

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГИДРОГЕОХИМИИ ХАРАДЖУЛЬСКО- БУТРАХТИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (З. САЯН)

Н. М. РАССКАЗОВ

(Представлено научным семинаром кафедры гидрогеологии и инженерной геологии)

Изучение гидрогеохимических условий Хараджульско-Бутрахтинского рудного поля проводилось в 1958 году отрядом НИСа Томского политехнического института под руководством автора с целью установления поисковых гидрогеохимических критериев для данного района и выявления новых участков, перспективных в отношении сульфидного оруденения. При этих исследованиях была проведена гидрогеохимическая съемка на площади 200 км², такая же более детальная съемка на площади 20 км² и на отдельных участках металлотрическая съемка по коренным породам. В процессе гидрогеохимических съемок опробовались выходы подземных, грунтовых вод и поверхностные водотоки (через 200—500 м). Кроме того, отбирались пробы воды из шурфов, подземных горных выработок и скважин. Одновременно с отбором гидрохимических и металлотрических проб велись геологические и геоморфологические наблюдения.

В точках наблюдений, общее число которых 310, определяли дебит водопункта, температуру воздуха и воды, ее рН, содержание в ней сульфат-иона, сумму металлов дитизоном, отбирали водный концентрат металлов по методу ТПИ [12]. Одновременно с этими исследованиями было отобрано 160 проб воды на сокращенный химический анализ и 420 образцов горных пород с целью выяснить основной химический состав вод и установить химическую активность пород по методике ТПИ [13]. В трех точках велись наблюдения за режимом вод различного типа.

Гидрогеохимические особенности любого района определяются большим количеством факторов, которые можно объединить в следующие группы:

I. Факторы, обусловленные своеобразием физико-географических условий того или иного района (климат, орография и гидрография).

II. Факторы, обусловленные геолого-гидрогеологическими условиями района (тектоника, металлогения, водообильность пород и типы вод).

III. Факторы, которые зависят от геохимических свойств элементов.

Физико-географические условия Хараджульско-Бутрахтинского рудного поля определяются положением его в северо-восточной части хребта Кирса-отрог Западного Саяна, протянувшегося вдоль р. Абакан в южной части Хакассии.

Район представляет собой горно-возвышенную, расчлененную местность с симметричным поперечным профилем. Часть его, обращенную в

сторону системы р. Абакан, занимают участки Хараджувского месторождения; на площади, обращенной к системе р. Таштып, расположены участки Бутрахтинского месторождения.

Абсолютные отметки высот в районе достигают 1250 м; превышения водоразделов над дном долин 200—300 м. Густо разветвленная речная сеть относится к системам р. Абакан и его притока р. Таштып. Питание ее в основном местное, за счет атмосферных осадков, среднегодовое количество которых составляет 410 мм. Примерно половина их приходится на летние месяцы.

Геологическое строение данного рудного поля и прилегающей к нему площади обусловлено расположением их в области сочленения Западного Саяна и Минусинской котловины. Породы, слагающие первую структуру в пределах данного района, по возрасту являются нижнекембрийскими; породы второй структуры в данном районе—ниже- и среднедевонские. Кембрийские породы З. Саяна занимают крайнюю юго-западную часть рудного поля и представлены эффузивно-осадочными образованиями ниже- и верхнемонокской свит. Девон Минусинской котловины в данном районе слагают осадочные и эффузивные породы чиланской (хараджувской), толочковской, таштыпской и абаканской свит.

Подчиненное значение имеют интрузивные образования. По данным Ю. А. Кузнецова, М. И. Юдина, А. Г. Сивова, они представлены породами среднедевонской диорит-диабазовой интрузии и среднедевонской интрузии кварцевых альбитофиров [8]. В пределах рудного поля встречаются дайки кератофиров, диабазов и диабазовых порфиритов. Эффузивно-осадочные образования кембрия и девона разбиты тектоническими нарушениями, имеющими в основном субширотное и северо-западное направления. К этим нарушениям приурочены рудные тела Хараджувского и Бутрахтинского месторождений, генезис которых определен как гидротермальный.

Минералогический состав руд очень сложен. По данным А. И. Круглова, зона окисления на различных участках месторождений развита крайне неодинаково. Это обусловлено в основном неоднородностью химической активности горных пород в пределах месторождений и различной мощностью рудных тел.

Своеобразие геологического строения района, связанное с его расположением в области сочленения З. Саяна и Минусинской котловины, накладывает отпечаток и на гидрогеологические условия. Большая часть площади относится к району, переходному от З. Саяна с его открытыми структурами и активным водообменом к закрытой структуре Минусинской котловины с замедленным водообменом.

Здесь выделяются следующие типы вод: 1—поверхностные воды; 2—поровые воды аллювиальных и делювиально-аллювиальных образований; 3—трещинно-карстовые и трещинно-пластовые воды осадочных свит девона — толочковской и таштыпской; 4 — трещинные воды эффузивно-осадочных пород чиланской, абаканской свит девона, верхне- и нижнемонокской свит кембрия; 5 — воды зон тектонических нарушений.

Область питания вод в основном местная, питание идет за счет выпадающих атмосферных осадков. Водообильность пород невелика. Опытными откачками на площади Хараджувского и Бутрахтинского месторождений установлено, что удельные дебиты скважин при понижениях от 2 до 55 м не превышают 0,09 л/сек.

Проведенные гидрогеохимические исследования показали, что рН, оказывающая большое влияние на миграцию металлов в природных водах [11, 7, 5, 2, 1], изменяется в пределах данного района от 5,4 до 7,7. Кислые воды (рН 5,4—6,0) занимают очень незначительные площади. Они встречены всего в 10 точках, причем 8 из них приурочены к забо-

воченным участкам и только 2—к зонам сульфидной минерализации. Слабокислые воды (рН 6,1—6,8) распространены на гораздо большей площади, чем кислые, и приурочены в большинстве случаев к водораздельным пространствам. Такое распределение не случайно и обусловлено двумя причинами: 1) приуроченностью выходов рудных тел Хараджульского и Бутрахтинского месторождений в основном к участкам водоразделов; 2) наличием на водоразделах и водораздельных склонах заболоченных участков.

Господствующим типом являются нейтральные воды (рН 6,9—7,1), занимающие большую часть площади района.

Слабощелочные воды (рН 7,2—7,7) площадное распространение имеют только в верховьях р. Хараджуль. Они преимущественно характерны для скважин и горных выработок на месторождениях и зарегистрированы в отдельных точках района.

Обращает на себя внимание чрезвычайно ограниченное распространение кислых вод, несмотря на сульфидный характер минерализации рудного поля. Как мною установлено, подобное явление объясняется высокой химической активностью пород, вмещающих рудные тела. К тому же содержание в рудных телах пирита и прочих дисульфидов в общем незначительно, образующаяся в результате их окисления серная кислота быстро нейтрализуется карбонатами окружающих пород и поэтому повышения кислотности вод не наблюдается.

Общеизвестно теоретическое положение о влиянии на миграцию элементов в природных водах геохимической обстановки [14, 15, 8]. А. В. Щербаков [14] в природных водах выделяет окислительную, окислительно-восстановительную и восстановительную обстановки. При проведении гидрогеохимических исследований на площади Хараджульско-Бутрахтинского рудного поля для выяснения геохимической обстановки в той или иной точке определялось отношение $\frac{Fe^{2+}}{Fe^{3+}}$ и содержание

нитрит-иона. Анион NO_2^- в водах встречается крайне редко и в малых количествах, а потому в качестве критерия для определения типа геохимической обстановки не был использован. Определения отношения $\frac{Fe^{2+}}{Fe^{3+}}$ показали, что для неглубоко залегающих подземных вод характерна окислительная обстановка, переходящая с глубины примерно 4 м от зеркала воды в окислительно-восстановительную: отношение $\frac{Fe^{2+}}{Fe^{3+}}$ с глубиной возрастает (рис. 2).

Особое внимание обращалось на поведение отдельных металлов в водах скважин на различном удалении от зеркала воды в зависимости от изменения геохимической обстановки. При этом было установлено, что в соответствии с изменением геохимической обстановки меняется и содержание металлов в водах. Если в окислительной обстановке (рис. 1), по данным спектрального анализа водных концентратов из скважины № 34 Бутрахтинского месторождения, были обнаружены Pb, Cu, Zn, Ni, Ag, Sn в количестве 0,1523 мг/л, то на глубине 100 м встречены только Cu и Zn в количестве 0,009 мг/л. Начиная с глубины 100 м содержание металлов по скважине в воде вновь несколько увеличивается. Видимо, на этой глубине начинает сказываться влияние сульфидной минерализации, обнаруженной в интервале 201—205 м. Обогащение вод металлами на этих глубинах в условиях окислительно-восстановительной обстановки происходит, как показали исследования Г. Б. Свешникова на Рудном Алтае [10], в основном в результате процессов электрохимического растворения сульфидных минералов.

Приведенные выше фактические данные показывают, что водные ореолы рассеяния зон минерализации в условиях окислительно-восстановительной и восстановительной обстановки для большинства металлов будут значительно меньшими, чем в окислительной.

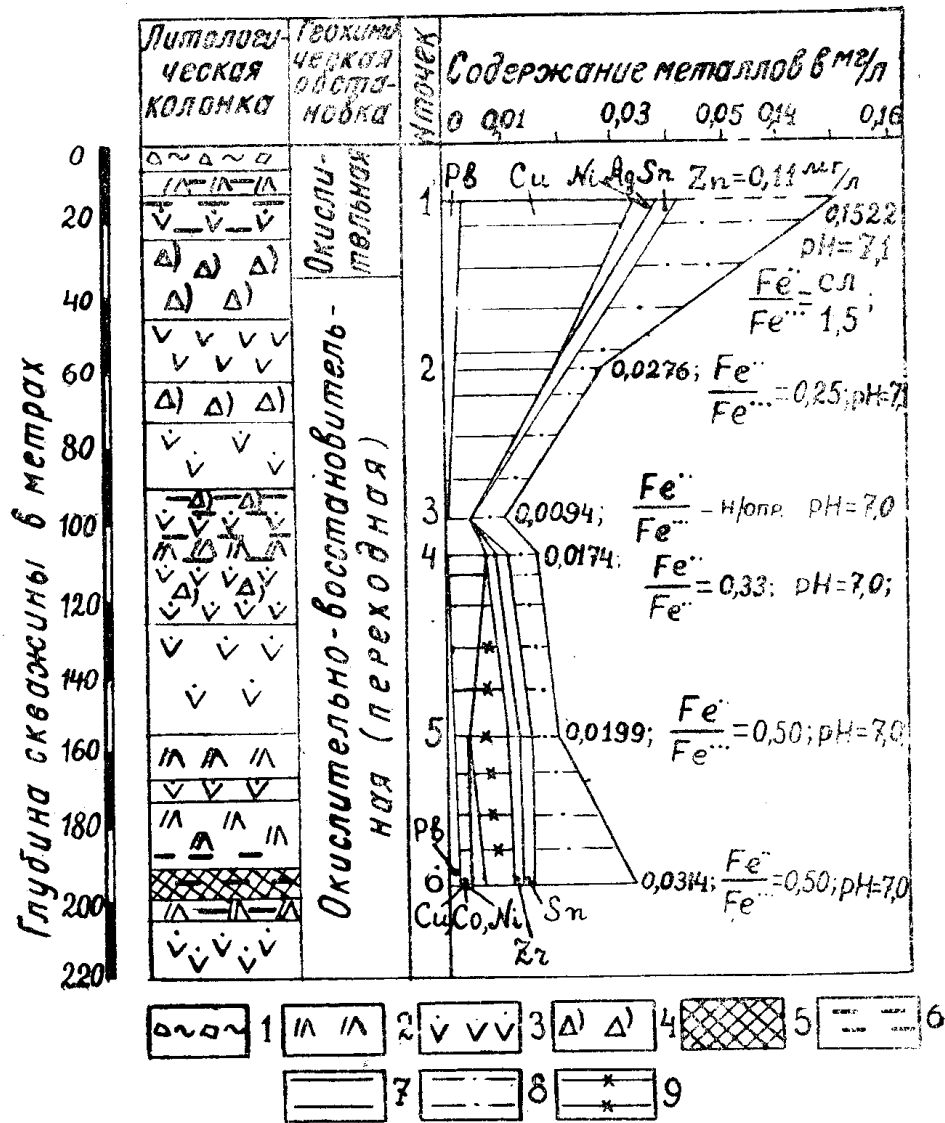


Рис. 1. График изменения содержания металлов в воде по скважине № 34 Бутрахтинского месторождения

1—аллювиально-делювиальные образования с сульфидной минерализацией, 2—пироксен—плагиоклазовые порфиры, 3—андезитовые порфиры, 4—вулканическая брекчия, 5—породы с сульфидной минерализацией, 6—обводненные зоны, 7—10—наличие металлов в водах: 7—Cu, 8—Zn, 9—As, 10—Sn.

Определениями, выполненными в отряде при помощи лаборатории А. А. Резникова [9], установлена неоднородность вод района по химическому составу. Повсеместным распространением пользуются гидрокарбонатно-кальциево-магниевые натриевые воды. На участках развития абаканской, чиланской и монокских свит встречаются нередко гидрокарбонатно-натриево-кальциевые. Очень пестрый химический состав вод наблюдается на участках с сульфидной минерализацией. Здесь, кроме описанных выше трех типов, зарегистрированы гидрокарбонатно-хлорид-

но-сульфатно-натриево-кальциево-магниевый и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриево-магниевый. Таким образом, наличие на отдельных небольших площадях разнообразных по общему химическому составу вод, можно считать одним из поисковых признаков на сульфидные зоны минерализации. К подобным же признакам следует отнести сульфат-ион, так как загипсованные породы не встречены. Содержание этого аниона в водах района в количестве более 10 мг/л всегда приурочены к зонам сульфидной минерализации.

Спектральным анализом водных концентратов обнаружено 19 элементов (табл. 1). Обращает на себя внимание довольно низкое, по сравнению с другими рудными районами, содержание меди в источниках и водах горных выработок и скважин, приуроченных к участкам месторождений. Этот факт можно объяснить довольно высоким значением рН вод на данных участках, которая в свою очередь определяется, в основном, химической активностью горных пород. Как указывалось выше, кислые воды здесь встречаются крайне редко; наиболее распространенными являются нейтральные, и, кроме того, отмечены сла-

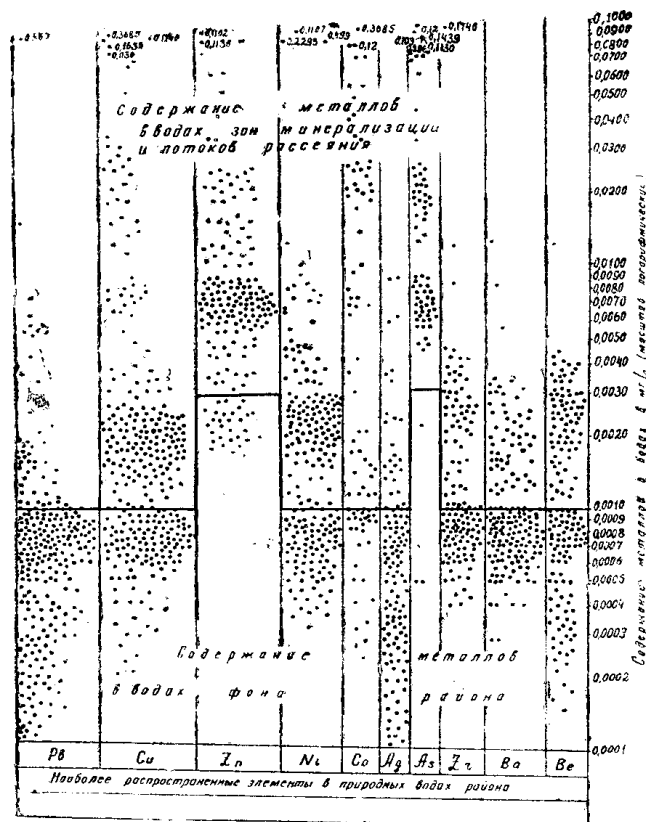


Рис. 2. График содержания металлов в природных водах Хараджувльско-Бутрахтинского рудного поля.

бощелочные. Исследования зависимости содержания меди от величины рН раствора [5, 7] показывают, что в слабокислых и нейтральных растворах она в больших количествах встречаться не может.

Из анализа гидрогеохимической карты можно сделать вывод, что для вод, приуроченных к участкам зон сульфидной минерализации данного района, характерен сложный комплекс элементов. Наряду с такими распространенными в водах рудного поля элементами, как Си, Рв, Zn, Ni, здесь встречаются As, Со, Sn, Мо, Sb, Bi. Поэтому при оценке

Таблица 1

№ пп.	Элементы	Количество встреч		Содержание металлов в природных водах в мг/л			Содержание металлов в водах разведочных скважин и горных выработок в мг/л		
		в ед.	в проц.	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Cu	320	96,0	0,0034	0,0195	0,0014	0,0003	0,3685	0,0345
2	Pb	270	83,7	0,0002	0,5670	0,0012	0,0005	0,0059	0,0124
3	Ni	238	71,4	0,0004	0,0094	0,0011	0,0007	0,4990	0,0222
4	Zn	196	58,8	0,0012	0,0267	0,0056	0,0022	0,1130	0,0170
5	Be	167	50,0	0,0005	0,0045	0,0007	0,0003	0,0011	0,0009
6	Ba	175	52,5	0,0004	0,0082	0,0008	0,0005	0,0111	0,0066
7	Zr	135	40,5	0,0004	0,0046	0,0008	0,0006	0,0011	0,0008
8	Ag	120	36,0	сл.	0,0016	0,0002	сл.	0,0061	0,0110
9	As	91	27,3	0,0005	0,0332	0,0014	0,0057	0,4990	0,0671
10	Co	84	25,2	сл.	0,0042	0,0002	0,0009	0,3685	0,0292
11	Sn	50	15,0	0,0004	0,0567	0,0003	0,0005	0,0113	0,0009
12	Mo	13	3,9	—	—	—	сл.	0,0025	0,0002
13	Sb	5	1,5	—	—	—	0,0035	0,0261	0,0012
14	Bi	1	0,3	—	0,0054	—	—	—	—
15	Sr	116	34,8	0,0004	0,0318	0,0012	0,0005	0,1113	0,0050
16	Ti	329	98,7	0,0004	0,0460	0,0036	0,0006	0,0117	0,0042
17	Cr	234	70,2	0,0004	0,0399	0,0021	0,0007	0,0368	0,0028
18	V	218	65,4	0,0004	0,0153	0,0020	0,0005	0,0368	0,0022
19	Mn	180	54	0,0004	0,0133	0,0012	0,0004	0,0368	0,0031

Общее количество отобранных концентратов — 342.
Из них отобрано по горным выработкам и разведочным скважинам — 57,
по источникам природных вод и поверхностным водотокам — 285.

перспективности любой точки или участка по данным гидрогеохимических исследований следует обращать внимание прежде всего на комплекс элементов, обнаруженный в водах. Большое значение при этом имеет, безусловно, и количественное содержание отдельных металлов. Поэтому для тех из них, которые встречены вне участков с зонами минерализации, выделено фоновое содержание и содержание в водном потоке рассеяния (рис. 2).

Полученные данные позволили установить для района гидрогеохимические критерии, на основании которых можно выделять перспективные в отношении сульфидной минерализации участки. Такими критериями можно считать:

а) содержания Pb, Cu, Ni, Ag, Co, Ba более 0,001 мг/л; содержания Zn и As более 0,003 мг/л;

б) наличие в водах Sb, Bi, Sn, Mo;

в) наличие сложных по общему химическому составу вод (одновременное присутствие нескольких типов) на небольших площадях;

г) содержание сульфат-иона в водах более 10 мг/л.

Значения рН, как было уже отмечено, в силу высокой химической активности горных пород для участков с малой мощностью рудных тел не могут служить надежным поисковым признаком. То же самое можно сказать и про заболоченные площади.

Намеченные критерии позволили выделить в районе исследований потоки рассеяния зон минерализации в природных водах. Некоторые из них ранее не были известны и требуют постановки дополнительных исследований. На одном таком вновь выявленном участке по кл. Прямому в том же 1958 г. автором обнаружены порфириты с медной минерализацией и установлена зона нарушения северо-западного направления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродский А. А. Гидрохимический метод поисков рудных месторождений (временные методические указания). Госгеолтехиздат, 1957.
2. Бродский А. А. Очередные задачи в области развития гидрохимических методов поисков рудных месторождений. Опыт разработки гидрохимических методов поисков рудных месторождений. (Сборник статей). Под редакцией А. А. Бродского и В. И. Красникова. Госгеолтехиздат, 1959.
3. Германов А. И. Кислород подземных вод и его геохимическое значение. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1955.
4. Геохимия редких элементов (сборник статей). Под ред. А. Б. Ронина, Изд. ИЛ, 1959.
5. Краускопф К. Б. Осадочные месторождения редких металлов. Проблемы рудных месторождений (Сборник статей). Под редакцией Г. А. Соколова. Изд. ИЛ, 1958.
6. Кузнецов Ю. А. Геологическое строение Абаканского железорудного месторождения. Изв. Зап. Сиб. отд. Геолкома, том VIII, вып. 3, 1929.
7. Онуфриенок И. П. К вопросу о пределах насыщения природных вод ионами металлов. Опыт разработки гидрохимических методов поисков рудных месторождений (сборник статей). Под редакцией А. А. Бродского и В. И. Красникова, Госгеолтехиздат, 1959.
8. Перельман А. И., Сауков А. А. Геохимические основы поисков рудных месторождений. Труды Первого Всесоюзного совещания по геохимическим методам поисков рудных месторождений. Под редакцией В. И. Красникова. Госгеолтехиздат, 1957.
9. Резников А. А. Полевая гидрохимическая лаборатория типа 1954 г. (Инструкция). Госгеолтехиздат, 1955.
10. Свешников Г. Б. Электродные потенциалы минералов и их роль в растворении сульфидов. Сб. «Вопросы геофизики», вып. 10, Изд. ЛГУ, 1958.

11. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений, Изд. АН СССР, 1955.
 12. Удодов П. А., Онуфриенок И. П. Опыт гидрохимических исследований на территории горных массивов Западной Сибири. Труды Первого Всесоюзного совещания по геохимическим методам поисков рудных месторождений. Под редакцией В. И. Красникова. Госгеолтехиздат, 1957.
 13. Удодов П. А., Онуфриенок И. П., Кристалев П. В. Химическая активность горных пород и минералов по отношению к ионам водорода. Опыт разработки гидрохимических методов поисков рудных месторождений (сборник статей). Под редакцией А. А. Бродского и В. И. Красникова, Госгеолтехиздат, 1959.
 14. Щербаков А. В. Геохимические критерии окислительно-восстановительных обстановок в подземной гидросфере. Сов. геология, сб. 56, 1956.
 15. Щербина В. В. К геохимии зоны окисления рудных месторождений. Сов. геология. № 43, 1955.
-