

И. П. НОВОХАТСКИЙ и С. К. КАЛИНИН

О ХИМИЗМЕ РУДНИЧНЫХ ВОД ПО ДАННЫМ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

(Представлено академиком А. Е. Ферманом 20 I 1940)

Рудничные воды представляют особый тип вод в земной коре, связанный с месторождениями тяжелых металлов преимущественно в сульфидной форме, а поэтому тип мало распространенный. Особенностью рудничных вод является наличие в них серной кислоты, получаемой при окислении сульфидов. Благодаря этому они более агрессивны по сравнению с водами других типов и оказывают большое влияние на перенос и концентрацию металлов.

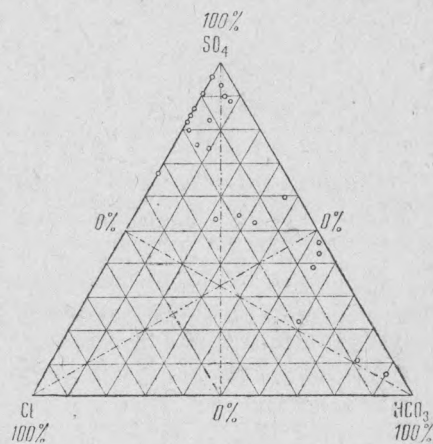
Изучение рудничных вод дает возможность проследить миграцию некоторых элементов в зоне гипергенеза и разгадать генезис ряда месторождений. Рудничные воды медных месторождений уже получили практическое использование как источник металлической меди. Кроме того в последнее время выявился интерес к использованию рудничных вод с бальнеологическими целями.

В настоящей работе излагаются результаты спектроскопического и химического изучения рудничных вод различных месторождений; сделана попытка увязать полученные данные с концентрацией водородных ионов (рН), играющей большую роль в процессе минералообразования. Материалом послужили анализы свыше 100 проб рудничных вод, собранных авторами на обширной территории Казахстана, частью в Средней Азии. В числе проб были воды медных, полиметаллических, золотых, сурьмяных, висмутовых, вольфрамовых и оловянных месторождений.

Как и обычно для рудничных вод, исследованные нами воды характеризуются резким преобладанием аниона SO_4 , менее HCO_3 и еще менее Cl . Характеристика по анионам представлена на треугольной диаграмме (фиг. 1), наглядно подтверждающей изложенное.

Обычные химические анализы не отражают полной картины состава вод; более точные методы, в частности спектроскопический метод, позволяют расширить рамки наших познаний.

В приведенной таблице помещены наиболее характерные анализы из всех изученных нами проб вод. Приведенные содержания выражены



Фиг. 1. Диаграмма относительных содержаний SO_4 , Cl и HCO_3 (в эквивалентной форме) по 25 анализам рудничных вод Казахстана.

Результаты спектроскопического и химического анализа сухих остатков рудничных вод

№ п/п	Место взятия	Сухой остаток в мг/л	рН	В % к сухому остатку							
				Cu	Pb	Zn	Mo	Mn	Ag	Ni	Sr
1	Коунрадское медное месторождение, скважина 1083, глубина 25 м. 5. VII. 1939.	1 380,0	4,7	1,5	0,001	—	0,001—0,002	0,05	0,0005—0,001	0,001	0,001—0,003
2	Коунрадское медное месторождение скважина 426, глубина 14 м. 5. VII. 1939 *	230,0	7,0	0,01	около 0,001	—	0,006	0,10	следы линий	—	0,001—0,003
3	Успенское медное месторождение, горизонт 70 саж. 7. VIII. 1939.	2 260,0	6,8	0,05	—	—	0,001	0,65	0,0005—0,001	0,001	0,001—0,005
4	Зырянское полиметаллическое месторождение, горизонт 19, из зумифа. 23. VII. 1939	620,0	5,8	0,04	0,05	0,6	меньше 0,001	0,04	следы линий	—	0,001—0,003
5	Белоусовское полиметаллическое месторождение, горизонт 1. 31. VII. 1939.	2 375,0	4,6	6,5	около 0,01	0,49	—	0,27	—	—	0,0001
6	Текелйское полиметаллическое месторождение, горизонт 1620, полевой штрак, 23. IX. 1939.	308,0	7,2	0,001—0,003	0,001	—	следы линий	0,01	—	—	0,001
7	Березовское полиметаллическое месторождение, штрак 4. 2. VIII. 1939.	180,0	5,2	0,005—0,01	меньше 0,001	1,20	—	0,01	—	—	0,0001
8	Майкаинское золотое месторождение, шахта 8. Сентябрь 1938 г.	2 608,0	—	0,01	0,005	—	—	0,20	следы линий	—	0,001
9	Змеиногорское месторождение, Екатеринбургский кварцлаг. 4. VIII. 1939.	440,0	7,0	0,005—0,01	следы линий	0,05	около 0,001	0,15	0,0005—0,001	—	0,001
10	Ак-тосское полиметаллическое месторождение, штольня 1. 11. VI. 1939 **	505,0	—	0,01	0,004—0,003	0,9	0,001	2,79	слаб. линия	—	0,001
11	Южная Дарбаза полиметаллическое месторождение, горизонт 7. 7. VI. 1939.	640,0	—	0,001	0,001	0,54	—	—	—	—	0,001
12	Адрасманское висмутовое месторождение, горизонт 1 750 м, против кварцлага 32. 6. X. 1939 ***	507,0	4,6	0,1	0,001	0,1	—	3,16	0,001—0,003	—	—
13	Кызыл-Эспинское полиметаллическое месторождение, шурф 8. 24. VII. 1939.	920,0	6,8	0,001	—	следы	около 0,001	0,075	—	около 0,001	0,001
14	Сокольное полиметаллическое месторождение, Андреевская линза. 3. VIII. 1939 ****	260,0	7,0	0,05	—	0,1	около 0,001	—	слаб. линия	—	0,005
15	Ачисайское полиметаллическое месторождение, горизонт 8. 27. V. 1939.	150,0	7,7	следы линий	оч. слаб. линия	—	—	—	—	—	следы линий
16	Коунрадское вольфрамное месторождение. 26. IX. 1939	1 420,0	7,1	0,0005	—	—	0,0076	—	—	—	0,001

* Sn—около 0,001%. ** Co—слабая линия. Ве—очень слабая линия. *** Bi—0,001%. **** Sb—очень слабая линия.

в процентах к сухому остатку. Содержания анионов и катионов, получаемые обычными химическими анализами, нами не рассматриваются.

Из элементов, весьма распространенных в рудничных водах, можно отметить стронций, найденный нами во всех водах. Содержание его колебалось от 0,0001 до 0,01%. Медь отмечена в большинстве проб. Наиболее высоким содержанием меди характеризуются воды Коунрада—1,5% и Белоусовского месторождения—6,5%. Обе воды кислые и имеют соответственно значения рН 3,7 и 4,6, в то время как проба воды Коунрада с рН=7,0 содержала медь в количестве 0,01%. В остальных пробах содержание меди изменялось от десятитысячных до десятых долей процента. Марганец является распространенным элементом, но обнаружен не во всех водах. Высокое содержание марганца установлено в воде полиметаллического месторождения Ак-тюс—2,79% и висмутового месторождения Адрасман—3,16%.

Широкое распространение молибдена в рудничных водах было нами отмечено в одной из предыдущих работ. Проведенные дополнительные анализы подтверждают прежние наблюдения. Молибден обнаружен во многих водах медных и полиметаллических месторождений. Содержание его колебалось от следов до 0,0076% (Коунрадское вольфрамное месторождение).

Цинк отмечается во многих водах полиметаллических месторождений; это естественно, так как большинство вод взято из зоны окисления. В повышенных концентрациях цинк отмечен в пробе воды Березовского месторождения в количестве 1,2%, при рН=5,2.

Свинец также отмечается в водах полиметаллических и медных месторождений. Максимальное содержание отмечено в пробе воды Зыряновского месторождения—0,05%. В водах остальных месторождений содержание свинца значительно ниже. Серебро встречается реже других металлов, хотя и отмечается в водах медных, полиметаллических и золотых месторождений. Относительная редкость серебра и низкие концентрации могут быть объяснены его высоким потенциалом и легкостью осаждения хлором.

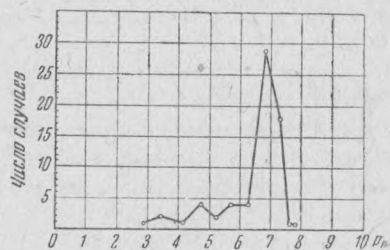
Мышьяк плохо фиксируется спектроскопически, поэтому, несмотря на безусловное содержание в некоторых водах, в нашей таблице он не приводится. В воде медного месторождения Коунрад содержание мышьяка составляет 0,064%. Повышенными содержаниями мышьяка характеризуются также воды полиметаллического месторождения Гульшад и Успенского медного. Висмут обнаружен в пробе воды Адрасманского месторождения. Олово обнаружено в немногих водах, в количествах, не превышающих 0,001% (рудник Ретивый, Успенское месторождение, горизонт 40 саж., Коунрад медный, скважина 426).

Сурьма, кобальт и бериллий отмечались лишь в единичных пробах.

Одновременно со спектроскопическим изучением производилось определение в водах рН. Значение концентрации водородных ионов в условиях гипергенеза было оценено лишь в последнее время благодаря работам Гольдшмидта, Фермана и др.

Произведенные нами определения в изучавшихся водах показали колебания рН в пределах от 2,9 до 7,7. Щелочных вод с рН выше 8,0 не встречено.

Как видно из приведенной диаграммы (фиг. 2), большинство вод являются слабо кислыми и нейтральными. Наибольшее количество случаев



Фиг. 2. Кривая значений рН рудничных вод Казахстана по данным 74 проб.

«70%) имеют значение рН от 6,5 до 7,5. Среднее значение рН для 74 проб составляет 6,4.

Наиболее кислые воды оказались в медных месторождениях вкрапленного типа (Коунрад, Карабас) с преобладающей пиритной минерализацией.

Рудничные воды могут удерживать в растворе ряд металлов до известных предельных значений рН, по истечении которых, в результате нейтрализации боковыми породами или водами, металлы выпадают из растворов в виде гидратов.

Медь, цинк и железо выпадают из растворов в виде гидратов уже при $\text{pH}=4,2-5,5$, в то время как марганец (двухвалентный) находится в растворе до значений $\text{pH}=8,5-8,8$. Никель может находиться в растворе до $\text{pH}=6,7$, по достижении этого предела, в результате воздействия боковых пород, в частности известняков, выпадает из растворов с образованием иногда промышленных концентраций (Уфалейское месторождение). Алюминий удерживается в растворах до $\text{pH}=4,1$; отсюда понятны его малые концентрации в поверхностных водах. Медь, извлекаемая в настоящее время из рудничных вод некоторых месторождений, устойчива только до значений $\text{pH}=5,3$; следовательно, медь надо искать только в кислых водах.

Сопоставляя эти данные с результатами спектроскопических определений, мы видим, что большинство проб содержит незначительные количества тяжелых металлов, исключая, пожалуй, марганец. Это естественно, так как в наших водах преобладали значения рН от 6,5 до 7,5. Особенно характерно это для меди, значительные содержания которой фиксированы лишь в кислых водах.

Казахстанский филиал
Академии Наук СССР
Алма-Ата

Поступило
7 I 1940