

## II. МЕТАЛЛОНОСНОСТЬ КАЛЬДЕРЫ УЗОН

В области термоаномалии кальдеры Узон формируется гидротермальное сульфидное месторождение. Всем фрагментам современного гидротермального процесса - термальным водам, парогазовым струям, осадкам из вод, гидротермально-измененным породам и гидротермальным минералам - свойственна единая рудная специализация. По ведущим рудным компонентам она определяется как ртутно-сурьмяно-мышьяковая с золотополиметаллической специализацией.

### Металлы в термальных водах Узона

Термальные воды Узона по содержанию в них металлов относятся к рудоносным и определяют современную ртутно-сурьмяно-мышьяковую сульфидную минерализацию (табл. 28). На повышенные концентрации в водах Узона Zn, As, Sb, Bi, V, Cu указывал Б. И. Пийп (1937).

Таблица 28  
Металлоносность вод Узона, по Б.И. Пийпу (в мг/л)

Местонахождение	As	Sb	Cu	Sn	Zn	Bi	Mn
в озерко Фумарольного озера, Западное термальное поле	40 0,3	0,23 0,12	1,50 —	0,10 0,10	0,10 62,84	0,20 —	— 0,05

Массовое опробование вод на металлы проводилось методом соосаждения с CdS. Опробованы все термоаномалия и по возможности все химические типы вод (по 60 выходам); определялись Sb, Zn, Pb, Cu, Mn, V, Cr, Ge, Ga, Ag, Ti (табл. 29).

### Металлы в термальных водах Узона

Таблица 29



Таблица 30

## Металлы в водах Узона (данные ВСЕГИНГЕО)

Ионный состав	pH	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , мг/л	As, мг/л	Cu, γ/л	Zn, γ/л	Hg, γ/л	Ag, γ/л
M <sub>1,06</sub> Cl63 Na89Mg5Fe2*3	4,9	208	<0,1	5	25	5	2
M <sub>1,36</sub> Cl54SO <sub>4</sub> 46 (Na+K)70Mg16	4,7	260	1	—	100	<1	12
M <sub>1,94</sub> Cl64SO <sub>4</sub> 36 (Na+K)91Ca3	4,8	156	—	20	25	<1	—
M <sub>1,2</sub> Cl52SO <sub>4</sub> 35 Na85Ca9	8,3	104	—	—	—	2,5	10
M <sub>1,58</sub> Cl65SO <sub>4</sub> 33 Na73NH <sub>4</sub> 12	6,9	—	—	—	—	12,5	—
M <sub>0,89</sub> Cl74SO <sub>4</sub> 28 (Na+K)92	5,7	130	—	—	—	—	—
M <sub>0,89</sub> Cl74SO <sub>4</sub> 28 (Na+K)92	6,3	325	—	—	—	1	15
M <sub>0,89</sub> Cl74SO <sub>4</sub> 28 (Na+K)92	4,8	—	—	100	50	1	10
M <sub>1,9</sub> Cl80SO <sub>4</sub> 20 (Na+K)90Mg5	5,6	130	2,5	<5	<20	<1	12
M <sub>3,1</sub> Cl89SO <sub>4</sub> 11 Na93Ca4	5,4	182	25	<5	<20	<1	12
M <sub>0,6</sub> SO <sub>4</sub> 51Cl41 Na83Ca12	6,8	78	2	<5	<20	<1	10

В смешанных водах сульфатно-хлоридного и хлоридно-сульфатного состава пониженной минерализацией промежуточной зоны термоаномалии содержание металлов претерпевает дальнейшее уменьшение. Концентрация металлов в одном и том же химическом типе вод определяется расстоянием выхода термальной воды от основного глубинного термовыводящего разлома (рис. 60).

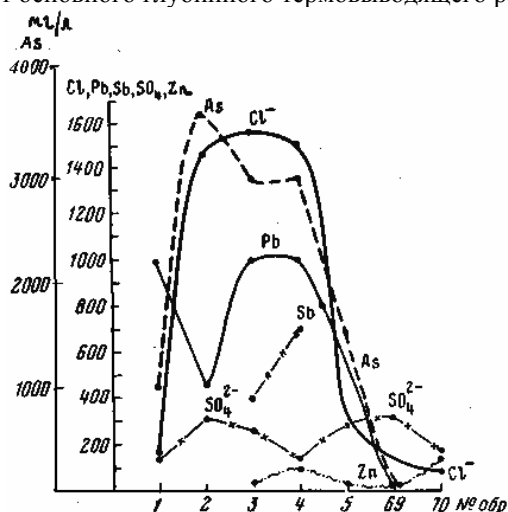


Рис. 60. График изменения состава растворов вкост осевой части Центрального термального поля

Кислым конденсатным сульфатным водам как высокой, так и низкой минерализации свойственна специфическая металлоносность; Zn наблюдается в них в повышенных количествах (0,7 мг/л), As, Sb, Be, Ag, Ge - в пониженных.

Металлы в парах

Для определения металлов в парогазовой фазе термальных вод спонтанный газ на их выходах пропускался через уксуснокислый кадмий. Сероводород спонтанного газа осаждался в виде CdS и соосаждал металлы, присутствующие в парах. Объем пропущенного газа было трудно учесть и концентрации металлов в паре и воде не могут быть сопоставлены; полученные данные позволяют лишь констатировать интенсивный переход в пар металлов при вскипании растворов. Исследовался пар из хлоридно-натриевых вод глубинного разлома максимально нагретых, с интенсивным пароотделением и дегазацией на выходах (табл. 31).

Таблица 31

Металлы в гидротермальном паре

Место взятия проб		В γ/л									В %		
		As	Sb	Pb	Zn	Mo	Bi	Mn	V	Cu	Ga	Ba	
Центральное	термальное поле (скв. 8)	1500	300	45	—	—	25	10	—	0,006	0,002	0,03	
Западная часть	Центрального термального поля	200	Следы	—	Следы	—	40	Следы	—	0,005	—	—	
Кромка	Хлоридного озера	1000	300	20	»	40	70	1	100	0,008	0,01	0,06	
Серные бугры	Р-1	200	80	100	»	—	—	1,5	Следы	0,003	—	0,4	
Серные бугры	(Серное озеро)	—	—	—	»	—	8	—	—	—	—	—	
Серные бугры	(гейзер Свет-лава)	—	—	—	—	—	70	—	—	0,0005	—	—	

В конденсате пара, отобранном И. А. Меняйловым на Западном термальном поле, определено РВ 0,0415 мг/л, Cd 0,0067 мг/л, Си 0,0415 мг/л, Zn 0,227 мг/л, т. е. с парами воды, содержащими сероводород и углекислый газ летят As, Sb, Pb, Zn, Cu, Mo, Bi, Ca, Cd, V, Mn, Ba.

### Металлы в осадках из вод

В минеральных осадках из вод происходит концентрация ряда металлов вплоть до образования современной рудной залежи. В разнообразных химических типах осадков наблюдается обогащение одними и теми же металлами, но они присутствуют в них в различных концентрациях, отражая особенности химизма исходных термальных вод, локализацию выходов и особенности условий образования осадков. В минеральных осадках термоаномалии определены: As, Sb, Se, Mn, Pb, Ga, Ge, Mo, V, Cu, Zn, Ti, Co, Ni, Sn, Zn, Cr, Sr, Ba, Y, Yb, Be, Li, B, Hg, Ag, Au (табл. 32). Типичными для гидротермальных осадков, как и для гидротермальных растворов, являются As, Sb, Hg, Pb, Zn, Mo, Cu.

Таблица 32

#### Металлы в осадках из вод кальдеры Узон (в вес.%)

Характер осадка	Район	Количество проб	Металлы (в вес.%)																													
			Ni, n·10 <sup>-1</sup>	Co, n·10 <sup>-1</sup>	Cr, n·10 <sup>-1</sup>	V, n·10 <sup>-1</sup>	Pb, n·10 <sup>-1</sup>	Mo, n·10 <sup>-1</sup>	Cu, n·10 <sup>-1</sup>	Zn, n·10 <sup>-1</sup>	As, n	Sb, n	Li, n·10 <sup>-1</sup>	Ti, n	Ba, n·10 <sup>-1</sup>	Mn, n	Zr, n	Ge, n·10 <sup>-1</sup>	Ga, n·10 <sup>-1</sup>	Se, n·10 <sup>-1</sup>	Y, n·10 <sup>-1</sup>	Yb, n·10 <sup>-1</sup>	Sr, n·10 <sup>-1</sup>	Ba, n·10 <sup>-1</sup>	W, n·10 <sup>-1</sup>	Sn, n·10 <sup>-1</sup>	Ag, n·10 <sup>-1</sup>					
Рудный	Центральное термальное поле	27	63*	77,8	37	92,6	74	66,7	100	33,3	100	37,0	3,7	92,6	3,7	96,3	96,3	—	92,6	18,5	7,4	7,4	59,6	85,2	25,9	—	—	—	—	—	—	
То же	Серные бугры	10	72,7	72,7	44,4	100	44,4	63,6	100	54,4	81,8	18,1	9,4	100	—	63,6	54,4	—	54,4	9,1	—	—	18,1	63,6	36,3	—	—	—	—	—	—	
Кремнистый	Центральное термальное поле	10	30,0	60,0	30,0	70,0	20,0	40,0	90,0	20,0	50,0	30,0	10,0	90,0	—	90,0	70,0	20,0	90,0	20,0	10,0	20,0	30,0	70,0	30,0	10,0	—	—	—	—	—	
То же	Река Мпша	13	46,2	61,5	46,2	92,3	23	23	92,3	61,5	61,5	—	7,7	100	23	76,9	76,9	—	69,2	30,7	—	—	69,2	—	23	23	27	—	—	—	—	—
Кремнисто-глинистый	Край Центрального термального поля	8	50	62,5	87,8	100	50	37,8	100	37,8	62,5	—	25	100	—	25	50	—	37,8	25	—	—	37,8	25	50	50	25	—	—	—	—	
Кремнисто-сернистый	Серные бугры	8	25	50	12,5	77,8	—	12,5	100	50	50	—	—	100	—	87,8	100	—	87,8	50	—	—	62,5	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—
То же	Северное термальное поле	9	33,3	55,5	22,7	77,8	11,1	22,2	100	55,5	55,5	—	—	100	—	77,8	88,9	—	77,8	44,4	—	—	55,5	11,1	—	—	—	—	—	—	—	—
*	Западное термальное поле	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\* Верхняя цифра - встречаемость в % от количества анализированных образцов. \*\* Средняя цифра - максимальное содержание. \*\*\* Нижняя цифра - среднее содержание.

Наибольшие содержания их определяются в кремнистых и Сульфидных осадках из хлоридно-натриевых вод осевой части Центрального термального поля в местах массовых проколов, фиксирующих глубинный разлом. Для этих вод характерны наиболее высокие концентрации металлов. В местах массовых проколов хлоридно-натриевых вод вблизи зеркала грунтовых вод формируется рудная залежь. В ней содержатся (в %): As 30, Sb 1, Hg 0,37, Pb 0,006, Zn 0,5, Mo 0,03, Си до 0,01, V 0,04, Zr до 1, Ba 0,25, Sr 0,04. В кремнистых осадках из хлоридно-натриевых вод бортов осевой части Центрального термального поля, вод Хлоридного озера и Серных бугров металлы остаются в достаточно высоких концентрациях (в %): As до 1; Sb 0,02; Hg 0,01; Pb 0,001; Zn 0,03; Mo 0,001; Cu 0,01; Co 0,004; Ni 0,006; V 0,01; Ba 0,08; Sr 0,03; Mn 0,008; Ti 0,6. В кремнисто-глинистых илах на дне и стенках грифонов с восходящей хлоридно-натриевой водой по окраинам осевой части Центрального термального поля в отличие от площади массовых проколов. Содержание металлов понижено (в %): As до 0,02, Sb до 0,01, Hg 0,001, Cu 0,008, Co 0,003, Ni 0,002.

Пониженные содержания металлов, типичных для хлоридно-натриевых вод, объясняются особыми условиями образования этих осадков. Хемогенные компоненты осадков разубоживаются продуктами разложения пород стенок дна грифонов, которое происходит под воздействием кислых существенно сульфатных иловых растворов. Содержание V, Zr, Mn, Ti в них бывает существенно повышенным, и они попадают в осадки с частичками разложенной породы.

В кремнисто-серных илах кислых конденсатных сульфатных вод как низкой, так и высокой минерализации определены в повышенных концентрациях цинк и металлы, выщелоченные из пород. Металлы интенсивно адсорбируются коллоидными осадками. В соляно-кислой вытяжке (HCl 1:5) осадка под хлоридной натриевой водой после хранения пробы в стеклянной посуде в течение шести месяцев были определены металлы (в мг/л, табл. 33). Осадок по сравнению с водой обогащен Hg, As, Cu, Zn, Pb, Cd.

Таблица 33

**Содержание металлов в солянокислой вытяжке (в мг/л)**

Состав	P	As	Hg	Cu	Zn	Pb	Cd
Вода	0,6	0,5	Нет	0,03	0,02	0,0019	0,00001
Осадок	Нет	4	0,05	Много	0,1	0,0123	0,0003

**Металлы в гидротермально-измененных породах и минералах**

Для гидротермально-измененных пород и минералов термоаномалии свойственна та же металлическая специализация, что и для термальных вод и осадков. Различная зараженность металлами гидротермально-измененных пород (поверхности и в приповерхностных условиях) определяется локализацией по отношению к глубинному разлому с восходящими хлоридными-натриевыми водами и особенностями самих метасоматических фаций и минералов, гидротермально-измененных породах и минералах определены те же As, Hg, Pb, Zn, Mo, Cu, V, Co, Ni, Mn, Zr, Ti, Y, Cr, Ba, Sr, Li, Be, Ge, Ga, B, Sn, Ag, что и в водах и осадках из вод. Максимальные концентрации Sb, Hg, Zn, Pb свойственны гидротермальным глинам и аргиллизированным породам осевой части Центрального термального поля (As 0,46%, Sb 0,08%, Zn 0,013%, Pb 0,002%). В опаловых и опал-алунитовых породах серных бугров As 0,015%, Си 0,008%, Zn 0,02%. В каолинитах и лимонитах четвертого озера Фумарольного озера содержатся: Hg 0,015%, Си 0,0157%, Со 0,003%, Ni 0,002%. В гидротермальных глинах по бортам осевой части глубинного разлома содержание отдельных металлов понижено (%): As до 0,011, Sb не определен, Zn 0,008, Pb 0,0013, Cu 0,003, Mo 0,0006, 0,003, Со 0,001. В опал-каолинитовых глинах зоны, окружающей разлом содержатся (в %): As не более 0,03, Си 0,0009, Pb 0,013, Ga – 0,013, Zn 0,01 (табл. 34). В опаловых, опал-алунитовых и опал-каолинитовых породах выше грунтовых вод на Западном и Северном термальных полях содержатся (в %): As до 0,015, Sb до 0,01, Zn 0,02, Pb 0,01, Cu 0,01, Со 0,002, 0,004.

Мышьяк, сурьма, ртуть, медь, свинец, цинк, висмут в рудном горизонте входят в скородит, аурипигмент, реальгар, антимонит, киноварь, метацин-барит, борнит, сфалерит, галенит, висмутин и др. Выцветы сульфатов (галотрихит) на поверхности ртутно-сурьмяно-мышьяковой сульфидной залежи частично унаследуют ее состав. В них определены мышьяк, цинк, гь. Сублимационная кристаллическая сера, осаждающаяся вблизи рудной минерализации на Серных буграх, почти стерильна (табл. 35).

Для процесса характерна наибольшая встречаемость меди и ее невысокая концентрация. Мышьяк, сурьма и свинец по встречаемости и концентрации ведут себя одинаково, что отражает их максимальную, летучесть, участие в глубинном формировании хлоридно-натриевых вод, потерю при парообразовании и соответственно рассеивание вокруг разлома. Высокие концентрации As, Sb, Hg в глубинных хлоридно-натриевых растворах, богатых H<sub>2</sub>S, определяют в зоне парообразования и дегазации высаживание сульфидов мышьяка, сурьмы, ртути и образование рудной залежи.

Таблица 34

**Металлы в гидротермально-измененных породах (в вес.%)**



реальгаром, аурипигментом, скородитом, антимонитом и серой. В основании гейзеритовых островков наблюдаются скопления порошковатого аурипигмента, скородита и серы. Ниже они сменяются желтым слоем, обогащенным порошковатым аурипигментом; с ним ассоциируют опал, сера, скородит. Глубже гравийный материал насыщен призматическими кристаллами реальгара, играющего роль цемента гравия. Содержание реальгара на некоторых участках достигает 50%. В парагенезисе с реальгаром находятся игольчатый антимонит, аурипигмент, пирит, марказит и опал. В подошве рудного горизонта увеличивается содержание сульфидов железа.

С ними ассоциируют антимонит, реальгар, киноварь, метациннабарит, борнит, сфалерит, галенит, гипс, барит, кальцит, опал. Максимальная ртутно-сурьмяно-мышьяковая сульфидная минерализация приурочена к зонам трещиноватости. В табл. 36 приведено содержание серы и металлов в рудном горизонте. Для анализа бралась взмученная в воде часть гравелитов; гейзерит анализировался полностью.

В гейзерите определено 2,5% элементарной серы и более 2% мышьяка и малом содержании сульфидной серы. В гейзерите определен антимонит; содержание сурьмы в нем достигает 0,1%. В желтом и оранжевом слоях содержание мышьяка увеличивается до 10-35%. В зеленоватом и желтом верхних горизонтах рудной залежи мышьяк находится частично также в окисной форме. В оранжевом слое определяется максимальное содержание сульфидной серы мышьяка. Пересчет на минералы подтверждает ведущую роль в нем реальгара. В основании реальгарового слоя в черном пиритном слое мышьяк составляют 3,27%. По всему рудному горизонту наравне с ведущими As и Fe определены и другие металлы (в %): Sb 0,099-0,18; Pb 0,005-0,008; Mo 0,0018-3075; Cu 0,0035-0,005; Zn 0,012-0,021; Hg 0,0007-0,37. Непосредственно после отбора пробы в реальгаровом концентрате определено 0,67% ртути (аналитик Т. В. Долгова); спустя 6 месяцев в том же образце определено 0,1% ртути (данные Н. А. Озеровой).

Таблица 36  
Металлы в рудном горизонте на Центральном термальном поле (в %)

Компонента	Слой, обогащенный аурипигментом				Компонента	Слой, обогащенный реальгаром			
	Гейзерит	Слой, обогащенный аурипигментом	Слой, обогащенный реальгаром	Пиритный слой		Гейзерит	Слой, обогащенный аурипигментом	Слой, обогащенный реальгаром	Пиритный слой
Fe	—	2,62	5,77	11,68	In	Следы	—	—	—
SO <sub>2</sub>	0,14	0,15	0,43	0,90	Mo	0,0075	0,0034	0,0018	0,00065
Sэл	2,53	13,99	2,00	0,70	V	0,0006	0,01	—	0,03
Sпир	0,55	4,46	1,22	6,90	Cu	0,0047	0,005	0,0035	0,0055
Sсульф	—	0,73	6,90	0,24	Zn	0,012	0,021	0,020	0,015
As	2,38	34,70	22,50	3,27	Co	—	0,001	—	0,007
Sc	—	0,005	Следы	Следы	Zr	0,3	0,2	0,5	1
Sb	0,99	—	0,035	—	Cr	—	0,004	—	—
Pb	0,008	0,0055	0,008	—	Sr	Следы	Следы	—	Следы
Ga	0,012	0,01	0,007	0,015	Ba	0,1	0,018	0,025	0,052
					Hg	—	—	0,37	0,0007

С глубиной сохраняется характер рудной минерализации. Максимальные концентрации металлов приурочены к зонам трещиноватости. Определение металлов в гравелитах в интервале 0,5-7,5 м проводилось из валовых проб. Содержания их по 36 анализам (в %) колеблются в следующих пределах (в скобках указана встречаемость в %): Mn 0,006-0,1 (100); Ni 0,001-0,012 (72); Co 0,001-0,003 (94); Ti 0,1-0,8 (100); V 0,003-0,01 (100); Cr 0,003 (18); Mo 0,001 (90); Si 0,003-0,008 (100); Pb 0,001 (3); Sb 0,01-0,04 (30); As 0,03-0,2 (90); Zn 0,01-0,03 (70); Sn 0,001 (5); Ge 0,001-0,002 (30); Ga 0,001-0,002 (90); Be 0,001-0,002 (30); Sc 0,001-0,002 (80); Y 0,003 (60); Yb 0,001 (70); Li 0,003 (15); Sr 0,03-0,04 (80); Ba 0,03-0,04 (90); Hg 0,00003-0,08 (90).

Для всего интервала характерны As, Hg, Sb, Zn, Si, Mo. Содержания металлов варьируют и отражают неравномерную фильтрацию хлоридно-натриевых вод по неоднородной толще глинисто-гравелитовых пород. Мышьяк определен повсеместно, содержание его не выдержано, но с глубиной не падает. Сурьма определена не повсеместно, с тенденцией незначительного увеличения с глубиной. Ртуть определяется до глубины 7,5 м, с незначительным повышением и понижением содержания с глубиной. Встречаемость цинка высокая, свинца низкая.

В поле развития рудной минерализации вода на выходе массовых проколов имеет pH 6-7, минерализацию до 3-4,5 г/л; хлоридно-натриевый состав: хлоридно-натриевая компонента достигает 95 мг-экв-%. Сульфат-ион присутствует повсеместно, однако содержание его не превышает 10 мг-экв-%. Определены сульфит, гидросульфид, тиосульфат и сероводород (до 6 мг/л). В воде содержатся As 25 мг/л, Sb до 0,7 мг/л, Hg 0,015 мг/л. Вода обогащена кремнеземом (до 120 мг/л) и бором (300 мг/л). Осадок из этой воды содержит около 30% SiO<sub>2</sub>, 30% As и 26% S (табл. 37).

Таблица 37  
Состав термальной воды и сульфидного мышьяковоно осадка Центрального термального поля

Вода pH 6,1; T 82°										
Содержание	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		
Мг/л	20	764,0	88,0	4,7	45,5	22,6	1216,2	65,8		
Мг · экв/л	1,11	33,23	2,27	0,39	2,27	0,81	34,3	1,37		
Мг экв · %	2,8	82,8	5,7	1,0	5,7	2,0	91,4	3,7		
	HS <sup>-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	HVO <sub>3</sub>	As	H <sub>2</sub> S		
Мг/л	7,3	26,0	3,4	56,1	126	302	25,0	6,63		
Мг · экв/л	0,22	0,65	0,06	0,92	—	—	—	—		
Мг экв · %	0,6	1,7	0,2	2,4	—	—	—	—		
Осадок										
Содержание	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	S <sub>06</sub>	As <sub>06</sub>	Сумма
Вес. %	21,11	2,10	6,95	9,26	0,2	3,80	0,63	25,80	30,15	100,00

Интерес представляет состав иловых растворов из всех слоев рудного горизонта (табл. 38). В верхнем кремнистом горизонте иловый раствор приближается по составу к свободной хлоридно-натриевой воде. С глубиной падает общая минерализация иловых растворов, увеличивается их относительная сульфатность и кислотность. Отношение Na : Cl остается близким к единице и отражает состав хлоридно-натриевой воды, отношение Ca : Mg меняется в связи с различной степенью поглощения Ca, Mg при образовании в илах монтмориллонита. Отношение Na : K в основном остается постоянным и указывает на несущественное образование в илах калиевых минералов.

Таблица 38

**Состав иловых растворов (водных вытяжек) из различных горизонтов рудных осадков Центрального термального поля**

Компоненты	Верхний кремнистый		Обогащенный аурипигментом	
	мг/л	мг · экв/л	мг/л	мг · экв/л
H <sup>+</sup>	1,4	1,38	0,5	0,51
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	92,7	5,15	30,0	1,67
Na <sup>+</sup>	1215,0	52,85	257,0	11,18
K <sup>+</sup>	103,2	2,64	43,1	1,10
Ca <sup>2+</sup>	29,8	1,19	4,0	0,20
Mg <sup>2+</sup>	10,9	0,90	2,3	0,19
Fe <sup>2+</sup>	4,0	0,14	Следы	—
Fe <sup>3+</sup>	6,0	0,32	—	—
Сумма	1463,0	64,57	336,9	14,85
Cl <sup>-</sup>	1921,8	54,20	450,3	12,70
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	513,0	10,68	49,5	1,03
Сумма	2434,8	64,88	499,8	13,73
pH <sub>лаб</sub>	2,86	—	3,29	—
Ионный состав	Моль $\frac{Cl_{184}SO_{416}}{Na_{82}NH_4K_4Ca_2H_2Mg_1}$		Моль $\frac{Cl_{192}SO_4}{Na_{75}NH_4K_7H_3Mg_1K_1Ca_1}$	
Компоненты	Обогащенный реальгаром		Обогащенный пиритом	
	мг/л	мг · экв/л	мг/л	мг · экв/л
H <sup>+</sup>	0,79	0,79	1,26	1,26
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,1	0,12	9,0	0,17
Na <sup>+</sup>	44,3	1,93	81,4	3,54
K <sup>+</sup>	3,1	0,08	6,8	0,17
Ca <sup>2+</sup>	2,0	0,1	2,0	0,10
Mg <sup>2+</sup>	0,1	0,01	1,6	0,13
Fe <sup>2+</sup>	Следы	—	0,25	0,01
Fe <sup>3+</sup>	2,0	0,11	0,25	0,01
Сумма	54,39	3,14	102,56	5,39
Cl <sup>-</sup>	67,4	1,90	127,6	3,60
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	70,6	1,47	90,8	1,89
Сумма	138,0	3,37	218,4	5,49
pH <sub>лаб</sub>	3,10	—	2,92	—
Ионный состав	Моль $\frac{Cl_{156}SO_{444}}{Na_{61}H_{25}NH_4K_2Ca_2Fe_{0,2}}$		Моль $\frac{Cl_{166}SO_{434}}{Na_{66}H_{22}K_3NH_3Mg_2Ca_2}$	

Сходная сульфидная минерализация обнаружена на дне и берегах Хлоридного озера. На дне его просматриваются грифоны диаметром около 20 м глубиной до 35 м и множество более мелких. На поверхности озера отмечается несколько бурлящих участков, фиксирующих газовые струи со дна озера, температура воды на дне вблизи грифонов достигает 86°. Вода озера имеет минерализацию более 2 г/л, хлоридно-натриевый состав; хлор-натриевая компонента составляет 88 мг-экв-%. Дно озера, за исключением грифонов восходящей водой, покрыто окремненной плитой. На ее поверхности залегает серый ил, обогащенный шариковой и чечевичной серой с рассеянными сульфидами железа и мышьяка. В



окремнелых осадках (плите) рассеяны кристаллики реальгара и других сульфидов. На берегах Хлоридного озера под серными песками наблюдается черный болотный ил с растительностью или обеленные, разложенные до каолиновых глин породы с прожилками гелеобразного кремнезема. Растворы, пропитывающие серные пески, холодные, ультракислые (pH < 1), сульфатные, высокой минерализации.

Нисходящие сульфатные растворы определили интенсивное кислотное выщелачивание пород под серными песками и превращение их в каолинит, алунит, опал и гель кремнезема. В зонах разлома гравелиты сцементированы кремнеземом и карбонатом. Из образца гравелита с кремнисто-карбонатным цементом была получена солянокислая вытяжка. В раствор перешло 50,5% породы. В породе 25% кальцита. Обращает на себя внимание высокое содержание щелочей, в том числе калия, что подтверждает широкое развитие в ассоциации с кальцитом адуляра и, возможно, альбита.

Ртутно-сурьмяно-мышьяковая сульфидная минерализация в зоне разлома, фиксирующемся на борту Хлоридного озера, ассоциирует с кварцем, опалом, кальцитом, цеолитом, адуляром и флюоритом.

На Серных буграх рудная минерализация имеет иной характер. Максимальные концентрации ее приурочены к западной части поля. Проявляется она в виде аморфных осадков на стенках водяных котлов и озерков, на глыбах породы, погруженных в воду, и на дне ручьев, вытекающих из водоемчиков. Наиболее мощный оранжевый осадок в виде корки, толщиной в несколько сантиметров, обнаружен на поверхности глыб, обращенных к воде в источнике Р-1. Оранжевая корочка имеет слоистое строение. При остывании на поверхности ее выступила металлическая пленка, судя по спектральному определению, состоящая из ртути, сурьмы и серебра (Hg 0,67%, SM%, Ag0,00023%). Оранжевая корочка состоит на 50% из кремнезема; As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> составляет 15,34%. Основная масса мышьяка находится в окисной форме. Корочка обогащена Sb до 1 %, Hg 0,67%, Mo 0,001%, Ba 0,6-1%, Si 0,02%, Zn 0,13%, РЬ 0,02%. К основанию корочки оранжевый слой переходит в черный, обогащенный пиритом и марказитом. Однако в нем присутствуют Sb, Hg, Zn, Pb, Cu, Mo и другие металлы. Оранжевая корочка рентгено-аморфна.

В табл. 39 приведен состав воды и осадка из нее. Вода сульфатно-хлорид-ная; хлор-натриевая компонента составляет 72 мг-экв.-%. Вода обогащена H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (313 мг/л), в ней присутствуют As 3 мг/л, Sb 0,22 мг/л. Осадок на 50% состоит из SiO<sub>2</sub>, 15% As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 8,76% S. Подобный аморфный оранжевый осадок обнаруживается на стенках соседних водяных котлов в виде маломощных корочек у зеркала термальной воды. Более мощные осадки зеленого цвета и состоящие из опала, серы и скородита покрывают дно ручьев, вытекающих из грифонов.

Таблица 39

Состав термальной воды и аморфного, богатого мышьяком, осадка. Серные бугры Р-1

Вода pH <sub>296</sub> 2,85 T 62°														Ионный состав		
Содержание	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Al <sup>++</sup>	Fe <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	HBO <sub>3</sub>	As			
Мг/л	1,4	12,5	450,0	50,0	3,8	28,9	3,0	4,2	784,0	394,0	313	320	3,0			
Мг · экв./л	1,4	0,69	19,57	1,28	0,31	1,44	0,33	0,33	20,7	8,20	—	—	—	M <sub>2,3</sub> Cl <sub>172</sub> SO <sub>428</sub>		
Мг · экв. · %	5,6	2,7	77,5	5,1	1,2	5,7	1,3	0,9	71,6	28,4	—	—	—	Na <sub>77</sub> Ca <sub>6</sub> K <sub>5</sub> NH <sub>4</sub> 3		
Осадок																
Содержание	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S <sub>06</sub>	Сумма
Вес. %	48,72	0,16	6,29	0,95	—	Не обн.	0,22	1,81	1,92	0,86	6,61	8,15	0,16	15,34	8,76	99,95

На Четвертом озере Фумарольного озера рудная минерализация приурочена к кремневой плите на дне и к гидротермальным глинам по берегу озера. Вулканогенно-осадочные породы берегов озера разложены до гидротермальных белых и цветных каолиновых глин с сохранившейся реликтовой структурой исходных пород. Глина участками прогрета до 80° и интенсивно парит. Основными минералами глины являются опал, каолинит, лимонит, гидрогетит. Из рудных минералов преобладает пирит, в трещинках концентрируются призматический реальгар и изредка игольчатый антимонит. Содержание мышьяка в глинах достигает нескольких процентов. На Западном и Северном термальных полях в гидротермальных глинах и опалитах рассеяны единичные кристаллики реальгара и редкие тонкие корочки порошкового реальгара. Гидротермально-измененным породам термоаномалии (гидротермальным глинам, аргиллизированным и цеолитизированным, кварц-адуляровым породам) свойственна единая ртутно-сурьмяно-мышьяковая минерализация. Проявляется она в следующих разнообразных формах и парагенетических ассоциациях.

1. Рудный горизонт на уровне зеркала термальных вод по площади массовых проколов хлоридно-натриевой перегретой воды и ее поверхностного растекания: реальгар, аурипигмент, скородит, антимонит, киноварь, метациннабарит, пирит, марказит, борнит ассоциируют с опалом, баритом, гипсом, алунином, каолинитом. (Осевая часть Центрального термального поля вблизи поверхности).

2. Рассеянная сульфидная минерализация в гравелитах ниже зеркала термальных хлоридно-натриевых вод, прослеженная до глубины 7,5 м: реальгар, аурипигмент, антимонит, киноварь, пирит, галенит, сфалерит, висмутин, самородные Си, Ag, Au, Hg ассоциируют с монтмориллонитом, цеолитами, кварцем, кальцитом и др. (Осевая часть Центрального термального поля - глубина 0-7,5 м).

3. Рудные скопления в зоне максимального парообразования, фиксирующего зону разлома: реальгар, киноварь, антимонит, пирит в ассоциации с кальцитом, кварцем, адуляром, ломонитом, флюоритом и др. (Берег Хлоридного озера).
4. Рассеянная минерализация в кремнистых донных осадках: реальгар антимонит, киноварь ассоциируют с опалом и серой (кремневая плита на дне Хлоридного озера, Четвертого озера Фумарольного озера).
5. Кремнистый аморфный осадок на дне и стенках водяных котлов с хлоридно-натриевой и более сложного состава термальной водой и на дне ручьев скородит ассоциирует с опалом (Серные бугры).
6. Рассеянная сульфидная минерализация в гидротермальных глинах реальгар, антимонит, пирит, марказит и др. в ассоциации с каолинитом и опалом (борта Четвертого и др. озерков Фумарольного озера).

### Металлы в гидротермальном процессе

**Мышьяк** - ведущий металл в гидротермальном процессе кальдеры Узон. Содержание его в водах достигает 30 мг/л; наблюдается явная тенденция обогащения мышьяком хлоридно-натриевых вод (рис. 61). С обогащением мышьяком вод сопряжены повышенные концентрации мышьяка и во всех продуктах реакции - осадках из вод, гидротермально-измененных породах и минералах; в осадках из вод содержание мышьяка достигает 30%, в гидротермально-измененных породах 1% и более, в рудном горизонте развиты мышьяковые минералы - реальгар, аурипигмент, арсениопирит, скородит. Мышьяк прослеживается в рудной зоне на глубину; содержание его в гидротермально-измененных гравелитах достигает 0,2% и не падает до 7,5 м. В водах сложного сульфатно-хлоридного, хлоридно-сульфатного и гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридного состава низкой минерализации и pH 4-6, развитых в окружности глубинного разлома, содержание мышьяка резко падает, синхронно падает содержание его в осадках из этих вод и гидротермальных глинах. В водах малой минерализации сложного хлоридно-сульфатного, сульфатно-хлоридного, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатного и сульфатного составов с pH - 6 по периферии разлома содержание мышьяка понижено. Для мышьяка наблюдается отчетливая корреляция с хлор-натриевой компонентой термальных вод (рис. 61). ореол рассеяния мышьяка по осадкам из вод и гидротермальным глинам значительный и выше, чем по водам. Это определяется способностью коллоидных осадков и глин сорбировать мышьяк.

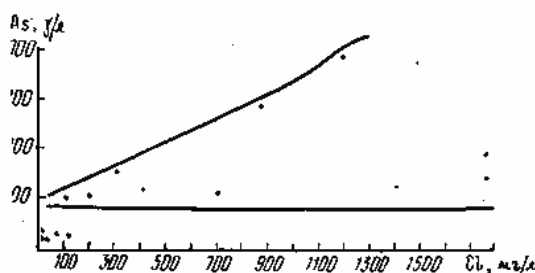


Рис. 61. Зависимость содержания мышьяка от хлор-иона

Способность мышьяка хорошо мигрировать в различных геохимических средах позволяет относить его к элементам-индикаторам скрытого оруденения (Голева, 1969). Высокие концентрации мышьяка могут встречаться в широком интервале изменения величин Eh и pH. Аномально высокие концентрации его встречаются и в слабокислых водах с pH - 4 и слабощелочных с pH - 7,5 при соответствующих изменениях Eh от 650 до 100. Миграционная способность мышьяка в областях разгрузки гидротерм объясняется летучестью его соединений  $AsCl_3$ ,  $AsH_3$ ,  $As_2O_3$ ,  $As_2O_5$ . В. В. Аверьевым в пробах Джульфинских вод были определены  $AsH_3$  (арсин) и  $SbH_3$  (стибин) в количестве 0,003-0,006% от общего объема газа, представленного на 99,9%  $CO_2$ . С. С. Крапивиной в Налычевских углекислых водах Камчатки определен  $H_3As_2$ .

Щелочные хлоридно-натриевые воды являются благоприятной средой миграции мышьяка. Соли мышьяковой кислоты со щелочными металлами хорошо растворимы в щелочных водах. Растворимость мышьяковых соединений увеличивается при повышении в растворе свободной углекислоты. Ниже зоны предельного давления углекислота и сероводород находятся в растворенном состоянии, что благоприятствует сохранению мышьяковистых соединений в растворе. В результате дегазации и удаления из раствора  $CO_2$  нарушается равновесие, и в присутствии  $H_2S$  выпадают сульфиды мышьяка. На уровне зеркала термальных вод  $H_2S$  может быть вторичным за счет восстановления сульфатов биогенным путем, как, например, на Налычевском месторождении (табл. 40).

**Сурьма.** В водах концентрация сурьмы не превышает 0,7 мг/л, в осадках из вод - десятых долей процента. В рудном горизонте содержание сурьмы варьирует от 0,018 до 0,099% и фиксируется в антимоните. В коллоидном кремнисто-мышьяковистом осадке из вод на Серных буграх определен метатибнит. В гидротермально-измененных гравелитах по отдельным скважинам сурьма прослежена на глубину 7,5 м, содержание ее достигает 0,01-0,04% и с глубиной сохраняется. На периферии термоаномалии в

области развития вод малой минерализации и сложного состава с рН 2-5 встречаемость и содержание сурьмы заниженное.

Таблица 40

Молибден, цинк, сурьма и серебро в гидротермально-изменённых породах и осадках из термальных вод кальдеры Узон (в вес. %)

Данные нейтронно-активационного анализа

№ пробы	Место взятия пробы	Mo, n · 10 <sup>-4</sup>	Sb, n · 10 <sup>-4</sup>	Zn, n · 10 <sup>-4</sup>	Ag, n · 10 <sup>-4</sup>
P-1	Центральное термальное поле. Гравелит, обогащенный аурипигментом	1,7	1,2	2,0	0,7
»	То же, реальгаром	1,7	1,1	3,3	0,7
»	» » реальгаром и антимонитом	2,0	3,0	2,5	8,9
»	» » антимонитом и пиритом	3,8	3,8	1,1	23,1
77	» » фиолетовая корочка на гальке	5,3	30,0	4,0	14,0
15-1	» » сульфиды на гейзерите	17,1	448,3	0,3	6,4
59	» » пирит-марказитовая корочка на гальке в грифонах	1,0	0,7	0,6	0,7
69	Берег Хлоридного озера. Минеральная грязь	2,5	—	—	0,6
58	Центральное термальное поле. Выцвет сульфатов	1,0	0,2	2,0	0,5
52	Берег Хлоридного озера. Карбонатный цемент	2,6	7,5	0,46	1,0
18-1	Тридимитовая горка. Окремненный туф	1,7	1,3	2,2	0,9
39-2	Центральное термальное поле. Шурф, глубина 0,9 м. Аргиллизированный гравелит	5,6	15,7	2,2	2,6
18-13	То же, глубина 3 м	1,2	0,8	0,5	2,3
2-17	» » скв. 2, глубина 7,2 м	5,3	28,7	1,86	0,4
12-2	» » скв. 6, глубина 5,1 м	8,1	35,6	5,05	0,5
12-3	» » глубина 5,3 м	2,6	8,3	1,0	0,5
20	» » скв. 8, глубина 1,6 м	0,7	8,6	5,4	0,7
»	» » глубина 5,2 м	4,7	0,7	2,7	0,5
31-7	» » скв. 10, глубина 1,9 м	1,7	0,2	1,9	0,9
33-5	» » глубина 4,3 м	4,2	6,6	1,85	17,1
34-5	» » глубина 5,6 м	1,7	2,5	6,8	0,9
69	» » скв. 11, глубина 1,95 м	3,0	16,2	2,03	0,5
»	» » глубина 2,75 м	7,2	34,0	0,57	1,2
»	» » глубина 3,15 м	7,1	2,5	0,5	0,5
35-3	Борт Центрального термального поля. Гидротермальная глина, глубина 1,2 м	2,2	9,6	0,89	
68	То же, поверхность	0,8	6,7	1,2	0,8
35-1	То же, поверхность	0,8	6,7	1,2	0,8
68	То же, поверхность	0,8	6,7	1,2	0,8
40-3	Фумарольное озеро, каолинитизированный и опализированный туф	0,7	0,8	3,1	0,8
68	То же, поверхность	0,7	0,8	3,1	0,8
49-1	Тростниковое поле. Сульфиды на гейзерите	125,0			48,6
57	Ручей Мишин. Гидротермальная глина, глубина 1,5 м	1,0	4,6	0,7	
68	То же, кремнистый осадок	1,7	0,4	2,4	1,6
53	То же, кремнистый осадок	1,7	0,4	2,4	1,6
68	То же, кремнистый осадок	1,7	0,4	2,4	1,6
49-3	Озеро Серое. Гидротермальная глина, глубина 1 м	0,7	0,8	3,9	0,5
49-4	То же, глубина 1,5 м	1,3	0,8	0,4	12,0
42-2	То же, песок со дна	4,2	12,4	1,05	5,04
53	Центральное озеро. Кварцево-адуляровый метасоматит	4,1			0,4
69	То же, кварцево-адуляровый метасоматит	4,1			0,4
24-2	Западное термальное поле. Измененный базальт	0,7	6,2	1,5	0,9
69	То же, измененный базальт	0,7	6,2	1,5	0,9

Максимальное содержание сурьмы в водах, осадках из вод и гидротермально-измененных породах следующие (в %): гейзерит 0,099; осадок аурипигмента 0,02; осадок реальгара 0,035; гравелиты рудного горизонта в интервале 0-7,5 м 0,4; коллоидный осадок на Серных буграх из хлоридно-натриевых вод 0,7; пирит из осадка 0,01; гидротермальная глина Четвертого озера фумарольного озера 0,075; пирит 0,05;

кремнистый осадок на дне Хлоридного озера 0,01; пирит в виде корочки на гальке (Тростниковый участок) 0,01; пирит из гидротермальной глины 0,03.

Сурьма более четко, чем мышьяк, коррелируется с хлоридно-натриевыми водами глубинного разлома и хлор-натривой компонентой в водах сложного состава (рис. 62).

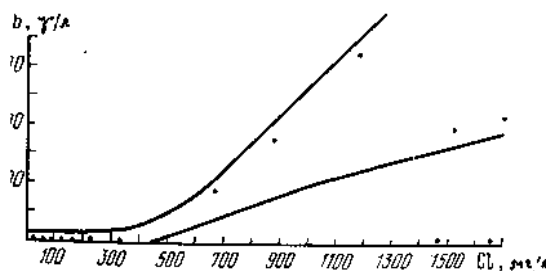


Рис. 62. Зависимость содержания сурьмы от хлор-иона

**Ртуть.** Содержание ртути в водах Узона колеблется от 0,01 до 0,0125 мг/л, в осадках из вод и в гидротермально-измененных породах - от 0,0001 до 0,67%.

Содержание ртути в осадках из вод и гидротермально-измененных породах следующее (в %): оранжевый мышьяковый осадок (Серные бугры) 0,67; 0,1; 0,13; пиритный слой под оранжевым 0,023; 0,044; 0,046; реальгаровый горизонт Осевой части Центрального термального поля 0,37; 0,0019; 0,0040; 0,0035; 0,0088; пиритный горизонт (там же) 0,012; 0,001; 0,0005; кремнистый осадок Хлоридного озера 0,01; гидротермальная глина, Четвертое озерко Фумарольного озера 0,003; пирит из гидротермальной глины (там же) 0,014; пирит (Тростниковый участок) 0,01; кварцево-адуляровый метасоматит 0,0023; 0,002.

Щелочные хлоридно-натриевые воды являются благоприятными для миграции в них ртути, которая, видимо, находится в форме комплексной растворимой соли  $M_2HgS_2$ .

В ореольных водах вокруг ртутного месторождения Закарпатья во всех пробах с повышенным содержанием ртути присутствуют легкие гумусовые вещества, гидрофильные масла и нейтральные гидрофобные масла. Г. А. Голева предполагает водную миграцию ртути в виде гумитов или более сложных органических комплексов. Возможно, что перенос ртути в гидротермальных растворах кальдеры Узон осуществляется также в форме органических соединений.

По мнению П. Х. Айдиньян, содержание ртути в водах рудного месторождения редко превышает  $10 \times 10^{-5}$  г/л (при чувствительности метода  $1 \times 10^{-7}$  г/л); в термах Узона оно не выше ( $1,2 \cdot 10^{-5}$ ). Для всех проявлений гидротермального процесса кальдеры Узон характерно обогащение ртутью сульфидов (до 0,023%). В этом проявляются ее халькофильные свойства; ртуть обогащает выпадающие из раствора сульфиды; в растворах ртуть находится в низких концентрациях.

Максимальное содержание ртути, как мышьяка и сурьмы, приурочено к рудному горизонту Осевой части Центрального термального поля, фиксирующего массовые проколы перегретой хлоридно-натривой воды, и к коллоидному мышьяковому осадку из вод Серных бугров и Хлоридного озера. Ртуть фиксирована в киновари, метациннабарите и в самородной форме и определяется в твердых продуктах реакций по всей термоаномалии. В пиритах осадков из вод и в гидротермальных глинах ртуть определяется в относительно повышенных количествах (0,01 до 0,023%) независимо от химического типа вод и расстояния участка термоаномалии от осевого разлома. В пиритах коллоидных осадков из кислых сульфатных вод Западного термального поля на периферии термоаномалии определено до 0,01% ртути. В гидротермальных глинах по всей термоаномалии содержание ртути  $1,5 \cdot 10^{-4}$  %. В рудной зоне ртуть в гравелитах прослеживается до глубины 7,5, содержание колеблется от  $5 \cdot 10^{-3}$  до  $3 \cdot 10^{-5}$ %. Ореол рассеяния Hg самый высокий.

**Свинец** в максимальных количествах определяется в хлоридно-натривых водах Осевого разлома. В других типах вод и вдали от Осевого разлома свинец содержится в резко пониженных количествах (рис. 63).

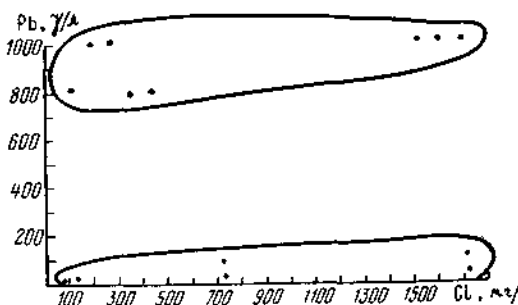


Рис. 63. Зависимость содержания свинца от хлор-иона

В отличие от мышьяка и сурьмы свинец в водах фиксируется по всей площади термоаномалии, в твердых продуктах реакций ограничивается в основном только осевой частью термоаномалии. Намечается тенденция большей обогащенности свинцом гидротермальных глин по сравнению с осадками из вод. Максимальные содержания свинца следующие: в хлоридно-натриевой воде (Осевая часть Центрального термального поля) 1 мг/л, в смешанной слабо минерализованной сульфатно-хлоридной и другого состава воде ниже 1 мг/л, в конденсате пара на Западном термальном поле 0,0415 мг/л, в конденсатной сульфатной воде (Северное термальное поле) 0,025 мг/л, в гейзерите осевой части Центрального термального поля 0,0065%, в осадке аурипигмента 0,0055%, в осадке реальгара 0,008%, в кремнистом иле 0,011%, в гидротермальной глине 0,026%, в кремнистом осадке на дне Хлоридного озера 0,001%, в гидротермальной глине Четвертого озера Фумарольного Озера 0,026%, в гидротермально-измененных гравелитах рудной зоны до глубины 7,5 м в 1 образце из 36 проб) 0,001%.

Свинец мигрирует в щелочных и кислых средах в окислительной и слабо восстановительной обстановках. Растворимость хлоридных соединений свинца достаточно высокая и возрастает с увеличением температуры. В связи с этим ореол рассеяния свинца по водам Узона выше, чем по твердым продуктам реакций.

**Цинк** определен во всех типах вод, осадках из вод и гидротермально-измененных породах и минералах по всей термоаномалии. В водах максимальные концентрации его определены в кислых сульфатных конденсатных водах различной минерализации. Корреляции цинка с хлоридно-натриевыми водами и хлор-натриевой компонентой вод сложного состава не наблюдается (рис. 64).

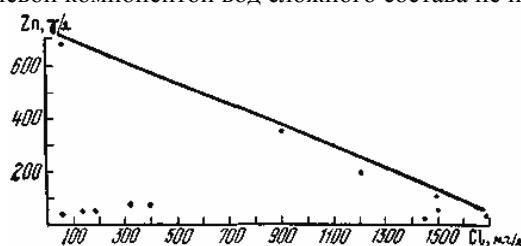


Рис. 64. Зависимость содержания цинка от хлор-иона

Для вод термоаномалии Узон характерны относительно высокие концентрации цинка: в хлоридно-натриевой воде осевой части Центрального термального поля 0,1 мг/л, в смешанной сульфатно-хлоридной воде пониженной минерализации 0,35 мг/л, в конденсате пара на Западном термальном поле 0,227 мг/л, в конденсатной сульфатной воде Северного термального поля 0,7 мг/л, в гейзерите Осевой части Центрального термального поля 0,012%, в сере с скородитом Центрального термального поля 0,021%, в реальгаровом горизонте Центрального термального поля 0,02%, в кремнисто-серном осадке из слабо минерализованной смешанной воды Сизого котла 0,028%, в кремнистом осадке из слабоминерализованной смешанной воды р. Миши 0,015%. в опалово-каолининовой глине Серных бугров 0,043%, в каолинит-лимони-товой глине Четвертого озера 0,028%, в каолините с пиритом Четвертого озера 0,024%, в гидротермальной глине Осевой части Центрального термального поля 0,01, в гидротермально-измененных гравелитах до глубины 7,5 м 0,011%, в пирите из гидротермальной глины Серных бугров 0,015%, в пирите из осадка Серных бугров 0,036%, в пирите из каолинита Четвертого озера 0,13%, в пирите около паровой струи Западного термального поля 0,026%, в выцветках сульфатов на глине Центрального термального поля 0,023%.

В твердых продуктах реакций максимальные концентрации цинка (0,5%) обнаружены в рудном горизонте осевой части Центрального термального поля.

**Медь** относится к наиболее распространенным металлам современного гидротермального процесса в кальдере Узон. Содержания меди следующие: в водах 0,1 мг/л (рис. 65), в конденсатах пара на Западном термальном поле 0,0464 мг/л, в рудном горизонте Осевой части Центрального термального поля 0,0012-0,021%, в гидротермально-измененных гравелитах в интервале 0-7,5 м 0,002-0,008%, в гидротермальных глинах и пиритах на Серных буграх 0,016-0,022%, в гидротермальных глинах и пиритах Четвертого озера 0,0031- 0,0092%. В смешанных разбавленных водах и осадках из вод котлов Сизого, Серого и осадков из них 0,0033-0,01, в пиритах Западного термального поля 0,0085%. Самая высокая концентрация меди определена в сере из гидротермально-измененных пород Узона на Западном термальном поле. Несмотря на малые концентрации меди в хлоридно-натриевых водах Узона, в рудном слое обнаружены борнит, халькозин и самородная медь (табл. 41).

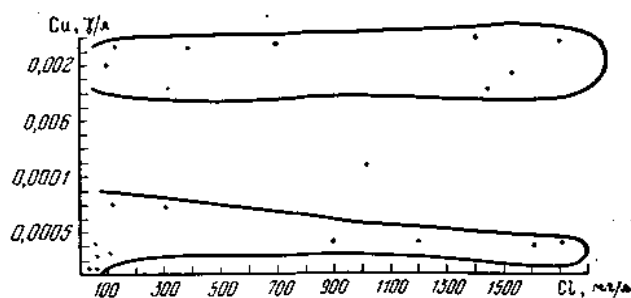


Рис. 65. Зависимость содержания меди от хлор-иона

Таблица 41

Место взятия пробы	Sb	Pb	Zn	Mo	Cu	Ba
Осевая часть Центрального термального поля. Гейзерит	0,099	0,0065	0,002	0,0047	0,0047	0,1
То же. Слой, обогащенный скородитом	—	0,0055	0,021	0,0034	0,005	0,018
» » аурипигментом	0,02	0,006	—	—	0,0082	0,015
» » реальгаром	0,035	0,008	0,02	0,0098	0,0035	0,025
» » реальгаром	0,018	—	0,015	0,0017	0,01	0,065
» » пиритный слой	—	—	—	0,00065	0,0055	0,015
Серные бугры. Гидротермальная глина	—	—	0,043	0,0003	0,016	0,27
» » Пирит из гидротермальной глины	—	—	0,015	0,0015	0,022	0,012
Серные бугры. Пирит из P-1	0,01	—	0,036	0,0014	0,02	0,0037
Четвертое озеро. Оранжевая глина	0,075	0,026	0,02	—	0,0057	0,15
» » Пиритизированная глина	—	—	0,024	0,0099	0,003	0,05
» » Пиритизированная глина	—	—	0,025	—	0,004	0,06
» » Пирит из гидротермальной глины	0,05	—	0,13	0,0014	0,0092	0,02
» » Глина с окислами железа	—	—	0,028	—	0,0031	0,012
Центральное Фумарольное озеро	—	—	0,01	0,0017	0,0021	0,01
Гидротермическая глина	—	—	0,023	—	0,0038	0,013
То же. Выцвет сульфата на глине	—	—	0,028	0,003	0,0033	0,01
Сизый котел. Осадок	—	—	0,024	0,003	0,01	0,01
» » Ручей из Сизого котла. Осадок	—	—	0,025	0,003	0,006	0,015
» » Устье ручья. Осадок	—	—	—	—	0,0045	0,095
Серое озеро. Осадок на дне	—	—	0,01	0,0015	0,0048	0,075
Ручей Мпшин. Осадок на дне	—	—	0,015	—	0,005	0,01
» » Кремневая плита	—	—	0,012	0,00068	0,0048	0,035
» » Осадок	—	—	0,026	—	0,0085	—
Западное Термальное поле. Пирит	—	—	—	—	—	—

**Молибден** в водах термоаномалии составляет 0,014 мг/л. В осадках из вод и гидротермально-измененных породах концентрации молибдена невысокие: в рудном горизонте осевой части Центрального термального поля 0,0017-0,0098%, в гидротермальных глинах Серных бугров 0,0003%, в пиритах из этих глин 0,0015%, в гидротермальных глинах Фумарольного озера 0,00099%, в пиритах из этих глин 0,0017%, в осадках из смешанных вод малой минерализации 0,0015-0,003%.

Максимальное содержание молибдена наблюдается в рудном горизонте и приурочено к реальгаровому слою. В гидротермальных глинах термоаномалии содержание молибдена близко к кларку, в пиритах из гидротермальных глин повышено на порядок. В коллоидных кремнисто-глинисто-серных осадках из слабо минерализованных вод смешанного состава содержание молибдена приближается к содержанию его в рудном горизонте.

**Барий и стронций** определяются в водах, осадках из вод и гидротермально-измененных породах и минералах, но содержание их и отношение Ba : Sr изменчивы.

Самое высокое содержание бария определено в гейзерите. Для гидротермально-измененных пород и минералов термоаномалии часто характерны высокие содержания или преобладание стронция над барием.

**Золото** определено в ртутно-сурьяно-мышьяковом горизонте. В кварцево-адуляровых метасоматитах из 29 анализированных проб золото определено в 22.

**Серебро** в продуктах реакций раствор-порода определяется повсеместно, наблюдается обогащение серебром гидротермально-измененных гравелитов, области фильтрации перегретых хлоридно-натриевых вод Осевой части центрального термального поля и особенно ртутно-сурьяно-мышьякового-рудного горизонта. Обогащение серебром гидротермально-измененных гравелитов и рудного горизонта определяется привнесением его хлоридно-натриевыми водами. В фациях сернокислотного выщелачивания по периферии термоаномалии содержание серебра приближается к таковому в свежих исходных породах.



