьмяное оруденение локализовано вблизи позднегерцинских субширотных и разрывных структур. Здесь находится сурьмяное месторождение Терек и другие комплексные месторождения. Ртут-

ные рудопроявления имеют подчиненное значение. Основная масса сурьмяного оруденения размещается в джаспероидах, развитых в зоне контакта известняков со сланцами, и тяготеет к антиклиналям, осложненным разломами. На площади должны вестись гидро- и литохимические поиски, а также газортутные . Геохимические поиски должны быть ориентированы на выявление рудных тел со значительным сгущением сети опробования. Масштаб поисков I:I0000 и I:5000.

На востоке Чаткало-Кураминской геохимической зоны расположен Майлису-Шайданский ртутный геохимический узел, характеризующийся мелкими месторождениями и рудопроявлениями (4; рис. I5). Рудовмещающие породы представлены лиственитизированными и карбонатизированными (анкеритизированными) серпентинитами, основными дайками, реже песчаниками и сланцами с сопутствующей гематитизацией (табл. 38).

Ртутные тела тяготеют к разрывным нарушениям, развитым около верхнепалеозойского прогиба. Аномальные ртутные площади и потоки механического рассеяния киновари связаны с коренными источниками. Киноварь в шлихах встречается в количестве I-200 знаков, наиболее часто составляя 75% шлиха. Кроме этого, отмечаются другие минералы: флюорит, висмутин, бисмутит, шеелит, арсенопирит, касситерит, минералы свинца и золота.

В литогеохимических ореолах ртуть присутствует в аномальных содержаниях (n x10^{-5} - n x10^{-3}%). На площади необходима постановка детальных литогеохимических и газортутных поисков коренных источников и скрытых рудных тел со степенью детальности I:5000 и I:2000.

Фергано-Кокшаальская геохимическая зона характеризуется наивысшей ртутно-сурьмяной рудоносностью. В самой восточной ее части известны рудопроявления с комплексным сурьмяным оруденением (Абшир, Аксай, Кадамжай и др.) и шлиховые ореолы киновари в количестве до 50% тяжелой фракции. Западнее распространены более низкотемпературные в большинстве ртутные рудопроявления, локализованные в эффузивно-сланцевой толще, известняках и доломитах. Размещение рудопроявлений данной геохимической зоны контролируется позднегерцинскими субширотными разрывными нарушениями, оперяющими зону крупного краевого разлома.

На площади Ферганo-Кокшаальской геохимической зоны выделяются геохимические узлы: южного краевого Карачатырского прогиба, зона высоких предгорий Алая и Сурметашский.

Южная краевая часть Карачатырского позднепалеозойского прогиба (рис. I5) характеризуется распространением осадочно-вулканогенных пород среднего палеозоя. Перекрывающие их верхнепалеозойские толщи представлены главным образом песчаниками и конгломератами. Большинство месторождений монометалльные ртутные, киноварь-кварц-анкеритовой и лиственитовой рудных формаций (табл. 36). В ряде мест в непосредственной близости от ртутных расположены полиметаллические месторождения. Все типы месторождений определены и приурочены к ведущей структуре района - крупному краевому разлому.

В пределах узла распространены шлиховые ореолы ртути с содержанием киновари до 80% тяжелой фракции. Основная масса шлихов приурочена к рудопроявлениям Джибалды, Джилбулак, Карагаш и месторождению Араван. Ореолы ртути характерны для восточной части северного склона известняковой гряды Карагаш и приконтактовой полосы известняковой гряды Тайли-Бель-Таш.

Высокие предгорья Алая (рис. I5) охватывают центральную часть среднепалеозойского мегантиклинория. Здесь сосредоточены ртутные, сурьмяные и ртутно-сурьмяные месторождения. Характерны широкие шлиховые ореолы киновари, флюорита, реже минералов мышьяка. Аномальные содержания ртути ($n \cdot 10^{-3}$%) и сурьмы по данным геохимического опробования приурочены к согласным геологическим структурам. Один из главных поисковых признаков района - присутствие окремненных известняков-джаспероидов в зоне контакта известняков и сланцев среднего карбона или в зонах небольших местных нарушений. По наличию ртутных аномалий перспективными признаны Алыш-Пульгонская сланцевая полоса, район Южно-Арпалыкского взброса Чаувайского надвига. Рекомендуется проведение литогеохимических поисков масштабов I:5000 и I:2000.

Сурметашский узел (рис. I5) - южная часть Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса. Особенностью геологического строения является широкое развитие интрузивных комплексов кислого и щелочного составов. Значительное распространение получили процессы изменения пород, выраженные доломитизацией, кальцитизацией, окварце-

ванием и дроблением. Наиболее ярко проявился процесс доломитизации, с которым связано образование так называемых "зебровидных доломитов" (табл. 38).

Здесь выделяются две группы месторождений: I) комплексные, ртутно-сурьмяные (с блеклыми рудами) и сурьмяно-мышьяковые (арсенопиритовые), локализующиеся в экзоконтактовых частях крупнейших интрузивных тел; 2) месторождения (Кштут, Адыракоу и др.). с преобладанием ртутной минерализации, расположенные в карбонатных и терригенных толщах на западном фланге Алайского и Туркестанского хребтов.

Развиты малоконтрастные ореолы ртути, пространственно связанные с коренными проявлениями, присутствуют медь и цинк. Экспериментальные работы по изучению газовых ореолов рассеяния в рыхлых отложениях, проведенные с помощью прибора КазРАФ, показали присутствие ртутных газовых ореолов над разрывными нарушениями, закрытыми делювиальными отложениями.

Геохимические поиски (лито-, гидро и газортутные) должны быть ориентированы на выявление скрытых рудных тел с масштабом опробования I:I0000, I:5000 и I:2000.

Зарафшано-Гиссарская геохимическая зона охватывает Зарафшанский и часть Гиссарского хребтов, протягиваясь до Зирабулак-Зиаэтдинских гор на западе. Восточная часть пояса продолжается в Восточном Алае.

По особенностям геологического строения, согласно Н.А.Никифорову (34) и геохимическим данным, выделяются Восточно-Алайский (рис. I5), Шинг-Магианский, Джижикрут-Канчочский (рис. I5) и Зирабулак-Зиаэтдинский (рис. I5) узлы.

Геологический разрез Восточно-Алайского геохимического узла представлен терригенно-карбонатными и терригенно-эффузивными толщами силур-девона. Характерно наличие месторождений ртути и сурьмы джаспероидного типа, причем преобладают месторождения ртути (табл. 38). Повсеместно отмечаются шлиховые и литогеохимические ореолы и потоки рассеяния киновари, меди, молибдена, свинца, сурьмы и олова.

Потоки рассеяния ртути обычно приурочены к определенным литологическим разностям - карбонатным породам крупных структурных единиц (хр. Арчалтур). В результате детализационных работ внутри

шлиховых киноварных аномалий обнаружены рудопроявления ртути (Карамбек, Тукку). В целях обнаружения скрытых рудных тел должны проводиться детализационные поиски масштабов I:5000 и I:2000.

Для Шинг-Магианского и Джижикрут-Канчочского геохимических узлов характерно преобладание сурьмяных месторождений кварцево-антимонитовой и кварц-флюорит-антимонит-мышьяковой формаций (Джижикрут, Канчоч). Рудные тела локализованы среди залежей роговиково-джаспероидных брекчий, тяготеющих к сланцевым экранам в сводовых частях брахиантиклиналей. Отдельные участки сурьмяных месторождений обогащены ртутью. Известны самостоятельные ртутные рудопроявления. Широко развиты ореолы ртути, сурьмы, мышьяка, таллия, висмута, свинца, меди и цинка. Содержания элементов следующие: ртути - $n \times 10^{-4}$ - 5×10^{-3}%, сурьмы - 5×10^{-3} - 5×10^{-2}%, мышьяка - 5×10^{-3} - 5×10^{-2}%, свинца - 7×10^{-3} - $1{,}5 \times 10^{-2}$%, цинка - 3×10^{-2} - 0,1%. Ореолы приурочены к известным месторождениям и рудопроявлениям. На площади необходимо проведение детальных лито- и гидрогеохимических поисков для выявления слепых рудных тел с сетью опробования I:10000 и I:5000.

В Зирабулак-Зиаэтдинском геохимическом узле ртутная минерализация представлена преимущественно секущими мелкими рудными телами, локализованными в доломитах девона. Повсеместно развиты шлиховые и литогеохимические ореолы ртути, сурьмы, мышьяка, цинка, свинца и селена. Отдельные месторождения (Карасу) и рудопроявления (Алтынаульское рудное поле) открыты шлиховыми методами поисков. Ореолы рассеяния ртути имеют значительную площадь и часто повторяют контуры скрытых рудных тел. Содержание ртути в ореолах колеблется от $n \times 10^{-6}$ до $n \times 10^{-1}$% (в зоне разломов). При значительной глубине залегания рудных тел (50-80 м) содержание ртути в них понижается до $n \times 10^{-4}$%. Для зон гидротермального изменения пород (доломитизация, осветление, кальцитизация, окварцевание, флюоритизация и баритизация) и вдоль разломов отмечается сурьма (0,00n -0,0n%), цинк (0,00n -0,0n%), селен (0,01% в киноварии). Свинец (0,006-0,03%) присутствует в киноварии только в зонах тектонических нарушений.

В условиях распространения карбонатных пород наиболее эффективны геохимические поиски; гидрогеохимический и шлиховой масштаба I:10000 и газортутный - I:2000.

Западным продолжением Зарафшано-Гиссарского геохимического узла являются палеозойские массивы – Нуратау, Кульджуктау, Ауминзатау, Мальгузарские горы и Тамдытау. Шлиховое опробование этих территорий (Л.З.Палей, А.З.Мельниченко) показало распространение крупных ореолов рассеяния со знаками киновари до 10%. Частота встречаемости киновари в шлихах позволяет оценить перспективы этих гор положительно.

К геохимической зоне альпийского орогенеза относятся Кугитанг, зоны Копетдага и Памира.

В геохимической зоне Кугитанг ртутная минерализация генетически связана со свинцово-цинковыми телетермальными месторождениями. Барит-галенитовая формация, содержащая рассеянную киноварь, локализована в карбонатных породах. В зоне гипергенеза ртуть накапливается главным образом в лимонитах и глинах тектонических брекчий в количестве 0,001–0,01%. Максимальные содержания ртути приурочены к кальцитовым жилам. Ширина ореолов ртути в боковых породах в 3–5 раз превышает размеры рудных тел.

Для обнаружения скрытых рудных тел необходимо провести детализационные литогеохимические и гидрогеохимические исследования масштабов 1:25000 и 1:10000.

Копетдаг

Геохимические зоны Копетдага характеризуются наличием ртутных и сопутствующих им полиметаллических низкотемпературных рудопроявлений (табл.38).

Геохимическая зона Центрального Копетдага объединяет два геохимических узла – Келят-Чаркайшанский (рис. 15) и Гауданский, которые приурочены к Передовому и Монжуклинскому глубинным разломам.

Центральный Копетдаг сложен породами от верхнеюрских до четвертичных включительно. Они представлены карбонатными осадками юры, неогена, терригенными отложениями апта (?), альба, глинисто-мергелистой толщей мела, глинистой толщей палеогена. На площади развиты коренные проявления ртути и свинца. Ртутные проявления приурочены к песчаникам альба, перекрытым глинистыми слоями сеномана, и неокомским известнякам: локализуются в кальцито-

вых, баритовых, флюоритовых, кварцевых жилах и тектонических брекчиях. Фоновые содержания ртути для площади 6,3-10^{-7}%, аномальные-$11x10^{-2}$ - $1x10^{-5}$%.

Участки с повышенными содержаниями ртути (0,01%) связаны с зонами разломов в окварцованных породах. Район перспективен на ртутное оруденение, в связи с чем необходимо проводить литогеохимические поиски масштаба 1:25000 и 1:10000 и газортутные - 1:5000 и 1:2000.

Н.А.Никифоров (34) указывал о наличии шлиховых ореолов киновари на границе Северного Памира с Южным Тянь-Шанем. Эти концентрации киновари приурочены к делювию на площадях развития мезо-кайнозойских отложений по северным склонам хребтов Петра I и Заалайского. Кроме того, он отметил наличие киноварных шлиховых ореолов вдоль тектонических границ Северного, Центрального, а также Юго-Западного Памира.

Один из крупнейших и перспективных - Аличур-Гурумдинский геохимический узел, контролирующийся одноименным глубинным разломом. На территории известны шлиховые ореолы киновари и металлометрические ореолы сурьмы. Выявлены ртутьсодержащие блеклорудные проявления травертинового типа. Рудные тела секущего типа локализованы в известняках и терригенных породах. Район заслуживает шлиховых и литогеохимических поисков масштаба 1:25000 и 1:10000.

1. Площадь Срединного Тянь-Шаня перспективна на поиски ртутно-сурьмяных рудопроявлений. Признаком наличия коренных тел служит широкое распространение окварцованных, серицитизированных, баритизированных, карбонатизированных пород с киноварью в виде вкрапленников и прожилков, образующих согласные рудные тела и линзы.

2. Южный Тянь-Шань - наиболее важнейший по размещению промышленного ртутно-сурьмяного оруденения.

Чаткало-Кураминская геохимическая зона характеризуется наличием киноварно-блеклорудного и сурьмяного коренного оруденения. Рудопроявления локализуются в зонах брекчирования и контактовых частях интрузий гранитоидов с карбонатными породами. Для вмещающих пород характерна лиственитизация, карбонатизация и гематитизация.

Таблица 38

Геохимические типы ртутно-сурьмяной минерализации Средней Азии

Складчатая система	Геохимическая зона	Геохимический узел	Рудная формация	Тип месторождений	Околорудные изменения	Пример месторождений
I	2	3	4	5	6	7
Срединный Тянь-Шань	Каратау-Нарынская	Молдотауский	Киноварная	Кварцево-диккитовый, лиственитовый	Окварцевание, серицитизация, баритизация, карбонатизация	Алаш, Кашкасуйское, Ичкеторское, Кенсай
Южный Тянь-Шань	Чаткало-Кураминская	Сандалашский	Киноварно-блеклорудная	Кварцево-хлорит-серицитовый	Окварцевание, хлоритизация, серицитизация	Чаткальское (Куру-Тегерекское рудное поле), Терек, Кассан, Майлису I-Ш и др.
		Терек-Кассанский	Антимонитовая		Аргиллизация, лимонитизация	
		Майлису-Шайданский	Киноварная	Анкерит-киноварный, лиственит-киноварный	Карбонатизация, аргиллизация, лиственитизация	
	Фергано-Кокшаальская	Карачатырский	Киноварная	Лиственит-киноварный, киноварь-кварц-анкеритовый	Лиственитизация, анкеритизация, аргиллизация	Чонкой, Араван, Шунк и др.

Продолжение

I	2	3	4	5	6	7
Южный Тянь-Шань	Фергано-Кокша-альская	Высокие пред-горья Алая	Киноварно-антимонитовая	Джаспероидный	Метасоматическое замещение слоистых известняков кремнеземом с формированием выдержанного горизонта джаспероидов, пиритизация	Хайдаркан, Чаувай, Адыракоу, Абшир, Сымап и др.
			Ртутно-флюоритовая	Карбонатный	Осветление	Ташбулакское рудное поле и др.
		Сурметашский	Киноварная	Карбонатный	Кальцитизация, дебитуминизация, доломитизация, баритизация	Сарыбель Шамансай и др.
		Восточно-Алайский	Киноварная	Джаспероидный	Карбонатизация	Музбель, Алик, Карамбель и др.
	Зарафшано-Гиссарская	Шинг-Магианский	Кварц-антимонитовая, кварц-флюорит-антимонит-мышьяковая	Роговиково-джаспероидный	Выщелачивание, карбонатизация, баритизация, аргиллизация	Магиан, Воланги-Дароз Кавнок, Джижикрут, Кончоч и др.

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7
Южный Тянь-Шань	Зарафшано-Гиссарская	Зирабулак-Зиаэтдинский	Киноварная	Карбонатный, карбонатно-полиаргиллитовый	Доломитизация, осветление, иногда окварцевание, флюоритизация и баритизация	Карасу-Алтыаул
		Нуратинский (южная часть)	То же	Карбонатный		Фариш, Арватен, Осмонсай
		Кульджуктау-Ауминзатау (южные склоны)	"			Кульджук I,II, Водопадное, Восточное VI
		Мальгузарские горы (западная и центральная часть)	"	То же	Доломитизация, окремнение	Карашак-Шак, Мык и др.
		Тамдынский (северные склоны)	Сурьмяная			Капканное I-II-V, Высотное I-V Западное, Чуакбайское и др.

Продолжение

I	2	3	4	5	6	7
Южный Тянь-Шань	Кугитанг		Кальцит-киноварная, барит-галенитовая, рассеянная с киноварью	Карбонатный	Баритизация, хлоритизация, эпидотизация	Таза-Чарва, Майдан-Шах, Нарван и др.
Копетдаг	Центральный Копетдаг	Келят-Чаркайшанский	Киноварно-блеклорудная	Кварц-анкерит-баритовый	Баритизация, кальцитизация	Куршурли, Карадчи
		Гауданский		Кварц-киноварный	Окварцевание	Хайрабадское, Сибирское
Памир	Северо-Памирская рудная зона		Кварц-киноварная	Кварцево-диккитовый	Диккитизация, окварцевание, карбонатизация	Хост-Роги, Сауксай
	Центральный Памир					
	Южный Памир	Аличур-Гурумдинский	Карбонатно-киноварные	Травертиновый		Джарты-Гумбез, Бозтерек, Даван и др.

Фергано-Кокшаальская геохимическая зона выделяется развитием монометалльных промышленных рудных тел: ртутных, сурьмяных, ртутно-сурьмяных и блеклорудных, приуроченных к благоприятным структурам. Для них характерна локализация оруденения в окремненных известняках-джаспероидах, в карбонатных и терригенных толщах, а также в экзоконтактовых частях крупнейших интрузивных тел (Сурметашский узел). Во вмещающих породах изменения выражены доломитизацией, кальцитизацией, дебитуминизацией и баритизацией.

Зарафшано-Гиссарская геохимическая зона характеризуется наличием двух крупных узлов, в одном из которых (Восточно-Алайский) преобладают месторождения ртути в карбонатных породах, шлиховые потоки рассеяния которых содержат киноварь до 300 знаков.

Шинг-Магианский и Джижикрут-Канчочский геохимические узлы характеризуются развитием сурьмяных месторождений, тяготеющих к сланцевым экранам в сводовых частях брахиантиклиналей. Повсеместно наблюдаются ореолы ртути, сурьмы, мышьяка, таллия, висмута, меди, цинка и серебра.

Зирабулак-Зиаэтдинский геохимический узел перспективен на наличие небольших рудных тел, о чем свидетельствуют шлиховые и литогеохимические ореолы ртути, а также зоны гидротермального изменения пород - доломитизация, осветление, иногда окварцевание, флюоритизация и баритизация.

Положительно оцениваются перспективы западной части Зарафшано-Гиссарской геохимической зоны - палеозойские массивы Нуратау, Кульджуктау и др. с содержанием киновари в шлихах от единичных до 10%.

Кугитангская и зоны Копетдага характеризуются развитием коренных проявлений ртути секущего типа в кальцитовых, барит-галенитовых и флюоритовых жилах. Участки повышенного содержания ртути связаны с зонами разломов в окварцованных породах.

Для выявления скрытых рудных тел в геохимических зонах необходимо проведение крупномасштабных (1:2000, 1:5000 и 1:10000), литогеохимических и газортутных поисков. Локализации площади поисков значительно способствует предварительное гидрогеохимическое опробование естественных водоисточников.

З А К Л Ю Ч Е Н И Е

I. Из существующих видов геохимических методов поисков рудных месторождений для ртутьсодержащих применялись литогеохимические коренных и рыхлых отложений (масштаб I:I00000, I:50000, I:25000), детальные лито-геохимические (I:I0000, I:5000, I:2000), гидрогеохимические (I:50000, I:25000) и экспериментальные газортутные.

2. Геохимические поиски проводились на:

ртутных месторождениях джаспероидного (Араван, Арпалык, Чаувай и др.), карбонатного (Ташбулакское рудное поле, Алтнаульское, Алаш, Черекты, Шамыши и др.), лиственитового (Калача, Улугтауское рудное поле, Акбеит и др.), кварц-хлорит-серицитового (Курутегерекское рудное поле) и кварц-диккитового (Гурумдинская ртутоносная площадь, Карадчинское рудное поле и др.) типов;

сурьмяных (Кадамджай, Абшир, Кассан и др.);

ртутно-сурьмяных (Хайдаркан, Сляицевый клин и др.);

ртутно-полиметаллических (Гауданская площадь, участок Чаткальский Курутегерекского рудного поля);

на полиметаллических стратиформно-гидротермального (Учкулач) и скарнового (Алтынтопкан) типов.

3. Ртуть - универсальный элемент-индикатор, образующий ореолы как вокруг собственно ртутных и ртутьсодержащих, так и других телетермальных месторождений - полиметаллических, колчеданно-полиметаллических, медно-колчеданных, сульфидно-флюоритовых и флюорит-баритовых, серебро-полиметаллических и золоторудных жильного типа.

Вещественный состав первичных ореолов флюоритового, сульфидно-флюоритового и флюорит-баритового типов оруденения характеризуется общностью элементов: фтор, свинец, ртуть, серебро. Ртуть четко фиксирует зоны тектонического нарушения.

Основными элементами-индикаторами ртутно-сурьмяного оруденения являются ртуть, сурьма, мышьяк, иногда таллий, селен и, возможно, теллур; косвенными - цинк, свинец, олово, серебро и вольфрам.

На ртутно-полиметаллическом оруденении ртуть наряду с цинком, свинцом, серебром и реже стронцием также является основным

элементом-индикатором. Количественно ореолы рассеяния ртути характеризуются концентрациями $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-4}$%. Зоны тектонических разломов и интенсивного изменения (окварцевание, кальцитизация) отмечаются более повышенными содержаниями ртути – $1 \cdot 10^{-2}$%.

Ртуть – косвенный элемент-индикатор свинцово-цинкового и колчеданно-полиметаллического оруденения, тесно коррелирующегося с основными рудными элементами, свинцом, цинком, медью, ванадием, никелем и титаном.

Свинцово-цинковые месторождения обогащены ртутью в рудоносной зоне в количестве $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-4}$%, во вторичных ореолах рассеяния – $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-5}$%.

Наименее низкими содержаниями ртути ($n \cdot 10^{-7}$ – $n \cdot 10^{-6}$%) отличается колчеданно-полиметаллическое оруденение, зоны тектонического нарушения в которых фиксируются концентрациями ртути $n \cdot 10^{-4}$%.

На серебро-полиметаллическом месторождении ртуть находится в количестве $1 \cdot 10^{-6}$ – $35 \cdot 10^{-6}$%, концентрируется в над- и верхнерудных частях разреза.

Ртуть, как наиболее легколетучий элемент на золоторудных месторождениях, образует широкие ореолы над слепыми рудными телами. Аномальные содержания ртути ($5–15 \cdot 10^{-6}$%) прослеживаются на расстояние 100 м во вмещающие породы со стороны висячего бока рудного тела. Тектонические нарушения фиксируются ртутью более протяженными ореолами и концентрацией $1{,}6 \cdot 10^{-6}$ – $2{,}1 \cdot 10^{-6}$% *Hg* Активное поведение ртути на телетермальных месторождениях дает возможность поиска скрытого оруденения.

4. Подземные воды при соприкосновении с рудными телами обогащаются рудными компонентами. Это обстоятельство значительно повышает возможность выявления ртутно-сурьмяной, полиметаллической и золоторудной минерализаций гидрогеохимическим методом поисков. Интенсивность перехода ртути в раствор определяется формой нахождения и исходными концентрациями ртути в твердой фазе. Ртуть, *заключенная в коренных породах, из состава первичного ореола рассеяния*, интенсивно переходит в раствор в количестве от 1,5 до 10 мкг/л. Ртуть, заключенная в полиметаллических рудах и во вмещающих породах, переходит в раствор в концентрациях 0,5–4,0 мкг/л, образуя протяженные ореолы рассеяния вокруг рудных тел.

В подземных водах серебро-полиметаллического месторождения ртуть присутствует в концентрации 0,1-0,25 мкг/л, золоторудных - 0,04-0,32 мкг/л, флюоритовых $1 \cdot 10 - 5,5 \cdot 10$ мкг/л.

В современных рудообразующих термальных растворах полуострова Челекен ртуть присутствует в количестве 2-4 мкг/л.

5. Выявлена четкая спецификация известных форм нахождения ртути в околорудном пространстве для ртутно-сурьмяных, свинцово-цинковых и золоторудных месторождений. В рудовмещающих породах ртутно-сурьмяных месторождений установлено пять форм нахождения ртути: элементарная (самородная), сульфидная в виде порошковатой (вторичной) киновари, сульфидная в виде кристаллической киновари, тонкодисперсная (безминеральная форма) и ртуть, изоморфно входящая в состав рудных и жильных минералов. Для свинцово-цинковых месторождений характерно отсутствие элементарной (самородной) формы нахождения ртути.

В геологической позиции ртутно-сурьмяных месторождений формы нахождения ртути распределяются следующим образом. В перекрывающей толще карбонатных пород доминирует минеральная форма ртути - порошковатая сульфидная, в мощной толще сланцев - сульфидная кристаллическая. Контакт сланцев с джаспероидами отмечается присутствием элементарной ртути. Рудная толща (джаспероидные брекчии) отчетливо фиксируется сульфидной (порошковатой) и дисперсной формами ртути, подрудная - сульфидной кристаллической ртути.

В свинцово-цинковых месторождениях в перекрывающей и подстилающих толщах отмечается сульфидная кристаллическая, в рудной - сульфидная порошковатая формы нахождения ртути.

На золоторудных месторождениях ртуть встречается в двух формах: средне - ($300-400^{\circ}$) и высокотемпературной - более 500°С. Первая характерна для площадных аномалий, вторая - для зон гидротермальной проработки пород. Изучение форм нахождения ртути служит наиболее эффективным средством определения уровня эрозионного среза месторождения.

6. Закономерное сочетание определенных ассоциаций рудных элементов в геологических формациях отдельных складчатых областей Средней Азии (Тянь-Шань, Памир, Копетдаг и др.) позволяет выделить соподчиненные специализированные геохимические поля и узлы. Их размещение определяется конфигурацией конкретных структур-

но-металлогенических подразделений, а геохимические ореолы отражают потенциальную рудоносность геологических структур. Детальные литогеохимические, гидрогеохимические и газортутные поиски (I:I0000, I:5000, I:2000) в совокупности с изучением форм нахождения ртути в первичных ореолах рассеяния позволит значительно повысить эффективность геохимических поисков скрытых сульфидных рудных тел и месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

I. Айдиньян Н.Х. Определение малых количеств ртути в поиродных объектах.// Труд. ИГЕМа АН СССР. Вып. 46. Вопр. геохим. (ч) 2, I960. С. 98-I08.

2. Антонов А.Е., Исламов Ф.И. Структурные особенности Лашкерекского рудного поля. // Зап. Узб.отд. ВМО. Вып. 32. I979. С. 200-203.

3. Арапов В.А., Михайлов В.В., Шаякубов Т.Ш. Вулкано-тектонические структуры и эндогенное оруденение Чаткало-Кураминских гор и юго-западных отрогов Гиссара. //Современное состояние учения о месторождениях полезных ископаемых. - Ташкент: Фан, I975. С. 3I3-322.

4. Арапов В.А. Вулканизм и тектоника Чаткало-Кураминского региона. - Ташкент: Фан, I983. 256 с.

5. Бабаев К.Л. Генетическая классификация эндогенных рудных месторождений. // Сов. геол., I965. № 9. С. 33-46.

6. Бадалов С.Т., Моисеева М.И. К геохимии важнейших рудообразующих элементов Кураминского хребта. // Минералогия и геохимия сульфидных месторождений Узбекистана. - Ташкент: Фан, I966. С. 254-280.

7. Большаков А.П., Пивоваров С.В. Зональное изменение фазового состава ртути в ореолах рассеяния на Никитовском рудном поле.// Докл. АН СССР, 2I0, I973. № I. С. 205-207.

8. Бородин В.А. и др. Зональность первичных геохимических ореолов ртутного оруденения в пологозалегающих структурах (на примере Хайдарканского месторождения) // Новые данные по минералогии и геохимии редк.элементов. - М.; I974. С. I8-25, I975.

9. Бродский А.А. Основы гидрохимического метода поисков сульфидных месторождений // Тр. ВСЕГИНГЕО. Нов.серия, I964, № I2. 259 с.

I0. Быковская Л.П. О формах нахождения ртути в первичных ореолах рассеяния // Вопросы металлогении геохимии и технологии минерального сырья.-Ташкент, I966. С.57-64.

II. Быковская Л.П. Автореферат диссертации "Типы и состав первичных ореолов рассеяния ртутно-сурьмяных месторождений Средней Азии". - Ташкент, 1971.

I2. Вернадский В.И. Избранные труды. Т.I-IУ. - М., АН СССР, 1954-1960.

I3. Вострухин В. Как отыскать кровь дракона.//Газета "Труд", 1982, № 219 (19066).

I4. Голева Г.А. Гидрогеохимия рудных элементов. - М.: Недра, 1977. 216 с.

I5. Голева Г.А., Быкова Е.Л., Воробьева И.Н. Распространение и формы миграции меди в подземных водах // Геохимия, 1975, № 5. С. 586-994.

I6. Голева Г.А., Кронов С.Р., Соколов М.Ю. Методические указания по гидрогеохимическим поискам рудных месторождений. - М.: Недра, 1975. С. 87-89.

I7. Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений / Под ред. Л.Н. Овчинникова. - М.: ИМГРЭ,1973. 79 с.

I8. Дворников А.Г. Некоторые особенности ореолов рассеяния ртути в почвах и углях в юго-западной части Донбасса // Докл. АН СССР. Т. 150, 1963, № 4. С. 894-897.

I9. Долгих Г.А., Досанова Г.А. Газовые ореолы над некоторыми погребенными медноколчеданно-полиметаллическими месторождениями Казахстана // Методика и техн. геохимии поисков рудн.месторождений. - Фрунзе: Илим, 1975. С. 261-262.

20. Еникеев Н.И., Адылов Б.Б., Ан В.А. Микрокомпонентный состав подземных вод некоторых золоторудных месторождений Узбекистана // Вопросы геохимии подземных вод в связи с поисками рудн. полезн. ископаемых. Томск.универ., 1974.

2I. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. - М.: Недра, 1965. 227 с.

2Ia. Исанов Р.Р. Ртутно-сурьмяное оруденение Средней Азии. Ташкент: Фан, 1985. 127 с.

22. Королев А.В., Шехтман П.А. Классификация послемагматических рудных полей // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 2. - М.: АН СССР, 1959. С. 136-146.

23. Левинсон А. Введение в поисковую геохимию. - М.: Мир, I976. С. 488.
24. Леушина И.К., Галкина Л.Л. Определение ртути в природных водах // Вопросы минералогии, геохимии и технологии минерального сырья. - Ташкент: Фан, I966. С. I48-I52.
25. Малюга Д.П. Биохимический метод поисков рудных месторождений // Принцип и практика поисков. - М.: АН СССР, I963. 264 с.
26. Методическое руководство по определению микрокомпонентов в природных водах при поисках рудных месторождений / Под ред. Соколова И.Ю. - М.: Госгеолиздат, I96I. 288 с.
27. Мукимова Д.С., Карабаев К.К., Дададжанов Б.К. О комплексности ртутнометрических методов поисков скрытого оруденения (на примере Хайдарканского рудного поля) // Методика и экономика геологоразведочных работ. Вып. 2. - Ташкент, I980. С. 56-63.
28. Мукимова Д.С., Турапов М.К. О геохимии природных вод некоторых месторождений колчеданно-полиметаллического типа Юго-Западного Гиссара // Минералогия и геохимия эндогенных месторождений Средней Азии // Тр. САИГИМСа. Вып. 3. - Ташкент, I980. С. 73-79.
29. Мукимова Д.С., Дададжанов Б.К. О формах нахождения ртути в первичных ореолах месторождения Новое (Хайдарканское рудное поле) // Геолого-структурные условия локализации оруденения в некоторых рудных полях Тянь-Шаня.- Ташкент, I98I. С. I04-I09.
30. Мукимова Д.С. Геолого-геохимическое районирование ртутно-сурьмяных зон Средней Азии - ВИЭМС, экспресс-информация // Геология, методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых. Вып. 7. - М., I982, С. I-I3.
3I. Мукимова Д.С. и др. Опыт определения ртути в природных водах некоторых сульфидных месторождений золота // Геология, методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых. Вып. 7, I982. С. I4-I7.

32. Мукимова Д.С. и др. Ртуть в природных водах некоторых золоторудных месторождений адырных ландшафтов // Геохимия ландшафтов при поисках месторождений полезных ископаемых и охране окружающей среды. - Тезисы докладов. Ростовский Гос. ун-т, 1982. С. 60.

33. Мукимова Д.С., Джураев А., Исмаилов Э.А. Гидрогеохимические условия полисульфидного вулканогенного месторождения.

34. Никифоров Н.А. Ртутно-сурьмяное оруденение Южного Тянь-Шаня // Условия размещения и вопросы методики прогнозирования. - Фрунзе: Илим, 1969. 239 с.

35. Никифоров Н.А., Федорчук В.П. Об использовании надрудного пирита в качестве индикатора при поисках низкотемпературных месторождений закрытого типа // Разведка и охрана недр, 1958, № 5. С. 1-10.

36. Озерова Н.А. Первичные ореолы рассеяния ртути // Тр. ИГЕМ. АН СССР. Вып. 72, 1962. С. 129-133.

37. Полуэктов Н.С., Биткун Р.А., Зелюкова Ю.В. Определение ртути атомно-абсорбционным методом // Спектральный анализ в геологии и геохимии (Мат-лы второго Сиб. совещ. по спектроскопии). - М.: Наука, 1967. С.200-203.

38. Разенкова Н.И., Ростов Л.С. Формы присутствия ртути в первичных и вторичных геохимических ореолах Западно-Палянского месторождения // ДАН СССР, 1975. Т. 213. № 5. С. 1172-1174.

39. Рафиков Я.М. Геохимические особенности вулканитов трахибазальт-трахиандезитовой формации северо-восточной части Кураминской зоны // Зап. Узб. отд. ВМО. Вып. 37. 1984. С. 89-92.

40. Рудные формации и основные черты металлогении золота в Узбекистане. - Ташкент: Фан, 1969. 396 с.

41. Самойлова Ю.С., Разенкова Н.И. О фазовом химическом анализе на соединения ртути // Исслед. в обл.руд. минер. - М., 1973. С. 161-187.

42. Сауков А.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. МГУ, 1963. 248 с.

43. Сафронов Н.И. Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. Методическое пособие. – Л., 1962. С. 145.

44. Свешников Г.Б. Электрохимическое растворение руд на сульфидных месторождениях и его значение в образовании водных ореолов тяжелых металлов // Труды Межведомственного совещания по гидрогеохимическому методу поисков рудных месторождений. – Томск, 1962. С. 56-63.

45. Сергеев Е.А. Методика ртутнометрических исследований // Геохимические поиски рудных месторождений. // Труды I Всесоюзного совещания по геохимич.метод. поисков рудн.месторождений. – М., 1957. С. 158-165.

46. Скиба Н.С. О возможности применения фазового анализа ртути при изучении ее ореолов рассеяния // Геохимич. поиски рудн. месторождений. – М., 1972. С. 223-226.

47. Скрябин В.Ф. Гидрогеохимические поиски сульфидного алунитового и флюоритового оруденения в центральной части Кураминской подзоны. Автореф. дис. канд. геол.-мин.наук. – Ташкент, 1969.

48. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. – М.: Недра, 1965. 590 с.

49. Смирнов С.С. Избранные труды. – М.: изд-во АН СССР, 1955. 248 с.

50. Соловов А.П., Матвеев А.А., Ряховский В.М. Геохимические методы поисков рудных месторождений. – М., 1978. 182 с.

51. Степанов И.И., Кузнецов Ю.Н., Фурсов В.З. Газоанализатор для изменения микроконцентраций ртути при геохимических поисках // Разведка и охрана недр. 1965. № 12. С. 18-22.

52. Терехова Г.А., Быковская А.П., Мукимова Д.С. Первичные ореолы рассеяния некоторых гидротермальных ртутосодержащих месторождений Средней Азии // Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений. – М., 1973. С. 80.

53. Федорчук В.П. О некоторых закономерностях формирования ореолов прямых рудных индикаторов вокруг ртутных залежей // Геохимия. I96I. № I0. С. 9II-9I9.
54. Федорчук В.П. Методика поисков и разведки скрытого ртутно-сурьмяного оруденения. - М.: Недра, I964. С. 287.
55. Федорчук В.П. Методические указания по разведке и оценке ртутных месторождений // М.: ИМГРЭ, I975. С. 98.
56. Фурсов В.З., Степанов И.И. Новые типы ртутных атомно-абсорбционных фотометров для геохимических поисков // Разведка и охрана недр. I97I. № I0. С. 38-43.
57. Фурсов В.З. Ртуть - индикатор при геохимических поисках рудных месторождений. - М.: Недра, I977. I44 с.
58. Фурсов В.З. О новом принципе определения микроконцентраций ртути в водных растворах // Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений. - М.: ИМГРЭ, I973. С. I0-I4.
59. Щербина В.В. К геохимии зоны окисления рудных месторождений // Советская геология. I955. № 43.
60. Щербина В.В. Комплексные соединения и перенос химических элементов в зоне гипергенеза // Геохимия. I956. № 5.
6I. Табата Хисанобу, Йоколма Рейми, Такахара Сюнузо. Обработка морской воды, содержащей ртуть. Япон.пат. кл. 9I00 (CO_2 в I/23) № 54-2985. Заяв. 3I.03.75. № 50-379II. Опубл. I6.02.79 (РАХ 52I 342 п. 80).

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛАВА I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ЗАДАЧИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ, ПРОВЕДЕННЫХ В СРЕДНЕЙ АЗИИ НА РТУТЬ И СУРЬМУ 6

ГЛАВА II. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ НА ПЛОЩАДЯХ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА РТУТНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ I8

ГЛАВА III. РТУТНОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ НА ПЛОЩАДЯХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ 49

ГЛАВА IУ. РТУТНОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗОЛОТА 76

ГЛАВА У. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ I27

ЗАКЛЮЧЕНИЕ I52

ЛИТЕРАТУРА I56

Дилара Суннатуллаевна Мукимова

Комплексные геохимические методы поисков рудных месторождений Средней Азии

Утверждено к печати Ученым советом Среднеазиатского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья и РИСО Мингео УзССР

Редактор Л.М.Мазурина
Корректор И.Р.Ткаченко
Художник В.С.Тий
ИБ № 3861

Подписано в печать 27.08.86г. Р 00149 Формат 60x90 1/16.
Бум.для множ.аппаратов. Печать плоская. Усл.печ.л. 10,25
Уч.-изд.л. 7,8 Тираж 500. Зак. 1568. Цена 1р. 20 к.

Издательство "Фан" УзССР, 700047, Ташкент, ул.Гоголя,70
Картфабрика Узгипрозема.Ташкент, ул.Мукими, 176.

В 1987 году в Издательстве "Фан" УзССР выйдет в свет:

Попов В.И., Шпора Л.Д., Плещенко И.В. и др. Использование литолого-геохимической методики при прогнозировании осадочных месторождений / Отв.ред.Рыжков О.А.; 15 л. - 2 р.80 к. 1000 экз. - На рус.яз.

В монографии рассматривается применение теории литолого-геохимической методики прогнозирования для отдельных формационно-генетических групп экзогенных месторождений: россыпей меди, свинца, цинка, бокситов, руд марганца, фосфоритов, солей, угля, торфа, поделочных камней, самородной серы, целестина, родусита, каолинов, палыгорскитов, кварцевых песков, литологических залежей нефти и газа, подземных вод и др. на конкретных примерах.

Для геологов научных и производственных геологических организаций и студентов.

Заявки просим направлять по адресу:
700029, Ташкент, Л-29, ул.Ленина, 73.
Магазин "Академкнига"

4849

Цена 1 р. 20 к.