

593

Научно-техническое горное общество
Геологическая секция Центрального правления

На правах рукописи

МАТЕРИАЛЫ

к Всесоюзному совещанию по геохимическим методам
поисков рудных месторождений

Москва—1956 г.

В.Б.Алесковский,
Р.И.Либица
А.Д.Миллер
Лен.Техн.инст.им.Лен-
совета

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

Изучение ореолов рассеяния элементов гидрохимическим методов часто требует предварительного концентрирования микроэлементов, характерных для данного типа месторождений.

Концентрирование целесообразно производить на месте отбора проб воды. При этом отпадает необходимость переносить большое количество тяжелых проб воды при передвижении по заданному маршруту.

Вместе с тем во многих случаях повышается чувствительность определений, так как большинство из них производится из сравнительно небольших объемов, а при концентрировании микрокомпоненты извлекаются из I или нескольких литров воды и сосредотачиваются в небольшом количестве катионита, осадка-коллектора (0,2 г-0,5 г) или в нескольких миллилитрах экстракта. Выпаривание столь больших объемов воды связано с большими трудностями и потому неприемлемо для условий экспедиции.

При использовании простого прибора-концентратора, уже прошедшего испытания в работе двух экспедиций (ВИТР и Западного геофизического треста), процесс концентрирования протекает на ходу и время остановки у точки отбора сокращается до минимума. Последнее обстоятельство имеет особенно важное значение для массового исследования вод в целях геологической разведки.

Ранее мы сообщали о разработанных в ЛТИ методах определения микроколичеств меди, цинка, олова и серебра в природных водах, основанных на предварительном концентрировании методом тонущих частиц и соосаждении с карбонатом кальция. Представлялось полезным развивать оба эти метода, а также воспользоваться методом экотракции применительно к большим объемам анализируемой воды.

объёмам анализируемой воды.

Метод тонущих частиц представляет собой ускоренный и приспособленный к полевым условиям вариант ионообменного метода концентрирования.

Сущность метода заключается в том, что частицы поглотителя достаточно малого размера тонут, проходя весь объём раствора в то время как последний остается неподвижным. Извлечение производится в "концентраторе", представляющем из себя стеклянную трубу диаметром 50-80 мм, оттянутую на конце в трубку диаметром 20 мм, к которой, с помощью сквозной резиновой муфты встык крепится пробирка того же диаметра, заранее наполненная влажным катионитом. После заполнения исследуемой водой концентратор поворачивают пробиркой вверх и частицы смолы тонут, опускаясь на пробку. Обратным поворотом их возвращают в исходное положение. Пробирку снимают и охлаждают до момента анализа.

При соответствующем подборе величины частиц и навески смолы время катионирования составляет 15-25 мин. вместо 1,5-3,0 часов, необходимых при катионировании динамическим методом, в колонке.

Описанный метод был применен нами совместно с ВНИИГР (ныне ВИТР) для концентрирования меди, цинка, свинца и серебра в 1954г., причем были получены химико-аналитические данные, дополнившие данные геофизической разведки. В 1955 г. метод тонущих частиц был применен нами при участии представителя ВИТР Е.А. Сергеева совместно с Западным геофизическим трестом в экспедиции при поисках никеля. На двух производственных участках было отобрано и проанализировано около 400 проб. Данные химического анализа показали, что общий фон поверхностных вод и вод неглубокого залегания составляет 2-5 микрограммов никеля в литре воды. За повышенную концентрацию поверхностных вод была принята концентрация от $7 \cdot 10^{-6}$ г/л и выше.

На плане производственного участка в 2 км^2 зоны повышенных концентраций обведены двойной чертой.

Зоны повышенных концентраций строго локализованы и расположение их хорошо согласуется с данными геофизической разведки.

Концентрирование методом соосаждения было применено по отношению к ряду ионов, присутствующих в растворе как в виде катионов, так и анионов. Использование в качестве коллектора углекислого кальция было удобно для химического анализа концентратов, т.к. карбонат кальция легко растворим в кислотах и ион кальция не мешает большинству колориметрических определений тяжелых металлов. Ранее это было показано на микрокомпонентах: меди, свинце, цинке и серебре. В настоящей работе были найдены условия соосаждения с карбонатом кальция микроколичеств кобальта, ванадия, вольфрама и молибдена (последних трех в виде соответствующих анионов) и условия их определения из осадков. Растворы хлорида кальция и соды подвергались очистке методом частичного соосаждения²⁾. Концентрация CaCl_2 после очистки была равна 1 н, соды 0,2 н. После осаждения раствор над осадком декантировали, осадок растворяли в соляной кислоте и колориметрически определяли соосажденный микроэлемент.

Кобальт определяли в виде нитрозо- R = соли³⁾, ванадий фосфорно-вольфраматным методом³⁾, вольфрам и молибден роданидным методом^{3,4)}. В таблице I приведены оптимальные условия соосаждения для четырех рассматриваемых микроэлементов.

Таблица № I

Оптимальные условия соосаждения кобальта, ванадия, вольфрама, молибдена с карбонатом кальция из литра раствора при содержании микрокомпонента 5-50, 10^{-6} г/л.

Микроэлемент	Достигаемая полнота осаждения %%	Количества макрокомпонентов			Вес осадка CaCO_3	Применение
		мг-экв.	мг-экв.	(минимально необх. колич. мг)		
Co	60-70	15	10	Не влияет	0,5	
V	100	15	10	I	0,5	
W	100	15	10	I	0,5	
Mo	73-78	25	20	10	1,0	Осаждение производится в два приема, равными долями CaCl_2 и Na_2CO_3 без фильтров I-го осадка

Из данных таблицы I видно, что наиболее легко и полно соосажаются ванадий и вольфрам, кобальт соосаждается на 60-70%, а молибден на 75%, но только в присутствии значительных количеств железа при двойном осаждении. Эти данные устойчиво повторяются для содержаний $5-50 \cdot 10^{-6}$ г/л.

Таким образом, метод соосаждения с CaCO_3 пригоден для полевой оценки рассматриваемых микроэлементов в природных водах.

Ионы железа при соосаждении ванадия, вольфрама и молибдена способствуют коагуляции мельчайших коллоидных частиц CaCO_3 , вес которых относительно невелик, но доля сорбции значительна. Ранее, при соосаждении микроколичеств серебра мы показали I) анализом фракций осадка углекислого кальция, что около 50% серебра теряется с незначительным количеством взвешенных частиц углекислого кальция, чего удается избежать путем добавления небольшого количества FeCl_3 .

Кроме карбоната кальция нами были применены сульфидные коллекторы. Эти последние широко используются для соосаждения микроколичеств тяжелых металлов. Перед нами стояла задача найти условия быстрого соосаждения, приспособить этот метод концентрирования для полевой работы. Очень заманчивым казалось получать в результате соосаждения небольшие количества сульфидов с тем, чтобы использовать их непосредственно для последующего полуквантитативного спектрального анализа. Однородный "фон" и постоянство веса коллектора представляли для этого хорошую основу. В качестве коллекторов были испытаны сульфиды цинка, висмута и кадмия. Наибольший интерес из них представляли висмут и кадмий, которые мы и рассмотрим.

Быстрое осаждение сульфидов достигалось добавлением в раствор коагулянтов через 2-3 минуты после образования золь сульфида. В случае висмута (и цинка) хорошим коагулянтом был раствор NaOH концентрации 0,4 н или выше. Добавление к 1 л раствора 5-10 мл. NaOH коагулировало золь Bi_2S_3 , который оседал за 10-20 минут. Почти также действовал насыщенный раствор NaCl (2 мл). Для сульфида кадмия наилучшим коагулянтом оказался исходный раствор хлористого кадмия. Осаждение сульфида кадмия проводилось сначала при

недостатке иона кадмия, затем после 2-3 минут энергичного перемешивания к образовавшемуся коллоидному сульфиду кадмия и небольшому избытку Na_2S добавляли столько раствора CdCl_2 чтобы ион кадмия был в некотором избытке ^{x)} CdS быстро коагулировал и за 5-10 минут оседал на дно стакана. Сущность происходящих при этом процессов состоит, повидимому, в том, что образующиеся в первой стадии (недостаток Cd^{2+}) коллоидные мицеллы $\text{CdS}, \text{S}^{2-}$ разрушаются при избытке Cd^{2+} не только за счет электростатического воздействия добавляемого электролита, но и за счет химической реакции: $\text{CdS}, \text{S}^{2-} + \text{Cd}^{2+} \rightarrow 2\text{CdS}$

Этот способ имеет еще и то преимущество, что не требуется введения в раствор дополнительных веществ, подлежащих предварительной очистке. Очистка сульфида натрия и хлорида кадмия достигалась частичным соосаждением.

После осаждения осадки $\text{CdS} (\text{ZnS})$ подвергались химическому анализу на определение микрокомпонента, причем для некоторых микрокомпонентов ($\text{Pb}, \text{Zn}, \text{Cu}$) пришлось разработать новую схему анализа с учетом присутствия макрокомпонента-коллектора.

В таблице 2 приведены данные по соосаждению ряда микроэлементов. с CdS .

Из таблицы 2 видно, что сульфид кадмия является удовлетворительным коллектором для $\text{Cu}, \text{Zn} (\text{Pb}), \text{Co}, \text{Hg}, \text{Ag}, \text{V}, \text{W}, \text{Mo}$. Неполнота соосаждения при устойчивой воспроизводимости степени соосаждения ($\text{Co}, \text{Hg}, \text{Ag}$) не противоречит этому выводу.

Желательным техническим приемом было соосаждение в концентраторе. При весе коллектора $\sim 0,3$ г и его достаточно компактной форме это оказалось осуществимым как для CdS , так и для Bi_2S_3 . Время соосаждения в концентраторе 10-12 минут.

x) 9 мл 0,25 н CdCl_2 , 10 мл 0,4 н Na_2S и еще 10 мл 0,25 н CdCl_2 . Осадок CdS весит приблизительно 0,3 г.

Таблица № 2

Соосаждение *Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Hg, Ag, W, V, Mo* с сульфидом кадмия.

Микроэлемент	Изученные пределы концентраций г/л	Достигаемая полнота соосаждения %	Примечание
<i>Cu</i>	5-50	100	
<i>Zn</i>	5-50	90-100	
<i>Pb</i>	5-40	80-90	Анализ производился при коллекторе <i>Zn S</i>
<i>Ni</i>	10-30	10-20	Степень соосаждения мала и результаты плохо воспроизводимы.
<i>Co</i>	5-50	60	
<i>Hg</i>	5-15	70	Анализ затруднен из-за летучести соединений ртути
<i>Ag</i>	5-15	60	
✓	5-50	90-100	Необходимо присутствие железа 1 мг/л или больше
<i>W</i>	5-50	100	
<i>Mo</i>	5-50	90-100	Необходимо присутствие железа не менее 5 мг/л

Выгода применения концентратора для полевой работы несомненна. С помощью концентратора и нескольких пробирок может быть не только быстро отобран ряд проб, но и произведено концентрирование без перерыва движения по маршруту.

Химическое определение части микрокомпонентов в осадке *Cd S* производится достаточно просто, однако, как указывалось выше, осо-

т бый интерес представляла возможность полуколичественного спектрального анализа, тем более, что при коллекторе Bi_2S_3 химические определения чрезвычайно затруднены из-за мешающего влияния висмута.

Предварительные опыты с четырьмя микрокомпонентами (Cu, Zn, Pb, Ag), соосаженными нами с Bi_2S_3 и Co/S были проведены в ВИТР"е Е.А. Сергеевым и П.А. Степановым. Полученные в ВИТР"е результаты зависимости условной интенсивности (числа ступеней) от исходной концентрации микроэлемента в природной воде приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица № 3

Зависимость условной интенсивности спектральных линий от исходной концентрации микроэлемента. Коллектор Bi_2S_3

Проба	Элемент и длина волны спектр. линии λ_0	Cu	Zn	Pb	Ag	Примечание
		3274	3345	2833	3382	
№ п/п	Исходная концентрация γ/λ	Значение условной интенсивности (число ступеней)				
1	Холостая пр.	1,00	0,50	0,50	0,0	Исходная
2	1	2,00	-	-	1,25	концентрация
3	2	1,75	-	1,75	1,75	микроэлемента
4	5	3,00	1,50	2,75	-	равна его
5	10	4,00	1,50	3,00	3,75	содержанию в
6	20	4,25	2,50	3,25	3,75	коллекторе,
7	50	5,50	3,25	4,50	5,00	т.к. соосаждение
						производили из I-го
						литра раствора

Как видно из таблиц 3 и 4 интенсивность спектральных линий четырех рассмотренных микроэлементов закономерно возрастает с ростом концентрации; следовательно полуколичественно спектральное определение является возможным.

Таблица 4

Зависимость условной интенсивности спектральных линий от исходной концентрации микроэлемента. Коллектор *CdS*

Проба	Элемент и длина волны линии λ^0	Cu	Zn	Pb	Ag	Примечание
		3274	3345	2833	3382	
№ №	Исходная концентрация г/л	Значение условной интенсивности (число ступеней)				
1.	Холостая пр.	0,50	0,0	0,25	0,0	Исходная концентрация микроэлемента равна его содержанию в коллекторе, т.к. осаждение производили из I-го литра раствора.
2.	I	0,50	-	0,60	-	
3.	2	1,50	-	1,75	-	
4.	5	2,12	-	2,50	1,75	
5.	10	2,25	0,25	2,87	2,62	
6.	20	-	0,75	3,12	4,50	
7.	50	4,60	1,87	3,60	4,87	
8.	50	3,75	2,75	3,75	4,75	

Последним методом концентрирования, исследованным нами, был метод экстрагирования комплексов интересующих микроэлементов непосредственно из большого объема (I л) воды в слой несмешивающегося с водой растворителя. Метод экстрагирования описан в ряде работ ⁵⁻⁹). Однако извлечение применялось главным образом к небольшим объемам с целью непосредственного определения или отделения. Недостаточная изученность коэффициентов распределения, с одной стороны, и необходимость быстрого выполнения экстрагирования у места отбора пробы — с другой, требовали

изучения оптимальных условий (рН , концентрация реагента) экстрагирования. Кроме того, было необходимо разработать наиболее простые методы реэкстракции и микроопределения сконцентрированных компонентов.

Экстрагирование производили из I литра водного раствора в большой делительной воронке. рН доводили до заданного значения добавлением соляной кислоты, или соды. При использовании диэтилдитиокарбамата (сокращенно ДДК) для экстракции всех микрокомпонентов за исключением вольфрама, брали 3 мл 3% раствора ДДК и 15 мл CCl_4 .

В таблице 5 приведены результаты концентрирования и определения микроколичеств *Cu, Zn, Pb, Ag, Ni, Co, V, W, Mo* с помощью ДДК.

Из данных таблицы 5 можно сделать следующие выводы:

1. медь, цинк, свинец, серебро, никель, кобальт экстрагируются из объема I литр с помощью ДДК путем однократного встряхивания в течение 5 мин при рН от 3 до 9.

2. извлечение ванадия, молибдена и вольфрама можно производить только в узком интервале значений рН; интервал рН ванадия 1,5-3,0 для вольфрама 1,0-2,0 , для молибдена 2,5-3.

ДДК является хорошим реагентом для многих элементов при извлечении методом экстракции, однако некоторые микроэлементы можно экстрагировать из большого объема раствором дитизона в четыреххлористом углероде. Применение дитизона требует более узких пределов рН. Было найдено, что медь экстрагируется из литра раствора в интервале рН 3-9, цинк 5-7 , свинец около 8, никель 8-8,5, серебро 0,5-4.

Большая прочность комплексов ДДК, хорошая стабильность ДДК при хранении и большая универсальность по отношению к ряду элементов заставляют отдать предпочтение ДДК, как концентрирующему агенту перед дитизоном.

Таблица № 5

Концентрирование микроэлементов путем экстрагирования их карбаматов четыреххлористым углеродом.

Микро-элемент	Пределы изученных концентраций г/л	Оптимальные пределы pH	Степень извлечения %	Способ экстракции
Cu	1-50	3-9	90-100	Как правило не требуется, так как определение производится непосредственно
Zn	5-50	3-9	95-100	Солянокислая вытяжка
Pb	5-50	3-9	100	Солянокислая вытяжка
Ag	2-50	3-9	80-90	Выпаривание CCl_4 и обработка остатка кислотами
Ni	5-50	3-9	90-100	Азотнокислая вытяжка
Co	5-30	3-9	70-80	Азотнокислая вытяжка
V	10-50	1,5-3	60-80	Выпаривание и обработка остатка кислотами.
W ^{x)}	5-50	1-2	80-100	Выпаривание CCl_4 и обработка остатка щелочью
Mo	5-50	2,5-3,0	60-80	Вытяжка $HCl + H_2O_2$

х) Количество 3% раствора ДЖ 9 мл (в остальных случаях 3 мл). При меньших количествах ДЖ степень экстракции вольфрама снижается.

ВЫВОДЫ

I. Показана возможность и целесообразность быстрого концентрирования микроэлементов одним из трех методов:

1. Методом тонущих частиц (вариант ионообменного метода).
2. коллекторным соосаждением с ускоренной коагуляцией,
3. экстрагированием из больших объёмов.

Применение концентрирования у точек отбора позволяет значительно увеличить количество отбираемых проб, чем обеспечивается большая надежность поиска.

П. Совместно с ВИТР показана возможность спектрографического полуколичественного анализа твердых концентратов, что может еще больше расширить основу массового опробирования вод.

Работа выполнялась по заданию ВИТР; авторы пользуются случаем выразить благодарность Е.А.Сергееву за инициативу и ценные указания.

В работе принимали участие научные сотрудники: А.П.Дегтяренко, М.С.Кошкина, З.Н. Назарова и лаборанты З.Г.Добычина и Л.В. Рудина.

Л и т е р а т у р а

1. Алесковский В.Б. "Метод тонущих частиц" Тезисы докладов научно-технической конференции ЛТИ им. Ленсовета

Госхимиздат 1955 г., стр. 27

Алесковский В.Б., Миллер А.Д., Сергеев Е.А. "Концентрирование и определение следов серебра, меди, свинца в природных водах".

Тезисы докладов на совещании по спектрофотометрическим и колориметрическим методам анализа. ГЕОХИ им. Вернадского. Комиссия по аналитической химии. Изд. АН СССР 1955г. стр.62.

2. Чуйко В.Т. ЖАХ 2, 328, 1947

Чуйко В.Т. ЖАХ 4, 164, 1949

3. Сендал Е.Б. Колориметрическое определение следов металлов. Госхимиздат 1949 г.

4. Виноградов Х.Г. Сборник статей "Методы определения микроэлементов" АН СССР, 1950 г.

5.

139

№ 4, 241, 1953г.

6. Чернихов Ю.А. и Добкина Б.М. Зав лабораторией № 8 1949, стр. 906

7. Чернихов Ю.А. и Добкина Б.М. Зав.лабораторией № 10 1949, стр. 1143

8.

142,

414

1954.

9.

143, 1954

14
А.И.Перельман

Ю.В.Шарков

ОПЫТ ВЫДЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СССР ПРОВИНЦИЙ И РАЙОНОВ С РАЗЛИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ.

Методика геохимических поисков в разных районах нашей страны не является одинаковой. Так например, при металлометрических поисках в одних районах надо опробовать поверхностные горизонты почв, а в других более глубокие. Опыт гидрогеохимических поисков показывает, что содержание металла в водах являющееся "фоновым" в одних районах, оказывается "аномальным" в других и т.д.

Все это предопределяет необходимость районирования территории СССР по условиям геохимических поисков. Теоретической основой подобного районирования является геохимия ландшафта — новое научное направление, созданное академиком Б.Б.Полыновым. В частности, на основе геохимии ландшафта могут составляться особые карты условий геохимических поисков.

На таких картах, в первую очередь, должны быть показаны те величины содержания металлов в почвах, в водах и четвертичных отложениях, которые являются аномальными и фоновыми для данного района. Далее, на этих картах должны быть отражены особенности методики поисков — с какой глубины и на ~~каких~~ участках брать пробу при металлометрической съемке, какие виды растений и в какое время года наиболее удобны для биогеохимических поисков, в какое время года наиболее удобно проводить гидрогеохимические поиски и т.д.

Подобные карты явятся необходимым дополнением к металлогеническим картам, они должны составляться в разных масштабах в соответствии с масштабами поисков работ.

Уже сейчас ясно, что возможны как мелкомасштабные, обзорные карты подобного типа (от 1:1000000 и мельче), так и карты м.1:500000—1:200000. Если принципиальные основы методики составления таких геохимических карт ясны, то конкретного фактического материала для их составления еще далеко недостаточно и об условиях ведения геохимических поисков во многих крупных и практически важных районах СССР мы еще знаем крайне мало. Все же представляет

определенный интерес рассмотреть с этих позиций территорию СССР и наметить основные геохимические провинции, подпровинции и районы по условиям гипергенной миграции элементов.

Первым опытом в этом направлении и является карта геохимического районирования СССР м.1:5000000, составленная авторами.

При составлении этой карты использован ряд мелкомасштабных карт, изданных в последние годы: гипсометрическая, геохимическая, климатическая, тектоническая, почвенная и ботаническая карты СССР м.1:4000000. Также были широко использованы труды по геоботаническому, геоморфологическому и гидрологическому районированию, опубликованные Академией Наук СССР, и ряд других литературных источников.

В связи с мелким масштабом составленная карта является лишь схемой, ее задача — в самой общей форме охарактеризовать условия образования ореолов рассеяния на территории СССР в связи с региональными факторами, а также иллюстрировать принципы районирования.

Территория СССР ^{х)} по условиям гипергенной миграции элементов расчленяется нами на провинции, подпровинции, области и районы.

В основу выделения провинций и подпровинций положены важнейшие геохимические условия миграции и концентрации металлов в зоне гипергенеза — щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные особенности почв и зон, коллоидная миграция и др. Разделение провинций и подпровинций на области проведено по рельефу. Районы выделены в зависимости от мощности наносов, деталей климатических, почвенных и других условий.

Каждая провинция, подпровинция, область и район характеризуются

х) Русская платформа, Западно-Сибирская низменность и другие территории с весьма мощным покровом рыхлых отложений, районированием не охвачены.

определенными условиями ведения металлометрических, гидрогеохимических и биогеохимических поисков. Ниже мы кратко охарактеризуем провинции и подпровинции, показанные на карте.

Области и районы мы не характеризуем. Во многих случаях данных для такой характеристики еще недостаточно в связи с чем пока нельзя сказать такова должна быть конкретная методика в отдельных районах. Однако, зная законы геохимии ландшафта уже сейчас можно выделить эти районы не сомневаясь, что условия поисков в них будут различны, так как различна гипергранная миграция.

В первой провинции (I) преобладают почвы, воды и четвертичные отложения, имеющие щелочную или нейтральную реакцию. В этих условиях железо, марганец и многие другие металлы вне рудных сульфидных жил мигрируют слабо, коллоиды малоподвижны, воды почти не содержат органических веществ.

Подпровинция сухих степей и пустынь Закавказья, Средней Азии, Казахстана и Южной Сибири (IA) характеризуется особенно слабой миграцией металлов в почвах и современной коре выветривания. В связи с этим при металлометрической съемке опробование почв в большинстве случаев может проводиться с поверхности или с глубины 10-15 см, как это предусмотрено существующей инструкцией. Условия ведения гидрохимических поисков различные. В некоторых районах поверхностный сток отсутствует, выходы подземных вод также крайне малочисленны в связи с чем в этих районах гидрогеохимическая методика практически не может быть использована (отдельные низкорельефные массивы почти не имеют источников).

В других районах этой же подпровинции условия гидрогеохимических поисков благоприятны.

Подземные воды местами сильно минерализованы, что создает ряд затруднений при гидрогеохимических поисках (особая методика анализа и т.д.). Важно учитывать также время отбора проб воды — многие источники, действующие весной, пересыхают в конце лета. Необходимо обратить внимание на возможность опробования солончаков и соленых озер, в которых могут создаваться ореолы наиболее подвижных металлов. В некоторых районах этой подпровинции могут оказаться эффективными биогеохимические поиски, особенно в тех

местах, где коренные породы прикрыты песками и др.рыхлыми отложениями, проницаемыми для корней саксаула и др.пустынных кустарников. В этом направлении необходимы методические исследования.

Подпровинция лесостепи и черноземных степей Украины, Кавказа, Урала, Казахстана и Южной Сибири (ІБ) характеризуется значительно более влажным климатом и большей обводненностью чем предыдущая. В почвах и коре выветривания здесь наблюдается заметная миграция наиболее подвижных металлов. Поэтому при металлометрических поисках в отдельных районах необходимо опробование более глубоких горизонтов почв. Условия гидрогеохимических поисков во многих районах благоприятны в связи со значительной обводненностью. Сильноминерализованные воды здесь встречаются реже.

Существенно по иному происходит гипергенная миграция элементов во II провинции для которой характерна преобладание почв с кислой или нейтральной реакцией. Для подпровинции тайги Европейского Севера, Урала, Сибири и Дальнего Востока (ПА) характерно значительное промывание почв и выщелачивание из верхних горизонтов многих металлов. Поэтому при металлометрических поисках в ряде районов необходимо опробование глубоких горизонтов почв. Интенсивный поверхностный и подземный сток создает местами очень благоприятные условия для гидрогеохимических поисков. Вместе с тем высокая влажность климата обуславливает и ряд трудностей при гидрогеохимических поисках, связанных с низкой общей минерализацией вод, малым содержанием металлов.

Кислая реакция почв и вод обуславливает во многих районах интенсивную миграцию органических и минеральных коллоидов (гумус, гидрокислы железа и марганца), способных адсорбировать многие металлы из природных вод (медь, цинк и др.). Поэтому здесь особенно эффективным может оказаться опробование глинистых и коллоидных осадков и конкреций со дна рек и озер, из болот и аллювия. Преобладание древесной растительности с глубокой корневой системой создает благоприятные предпосылки для применения биогеохимических методов.

Во многих районах широко распространены болота, там методика геохимических поисков имеет ряд особенностей.



Подпровинция лесистых гор Карпат и Малого Кавказа (ПБ) отличается от предыдущей более теплым климатом, меньшим распространением болот и др. особенностями. Поэтому условия поисков здесь будут также несколько иными.

В целом конкретная методика как металлометрических, так и гидрогеохимических поисков в I и II провинциях различны, так же как в ряде случаев различны величины аномальных значений.

Значительным своеобразием характеризуется III провинция преобладания кислых и нейтральных почв и вод, отличающаяся широким распространением вечной мерзлоты. Вечная мерзлота с точки зрения ведения геохимических поисков изучена еще слабо, хотя вряд ли можно сомневаться в том, что это влияние достаточно велико. Так например, давно уже установлены различные условия миграции элементов на северных и южных склонах в Забайкалье и др. районах развития мерзлоты.

Учитывая огромную роль этой провинции для поисков необходимо обратить серьезное внимание на изучение ее геохимии, разработку методики геохимических поисков. Можно не сомневаться, что здесь найдут применение все основные геохимические методы - металлометрические, гидрогеохимические, биогеохимические.

Подпровинция тайги Восточной Сибири (ША) - достаточно резко отличается от подпровинции тундры Европейского и Азиатского Севера (ШБ).

Для IV провинции в которой отнесены высокие горы Кавказа, Средней Азии, Алтая и Саян характерна резко выраженная вертикальная геохимическая зональность почв, вод и коры выветривания. Так, например, подножие хребта может характеризоваться ландшафтом жаркой пустыни (например, в Средней Азии), средняя часть - лесными ландшафтами с влажным климатом, а высокогорная часть - альпийским рельефом, голыми скалами и ледниками с влажным и холодным климатом. Понятно, что и миграция химических элементов в этих вертикальных геохимических зонах будет протекать по-разному, а следовательно различной будет и методика геохимических поисков. К сожалению, мелкий масштаб карты не позволил выделить отдельные геохимические зоны, в связи с

чем они и объединены в составе одной провинции. Отметим высокую эффективность гидрогеохимических поисков во многих горных районах, так как влажный климат обуславливает широкое распространение источников, а большой размах рельефа позволяет на основе этих методов особенно эффективно искать слепые рудные тела, залегающие на большой глубине от поверхности.

Уже из приведенного краткого обзора видно насколько разнообразие в геохимическом отношении территория СССР и как важно при геохимических поисках учитывать местные особенности гипергенной миграции элементов.

Поэтому одной из важных задач является разработка конкретной методики геохимических поисков для различных геохимических провинций, областей и районов СССР.

20
ТОМСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М.КИРОВА

П.А.Удодов, И.П.Онуфриенко.

ОПЫТ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНЫХ МАССИВОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.

г.Томск
1956 г.

21 I. ВВЕДЕНИЕ

Гидрохимические методы поисков на нефть и соляные месторождения нашли широкое применение у нас в Союзе при геологопоисковых и разведочных работах. Для этих полезных ископаемых разработаны: 1) методика гидрохимических исследований; 2) соответствующая классификация вод; 3) поисковые признаки по количественному содержанию некоторых специфических элементов. Эти элементы приняты при геологопоисковых работах как гидрохимические критерии для подземных вод нефтяных и соляных месторождений.

Согласно приказу Министра геологии и охраны недр Союза ССР гидрохимические исследования с 1956 года включаются как один из методов при комплексных геологических съемках и поисках всех масштабов на рудные месторождения.

Проводимые нами с 1952 года полевые гидрогеохимические исследования (в Кузнецком Ала-Тау, Западных Саянах, Восточных Саянах, Салаире, в Горном Алтае, Рудном Алтае и в других некоторых районах Западной Сибири), с целью поисков цветных металлов и редких элементов, представляют первый опыт этих работ в процессе комплексных геолого-поисковых исследований Западной Сибири и частично Казахстана.

В результате проведенных исследований наметилось следующее: методика полевых гидрогеохимических работ; получены некоторые критерии для оценки металлонности участков по содержанию тяжелых металлов в различных типах природных вод; принять (в качестве рабочей схемы) деление природных вод зон рудных минерализаций на несколько типов; разработана методика концентрирования некоторых металлов в природных водах; получен некоторый опыт в камеральной обработке полевых материалов.

Для разработки в настоящее время методики гидрогеохимических исследований мы считаем полезным обменяться опытом работ, проведенных в различных районах Союза. С этой целью нами и представляется краткая сводка этих работ по Западной Сибири.

При разработке гидрогеохимического метода для поисков цветных металлов и редких элементов мы учли опыт предыдущих исследователей, а также использовали ранее проведенные в этом направлении работы Н.И.Софронова, Е.А.Сергеева, А.М.Овчинникова, Д.П.Малюга, Е.В.Посохова и С.К.Калинина, Н.И.Хитарова и Е.П.Муликовской, О.К.Алекина, С.С.Смиронова, А.Е.Ферсмана, В.А.Вернадского, А.А.Бродского, А.С.Хаффа, А.А.Саукова, Н.А.Быховер, А.А.Резникова, а также Г.Н.Каменского, Г.Н.Игнатовича, Н.И.Толстихина и многих других. Здесь мы не имеем возможности останавливаться на рассмотрении всех этих работ, но они явились для нас основой, на которой мы развивали дальнейшую разработку методики гидрогеохимических исследований.

П. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Все районы, где проводились нами гидрогеохимические исследования, характеризуются наличием, главным образом, открытых геологических структур. В гидрогеологическом отношении эти структуры характеризуются активной циркуляцией подземных вод преимущественно гидрокарбонатного типа. Этому благоприятствует здесь типичный горный рельеф, широкое развитие массивно кристаллических и метаморфических нижнепалеозойских пород, сильная слоистость их и незначительная мощность рыхлых песчано-суглинистых и щебенистых образований.

Наибольшее развитие в районах получают грунтовые воды зоны выщелачивания, для которых, как указывает Г.Н.Каменский, в горных районах благоприятствует относительно влажный климат и присутствие высокопроницаемых пород. В зависимости от условий циркуляции этот тип вод нами разделяется на два подтипа, а именно:

а) грунтовые воды водораздельных пространств — элювиальные воды и б) грунтовые воды склонов горных хребтов — делювиальные воды, которые являются весьма широко распространенным типом. Они характеризуются по склонам хребтов многочисленными естественными выходами в виде нисходящих источников или создают рассеянные выходы, вызывающие у подножья склонов заболачивание отдельных небольших участков. Режим для большинства источников весьма непостоянный и в основном определяется климатическими факторами. В периоды, когда долго не наблюдается осадков, большинство источников резко уменьшают свой дебит, а некоторые из них даже прекращают выход.

Температура воды этих источников — непостоянна. Она изменяется от 8 до 10°. Дебит их колеблется от десятых до сотых литра в секунду. Отдельные делбвиальные источники, встреченные нами в Кузнецком Ала-Тау, характеризуются более постоянным режимом (температурой, дебитом и химизмом). Эта группа источников приурочена к зонам нарушений и частично питается за счет подземных вод последних.

На участках развития толщи известняков в бассейне рек Азыхгол, Камзас, Магзы и др. (Кузнецкий Ала-Тау) не наблюдается грунтовых делювиальных вод. Здесь встречаются источники с дебитом до 10 и более литров в секунду, приуроченные к различным элементам карста, который дренирует поверхностный сток, а на отдельных участках — реки. Все это приводит к тому, что районы с распространением карбонатных пород характеризуются кажущейся слабой обводненностью, между тем как модуль подземного стока для них имеет наивысшее значение по отношению всех остальных пород.

Подземные напорные воды изучены нами только на отдельных участках, где были пройдены картировочные скважины или проводились поисково-разведочные работы. Так, например, колонковые скважины, пройденные в рудном Алтае у подножия Ревнюшинского массива, показывают наличие напорных, а на отдельных пониженных участках самоизливающихся подземных вод. Дебит самоизливом по отдельным скважинам достигает до 3–5 литров в секунду. Колонковые скважины на склоне Ревнюшинского хребта показывают более низкие установившиеся уровни (от 15 до 25 м от поверхности земли).

В Кузнецком Ала-Тау колонковые разведочные скважины, пройденные в толще сиенитов Балыксинской зоны смятия, характеризуются значительной обводненностью. Изучение керн этих скважин показывает что он на глубинах весьма сильно раздроблен и доведен почти до состояния песка.

В Западных Саянах разведочные скважины в зонах нарушений также характеризуются повышенной обводненностью.

Схематично рассмотренные нами различные типы подземных вод характеризуются, как ранее отмечено, сравнительно неустойчивым режимом. Это объясняется результатом того, что подземные воды имеют, главным образом, местную область питания. В описываемых горных районах

обнаженные большей частью водораздельные массивы и их склоны являются основной областью питания. Здесь за счет инфильтрации атмосферных осадков, таяния снежников, а иногда и процесса конденсации пополняют свои запасы подземные воды района. Для гидрогеохимических исследований весьма важно правильно выявить источники питания и пути циркуляции подземных вод. Решая эти вопросы путем изучения химизма, мы устанавливаем участки минерализации, которые обогащают природные воды различными рудными элементами. Таким путем нами были выявлены в процессе гидрогеохимических исследований зоны минерализации: по ключу Крутому, Безымянному, Светлому и Чортовому в Кузнецком Ала-Тау; по ключу Пасечному в Восточных Саянах; по левым притокам р. Абакана в Западных Саянах и т.д.

III. ВОДЫ ЗОН МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ИХ КРИТЕРИИ.

В основу теории гидрогеохимического метода нами приняты следующие положения:

- 1 - процесс окисления сульфидных минералов;
- 2 - законы теории растворов;
- 3 - применение теории активности минералов к решению вопроса о насыщенности вод различными элементами;
4. - процесс осаждения металлов в зоне окисления из сульфатных растворов;
- 5 - учение о парагенезисе химических элементов в земной коре и ряд других законов.

В данной статье мы не останавливаемся на некоторых весьма важных для наших исследований вопросах, как например, на условиях растворимости некоторых сульфидов и многих других вопросах, которые, по нашему мнению, требуют дальнейшей теоретической разработки, лабораторных исследований и полевых наблюдений.

Процессы формирования химического состава природных вод месторождений полезных ископаемых определяются взаимодействием их с зонами рудной минерализации, а также геотектоническими и гидро-геологическими условиями. Кроме того, существенное значение оказывает характер активности пород участка и зональность подземных вод. По

характеру взаимоотношений подземных вод с минеральными образованиями А.М.Овчинников выделяет четыре случая. Из этих случаев для нас представляют наибольший интерес сульфидные месторождения, которые в зоне выветривания при их окислении образуют легко растворимые соли — сульфаты, придающие водам специфические свойства. Эти особенности вод зон сульфидной минерализации легко устанавливаются различными гидрогеохимическими исследованиями, рассмотренными в специальной главе (глава IV).

Обогащение различными рудными элементами может происходить не только в грунтовых и напорных подземных водах, но также и в поверхностных.

К сожалению, мы должны отметить, что классификация природных вод для рудных месторождений полезных ископаемых пока не разработана. Это положение весьма затрудняет проводить гидрогеохимическую оценку районов и характеристику металлоносности различных типов природных вод.

В процессе полевых гидрогеохимических исследований природных вод рудных месторождений полезных ископаемых нами была принята следующая схема классификации для горных районов Западной Сибири :

I — поверхностные воды, среди которых выделяем:

- а) воды зоны минерализации,
- б) воды потока рассеяния зоны минерализации,
- в) воды вне зоны минерализации и потока рассеяния;

2 — грунтовые воды, которые также разделяем на:

- а) воды зоны минерализации,
- б) воды потока рассеяния зоны минерализации,
- в) воды вне зоны минерализации и потока рассеяния;

3 — напорные подземные воды, разделяются нами аналогично предыдущим на:

- а) воды зоны минерализации,
- б) воды потока рассеяния зоны минерализации,
- в) воды вне зоны минерализации и потока рассеяния.

Воды каждой выделенной зоны разделяются на два типа в зависимости от активности пород, по которым они циркулируют.

Для всех выделенных типов вод приведены в таблице I критерии, определяющие для них следующие значения: pH, O^{n4} , суммарное содержание тяжелых металлов, соответствие ассоциации тяжелых металлов в воде с наличием их в рудах и содержание кислорода. Все эти значения, как критерии, мы должны рассматривать только как приближенные, требующие дальнейшего уточнения при накоплении значительно большего количества фактического материала.

По каждому выделенному типу вод нами проводятся в соответствующих таблицах наиболее характерные данные, иллюстрирующие суммарное содержание металлов и отдельных специфических элементов в зонах минерализации природных вод, потока рассеяния их и в вне зон минерализации потока рассеяния (фон района).

27.

Таблица 2 показывает изменение минерализации поверхностных вод. Рассмотрение данных, приведенных в этой таблице, позволяет заключить, что поверхностные воды в зоне минерализации увеличивают содержание металлов против их фонового значения в 5-10, а иногда и более раз. Так, в Западных Саянах вода реки Бухтракты имеет несколько повышенное содержание металлов - 0,039 мг/л. Это объясняется наличием в районе зон минерализаций. Однако, на участках, где наблюдаются эти зоны, общая металлоносность поверхностных вод все же возрастает до 0,2065 мг/л, т.е. более чем в пять раз.

Аналогичная картина для зон минерализаций наблюдается и в Восточных Саянах. Например, в вершине ключа Пасечного, где встречается небольшая зона минерализации, вода показывает содержание металлов 0,086 мг/л. В устье этого ключа содержание металлов в воде уменьшилось до 0,0044 мг/л.

Весьма показательным в отношении изменения металлоносности поверхностных вод на участках зон минерализаций является участок по ключу Чортовому (Кузнецкий Ала-Тау), в русле которого наблюдается выход кварцитов с наличием халькопирита. Содержание металлов в воде ключа до выхода кварцитов определяется 0,0025 мг/л, а ниже по течению на расстоянии 0,5 км - 0,01 мг/л.

Более резкое повышение содержания металлов в поверхностных водах на участках зон минерализаций наблюдается для Салаира и Рудного Алтая. Здесь, как видно из таблицы 2, по ключу Греховскому металлоносность на расстоянии 1,8 км увеличивается от 0,036 до 0,633 мг/л, т.е. почти в 20 раз.

Увеличение металлоносности обусловлено наличием зоны минерализации.

Наличие металлов в поверхностных водах на участках зон минерализаций обычно соответствует их наличию в рудах. Так, например, металлоносность вод Рудного Алтая показывает полиметаллический характер месторождений (резко повышенное содержание Салаира - свинцово-цинковый (повышенное содержание), Западных Саян - меднокобальтовый (повышенное содержание меди и в грунтовых водах кобальта) и т.д.

Из приведенных данных очевидно, что поверхностные воды на участках зон рудных минерализаций приобретают некоторые специфические

особенности в химизме вод. Кроме повышения металлоносности вод наблюдается иногда для них пониженное значение pH (кислый тип вод). Так, таблица 2 показывает, что поверхностные воды р. Бухтракты и ее притоков имеют слабо кислую реакцию ($pH=6,7$), а вода ключа Греховского характеризуется значением $pH=6,0$.

Формирование специфического состава поверхностных вод на описываемых участках объясняется за счет питания рек грунтовыми водами с участков зон минерализаций, как это мы имеем для притоков р. Бухтракты или непосредственным омытием рудной толщи, как наблюдается по ключу Чортовому, а иногда эти две причины действуют одновременно и тогда наблюдаем наиболее резко выраженную специфичность вод. Последний случай, повидимому, наблюдается по ключу Греховскому.

Грунтовые воды весьма широко распространены в исследуемых районах. Они обогащаются в зонах сульфидной минерализации различными металлами, иногда характеризуются кислым типом и повышенным содержанием иона O_4 . Таким образом, эти воды получают свои специфические черты в результате окисления сульфидных минералов. Процесс изменения обычных грунтовых вод в специфические воды зон окисления и, возможно, обратно в нормальные грунтовые воды обусловлен сложной эволюцией минерального состава месторождения. Не останавливаясь на развитии всех этапов зон окисления сульфидных месторождений, которые освещены в работе С.С. Смирнова, можно заметить, что все стадии этого процесса находят свое отражение в химизме грунтовых вод. Некоторое представление о металлоносности грунтовых вод этого типа можно получить по данным приведенным в табл. 3. Рассмотрение этих данных показывает, что грунтовые воды хорошо отражают сложный состав полиметаллических месторождений. Так, в западных Саянах на меднокобальтовом месторождении грунтовые воды фиксируют наличие до девяти элементов (и Мп).

Из таблицы 3 видим, что ассоциации элементов для грунтовых вод наблюдаются и в остальных исследуемых районах, где встречены зоны минерализаций.

Каждая зона минерализации характеризуется прежде всего повышенным содержанием основного элемента; а именно: меднокобальтовое месторождение наличием Co и Co , молибденовое

месторождение в Восточных Саянах - Мо, цинковое месторождение на Салаире наличием , полиметаллические месторождения Рудного Алтая - цинком, свинцом, медью (табл. 3).

Специфичность грунтовых вод не ограничивается только участком месторождения. Обычно на некотором расстоянии от него наблюдаются те или иные специфические особенности вод. Эта зона, где прослеживается аномалия химизма природных вод, нами выделяется под названием потока рассеяния.

Каждое месторождение цветных и редких металлов характеризуется потоком рассеяния, который простирается, главным образом, по направлению грунтового потока. Размеры его определяются степенью активности пород, характером обводненности, рельефом участка и рядом других факторов.

Грунтовые воды зоны потока рассеяния характеризуются пониженным содержанием металлов против вод зоны минерализации. Кроме того, для этого типа вод иногда наблюдается: несоответствие парагенетической ассоциации элементов в водах и в зоне рудной минерализации, повышенные значения pH и уменьшение содержания ионов 04 .

Поток рассеяния наблюдается для всех типов природных вод, а именно: поверхностных, грунтовых, пласто-вотрещинных и трещинных напорных вод.

Водные потоки рассеяния для различных типов вод будут характеризоваться неодинаковым содержанием тех или иных тяжелых металлов (табл. I). Кроме того, величина их будет также иметь различное значение. Поэтому совершенно очевидно, что нельзя смешивать эти водные потоки рассеяния в процессе полевых исследований и камеральной обработки материалов.

При проведении гидрогеохимической съемки особый интерес представляет определение предельного расстояния в водном потоке, на котором можно проследить различные продукты зоны окисления. Это расстояние указывает нам примерное месторождение зоны минерализации.

Гидрогеохимические исследования показывают, что быстрее всего в водном потоке рассеяния изменяется значение величины pH. При наличии карбонатных пород кислые воды быстро нейтрализуются и величина

pH достигает значений больше семи (фиг. I). В связи с изменением pH в сторону увеличения происходит осаждение металлов. Этот процесс является более замедленным, чем изменение pH, поэтому он в водном потоке рассеяния прослеживается на более далеком расстоянии (фиг. I).

Характер изменения в природных водах иона O_4^{--} мы также рассмотрим на (фиг. I). В самой вершине ключа, где встречаются слабо пиритизированные известково-углистые сланцы, содержание O_4^{--} равно 1-10 мг/л. В дальнейшем при увеличении количества пирита в сланцах содержание O_4^{--} возрастает и получает значение 10-100 мг/л. Сильно пиритизированные углистые сланцы сменяются затем окварцованными сланцами с очень малым содержанием сульфидов или совсем без них. Благодаря довольно высокому значению pH и прекращению пополнения O_4^{--} делювиальными водами, количество этого аниона в воде начинает уменьшаться. После смены окварцованных углистых сланцев кристаллическими известняками, содержание O_4^{--} становится настолько малым, что полевым методом уже не улавливается. Сопоставляя изменения значений pH и O_4^{--} при одинаковых геологических условиях устанавливаем, что анион O_4^{--} проследивается на значительно большее расстояние, чем pH. Поэтому можно считать, что при полевых (поисковых) исследованиях наибольшее значение как поисковый признак может иметь анион O_4^{--} (при отсутствии гипсоносных пород). Он имеет большее значение, чем pH, особенно в районах с развитием "активных" карбонатных пород. Это видно при рассмотрении следующих данных. При исследованиях в Восточных Саянах (Красноярский край) значение pH и O_4^{--} совместно определялись на площади 136 км², причем pH имело поисковое значение, всего лишь на площади 2,5 км², а O_4^{--} - на 84 км².

Воды потока рассеяния при удалении от зоны минерализации теряют свои специфические особенности и переходят в обычные грунтовые воды, которые содержат весьма незначительное количество металлов, соответствующее фону природных вод района. Для каждого района мы прежде всего должны определить фоновое содержание металлов. При этом необходимо учитывать, что каждый тип вод характеризуется своим фоновым содержанием металлов. Так, по одному из районов Рудного Алтая фоновое содержание металлов определяется следующими данными:

поверхностные воды - до 0,01 мг/л, грунтовые воды до 0,012 мг/л, трещинно- и пластово-трещинные напорные воды - до 0,007 мг/л.

II.

Для Салаира наблюдаются несколько иные фоновые содержания металлов в природных водах, а именно: поверхностные воды до 0,009, грунтовые воды - 0,009 и подземные воды - 0,07 мг/л.

В процессе гидрогеохимической съемки мы должны определять не только общее фоновое содержание металлов, но и для каждого элемента отдельно, обращая особое внимание на те из них, на поиски которых проводятся соответствующие исследования.

При гидрогеохимических исследованиях в районе Кузнецкого Алатау в 1952-53 гг. нами была составлена специальная карта по меди (кроме общей гидрогеохимической карты района) в связи с тем, что наши исследования проводились с целью поисков месторождений меди.

Трещинные и трещинно-пластовые напорные подземные воды являются нами наименее изученными в отношении их металлоносности. По этому типу вод мы располагаем данными гидрогеохимических исследований только по трем районам (Рудный Алтай, Салаир и Западные Саяны). Во всех этих районах изучено весьма небольшое количество точек гидрогеохимических наблюдений (шахты, штольни, разведочные скважины).

Некоторые результаты, полученные нами по изучению содержания металлов в подземных напорных водах, приводятся в таблице 4. Рассмотрение данных, приведенных в этой таблице, позволяет заключить, что этот тип вод в зонах минерализаций характеризуется меньшим содержанием металлов, чем все остальные типы вод. Это объясняется тем, что напорные подземные воды залегают ниже зоны окисления, т.е. в зоне первичных сульфидных руд, которые как известно, весьма слабо растворимы в природных водах. Так, например, вода, отобранная в шахте из забоя сульфидных руд на глубине 200 м и в штольнях на глубине 78 и 112 м (фиг.2) показала суммарное содержание в ней металлов менее 0,1 мг/л. Аналогичная металлоносность вод, как видно из таблицы 4, наблюдается и по остальным горным выработкам и колонковым разведочным скважинам.

Для подземных вод намечается тот же характер минерализации как и для грунтовых. Повышенное содержание металлов в водах наблюдается для основных элементов месторождений полезных ископаемых.

На основании данных, приведенных в таблице I, мы условно принимаем в качестве поискового признака для зон рудных минерализаций содержание металлов в напорных подземных водах — 0,5 мг/л, рН—6, 5—7,0 и O_4 — 100 мг/л. Парагенетическая ассоциация рудных элементов в этих водах обычно соответствует их наличию в рудах.

Воды потока рассеяния для подземных напорных вод зоны минерализации изучены также недостаточно. Приведенные данные в таблице I по характеристике их металлоносности требуют проверки на основе большего количества фактических наблюдений.

Подземные напорные воды вне зоны минерализации и потока рассеяния (фон этого типа вод) содержат следы или тысячные доли миллиграмма на литр металлов (табл. I, 4). Они не содержат какого-либо комплекса металлов, соответствующих той или иной рудной ассоциации. Поэтому они резко отличаются от вод зоны потока рассеяния и зоны минерализации.

IV. МЕТОДИКА ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Вопросы методики и организации гидрогеохимических исследований разрабатываются авторами с 1951 года. Не останавливаясь на всех этапах развития гидрогеохимического метода в Западной Сибири, приведем только ту методику, которая в настоящее время принята нами в процессе гидрогеохимических исследований.

Полевые гидрогеохимические исследования проводятся в комплексе с другими геолого-поисковыми работами при проведении геологической съемки и разведочных работ. Если гидрогеохимические исследования проводятся в виде самостоятельного метода, то необходимо располагать соответствующего масштаба геологической картой.

Проводимые нами гидрогеохимические исследования, носили комплексный характер. Они включали гидрогеологическое изучение района, гидрогеохимическое, металлометрическое и шлиховое опробование различных водных объектов с отбором с 1955 г. иловых проб. Не останавливаясь на методике полевых гидрогеологических, шлиховых и металлометрических исследований, которые достаточно освещены в ряде специальных работ и соответствующих инструкций, мы ограничимся только рассмотрением наиболее существенных вопросов полевых гидрогеохимических исследований.

Гидрогеохимическая съемка ставит своей задачей выявление и оконтуривание зон минерализаций на основе изучения металлоносности различных типов природных вод. Состав гидрогеохимического отряда и производительность его мы планировали на основе единых норм выработки на гидрогеологические и инженерно-геологические работы 1953г. Таким образом, мы дополняли гидрогеологическую съемку гидрогеохимическими работами, не увеличивая на это состав партии при производстве работ.

Выделение перспективных участков зон минерализаций по данным гидрогеохимической съемки производится на основании следующих критериев:

- 1 - повышенная общая металлоносность различных типов вод;
- 2 - старого определенная ассоциация тяжелых металлов в воде, соответствующая их наличию в рудах;
- 3 - пониженное значение в водах pH (кислые воды);
- 4 - повышенное содержание в водах иона $O_4^{''}$.

Полевые исследования показывают, что все эти критерии не всегда проявляют себя в одинаковой степени. Так, например, в зависимости от стадии окисления сульфидного месторождения при-родные воды его будут характеризоваться те или иным значением pH и содержанием в них металлов. Кроме того, металлоносность их также зависит от характера изменения режима вод. Это можно установить на основании приведенного графика (фиг.3), который показывает, что в течение 23 дней содержание металлов в природных водах изменялось от 0,16 до 0,04 мг/л. Такое резкое изменение металлоносности вод наблюдалось по двум колонковым скважинам и ключу Греховскому в Рудном Алтае. Наивысшее содержание металлов в воде по скважинам и источнику отмечено восьмого августа. Высокую металлоносность вод мы объясняем тем, что седьмого августа был непродолжительный дождь, который растворил продукты зоны окисления, образовавшейся во время осадков в период с 20 июля по 7 августа. Поэтому скважины и Греховский источник показали 8 августа высокую металлоносность грунтовых вод. С 8 по 31 августа атмосферных осадков не выпадало. Уровень грунтовых вод в этот период систематически понижался и продукты образовавшейся зоны окисления оставались невынесенными

в эти воды. В результате металлоносность их уменьшилась до 0,04 мг/л, т.е. в четыре раза.

Приведенные данные говорят о том, что при определении металлоносности грунтовых и поверхностных вод необходимо фиксировать при каких метеорологических и гидрогеологических условиях отбираются пробы воды в процессе гидрогеохимических исследований. Для введения поправки при сравнении данных металлоносности, определенных в различное время, необходимо иметь стационарные точки, на которых должно быть поставлено систематическое изучение режима всех типов природных вод (особое внимание уделяется грунтовым и поверхностным водам).

В процессе полевых гидрогеохимических исследований все наиболее характерные источники, небольшие реки, а также разведочные скважины и горные выработки опробовались нами дитизном на общее содержание в воде металлов. Одновременно определялось и значение pH природных вод колориметрическим путем в приборе Н.И.Алямовского и наличие иона O_4^{II} хлористым барием.

В результате предварительного опробования различных типов вод выявляются наиболее интересные водные объекты, с которых в дальнейшем получают концентраты тяжелых металлов (водные концентраты) для более детального изучения металлоносности вод.

Полевое определение вод дитизном и результаты анализов водных концентратов нам показывают, что илистые и глинистые частицы, находящиеся в большом количестве в некоторых руслах, адсорбируют различные тяжелые металлы и поэтому дитизон показывает для таких вод меньшую металлоносность, чем данные водных концентратов, которые осаждают и все элементы, находящиеся в коллоидальном состоянии.

При выделении различных типов вод по их металлоносности, значению pH, O_4^{II} и ассоциации тяжелых металлов, мы руководствовались разработанной нами рабочей классификацией природных вод рудных месторождений полезных ископаемых горных массивов Западной Сибири (табл. I).

Каждый тип природных вод зон минерализаций характеризуется определенными гидрогеохимическими критериями, которыми мы пользуемся при поисковых работах на цветные металлы и редкие элементы. В количественном отношении эти критерии изменяются от геологических условий и типов вод. В таблице I нами приводятся различные значения для критериев природных вод, полученные в результате полевых гидрогеохимических исследований.

Изучая в процессе полевых гидрогеохимических исследований различные водные объекты и руководствуясь принятыми критериями, мы выявляем участки с повышенной металлоносностью вод. Очень часто наблюдается необходимость отбора проб воды в тех участках, где не наблюдается естественных ее выходов. В этом случае совершенно необходимо проходить поисково-разведочные выработки до встречи грунтовых вод и отбирать из них соответствующие пробы для анализа вод. Обычно потребность в проходке выработок является при изучении водораздельных пространств покрытых чехлом рыхлых образований и их склонов. Значительно реже закопшки и дудки закладываются в долинах рек и логов. При гидрогеохимических исследованиях на Салаире Е.А. Пономаревым с большим успехом широко применялись выработки для отбора проб воды. На некоторых участках нами использовались ранее пройденные поисково-разведочные выработки (Западные Саяны). В этих выработках необходимо перед отбором проб воды производить кратковременную откачку.

Перспективными участками при гидрогеохимических исследованиях принимались такие участки, воды которых имели содержание металлов более чем в пять раз выше фона вод района. Последний определяется графическим путем. График для одного из районов Рудного Алтая нами производится на фиг. 4. Этот график показывает, что из общего числа гидрогеохимических точек для грунтовых вод, в которых определялась металлоносность, 50% падает на фон (по дитизону). Пробы, отобранные на участке фона грунтовых вод, характеризуются наличием в них не более 2-х элементов (исключая), максимальное содержание металлов до 0,01 мг/л.

Грунтовые воды потока рассеяния зоны минерализации характеризуются содержанием металлов более 0,01 мг/л, количество элементов от

2-5 и более (фиг.5).

Кроме того, для этих вод наблюдается иногда pH меньше семи (кислые) и повышенное значение иона O_4^{II} . Обычно поток рассеяния имеет изменчивый характер минерализации. Чем ближе изучаем его к зоне минерализации, тем полнее проявляется в нем содержание тяжелых металлов, соответствующих наличию их в рудах. Так, например, поток рассеяния по одному участку Рудного Алтая (точка 55I фиг.5, 6) характеризуется наличием Р, Си, , общая металлоносность воды, определенная по дитизону - 0,02 мг/л и pH - 6,5. С приближением к зоне минерализации на 200 м, а именно точка 588, этот поток имеет общую металлоносность вод 0,032 мг/л, количество элементов увеличивается до четырех (, Си,) и pH=6,4.

Сложный состав вод потока рассеяния наблюдается тогда, когда на близком расстоянии располагаются зоны с различной минерализацией. На фиг.6 выделены две зоны минерализации на расстоянии между собой 600-800 м. Одна из них, расположенная в направлении на СЗ, имеет медный характер минерализации. Вторая - восточная характеризуется полиметаллическим рудопроявлением. Воды каждой зоны минерализации образуют потоки рассеяния, которые смешиваясь между собой, образуют сложный по составу поток рассеяния. Намечить контуры в таких случаях отдельных потоков мы имеем возможность на основании ряда спектральных анализов водных концентратов. На фиг.6 мы видим, что западная зона минерализации по водным концентратам 552,73 не имеет никеля, а восточная по водным концентратам 577,555, 582, 583, 55I и 558 показывает везде наличие никеля.

Из приведенных данных видим, что для уточнения результатов гидрогеологических исследований необходимо располагать данными содержания всех тяжелых металлов в различных типах природных вод.

Этот вопрос может быть решен различными путями. Он нами рассматривается более детально в специальной работе: "Методика анализа природных вод при гидрогеохимических поисках рудных месторождений". Поэтому здесь кратко рассмотрим только способ получения водных концентратов, который мы в течение четырех лет применяли при полевых гидрогеохимических исследованиях. Этот способ постепенно уточнялся и в настоящее время применяется нами в следующем виде.

Для определения тяжелых металлов в природных водах отбирают пробу в объеме одного литра в бутыл с притертой или резиновой пробкой и прибавляют в нее 2-3 капли индикатора - метил-оранж. После этого перемешивают в бутылки пробу и вводят по каплям шести-нормальную соляную кислоту до кислой реакции, которая определяется появлением слабо розовой окраски. Затем вводят один миллилитр приготовленного из 25 процентного раствора в 0,5 серной кислоте и перемешивают концентрат. Далее быстро вливают два миллилитра сернистого натрия (концентрация 0,5) после чего бутылку закрывают пробкой и содержимое хорошо перемешивают. По истечении 2-3 минут в бутылку добавляют 3-5 миллилитров соды (концентрация) закрывают пробкой и тщательно перемешивают. Через 20-25 минут образовавшиеся сульфиды металлов соосаждаются вместе с гидратом алюминия, отстоявшуюся жидкость над осадком сифонируют, а осадок переводят на фильтр, который помещают в пробирку. По окончании маршрута пробирки с концентратами передаются в химическую лабораторию для высушивания, взвешивания, растирания и перемешивания. После этих операций концентраты поступают в спектральную лабораторию.

Общую металлоносность природных вод в поле мы определяем, как ранее отмечено, при помощи дитизона. Это определение производили на основе следующих данных. Как известно, дитизонаты в органических растворителях окрашены преимущественно в красные цвета, а все пурпурные и прочие смешанные тона появляются при избытке дитизона. Пользуясь изменением окраски, мы производили титрование исследуемой воды дитизоном. Титр его устанавливали по цинку, поэтому, если преобладает в природных водах свинец, то показания металлоносности вод по дитизону будут, примерно, занижены в три раза. Порядок полевого опробования природных вод дитизоном следующий: к 50 мл исследуемой воды прибавляют 5 капель ацетатного буфера и 0,1 мл дитизона, перемешивают 10-15 сек. Если не появилось кроме розовой окраски другой, то добавляют еще 0,1 - 0,9 мл дитизона и встряхивают 15-20 секунд и так продолжают до появления дополнительной окраски, а затем содержимое металлов в воде подсчитываем по формуле:

$$M = T \cdot C \cdot 20, \text{ где:}$$

М — металлоносность, в мг/л,

Т — титр дитизона, в мг;

С — количество израсходованного дитизона до изменения окраски, в мл,

20 — число раз по 50, содержащемся в I л.

Результаты полевых гидрогеохимических исследований нами представляются в виде ряда гидрогеохимических карт, а именно: а) общей гидрогеохимической, б) отдельных элементов, на поиски которых проводились исследования, в) детальные для отдельных наиболее перспективных участков, а также графики для определения фона металлоносности отдельных типов природных вод, изменения металлоносности вод от метеорологических факторов и др. Для каждого типа вод (поверхностные, грунтовые и напорные) представляются отдельные гидрогеохимические карты или графики, на основании которых составляется общая гидрогеохимическая карта. Не останавливаясь детально на методике составления всех карт, приведем только отдельные наиболее существенные моменты, которые мы отражаем на общей гидрогеохимической карте.

Общая гидрогеохимическая карта составляется на геологической основе. На этой карте наносятся данные по металлоносности всех типов природных вод. Этим она в основном отличается от всех остальных гидрогеохимических карт. Кроме того общая гидрогеохимическая карта освещает полный состав наличия тяжелых металлов в водах, так как она использует данные водных концентратов и дитизона. На ней дается гидрогеохимическое районирование, которое показывает характер и степень металлоносности вод на отдельных участках исследуемого района. Выделение на карте природных вод зон минерализаций произведены согласно принятой классификации вод (табл. I), а гидрогеохимическое районирование по преобладающему значению в воде тех или иных тяжелых металлов. Так, например, на прилагаемой гидрогеохимической карте по рудному Алтаю (фиг. 6) выделяются воды с наличием: а) сложного комплекса (никель, кобальт, олово, медь, свинец, титан, хром) элементов и повышенной общей металлоносностью (воды полиметаллического месторождения) и б) воды медного месторождения с наличием в них меди, свинца, хрома и титана.

На гидрогеохимической карте Кузнецкого Ала-Тау (фиг.7), составленной нами в 1953 г., выделено три зоны вод со следующей металлоносностью: а - медь и свинец, б - медь, молибден, вольфрам, олово, кобальт, свинец, цинк и в - медь, свинец и серебро. Наибольший интерес представляет зона развития вод с наличием сложного комплекса металлов. В этой зоне, как ранее отмечено, были открыты в 1952 и 1953 гг. месторождения кобальта и молибдена. Аналогичные гидрогеохимические карты нами составлены по отдельным участкам Салаира, Восточных и Западных Саян.

Гидрогеохимические графики, необходимые для характеристики района и составления карт, представлены следующие: 1 - график для определения фона района природных вод по общей металлоносности (дитизоном) фиг. 4), 2 - графики металлоносности поверхностных, грунтовых и подземных вод (фиг.8, 9, 10); 3 - график изменения pH, O_4 и металлоносности в связи с изменением активности пород, фиг.1.

При поведении гидрогеохимических исследований необходимо, чтобы в районе работ была спектральная лаборатория для выполнения спектральных анализов водных концентратов. Для анализов водных концентратов недостаточна та точность, которая принята в настоящее время спектральными лабораториями геологических управлений Министерства геологии и охраны недр. Необходимо увеличить точность результатов, даваемых спектральными лабораториями путем обеспечения их более полной шкалой эталонов для всех тяжелых металлов.

Химические анализы воды, при гидрогеологических исследованиях мы выполняли в объеме сокращенного типа. При производстве этих работ пользовались походной лабораторией А.А.Резникова с дополнением соответствующих реактивов и посуды для гидрогеохимических работ с дитизоном, отбора водных концентратов и некоторых микрохимических анализов.

У. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Проведенные гидрогеохимические исследования в горных областях Западной Сибири позволяют заключить, что этот метод поисков цветных и редких металлов вполне себя оправдал в таких условиях, где другие какие-либо поисковые методы геологических исследований не дают положительных результатов.

В Кузнецком Ала-Тау в зоне развития глыбовых осыпей (область курумов) гидрогеохимические исследования показали наличие участков с повышенной металлоносностью вод (фиг. 7, концентраты 730, 105 74 и др.). В этих условиях другой какой-либо метод совершенно не применим.

В настоящее время гидрогеохимический метод находит широкое применение на участках с развитием мощной толщи древней коры выветривания на территории Салаирского Кряжа. Здесь по данным гидрогеологических исследований Е.А. Пономарева намечается ряд перспективных участков, на которых будут поставлены Западно-Сибирским геологическим управлением поисковоразведочные работы.

В Кузнецком Ала-Тау этот метод позволил проследить на значительном расстоянии крупную металлоносную зону смятия (Балыксинская), которая ранее на севере была изучена А.Л. Додиним. Южная оконечность этой зоны, установленная гидрогеохимическими исследованиями, также характеризуется небольшим медным рудопроявлением по ключу Крутому.

Природные воды на участке этого ключа показали наличие сложного комплекса металлов, повышенное содержание меди (0,01 мг/л),
0₄, пониженное значение pH (от 5 до 6), повышенную температуру подземных вод.

Зона рудопроявления связана с темными разностями порфиритов, в которых в виде крупных вкрапленников наблюдается халькопирит. Изучение аншлифов из зоны смятия устанавливает наличие в них халькопирита, борнита, халькозина, ковеллина и малахита.

41

Для проверки результатов, полученных гидрогеохимическим методом по ключу Крутому, были поставлены различные поисковые методы, а именно: шлиховой, металлометрический и флорометаллометрический.

Шлиховой метод показал наличие в шлихах зерен халькопирита.

Данные металлометрии показали вдоль зоны смятия повышенное содержание меди и наличие кобальта.

Флорометаллометрия так же подтвердила медное рудопроявление по ключу Крутому.

Результаты комплексного исследования позволили ~~призвести~~ для этого участка районирование природных вод по их металлоносности, pH, химическому составу и температуре. Все эти данные вполне соответствуют друг другу и в целом подтверждают результаты гидрогеохимических исследований.

Гидрогеохимические исследования в Кузнецком Ала-Тау в 1952 г. наметили несколько зон и точек полиметаллического, преимущественно медно-сульфидного, рудопроявления, связанных, как правило, с зонами тектонических нарушений и периферическими частями гранитоидных интрузий Тыгертышского плутона, в контакте их с карбонатными породами.

Основная зона рудной минерализации, как видим на фиг. 7, прослеживается на северо-восток от месторождения "Брусничный плес", которое характеризуется по данным металлоносности вод концентратом I7. Эта зона проходит через ключи, с которых отобраны концентраты воды 649, 75, 70, 74 и др. В концентратах ~~вдоль~~ этой зоны отмечено повышенное содержание

На отдельных участках зоны минерализация наблюдаются кислые воды с повышенным содержанием O_4 и общей минерализацией.

На выявленной гидрогеохимическими исследованиями перспективной зоне (концентраты I7, 649, 86, 75, 74 и др.). были поставлены в 1953 и 1954 гг. поверочные геолого-поисковые и геофизические исследования, которые показали наличие ореолов Си, Мо и

Сравнение данных ореолов по металлометрической съемке показывает, что наибольшим распространением на площади пользуются ореолы

Си и . Меншим распространением пользуются ореолы Со, Мо, Рв и . По данным гидрогеохимических исследований намечается аналогичная картина. Направление ореолов северо-восточное, величина их по площади и концентрациям различна. В большинстве случаев ореолы северо-восточное, величина их по площади и концентрациям различна. В большинстве случаев ореолы рассеяния металлов встречаются совместно; самостоятельно встречаются лишь часть мелких ореолов.

Не останавливаясь более детально на рассмотрении геофизических данных, можно заключить, что они вполне соответствуют результатам гидрогеохимических исследований.

На расстоянии, примерно, 500 м от участка, где отобран концентрат 74, дальнейшие исследования установили кобальтовую зону минерализации, на которой с 1953 года поставлены детальные разведочные работы.

Прослеживание металлоносных зон нарушений гидрогеохимическим методом подтверждается данными исследований на одном медно-кобальтовом месторождении Западных Саян. На этом месторождении, кмк видны из гидрогеохимической карты (фиг. II), наблюдается полное соответствие зон нарушений с данными металлоносности вод. Так, почти почти все концентраты с металлоносностью меньше 0,1 мг/л встречается вне зон нарушений (27, 59, 50, 48 и др.). Водные концентраты, металлоносность которых от 0,1 мг/л и выше, располагаются, как правило, вдоль зон нарушений (86, 85, 6,83 и др.). Для этих участков характерно также наличие кислых вод (рН в пределах 5,0-6,5) и повышенное содержание иона O_4 .

Из приведенных данных можно заключить, что результаты гидрогеохимических исследований позволяют выявить металлоносные зоны тектонических нарушений.

Гидрогеохимический метод в 1955 г. нами был использован при оценке металлоносности колонковым картировочных скважин на Рудном Алтае. Наличие "слепых" рудных тел сильно затрудняет геолого-поисковые работы на Алтае. Опыт полевых работ показал, что гидрогеохимическое опробование (дитизоном) подземных вод в колонковых скважинах

нах позволяет дать правильную оценку металлоносности отдельным участкам.

Методика гидрогеохимического опробования подземных вод в колонковых скважинах пока не разработана. Нами были опробованы, главным образом, ранее пройденные скважины глубиной от 50 до 100 м.

При проходке картировочных и разведочных скважин гидрогеологических наблюдений к сожалению поставлено почти не было и поэтому мы в настоящее время можем дать только оценку металлоносности вод в целом по скважине. Однако, даже и такая оценка позволила нам сделать весьма важные выводы относительно металлоносности отдельных участков Ревнюшинского массива на Алтае.

Гидрогеохимическое опробование скважин нами производилось следующим образом. Отбиралась в широкогорлую стеклянную бутылку с опущенной в нее резиновой грушей проба воды в количестве 400 мл. В этой пробе на месте ее отбора нами определялась дитизоном общая металлоносность воды.

Кроме того, со всех самоизливающихся скважин были получены водные концентраты.

Гидрогеохимическое опробование подземных вод по скважинам показало, что металлоносность изменяется от 0,0001-0,0005 до 0,13 мг). Наличие металлов в подземных водах до 0,01 мг/л представляет "фоновое" содержание. Оно, как видно из прилагаемой схемы (фиг.12 - результаты опробования подземных вод из картировочных колонковых скважин), оконтуривает зону с несколько повышенной металлоносностью вод (до 0,1 мг/л). Эта зона, повидимому, представляет водный поток рассеяния, который простирается в широком направлении и характеризуется металлоносностью вод выше 0,01 мг/л. В отдельных скважинах (538-к, 585к, 584к и др.) на этом участке содержание металлов в подземных водах доходит до 0,13 мг/л.

Металлоносность вод в этих скважинах представлена сложным комплексом элементов (и др.) характерных для данного района.

Изучение керна по скважинам на этом участке показывает, что здесь наблюдается зона смятия с наличием отбеленных пород и большим содержанием мелко распыленного пирита.

Приведенные результаты геолого-гидрогеохимических исследований позволяют заключить, что выделенный участок с резко повышенной металлоносностью вод представляет интерес для постановки более детальных геолого-поисковых разведочных и гидрогеохимических работ.

Металлоносность рассматриваемого участка отражается и на поверхностных водах, проходящего здесь ручья Черкасова. Опробование дитизном вод этого ключа показывает, что в среднем течении его металлоносность вод выражается десятитысячными миллиграммами на литр. По направлению к устью, как видно из прилагаемой схемы (фиг.12), она возрастает до тысячных, а против участка намечаемого потока рассеяния содержание металлов увеличивается до 0,02 мг/л. В дальнейшем, вниз по течению (за пределами участка) она уменьшается до тысячных миллиграмма на литр.

Из приведенных данных видим, что выявление зон рудопроявлений можно установить не только по грунтовым и подземным водам, но так же и по небольшим поверхностным водотокам.

Сопоставляя данные гидрогеохимических исследований с некоторыми геофизическими методами, мы видим, что для сульфидных месторождений, в которых глубоко и резко выражена зона окисления, показания электроразведки, как указывает С.С.Смирнов, не дают удовлетворительных результатов.

Геофизические методы, как известно, так же почти не применимы на участках с мощной толщей рыхлых образований и особенно в районах с развитием глыбовых осипей.

Для всех этих геологических условий весьма положительные результаты дает гидрогеохимический метод поисков.

При металлометрической съемке гидрогеохимические исследования значительно дополняют данные о металлогении района.

Из приведенных данных видим, что для некоторых районов гидрогеохимическая с"емка является почти единственным поисковым методом при геологических исследованиях. Это особенно относится к геолого-поисковым работам масштаба 1:200000 - 1:50000.

Опыт проведенных работ показывает, что гидрогеохимическая с"емка, также как шлиховая и металлометрическая, должны обязательно входить в состав комплексной геологической с"емки.

Кроме с"емки этот вид исследований должен найти широкое применение и при поисках "слепых" рудных тел методом картировочного бурения и изучения металлоносности вод дитизоном и водными концентратами.

С Х Е М А

классификации природных вод зон минерализаций горных массивов
Западной Сибири

Типы природных вод	Условия залегания природных вод по отношению источников минерализации	Типы пород по отношению изменения рН природных вод	Специфика различных типов природных вод
I	2	3	4
Поверхностные воды	Воды зоны минерализации	Неактивные породы	рН-5, 5-7,0; O_4'' до 100 мг/л; Содержание тяжелых металлов в воде до 1 мг/л; парагенетическая ассоциация ионов тяжелых металлов в воде соответствует такой же ассоциации их в сульфидных рудах за исключением отсутствия ионов железа и марганца; наличие в воде свободного кислорода.
		Активные породы	рН-7, 0-7,5; O_4'' 40-50-500 мг/л; содержание тяжелых металлов в воде до 0,1 мг/л; парагенетическая ассоциация тяжелых металлов в воде может не соответствовать их наличию в рудах; наличие в воде свободного кислорода.
Поверхностные воды	Воды потока рассеяния зоны минерализации	Неактивные породы	рН-6,5-7,0; O_4'' 10-100 мг/л; содержание тяжелых металлов в воде до 0,5 мг/л; парагенетическая ассоциация тяжелых элементов в воде чаще всего соответствует их наличию в сульфидных рудах за исключением ионов железа и марганца; наличие в воде свободного кислорода.
		Активные породы	рН-7,0-8,0; O_4'' 40-50-500 мг/л; содержание тяжелых металлов в воде до 0,005 мг/л; парагенетическая ассоциация тяжелых металлов в воде нарушена, количество их в воде всегда меньше чем в рудах; наличие в воде свободного кислорода.
	Воды вне зоны минерализации и потока рассеяния (зон поверхностных вод)		рН-6, 5-8,0; содержание тяжелых металлов в воде до 0,01 мг/л; парагенетической ассоциации тяжелых металлов в воде не наблюдается. Наличие в воде свободного кислорода.

I	!	2	!	3	!	4
Воды зоны аэрации и грунтовые воды	Зона окисления	Воды зоны минерализации	Неактивные породы	pH-3,0-6,6; O_4'' -10-100 мг/л; содержание тяжелых металлов в воде до 10 мг/л; парагенетическая ассоциация ионов тяжелых металлов в воде соответствует такой же ассоциации их в сульфидных рудах за некоторым исключением ионов железа и марганца; ограниченное содержание свободного кислорода; иногда наблюдается повышение температуры вод в результате процесса окисления.		
			Активные породы	pH-7,0 и больше; O_4'' -до 500 мг/л; содержание тяжелых металлов в воде до 1мг/л; наличие тяжелых металлов в воде может не соответствовать их ассоциации в рудах; ограниченное содержание свободного кислорода		
		Воды потока рассеяния зоны минерализации	Неактивные породы	pH-5,0-7,0; O_4'' до 100 мг/л; содержание металлов в воде до 1,0 мг/л; парагенетическая ассоциация тяжелых металлов в воде большей частью соответствует такой же ассоциации их в сульфидных рудах за некоторым исключением ионов железа и марганца; ограниченное содержание свободного кислорода.		
			Активные породы	pH-больше 7,0; O_4'' до 500 мг/л; содержание тяжелых металлов в воде до 0,1 мг/л; парагенетическая ассоциация тяжелых металлов в воде не соответствует их наличию в сульфидных рудах; ограниченное содержание свободного кислорода.		
		Воды вне зоны минерализации и потока рассеяния (фон грунтовых вод района)				pH-6, 5-8,0; содержание тяжелых металлов в воде до 0,01мг/л; парагенетической ассоциации тяжелых металлов в воде не наблюдается; наличие в воде свободного кислорода

1	2	3	4
Плостово-трещинные напорные воды	Воды зоны минерали- зации	Неактив- ные породы	pH-6,5-7,0; O_4 до 100 мг/л; содержание тяжелых металлов в воде до 0,5 мг/л; парагенетическая ассоциация ионов тяжелых металлов в воде соответствует такой же ассоциации их в сульфидных рудах свободный кислород отсутствует.
		Активные породы	pH больше 7,0; O_4 до 500 мг/л; содержание тяжелых металлов в воде до 0,1 мг/л; парагенетическая ассоциация тяжелых металлов в воде не соответствует их наличию в сульфидных рудах; свободный кислород отсутствует.
	Воды потока рассеяния зоны мине- рализации	Неактивные породы	pH-6,5-7; O_4 до 100 мг/л; содержание тяжелых металлов в воде до 0,1 мг/л; парагенетическая ассоциация тяжелых металлов в воде может не соответствовать их наличию в рудах; свободный кислород отсутствует.
	Воды вне зоны мине- рализации и потока рассеяния	Активные породы	Фактические данные по металлоносности этого типа вод отсутствуют.
	Зона цементации и первичных руд		pH-7,0-8,0; по содержанию O_4 данными не располагаем; содержание тяжелых металлов в воде до 0,01 мг/л; парагенетической ассоциации тяжелых металлов в воде не наблюдается; свободный кислород в воде отсутствует