

III. ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЗОНСКОЙ ТЕРМОАНОМАЛИИ

В кальдере Узон на участке площадью менее 1 км² встречены почти все химические типы вод, присущие зонам разгрузки высокотемпературных гидротермальных систем. Проблеме формирования минеральных вод областей активного вулканизма посвящены работы многих исследователей (Иванов, 1960; Аверьев, 1961; Набоко, 1963; Уайт, 1965; Власов, 1971; Сидоров, 1966 и др.). До сих пор остается спорным вопрос взаимосвязи между перегретыми щелочными хлоридно-натриевыми водами и сопутствующими им кислыми сульфатно-хлоридными.

Основные химические типы термальных вод кальдеры Узон. За основу деления воды на химические типы был взят ее ионный состав. В этом случае легко определилось закономерное распределение химических компонентов, давшее характерные типы вод. Эти типы точно повторили основные химические составы термальных вод, присущие зонам разгрузки высокотемпературных гидротермальных систем (табл. 9).

Ниже приводятся краткие характеристики основных типов термальных вод, для каждого типа воды дана формула ионного состава, отвечающая наиболее показательному источнику (в экв. %).

Таблица 9

Сравнительная характеристика основных типов термальных вод кальдеры Узон

Тип воды	Форма проявления	pH	T °C	Общая минерализация г/л	Основные компоненты, мг/л					Некоторые специфические компоненты, мг/л				
					С	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	(Ca+Mg) ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ₂ SiO ₄	HBO ₂	As ³⁺	Li ⁺
Хлоридно-натриевая	Источники, озера	6-8 2-3	80-кип 40-35	1,5-4,5 2,0-3,0	>500 >800	<100 300-500	<50 Нет	<50 <50	>500 >500	До 130 До 100	353 358	265 117	2,2 0,6	6,1 2,0
Сульфатно-хлоридная натриевая	То же	5-7,5 2-3	70-кип 25-40	1,5-3,0 1,5-3,0	500-800 500-800	300-500 300-300	<100 Нет	<50 <50	300-500 300-500	До 50 До 50	261 233	150 152	1,5 0,6	1,5 1,9
Хлоридно-сульфатная натриевая	То же	4-6,5 2-3	50-кип 20-35	0,5-1,5 0,8-1,0	100-300 100-300	100-300 100-300	<100 Нет	<30 <20	150-300 100-300	До 50 До 50	243 -	60,7 -	0,6 -	- -
Хлоридно-гидрокарбонатная натриевая	Источники	6-7	60-80	1,0-2,0	100-300	До 100	300-500	До 50	100-300	До 50	265	12,7	0,2	0,4
Сульфатно-гидрокарбонатная (Na, Ca, Mg)	То же	5,5-7,5	20-60	0,5-1,5	<50	До 300	300-750	До 200	До 150	<20	104	-	0,02	0,09
Сульфатная разного катионного состава:														
Сульфатная (Na, Ca, Mg)	Источники, кипящие грифоны	4-6	30-кип	0,3-0,6	<50	До 500	<50	До 100	До 100	<20	-	2	Следы	-
Сульфатная (Al, H, Fe, NH ₄)	Бессточные котлы и водоемы	1,5-3	20-кип	1,5-3 и более	Нет	>500	Нет	До 50	<5	<5	240	6,1	-	0,02

Аналитики: Г.Д. Вейнребе, Р.А. Шувалов (лабораторные анализы); В.В. Пономарёв, Г.В. Прохорова, В.С. Тихомиров (полевые анализы); Г.И. Арсанова (определения лития); Е.Зотова (определения мышьяка). Исследования проведены в июле - августе 1966-67гг.

Таблица 10

Химический состав термальных вод кальдеры Узон, в мг/л

Компоненты	Центральный № 2, II участок Восточного поля	Главный грифон № 32 IV озеро на оз. Фумарольном	Грязевой № 32а, IV озеро на оз. Фумарольном	Трещинный № 47, оз. Фумарольное, северо-западный берег	Озеро Кислое № 96, Западное термальное поле
H ⁺	Не обн.	0,07	Не обн.	Не обн.	7,6
NH ₄ ⁺	6,7	5,0	3,5	3,5	32,0
K ⁺	98	130	96	29,7	2,4
Na ⁺	1144	778,1	622,6	108,1	73,4
Mg ²⁺	2,2	0,7	0,5	4,6	8,5
Ca ²⁺	47,5	27,4	26,5	14,1	22,1
Fe ²⁺	0,3	0,3	Не обн.	Не обн.	35,2
Fe ³⁺	Не обн.	Не обн.	То же	То же	152,0
Al ³⁺	0,2	1,0	0,1	0,4	192,6
Mn ²⁺	0,2	Не обн.	Не обн.	0,24	2,0
Cu ²⁺	0,002	0,008	0,006	Не обн.	0,024
Pb ²⁺	Не обн.	0,003	0,16	0,005	0,01
Zn ²⁺	0,03	0,02	0,5	0,4	0,003
Ti ⁴⁺	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
As ³⁺	2,0	2,2	1,3	0,2	То же
F ⁻	1,5	1,5	1,8	2,0	4,0
Cl ⁻	1853,5	1294,1	1027,8	121,3	16,8
Br ⁻	3,5	4,2	3,4	0,2	Не обн.
I ⁻	0,5	0,4	0,3	Не обн.	То же
SO ₄ ²⁻	124,3	121	79,0	29,4	2044,3
HSO ₄ ⁻	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	358,9
HS ⁻	То же	То же	То же	То же	Не обн.
S ₂ O ₃ ²⁻	»	»	»	»	То же
SO ₃ ²⁻	»	»	»	»	»
HCO ₃ ⁻	17,7	»	25,4	161,0	»
CO ₃ ²⁻	Не обн.	»	Не обн.	Не обн.	»
HSiO ₃ ⁻	То же	»	То же	То же	»
H ₂ AsO ₄ ⁻	»	»	»	»	»
HPO ₄ ²⁻	0,08	0,06	0,2	»	»
NO ₂ ⁻	Не обн.	Не обн.	0,02	»	»
NO ₃ ⁻	То же	То же	Не обн.	»	»
Недиссоциированные молекулы CO ₂	17,6	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
H ₂ S	»	»	»	»	»
H ₂ SiO ₃	211,6	221,0	182,0	187,2	223,2
Коллоидная H ₂ SiO ₃	103,6	66,0	19,5	99,2	28,2
HBO ₂	265	146,3	135,7	12,7	Не обн.
Общая минерализация	3778,7	2733,2	2206,6	674,6	3225,5
pH	6,35	4,18	5,16	5,69	2,12
T °C	94	64	54	65	30

Отбор проб-май 1968 г.; анализ февраль 1969 г. Аналитик Г.Д. Вейнребе.

Таблица 11.

Химический состав перегретых глубинных вод кальдеры Узон в источниках (в мг/л)

Номер источника	Название термального участка, источника	Дебит, л/сек	Т °С	рН	Общая минерализация, г/л	Cl		HCO ₃	Na	K	Ca+Mg	H ₂ SiO ₃	As	Ионный состав	Время обследования
						SO ₄									
II участок Восточного поля															
2	Центральный	1,5	94	5,9	3,5	1808	108	Не обн.	1137	93	44	268	1,6	$\frac{Cl96}{Na90K5}$	Сентябрь, 1966
	»	1,5	90	6,3	3,8	1853	124	18	1144	98	40	212	2,0	$\frac{Cl95}{Na90K5}$	Май, 1968
3	Хлоридный котел	Бессточный	84	5	4,3	2390	77	12	1515	60	-	-	-	$\frac{Cl97}{(Na+K)85}$	Август, 1966
5	Воронка	0,1	82	6	3,7	1980	67	Не обн.	1260	46	-	-	-	$\frac{Cl97}{(Na+K)95}$	Август, 1966
Участок оз. Фумарольного															
32	Главный грифон	2	70	5	2,7	1492	96	То же	830	130	28	183	1,0	$\frac{Cl93}{Na86K8}$	Май, 1968
32а	Грязевый	1	54	5,1	2,2	1028	79	»	622	96	27	182	1,8	$\frac{Cl93}{Na86K8}$	Май, 1968
30	Орашковый	0,3	76	-	1,5	631	111	»	298	29	44	-	0,3	$\frac{Cl89}{(Na+K)74}$	Сентябрь, 1964
31	Кипящий	0,3	92	-	2,2	1135	38	»	753	45	-	-	-	$\frac{Cl95}{(Na+K)95}$	Август, 1966 ³
48	Провальный	Бессточный котел	77	3	2,0	923	115	»	603	16	-	-	-	$\frac{Cl92}{(Na+K)80}$	Июль, 1967
Участок Южный															
25	Гейзеритовый	0,3	84	8	2,0	887	39	56	511	45	17	353	0,3	$\frac{Cl94}{Na90K5}$	Сентябрь, 1966
Площадка Оранжевая															
40	Ласцовый	0,4	70	6,6	1,6	625	173	Не обн.	478	3	-	-	-	$\frac{Cl82}{(Na+K)92}$	Август, 1966
	Источник на берегу IV озера на оз. Фумарольном	-	57	-	2,9	1394	95	-	859	110	26	293	40	$\frac{Cl90}{Na88K7}$	Б. И. Пийп (1937)

Хлоридно-натриевые воды. Cl96/Na90K5; рН 5-8. Общая минерализация 1,5-4,5 г/л, хлора 500-2500 мг/л, натрия 500-1500 мг/л, калия до 130 мг/л, при весьма малых концентрациях HCO₃, SO₄, Mg, Ca. Вода характеризуется высоким содержанием H₂SiO₃ до 400 мг/л, HBO₃ до 265 мг/л. As до 5 мг/л, Li до 6 мг/л. Спонтанный газ воды содержит (на объем) до 75-95% CO₂, до 8% H₂S, до 8% CH₄, до 5-25% N₂ и редких газов. Такой состав отвечает широко распространенным в областях современного вулканизма перегретым хлоридно-натриевым водам Паужетского-Вайракейского типа (по классификации В. В. Иванова, 1960). Для Узонских хлоридных терм сохраняется выдержанность отношения Li : Rb : Cs = 100 : 10 : 10, характерная для перегретых вод высокотемпературных гидротермальных систем (Арсанова, 1969). Такие специфические компоненты, как F, Вг и J, также сохраняются в характерных для этого типа вод количествах (табл. 10). Суммарный дебит хлоридно-натриевых вод в источниках оценивается в 10 л/сек. В главных выходах вода кипит. Источники сосредоточены на II участке Восточного поля и на оз. Фумарольном (IV озерко). Характеристика выходов дана в табл. 11.

Сульфатно-хлоридные-натриевые воды. Cl>50SO₄>30/Na(80-90); рН 2-3(в озерах), 5-6 (в источниках). Общая минерализация 1,5-3,0 г/л, хлора 500-800 мг/л, сульфата 350 - 450 мг/л, натрия в среднем около 500 мг/л, калия до 60 мг/л. Характеризуются постоянством концентрации основных компонентов независимо от того, в какой форме источник проявляется. Содержат специфические компоненты, но в несколько меньших, чем хлоридно-натриевые воды, количествах: H₂SiO₃ до 260 мг/л, HBO₂ до 150 мг/л, Li 1,9 мг/л, As 1,5 мг/л. В сульфатно-хлоридных водах, увеличивается концентрация NH₄ до 10-15 мг/л при аномальном содержании 65 мг/л. Воды такого состава широко распространены на Узоне и характерны для термальных озер. Поверхностный сток из озер составляет около 30 л/сек. Суммарный дебит сульфатно-хлоридных вод в источниках невелик и оценивается в 7-8 л/сек. Форма выхода источников - воронки, дебит 0,4 л/сек (50-76°), сопровождаются кипящими грифончиками, дающими аналогичную воду. (Голубой грифон №70, Кухонный №17 Тройной № 34, Опасный № 12, оз. Серное № 71).

Хлоридно-сульфатные-натриевые воды. SO₄>50Cl>30/Na(80-90); рН 5,5-6,5. Общая минерализация 0,5-1,5 г/л, сульфата до 350 мг/л, хлора до 200 мг/л, натрия до 250 мг/л. Концентрации HCO₃, Ca в Mg сохраняются низкими, как в хлоридных и сульфатно-хлоридных водах. Присутствует NH₄ до 10 мг/л, при аномальных содержаниях 30 мг/л. Вода содержит до 250 мг/л H₂SiO₃, до 60 мг/л HBO₂, лития и мышьяка до 1,0 мг/л. Суммарный дебит хлоридно-сульфатных вод в источниках около 6 л/сек. Выходов несколько. Это хорошо выраженные кипящие воронки (95-102°) и сопровождающие их кипящие грифоны (Пульсирующий № 23, Бурлящий № 1, Кипящие грифоны № 24) и источники-воронки меньших температур (Линейный № 72 Уютный № 81, Глубокий № 80).

Хлоридно-гидрокарбонатные-натриевые воды. HCO₃>50Cl>30/(Na+K)>60; рН 6,5-7,0. Общая минерализация 1,0-2,0 г/л. Основной компонент - гидрокарбонатный ион 300-500 мг/л при содержании натрия 200-350 мг/л, хлора до 300 мг/л и сульфата до 150 мг/л. Вода содержит до 250 мг/л H₂SiO₃ до 12 мг/л HBO₂, лития 0,4 мг/л и мышьяка 0,2 мг/л. Суммарный дебит источников около 6,0 л/сек, 64-70° (Красный № 49, Гейзеритовая площадка № 65, источники горы Белой № 55 и 56). Кипящих выходов не известно.

Сульфатно-гидрокарбонатные воды. На Узоне обнаружен единственный источник, дающий такую воду (Узонский нарзан № 100 у северо-западного подножия горы Белой): $\text{HCO}_3\text{70SO}_4\text{23/Na42Ca31Mg24}$ T = 20° pH 6.1. Общая минерализация 1,3 г/л, гидрокарбоната до 750 мг/л, сульфата до 170 мг/л при весьма малом содержании хлора. Концентрация кальция и магния, сравнительно с другими типами воды, несколько увеличивается. В воде обнаружено свободной углекислоты до 300 мг/л. Из специфических компонентов определены H_2SiO_3 104мг/л, мышьяк 0.02мг/л и литий 0.09мг/л. Дебит источника 25 л/сек.

Смешанные гидрокарбонатные воды. Общая минерализация менее 1г/л, pH 5.2-7.0. В составе воды преобладает гидрокарбонатный ион 100-300мг/л. Концентрации хлора, сульфата и натрия самые разные, от следов до 200 мг/л. Вода содержит H_2SiO_3 до 250 мг/л, лития 0,3-0,04 мг/л мышьяк - в следах. Суммарный дебит источников около 30 л/сек (50-80°). Форма проявления: источники-воронки (площадка Парящий Сапожок), термальные озера (Синий котёл), трещинные источники (площадка Цепочка). Кипящих выходов не обнаружено.

Сульфатные воды. Представлены двумя крайними составами, широко известными в местах разгрузки парогидротерм: 1. $\text{SO}_4 > 80/\text{Na, Ca, Mg}$; pH 4-5. Общая минерализация до 0,3 г/л, сульфата до 200 мг/л. Для такой воды какие-либо характерные компоненты выделить не удается. Температура и форма выхода источников самая разная: термальные озера (Банное № 9) кипящие грифоны (участок Береговой № 102), источники с T = 12-15° (площадка Крайняя), высачивания из-под снежников с T = 0° (руч. Комариный и др.). Суммарный дебит источников около 10 л/сек. 2. $(\text{SO}_4 + \text{HSO}_4) 100/\text{Al, NH}_4, \text{Fe, H}$; pH 1,5-3,0. Общая минерализация 1,5-7,5 г/л, сульфат! 1 0—55 г/л. Вода имеет сложный катионный состав. Обнаруживаются высокие концентрации аммония до 400 мг/л, железа (закисного, окисного) до 200 мг/л алюминия до 200 мг/л и другие металлы. Хлор - компонент, характерный для глубинных вод, здесь определяется в следах. Такие растворы получили распространение на Западном термальном поле (оз. Кислое - № 96). Связаны с бессточными котлами и водоемами (30-100°). По химическому составу отвечаю типичным фумарольным термам поверхностного формирования - конденсатные воды высачивания (табл. 12).

Таблица 12

Химический состав некоторых типичных вод термальных источников кальдеры Узон.

Номер источника	Источник, участок	Дебит, л/сек.	T°C	pH	Компоненты минерализации, мг/л																Общая минерализация, мг/л	Формула ионного состава	Диагностика типологии анализа
					H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺	Fe ⁺⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻²	HPO ₄ ⁻²	H ₂ SiO ₃	H ₂ S			
25	Источник Гейзеритовый, южный участок Озерного поля	0,3	79	7,5-8*	—	5	511,1	44,8	13,4	4	—	—	—	886,8	39,4	54,9	—	151,9	352,7	1,5	2065,0	$\text{Cl}94\text{HCO}_3\text{3/Na}90\text{K}5$	15/IX-66
26	Озеро Малое, южный участок Озерного поля	1,0	39	3,0*	2,3	17	624	61,5	52,1	14,6	9,3	He обн.	12,9	1035,3	454,3	He обн.	He обн.	117,5	358	—	2761,7	$\text{Cl}76\text{SO}_4\text{24/Na}73\text{Ca}7\text{H}6$	10/IX-67
50	Озеро Забытое, участок Теплых болот	Ничтожный сток	55	3,0*	3,1	15	529	41,9	16	5,5	5,9	То же	6,1	773	385,2	То же	То же	101,3	270	—	2152,0	$\text{Cl}73\text{SO}_4\text{27/Na}76\text{H}10\text{K}4$	10/IX-67
29	Озеро Фумарольное, юго-восточная часть	—	23	2,6*	5,5	7,5	406,9	50	24,1	3,7	0,7	То же	13	652,8	415,5	То же	То же	151,9	—	—	1734,6	$\text{Cl}68\text{SO}_4\text{32/Na}65\text{H}20\text{K}5$	15/IX-66
30	Источник Оравинский, участок оз. фумарольного	До 0,3	76	3,0*	0,7	12,5	294,3	28,7	39,7	4,3	He обн.	То же	0,2	631,5	111	То же	То же	151,5	—	—	1274,8	$\text{Cl}88\text{SO}_4\text{11/Na}74\text{Ca}12$	15/IX-66
11	Озеро Серное, I участок Восточного поля	Бессточное	75	5,3*	He обн.	63,1	435	39,5	59,3	9,4	То же	То же	He обн.	524,8	534,9	43,9	То же	25,5	261	—	2096,4	$\text{Cl}55\text{SO}_4\text{42/Na}70\text{N}4\text{12Ca}11$	10/IX-67
1	Источник Буральный, III участок Восточного поля	1,0	95	7,0*	He обн.	15	200	20,2	24,7	7,3	He обн.	То же	То же	231,9	195	115,9	То же	30,8	243	1,5	1105,06	$\text{Cl}52\text{SO}_4\text{33HCO}_3\text{13/Na}73\text{Ca}10$	15/IX-66
6	Источник Третий, участок горы Белой	0,3	64	6,68	—	7,5	337,5	49,3	38,1	10	То же	То же	То же	312	143,2	424,7	То же	—	265	—	1587,3	$\text{Cl}47\text{HCO}_3\text{37SO}_4\text{16/Na}77\text{K}4\text{10}$	10/IX-67
7	Источник Синий котел, площадка Цепочка	3,5-4	72	6,68	—	10	85,1	15,3	33,3	6,6	То же	То же	То же	97,2	125,9	95,2	То же	—	196,7	—	665,9	$\text{Cl}39\text{SO}_4\text{38HCO}_3\text{23/Na}55\text{Ca}24$	10/IX-67
5	Источник Узонский Нарзан, участок горы Белой	1,0	20	6,14	—	Нет	146,1	15,1	94,2	44,1	То же	То же	То же	32,6	171,2	652,7	То же	—	104	—	1260,2	$\text{HCO}_3\text{71SO}_4\text{23/Na}42\text{Ca}31\text{Mg}24$	10/IX-67
68	Источник Последний, площадка Крайняя	Ничт.	57	6,40	—	11	73,3	17	30,9	12,2	He обн.	He обн.	He обн.	29,8	93,8	128,2	He обн.	—	208	—	704,2	$\text{HCO}_3\text{57SO}_4\text{30Cl}13/Na}47\text{C}23\text{Mg}15$	10/IX-67
9	Озеро Банное, I участок Восточного поля	6,5	48	5*	—	1	25	7,8	20	6,9	То же	То же	То же	9,6	146,5	18,3	—	2,02	—	4,8	246,1	$\text{SO}_4\text{84HCO}_3\text{8/Na}37\text{Ca}34\text{Mg}20$	15/IX-66
96	Озеро Кислое, Западное поле	—	30	1,5*	11,1	28	4,5	3,4	42,1	13,4	113,6	6,1	164,7	1,4	2304,1	He обн.	—	6,1	240	—	2965,5	$(\text{HSO}_4 + \text{SO}_4) 100/\text{Al}38\text{H}27\text{Fe}22$	10/IX-67
97	Черный котел (бессточное) на берегу Кисло-	—	70	2,15*	1,5	423	2	2,8	11	4,3	20,2	21,6	21,8	1,4	1652,6	—	—	4,1	159	—	2325,3	$(\text{HSO}_4 + \text{SO}_4) 100/\text{NH}_4\text{78Al}18\text{H}5$	10/IX-67

Аналитик Р.А. Шувалов

Гидрохимическая зональность. Распределение различных химических типов парогидротерм по поверхности термальных полей подчиняется вполне определенной зональности. На карте изоконцентрации хлора выделяется несколько изолированных концентрических аномалий разной интенсивности, контуры которых повторяют очертания термальных участков (рис. 28). На каждом таком участке наблюдается снижение концентрации хлора в водах от центра к периферии. Граница развития хлоридно-натриевых вод приблизительно соответствует изолинии концентрации хлора 1000 мг/л, а сульфатно-хлоридных 500 мг/л. Термальные воды всех иных химических составов создают внешнее обрамление этих внутренних зон. Четких границ выделенные зоны не имеют, они постепенно переходят одна в другую и контуры их показаны условно. Замечено, что эти границы подвержены сезонным смещениям.

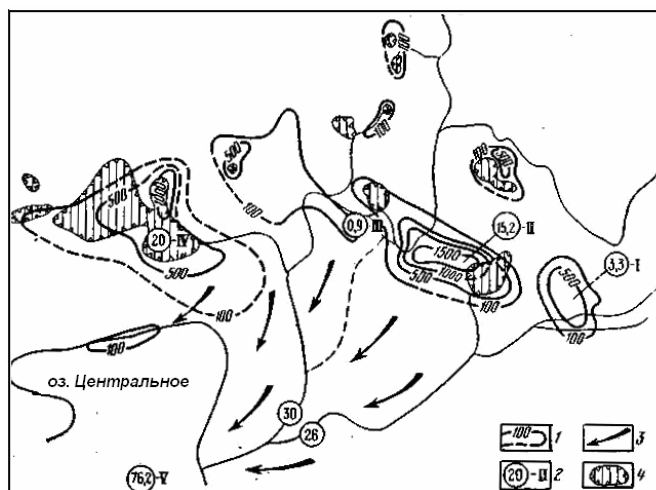


Рис. 28. Схема распределения выноса хлора в зоне разгрузки Узонских гидротерм (июль, август 1966 г.)

1 - изоконцентрации хлора по источникам (в мг/л); 2 - вынос хлора по отдельным участкам термоаномалии (в г/сек); I, II, III - участки Восточного поля, IV - участок оз. Фумарольного, V - р. Шумная (истоки); 3 - термальный грунтовый растек; 4 - термальные озера

Наиболее полно гидрохимическая зональность проявляется в осевой, самой прогретой части термоаномалий - на Восточном поле и участке оз. Фумарольного. Здесь сосредоточена основная группа кипящих источников и термальных озер. В центре очага разгрузки располагаются выходы перегретых хлоридно-натриевых вод. Сравнительно с другими типами вод они характеризуются максимальной минерализацией, температурой, максимальным содержанием хлора, натрия, калия и специфических компонентов. Основные выходы сосредоточены на II участке Восточного поля и на оз. Фумарольном (IV озерко). Форма разгрузки по участкам разная. На Восточном поле преобладает рассредоточенная разгрузка хлоридных вод, дающая интенсивно парящую поверхность. На оз. Фумарольном выходы таких вод связаны с источниками - воронками (№ 32, 31, 32а), расположенными на берегу IV озерка. В кальдере Узон обнаружено еще несколько одиночных источников с водой аналогичного состава. Увеличение концентрации хлора и натрия происходит на выходах, где идет интенсивное испарение воды с поверхности. Пример тому площадка Парящая I на Восточном поле, где происходит рассредоточенная разгрузка хлоридно-натриевых вод с самой высокой для Узона минерализацией (4,5 г/л). Нагрев этого участка максимальный, вода кипит, а количество разгружающейся здесь воды (2,2 л/сек) сопоставимо с дебитом источника Главный грифон № 32 (IV озерко) или расположенного рядом Центрального № 2. Водная поверхность этих источников-воронки ничтожно мала по сравнению с кипящей поверхностью площадки Парящая I.

В случаях, когда концентрация хлора и натрия ниже нормы, предполагается разбавление хлоридно-натриевых вод ультрапресными грунтовыми водами. Такое смешение происходит, очевидно, в IV озерке, где отмечены признаки грунтового питания. Озерко заполнено водой хлоридно-натриевого состава с минерализацией 1,0 г/л. Эти предположения подтверждаются постоянством отношения Cl/Na (1,6—1,7) в хлоридно-натриевых водах Узона любой минерализации.

Выходы хлоридно-натриевых вод, как правило, окаймлены сульфатно-хлоридными и хлоридно-сульфатными водами. Зона распространения этих вод нигде не выходит за границы участков аномального прогрета. Воды гидрокарбонатного состава (всех показанных выше типов), разгружаются на периферии основных термальных полей или связаны с малыми термальными участками, в зоне пониженных температур. Внешнее обрамление термоаномалий создают слабокислые маломинерализованные сульфатные воды. Размещение гидрохимических зон по площади определяется закономерным распределением химических компонентов в термальных водах, в зависимости от места их разгрузки. Так, по мере удаления от центральных частей очага разгрузки к периферии в термальных водах наблюдается закономерное снижение концентрации компонентов глубинных вод: хлора, натрия, калия, редких щелочей, бора мышьяка. Концентрация гидрокарбоната заметно возрастает. На этом фоне хорошо проявляется сульфатная зональность вод: малые содержания сульфата в хлоридно-натриевых водах, резкое увеличение (до 450 мг/л) в зонах, обрамляющих выходы хлоридно-натриевых вод (здесь формируются сульфатно-хлоридные воды), и дальнейший постепенный спад к периферии. Повышенным содержанием сульфата (более 500 мг/л) характеризуются кислые воды бессточных котлов (рН 1,5-2). Они отличаются и наиболее сложным катионным составом (Al, Fe, H, NH₄). В этих водах отсутствуют или находятся в следах Cl, B, As, редкие щелочи, являющиеся характерными компонентами глубинных вод. Эти растворы отнесены к группе конденсатных вод выщелачивания. Основной участок проявления таких вод - Западное термальное поле.

Зональное распределение химических компонентов прослеживается как в термальных водах источников, так и в водах термальных озер, в том числе кислых, что указывает на генетическую общность наблюдаемых здесь химических типов вод (табл. 13).

Таблица 13

Химический состав вод термальных источников кальдеры Узон (в г/л)

Тип воды	Номер источника	Озеро, термальный участок	Размер озера (глубина макс. м)	ТРС у поверхности надне	Поверхностный сток из озера л/сек	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	H ₂ SiO ₃ , HBO ₃	As ³⁺	Li ⁺	Ионный состав	
															г/л
Кислая сульфатно-хлоридная и хлоридно-сульфатная	26	Озеро Малое, южный участок Озерного поля	20×30	39	2	3,0	1035	454	624	62	350	117,5	0,5	2,26	M _{2,8} $\frac{Cl76(HSO_4+SO_4)24}{Na73Ca7H6}$
	50	Озеро Забытое, участок Теплых болот Озерного поля	20×20	55	0,3	3,0	773	385	529	42	270	101,3	1,25	2,04	M _{2,2} $\frac{Cl73(HSO_4+SO_4)27}{Na76H16K4}$
	29	Озеро Фумарольное (основное озеро, юго-восточная часть)	600×300 (25)	$\frac{23}{125}$	18–20	2,6	653	416	407	50	233	151,9	0,6	1,94	M _{1,7} $\frac{Cl68(HSO_4+SO_4)32}{Na65H20K5}$
	75	Озеро Хлоридное, II участок Восточного поля	150×130 (40)	$\frac{30-55}{86}$	12	3,0	140	17	340	—	—	—	—	—	M _{1,1} $\frac{Cl65SO_435}{(Na+K)78Ca10}$
	18	Озеро Восьмерка (Северное озеро)	100×40 (16)	$\frac{21}{115}$	Нет	2,3	277	116	260	—	—	—	—	—	M _{0,8} $\frac{SO_41Cl49}{(Na+K)90Fe4}$
	10	Озеро Восьмерка (Южное озеро)	80×80	19	Нет	2,5	170	155	254	—	—	—	—	—	M _{0,8} $\frac{SO_41Cl39}{(Na+K)90Fe6}$
	59	Озеро Тихое, участок горь Белой	20×30	19	Нет	3,0	70	142	183	—	—	—	—	—	M _{0,7} $\frac{(HSO_4+SO_4)82Cl18}{(Na+K)71H12Ca7}$
Кислая сульфатная сложного катионного состава	82	I озерко оз. Фумарольного	180×80 (23)	$\frac{32}{126}$	Нет	2,2	171	605	218	—	—	—	—	—	M _{1,0} $\frac{(HSO_4+SO_4)73Cl27}{(Na+K)59H28}$
	44	II озерко оз. Фумарольного	60×50 (12)	$\frac{24}{80}$	Нет	2,2	0,0	489	55	—	—	—	0,037	—	M _{0,8} $\frac{(HSO_4+SO_4)100}{H53(Me)24Fe13}$
	96	Озеро Кислое** (Западное поле)	15×20	30	Нет	1,5	1,4	2391	5	3	240	6,1	—	0,024	M _{3,0} $\frac{(HSO_4+SO_4)100}{Al39H27Fe22}$
Слабокислая разного состава	88	IV озерко оз. Фумарольного	80×80 (20)	$\frac{43}{95}$	Нет	5,6	570	67	382	—	—	—	1,8	—	M _{1,0} $\frac{Cl19SO_48}{(Na+K)91Ca3}$
	37	Озеро Синий котел, площадка Цепочка	25×20	72	3,5	6,6	97	126	86	15	197	—	0,02	0,088	M _{0,7} $\frac{Cl99SO_47HCO_321}{Na55Ca24NH_8}$
	9	Озеро Банное I участок Восточного поля	80×40 (21)	$\frac{43}{115}$	6,5	5,0	9	146	25	8	—	2,0	0,0	—	M _{0,25} $\frac{SO_44HCO_38}{Na37Ca8Mg20}$

* Замеры сделаны в августе 1967г.

** Al³⁺ 193 мг/л; Fe²⁺ 85 мг/л; Fe³⁺ 152мг/л; в остальных озёрах содержания этих компонентов не превышают 15мг/л или не обнаруживаются

Эта общность подтверждается графиком смешения, где виден плавный переход одного типа вод в другой (рис. 29).

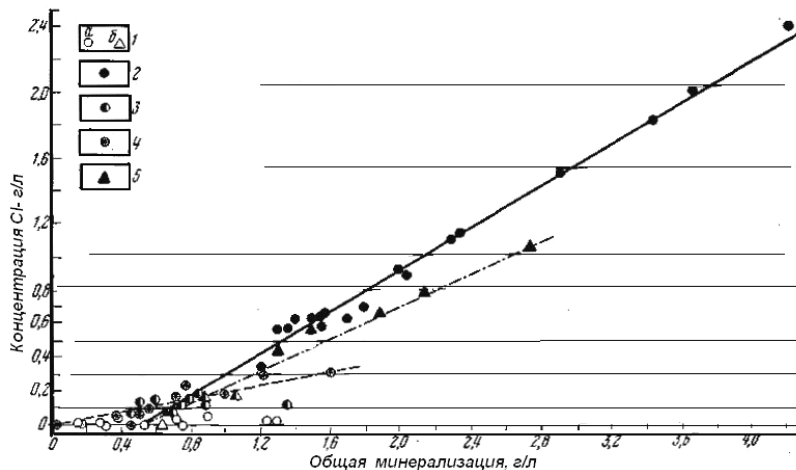


Рис. 29. График смешения для термальных вод кальдеры Узон

1 - источник (а) и кислые озера (б); 2 - хлоридные и сульфатно-хлоридные натриевые воды; 3 - хлоридно-сульфатные натриевые воды; 4 - гидрокарбонатно-хлоридные и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды; 5 - сульфатные, гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные разного катионного состава

На гидрохимической карте отражена концентрическая зональность различных химических типов вод вокруг термовыводящих каналов (рис. 30). Основными причинами появления столь разнообразных по составу вод на ограниченном пространстве и их зонального распределения по площади по нашему мнению, является дифференциация и приповерхностный метаморфизм перегретых вод в очаге разгрузки.

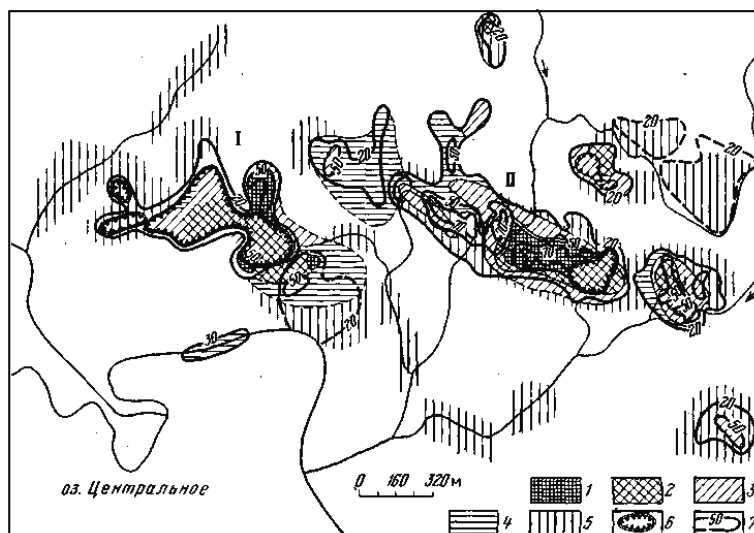


Рис. 30. Схема гидрохимической зональности очага разгрузки Узонских гидротерм (июль - сентябрь 1966-1967 гг.)

Зоны разгрузки: 1,2,3 - хлоридных, сульфатно-хлоридных и хлоридно-сульфатных натриевых вод; 4 - гидрокарбонатно-хлоридных и хлоридно-гидрокарбонатных натриевых вод; 5-сульфатных, гидрокарбонатно-сульфатных и сульфатно-гидрокарбонатных вод разного катионного состава; 6 - кислые термальное озера; 7 - изотермы по *замерам $T^{\circ}C$ на глубине 0,5 м; I и II - основные участки разгрузки перегретых вод (оз. Фумарольное и Восточное поле)

Основную роль в такой дифференциации, по-видимому, играют следующие процессы: 1) подземное вскипание глубинных гидротерм в очаге разгрузки, сопровождающееся их дегазацией, отделением парагазового дифференциата и его частичной конденсацией; 2) разбавление глубинных гидротерм инфильтрационными и конденсатными водами, отражающееся в закономерном уменьшении минерализации, температуры и содержания характерных компонентов от центра очага разгрузки к периферии; 3) концентрирование гидротермальных растворов вследствие испарения в кипящих водоемах; 4) накопление естественных конденсатов газопаровых струй в бессточных котлах и водоемах (образование кислых конденсатных вод выщелачивания). Появление сульфат-иона связано с процессом окисления H_2S , выносимого парагазовым дифференциатом.

Хлоридно-гидрокарбонатные воды развиваются в краевых частях очага разгрузки при смешении дегазированных хлоридно-натриевых вод с грунтовыми водами. В этом случае снижение температуры глубинной воды, еще до выхода на поверхность, приводит к повышению растворимости CO_2 , в воде возрастает содержание гидрокарбонатного иона. Основные участки разгрузки таких вод - Южный и Теплых болот на Озерном поле, группа источников Цепочка и Парящий Сапожок на Восточном поле. Более сложное формирование имеют, по-видимому, углекислые сульфатно-гидрокарбонатные воды (источник Узонский нарзан). Такой тип вод формируется по периферии термоаномалии в зоне пониженных температур, где глубина циркуляции инфильтрационных вод возрастает. Последние захватывают углекислоту, мигрирующую из зоны высоких температур, преобладающим компонентом в воде становится гидрокарбонатный ион. Сульфатные воды малой минерализации, обрамляющие термоаномалию, образуются при поглощении вторичного пара, несущего сероводород, грунтовыми или поверхностными водами. За пределами современной термоаномалии воды такого состава связаны с участками гидротермального изменения пород и образуются за счет окисления и растворения содержащих серу образований (сульфиды, железа и других металлов, гипс, самородная сера).

Гидрохимические зоны согласуются с тепловой зональностью и фиксируют основные каналы поступления теплоносителя на поверхность. Это подмечено и на крупных гидротермальных системах Курило-Камчатской провинции, Новой Зеландии и особенно отчетливо - на Узоне (табл. 14). Поступление гидротерм к очагу разгрузки и выход их на поверхность, очевидно, происходят по системе вертикальных или близких к вертикальным трещин, что обуславливает концентричность гидрохимических зон.

Таблица 14

Основные химические типы высокотемпературных гидротермальных систем Камчатки

Система	Тип воды			
	I	II	III	IV
Паужетская	$M_{7,8} \frac{Cl_{195}SO_4^3}{Na_{90}K_5}$ T кипения, pH 8,2 Парящий I	$M_{0,6} \frac{SO_4^{86}HCO_3^7}{Na_{72}Ca_{12}Mg_6}$ T 50°, pH 5,8 Южный	$M_{1,6} \frac{(HSO_4 + SO_4) 100}{Al_{40}NH_4^{20}H_{18}}$ T 70°, pH 2,5 II Южно-Камбальное поле	$M_{0,09} \frac{HCO_3^{88}}{NH_4^{48}Na_{26}}$ T 98°, pH 8 Верхне-Термальное поле
Узонско-Гейзерная кальдера Узон	$M_{2,1} \frac{Cl_{94}}{Na_{90}K_5}$ T 84°, pH 8 Гейзеритовый	$M_{1,2} \frac{SO_4^{75}HCO_3^{20}}{Mg_{53}(Na+K)_{38}}$ T 55°, pH 7 Последний	$M_{3,0} \frac{(HSO_4 + SO_4) 100}{Al_{39}H_{37}Fe_{22}}$ T 96°, pH 2,1 Западное термальное поле	$M_{0,96} \frac{HCO_3^{100}}{NH_4^{100}}$ T 95°, pH 8 Восточное термальное поле
Долина Гейзеров	$M_{1,8} \frac{Cl_{85}SO_4^{10}}{Na_{95}}$ T кипения, pH 7,6 Гейзер Великан	$M_{0,6} \frac{SO_4^{86}HCO_3^{14}}{Na_{48}Ca_{43}}$ T 68°, pH 7,2 Участок Нижних Гей- зеров	$M_{1,2} \frac{SO_4^{97}}{(Na+K)_{69}Mg_{12}H_8}$ T 98°, pH 3,5 Участок Верхних Гейзеров	—
Семячичская	—	$M_{2,1} \frac{SO_4^{67}HCO_3^{28}}{Ca_{61}Mg_{31}}$ T 55°, pH 7,5 Межгорная котловина	$M_{0,9} \frac{SO_4^{94}}{Na_{36}NH_4^{33}Al_{20}}$ T 95°, pH 2,3 Вулкан Бурлящий	$M_{0,3} \frac{HCO_3^{100}}{NH_4^{98}}$ T 98°, pH 8 Вулкан Центральный Семячик
Мутновско-Жиров- ская	$M_{0,8} \frac{Cl_{48}SO_4^{36}HCO_3^{21}}{(Na+K)_{99}}$ T кипения, pH 7,9 Нижне-Жировские	$M_{1,0} \frac{SO_4^{80}HCO_3^{19}}{Ca_{79}(Na+K)_{18}}$ T 58°, pH 7,1 Источники Дачные	$M_{0,8} \frac{SO_4^{99}}{Al_{56}H_{14}Ca_{12}}$ T 96°, pH 4 Верхне-Жировское Термальное поле I	—

* Общая минерализация в г/л.

** Ионный состав воды в экв.%. Типы вод: I-слабощелочные хлоридно-натриевые центральных участков разгрузки гидротерм; II-нейтральные и слабо кислые гидрокарбонатно-сульфатные периферийных участков термальных полей; III-кислые сульфатные-конденсатные воды газопаровых струй

В очаге разгрузки нарушение фазовых равновесий в термальных растворах и смена гидрохимической обстановки (от окислительно-восстановительной к резко окислительной) приводит к обильному выпадению из раствора у поверхности минеральных новообразований. Интенсивное гидротермальное изменение пород и минералообразование по трещинам в зоне парообразования оказывает существенное влияние на формы поверхностного проявления гидротермальной активности. Здесь создаются местные водоупорны и локальные ловушки, зарастают старые трещины и возникают новые каналы миграции термальных вод. Эти процессы заметно отражаются на режиме термальных источников, сменяющих со временем дебит, температуру, химический состав или место выхода.

Перераспределение химических компонентов при распаде единого теплоносителя на отдельные фазы в процессе разгрузки гидротерм (жидкая - парогазовая - твердая) позволяет считать, что хлоридная натриевая вода, наблюдающаяся на поверхности, является конечным продуктом химической дифференциации глубинного гидротермального раствора, питающего систему. Этот вывод, видимо, справедлив и для других месторождений гидротерм. Ниже приводятся химические анализы воды по всем хорошо выраженным термальным источникам кальдеры Узон (табл. 15).

Таблица 15

Химический состав вод термальных источников кальдеры Узон (в мг/л)

Номер источника	Термальная площадка, источник	Дебит, л/сек	T, °C	pH	H+	NH ₄ ⁺	(Na+K)	Компоненты минерализации											Общая минерализация	Ионный состав	Дата отпробывания
								Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Fe ⁺⁺	Fe ⁺⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	CO ₂ , газ				
I участок Восточного поля																					
13	Источник Одинокый	0,4	68	5,5	—	6	106	18,7	6,8	Не обн.	Не обн.	99	153	Не обн.	30,2	Не обн.	114	419,7	$\frac{SO_4 49Cl 43HCO_3 8}{Me 71Ca 4Mg 9}$	7/VIII-66	
14	Источник Большая Воронка на площадке Паршиль Сапожок	2,0	66	6,0	—	6	162	26,4	6,8	То же	То же	192	67,2	То же	152	То же	44	612,4	$\frac{Cl 58HCO_3 27SO_4 15}{Me 75Ca 4Mg 6}$	7/VIII-66	
70	Площадка Каскадная. Источник Голубой грифон (на верхней воронке)	Ничтожный	70	6,05 (потенциал)	—	15	586,5	12	16,8	1	»	695	365	»	73	»	35,2	4784,3	$\frac{Cl 68SO_4 27}{(Na+K) 90Mg 5NH_4 3}$	19/VII-67	
71	Озеро Серное	Бессточный	75	5,35 (19° C потенциал)	То же	15	556,6	8	53	1	»	455	792	»	36,6	»	114	1917,5	$\frac{SO_4 55Cl 43}{Me 85Mg 15}$	То же	
72	Площадка Южная. Источник Линейный (чезаре грифона) из грифона на левом берегу ручья Веселого	До 0,1	83	6,5 (19° C потенциал)	»	6	254,6	16	2,4	Не обн.	»	195	278	»	85,5	»	44,5	827,5	$\frac{SO_4 47Cl 42HCO_3 11}{(Na+K) 89Ca 6NH_4 3}$	»	
73	Источник Болотный №2	0,5	65	6,1 (19° C потенциал)	»	3	97,3	38	16,8	То же	»	85	Не обн.	»	293,0	»	132	454,6	$\frac{HCO_3 63Cl 37}{(Na+K) 55Ca 14Mg 18}$	»	
II часток Восточного поля																					
2	Источник Центральный	1,5	94	5,8 (19° C потенциал)	Не обн.	8	1198,3	32	12	Не обн.	Не обн.	1817	175	Не обн.	24,5	Не обн.	79	3258,8	$M_{2,3} \frac{Cl 93SO_4 6}{(Na+K) 94}$	»	
2	Источник Центральный	1,5	92	5,94 (потенциал)	—	6	1191,6	48,8	Не обн.	То же	То же	1858	86,3	То же	24,4	То же	26,4	3215,1	$M_{2,2} \frac{Cl 96}{(Na+K) 95}$	3/VIII-66	
3	Источник Хлоридный котла	Бессточный	84	5,0	—	2,1	1515	48,8	11,3	»	»	2390	76,8	»	12,2	»	44	4056,2	$M_{4,0} \frac{Cl 97}{(Na+K) 95}$	То же	
75	Ручей Хлоридный	—	—	3,0	0,88	10,5	340,4	36	9,6	2	1,5	440	317	»	Не обн.	»	35,2	4157,9	$M_{1,1} \frac{Cl 65SO_4 35}{(Na+K) 78Ca 10NH_5}$	19/VII-66	
74	Источник Тройной	0,4	76	5,6 (19° C потенциал)	Не обн.	12	535,9	28	4,8	1	Не обн.	625	365	»	36,6	»	88	1608,3	$M_{2,1} \frac{Cl 68SO_4 29}{(Na+K) 90Ca 6NH_4 2}$	То же	
5	Источник Воронка	Ничтожный	82	—	—	3	1259,8	30	15,9	Не обн.	Не обн.	1980	67	Не обн.	18,3	Не обн.	52,8	3419,9	$M_{3,4} \frac{Cl 97}{(Na+K) 95}$	4/VIII-66	
6	Источник Желтый	2,1	45	5,56	—	2,1	73,6	26,8	4,8	То же	То же	23,4	67	То же	170	То же	8,8	367,9	$M_{0,4} \frac{HCO_3 56SO_4 26Cl 16}{(Na+K) 84Ca 27Mg 7}$	То же	
81	Площадка Красавица	До 0,3	71	6,5 (19° C потенциал)	Не обн.	6	234,6	20,0	4,8	2	»	170,0	308	»	49	»	35,2	794,4	$M_{0,8} \frac{SO_4 53Cl 40}{(Na+K) 85Ca 9Mg 3}$	19/VII-66	
III участок Восточного поля																					
1 (77)	Источник Бурлящий	1,0	95	7,15 (19° C потенциал)	Не обн.	10	335,8	40	4,8	1	Не обн.	340	288	Не обн.	122	Не обн.	26,4	1141,6	$M_{1,1} \frac{Cl 55SO_4 34HCO_3 11}{(Na+K) 85Ca 11}$	19/VII-66	
21	Источник Опасный (котел № 1)	0,2	90	5	—	0,7	517,3	26,4	18	1	То же	746	192	То же	30,2	То же	26,4	1431,6	$M_{1,4} \frac{Cl 88SO_4 16}{(Na+K) 88Mg 9Ca 5}$	9/VIII-66	
22	Источник Опасный (котел № 2)	0,3	76	—	—	30	459,8	22,6	18,1	Не обн.	»	586	355	»	24,4	»	26,4	1408,9	$M_{1,5} \frac{Cl 68SO_4 30}{(Na+K) 82NH_4 7Mg 6Ca 5}$	9/VIII-66	
23	Источник Пульсарный	0,3	96	6,5 (19° C потенциал)	Не обн.	10	447,2	20	7,2	1	»	142	194	»	36,6	»	17,6	558,0	$M_{0,9} \frac{Cl 46SO_4 46}{(Na+K) 74Ca 12Mg 7}$	19/VII-66	
24	Группа источников Кипящие грифона (Центральная часть площадки на грифона)	0,5	100	5,9	—	30	155	15	4,5	1	»	88,8	365	»	24,4	»	17,6	683,7	$M_{0,7} \frac{SO_4 72Cl 24}{Me 73NH_4 16Ca 7}$	9/VIII-66	
79	Источник Серп	0,8	58	6,4 (19° C потенциал)	Не обн.	2,1	80	20	4,8	Не обн.	»	42,6	86,5	»	122	»	53	358,0	$M_{0,5} \frac{HCO_3 40SO_4 36Cl 24}{(Na+K) 70Ca 20Mg 8}$	19/VII-66	
80	Источник Глубокий в Горляем Логу	0,5	76	6,25 (19° C потенциал)	То же	6	200,1	16	7,2	То же	»	128	259	»	85,5	»	28,4	701,8	$M_{0,7} \frac{SO_4 52Cl 34HCO_3 14}{(Na+K) 84Ca 8Mg 6}$	То же	
34	Источник Кругленький	0,8	80	7	—	4,5	96,5	32,0	14,4	Не обн.	Не обн.	71	9,6	Не обн.	30,5	Не обн.	35,2	503,0	$\frac{HCO_3 69Cl 26SO_4 3}{(Na+K) 58Ca 22Mg 17NH_4 3}$	13/VIII-66	
35	Источник Малыш	0,5	59	6,5	—	0,7	128,7	32,0	9,8	То же	То же	99,4	67,2	То же	231,8	То же	68,4	569,4	$\frac{HCO_3 48Cl 35SO_4 17}{(Na+K) 70Ca 20Mg 10}$	То же	
Площадка Восьмерка																					
18	Озеро Восьмерка (северное озеро)	Бессточный	21	2,3	—	3	260	3,8	4,5	1	9	277	316	Не обн.	Не обн.	Не обн.	202	824,3	$\frac{Cl 49SO_4 54}{(Na+K) 90Fe 4Mg 3}$	7/VIII-66	
19	Озеро Восьмерка (южное озеро)	Бессточный	19	2,5	—	2,1	254	3,8	2,3	Следы	13,2	170	355	Не обн.	Не обн.	Не обн.	256	800,3	$\frac{SO_4 61Cl 39}{(Na+K) 90Fe 6}$	7/VIII-66	
17	Источник Кухонный	Ничтожный	51	5,8	—	6	527	18,7	Не обн.	Не обн.	Не обн.	680	240	То же	36,6	То же	35,2	1488,3	$\frac{Cl 77SO_4 20HCO_3 3}{(Na+K) 85Ca 4}$	То же	
38	Кипящий грифончик около источника Кухонного	То же	96	—	—	10,5	517,7	16	4,8	То же	То же	640	278,4	»	30,5	»	35,2	1497,9	$\frac{Cl 74SO_4 24}{Me 92Ca 4Mg 2}$	13/VIII-66	
Площадка Оранжевая																					
40	Источник Ласковый	0,4	70	6,65	—	3	478,2	3,2	Не обн.	Не обн.	Не обн.	625	172,8	Не обн.	6,1	Не обн.	8,8	1288,3	$\frac{Cl 82SO_4 17}{(Na+K) 92Ca 8}$	13/VIII-66	
39	Источник Сульфатный	Бессточный	90	5,4	—	20	103,2	32	4,8	Не обн.	Не обн.	Не обн.	336	То же	36,6	То же	35,2	532,6	$\frac{SO_4 92HCO_3 3}{Me 59Ca 21NH_4 14Mg 5}$	13/VIII-66	
Площадка Северная																					
62	Источник Черный грифон	0,4	79	6,4 (18° C потенциал)	Не обн.	9	43,7	20	4,8	Не обн.	Не обн.	Не обн.	57,5	Не обн.	159	Не обн.	70,5	294,0	$\frac{HCO_3 68SO_4 32}{(Na+K) 50Ca 23NH_4 13}$	17/VII-66	
63	Источник Большой грифон	1,5	51	4,2 (18° C потенциал)	То же	3	128,5	12	4,8	3	То же	71	211	То же	24,2	То же	88	455,5	$\frac{SO_4 65Cl 29HCO_3 6}{(Na+K) 81Ca 9Mg 6}$	То же	

Озёрное поле (участок оз. Фумарольного)																					
32	Источник Главный грифон	2,0	70	—	—	1	971,6	33,8	2,3	He обн.	He обн.	1492	96	He обн.	12,2	He обн.	300	2808,8	$\frac{Cl95}{(Na+K)95Ca4}$	9/VIII-86	
31	Источник Капшащий	До 0,2	92	—	—	He обн.	752,9	37,6	6,8	То же	То же	1135	57,5	То же	30,4	То же	17,6	2019,2	$\frac{Cl95}{(Na+K)98Ca5}$	То же	
27	Капшащий грифон на берегу оз. Фумарольного	Бессточный	94	4	—	40	160,5	7,5	2,3	»	»	160	163	»	12,2	»	26,4	515,5	$\frac{Cl55SO_443}{(Na+K)88NH_47Ca4}$	»	
29	Озеро Фумарольное в 8 м от берега	—	23	2,6	—	3	531	15	11,3	6	6	620	384	»	He обн.	»	300	1576,3	$\frac{Cl69SO_431}{(Na+K)91Mg_4Ca_3Fe_2}$	»	
28	Ручей Фумарольный (исток)	—	23	3	—	He обн.	547,2	18,8	4,6	2	6	620	384	»	То же	»	300	1582	$\frac{Cl68SO_432}{(Na+K)93Ca_4Mg_1}$	»	
47	Источник Трещинный (площадка Устул)	Начтожный	65	—	—	He обн.	4	95,2	16	He обн.	1	He обн.	56,8	He обн.	»	195	»	17,6	368,0	$\frac{HCO_47Cl33}{(Na+K)86Ca_8NH_4}$	13/VII-6
Участок горы Белой																					
	Источник Второй	0,3	87	7	—	He обн.	2,1	209	3,2	12	He обн.	He обн.	242	He обн.	He обн.	305	He обн.	88	775,3	$\frac{Cl57HCO_442}{(Na+K)77Ca_14Mg_8}$	16/VII-67
	Источник Третий	0,2	64	7	—	То же	2,4	480	40	9,6	»	То же	282	442	То же	403	То же	44	1659,0	$\frac{SO_439Cl_34HCO_428}{(Na+K)88Ca_7}$	То же
	Источник Круглый	До 0,5	41	6	—	He обн.	248,4	32	—	»	»	142	192	»	268	»	149,5	882,4	$\frac{HCO_435SO_432Cl_32}{(Na+K)87Ca_13}$	»	
	Озеро Тихое (в 3 м от юго-западного берега)	—	19	3	1,31	He обн.	183,2	16	9,6	5	2,4	70,5	442	»	He обн.	»	96,7	730,0	$\frac{(HSO_4+SO_4)82Cl_18}{(Na+K)71NH_2Ca_7Mg_7}$	»	

Аналитики В.В. Пономарёв, Г.В. Прохорова, В.С. Тихомиров

Дебит перегретых хлоридно-натриевых вод. Судя по присутствию значительных количеств хлора в некоторых термальных водах источников и озёр, который, как известно, не переносится паром низких параметров, транспортировка тепла из недр аномалии к поверхности осуществляется жидким теплоносителем. Для определения выноса вещества и некоторых теплофизических расчетов интересно установить количество разгружающейся в кальдере воды хлоридно-натриевого состава. Это можно сделать прямым замером дебита источников или по приращению концентрации хлора в водотоке, дренирующем очаг разгрузки. Первый путь исключен из-за наличия скрытого стока термальных вод озера и ручья. Второй путь затруднен из-за большой пестроты химического состава вод. При этом не ясно, какая концентрация хлора должна быть принята для исходных термальных вод. Максимальная концентрация в данном случае «приемлема, так, как заведомо известно, что на поверхность выходят воды с минерализацией, повышенной при пароотделении.

Для расчета концентрации хлора в глубинных водах был определен видимый дебит термальных источников всех химических типов вод и вынос ими хлора, дебит составил 100 л/сек. Оказалось, что источники хлоридно-натриевого и сульфатно-хлоридного состава выносят около 95% общего количества хлора. Средняя концентрация хлора была рассчитана как средневзвешенная для хлоридных и сульфатно-хлоридных вод. Она оказалась равной 0,8 г/л, что совпадает с концентрацией хлора в водах Долины Гейзеров. Далее был подсчитан вынос хлора р. Шумной, дренирующей термальные поля. В пересчете на концентрацию 0,8 г/л общий расход перегретых хлоридно-натриевых вод определяется в 100 л/сек, из них 55 л/сек приходится на источники и 45 л/сек на подземный (грунтовый) сток (табл. 16; см. рис. 28). Эти цифры могут быть использованы для характеристики масштабов современной гидротермальной деятельности (выноса и перераспределения тепла и вещества) в кальдере Узон.

Таблица 16

Соотношение выноса тепла и выноса хлора по отдельным участкам Узонской термоаномалии

Термальный участок, поле	Вынос тепла		Вынос хлора		Дебит перегретых вод, л/сек	
	тыс. калл/сек	% к общему выносу	г/сек	% к общему выносу	фактический*	расчетный**
Восточное поле:	41,1	64,2	19,4	25,5	21,2	25
I участок	11,1	17,2	3,3	4,3	2,0	—
II участок	12,7	20,0	15,2	20,0	17,4	—
III участок	17,3	27,0	0,9	1,2	1,8	—
Участок оз. Фумарольного	16,2	25,3	20,0	26,2	23,0	25
Итого	57,3	89,5	39,4	51,7	44,2	50
Другие термальные участки	6,7	10,5	3,8	5,0	4	5
Все источники	64,0	100,0	43,2	56,7	48,2	55
Скрытая разгрузка в оз. Центральное	—	—	33,0	43,3	—	45
Термоаномалия в целом	64,0	—	76,2	—	—	100

* Условно принятый за суммарный хлоридных и сульфатно-хлоридных вод.

** При исходной концентрации хлор-иона 0,8г/л