



УДК 550.42.47:551.214

А. Г. Николаева, Г. А. Карпов, Ю. Д. Кузьмин

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
e-mail: ocean@kscnet.ru*

Оценка изменения гидрогеохимического состояния озера Карымского и термальных источников в кальдере Академии Наук за период 2006–2012 гг.

Рассматривается динамика изменения гидрогеохимических характеристик водной массы озера Карымское, кратера Токарева и термальных источников обрамления Карымского озера за период 2006–2012 гг. Установлена тенденция ощелачивания вод озера и понижения его минерализации. Отмечено сужение площади температурного поля в районе разгрузки Пийповских термальных источников.

Введение

Состояние Карымского озера и термальных источников детально изучалось после катастрофического извержения в озере в 1996 г. [2, 3, 4, 6]. В работе [3] было показано, что с 2000 г. наблюдается явный тренд восстановления гидрохимических параметров озера. В настоящей работе дается их последующая оценка по данным гидрогеохимических исследований 2006–2012 гг.

В течение всего периода полевых работ в 2012 г. наблюдались чаще газовые выбросы Карымского вулкана. (рис. 1), нежели пепловые, что говорит об изменении фазы деятельности вулкана и, возможно, о её затухании.

В 2012 г., при облёте Карымского озера, отмечалось изменение цвета воды с бирюзово-синего, как это было в прежние годы, на зеленовато-серый. Это позволяет предположить существенные измене-

ния в химическом составе озёрной воды, например, уменьшение содержания SO_4 .

В ходе наших ежегодных режимных наблюдений за состоянием Карымского озера рассматриваются вариации гидрохимического состава его воды по двум станциям (S_1 , расположенной в центре подводного кратера Токарева и S_2 — в центре озера), а также состояние солевой и термической характеристик термальных источников в обрамлении озера (рис. 2).

В истоках русла р. Карымская снизилась температура воды и заметно увеличилась колония нитевидных зелёных водорослей. Водородный показатель здесь достиг значений 7,0 (рис. 3). Расход воды в реке снизился до величины, равной $1,2 \text{ м}^3/\text{с}$.

К нейтральным значениям стремится водородный показатель в поверхностных водах озера ($pH = 6,00$) и кратера ($pH = 6,74$). В отличие от них, водородный показатель глубинных вод водоёма все ещё находится ниже значений 6,00. Возможными причинами замедленного ощелачивания озера являются: 1) двухразовое сезонное перемешивание его водных масс, 2) практическое отсутствие сильных штормовых ветров, способных вовлечь в процесс интенсивного перемешивания глубинный массы.

На фоне данных предыдущих наблюдений, сделанных в течение 1984–2006 гг., рассмотренных в работе [3], в 2006–2012 гг. отмечалось дальнейшее снижение (в разы) содержаний практически всех компонентов солевого состава (за исключением повышения HCO_3), как в водной толще озера (см. табл. 1 и 2), так и в истоках единственно вытекающей из него р. Карымская, что говорит о понижении общей минерализации и ощелачивании вод водоёма.

Среди компонентов солевого состава, как видно на графиках рис. 4, выделяются особенно Cl, менее Na и HCO_3 , в снижении значений которых наблюдается слабая динамика, на протяжении всего периода



Рис. 1. Вид на газовый выброс влк. Карымский.

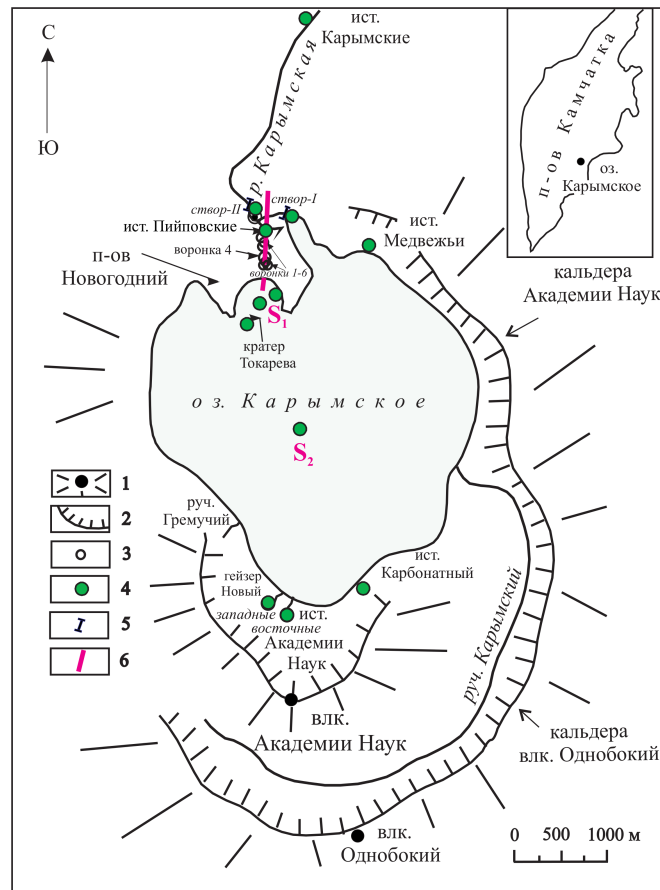


Рис. 2. Схема расположения кальдеры Академии Наук. 1 – вулканические постройкки; 2 – кальдеры; 3 – воронки (просадочные и взрывные); 4 – термальные источники; 5 – гидрологические створы на р. Карымская; 6 – направление разрыва 1996 г. На врезке показана карта Камчатки с районом работ.

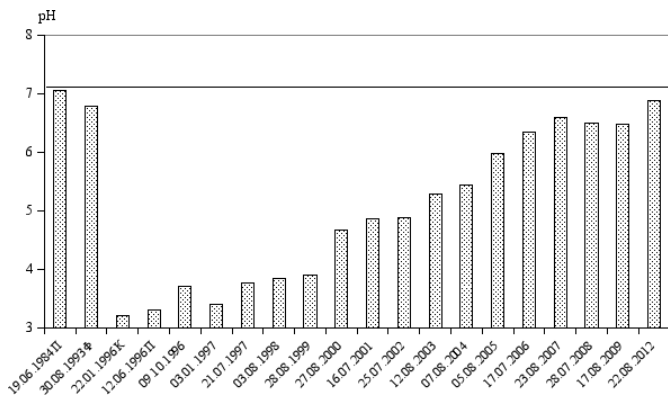


Рис. 3. Динамика изменения рН в истоках р. Карымской по данным наблюдений в период 1984–2012 гг.

наблюдений, хотя общая тенденция их снижения всё в отмечается. По всей вероятности, это указывает на остаточные поступления флюидных потоков из глубинных зон кальдерной постройкки.

Очевидны изменения и в характере деятельности термальных источников кальдеры Академии Наук. От взрывных воронок, трассирующих зону трещиноватости на полуострове Новогодний, по которой после катастрофического события в озере

(1996 г.) к поверхности поднялись высокотемпературные гидротермы [5, 8], остались лишь незначительные углубления. По всей вероятности, прекратили свою деятельность или замыслись слоем осадочного материала с северного борта кальдеры. Пляжные источники (см. рис. 1), расположенные в северном обрамлении кратера Токарева. Температура воды в них на 2012 г., практически, сравнялась с температурой поверхностной воды кратера (16–18°С в августе месяце).

Заметно уменьшилась гидротермальная деятельность Пийповских источников (рис. 5), что выразилось в снижении их температуры, дебита, минерализации, интенсивности выхода спонтанного газа, а также в сужении площади распространения температурного поля вокруг трещины 1996 г. Расход ручья Горячий, дренирующего разгрузку горячих вод этих источников, составлял на 2012 г. около 15 л/с, против 45–50 л/с в первые годы после катастрофического извержения (1996 г.) в озере.

В районе распространения Береговых источников (юго-восточный сектор оз. Карымское) в 2012 г. отмечено прекращение деятельности источника Сердитый, но вместе с тем, поблизости появился новый высокотемпературный ($t = 90^{\circ}\text{C}$) выход с низким дебитом, равным 0,2 л/с.

Таблица 1. Данные наблюдений за основным солевым составом (мг/л) в озере Карымское в летнее время за 1984-2012 гг. на режимной станции — S_1 (центр оз. Карымское)

Н, м	1984	1993	1996	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Na^+																
0	10,4	14,0	79,0	66,7	48,6	58,1	49,5	47,0	45,6	—	—	44,1	—	—	—	38,0
10	—	—	71,0	65,6	50,0	57,8	49,5	48,0	47,3	49,6	—	43,9	41,4	—	—	38,0
20	—	—	82,0	68,4	60,1	60,2	58,0	48,9	48,6	44,5	—	44,1	41,4	—	—	38,0
30	—	—	74,0	69,3	60,8	61,8	58,4	48,9	51,2	44,5	—	44,1	41,4	—	—	-
40	—	—	70,0	70,9	61,3	61,5	57,8	49,1	54,2	45,2	—	44,1	42,3	—	—	38,6
50	—	—	82,0	75,0	61,2	61,5	58,0	51,0	54,2	45,2	—	46,0	45,5	—	—	-
60	—	—	79,4	71,8	61,0	62,7	58,3	56,2	55,1	—	—	48,6	46,0	—	—	40,5
K^+																
0	1,6	0,84	20,0	8,0	6,0	6,5	6,4	6,5	5,6	—	—	4,6	—	—	—	3,9
10	—	—	17,5	7,6	6,5	6,5	6,4	6,5	5,5	4,9	—	4,6	4,4	—	—	3,9
20	—	—	19,8	8,5	7,6	6,8	7,0	6,6	5,7	4,6	—	4,6	4,4	—	—	4,0
30	—	—	15,0	8,6	7,5	7,0	7,1	6,6	6,1	4,6	—	4,6	4,4	—	—	-
40	—	—	16,8	8,6	7,6	7,2	7,1	6,7	6,3	4,6	—	4,6	4,7	—	—	4,0
50	—	—	15,0	9,1	7,7	7,2	7,2	6,9	6,6	4,6	—	5,3	4,7	—	—	-
60	—	—	18	9,0	7,7	7,5	7,3	7,1	6,5	—	—	5,3	5,1	—	—	4,1
Ca^{2+}																
0	1,6	6,0	64,0	35,3	28,1	29,7	28,1	25,6	22,4	—	—	18,4	—	—	—	16,8
10	—	—	64,2	38,0	30,0	28,9	28,1	26,4	23,2	20,4	—	20,4	16,4	—	—	16,8
20	—	—	65,0	38,0	37,7	31,3	32,0	26,4	24,0	24,1	—	19,6	17,2	—	—	17,2
30	—	—	64,1	40,0	38,0	33,7	32,1	26,4	24,8	24,1	—	19,6	32,9	—	—	-
40	—	—	64,0	42,0	37,7	33,7	32,3	26,4	25,6	23,2	—	20,0	17,2	—	—	17,6
50	—	—	64,1	42,0	37,6	34,5	32,7	27,2	25,6	—	—	19,6	18,4	—	—	-
60	—	—	65,0	42,0	37,7	35,3	32,9	27,2	25,6	20,8	—	19,2	18,4	—	—	18,4
Mg^{2+}																
0	0,5	1,6	15,1	8,5	7,3	8,8	7,8	6,8	5,8	—	—	3,4	—	—	—	4,1
10	—	—	15,0	13,3	8,0	9,7	7,8	6,3	6,3	6,1	—	3,7	3,9	—	—	4,4
20	—	—	15,1	13,3	9,7	9,7	8,4	6,3	6,8	5,4	—	2,9	4,4	—	—	4,4
30	—	—	15,0	13,3	9,5	9,7	8,3	6,3	7,3	5,4	—	3,9	4,4	—	—	-
40	—	—	15,1	12,1	9,7	9,7	8,3	6,3	7,3	5,4	—	3,7	4,6	—	—	3,9
50	—	—	15,5	12,1	12,0	9,2	8,3	6,3	7,8	6,8	—	3,9	3,9	—	—	-
60	—	—	17,0	12,1	22,9	9,2	8,3	6,3	7,8	—	—	4,6	3,9	—	—	3,9
Cl^-																
0	8,5	21,3	45,0	43,1	37,6	41,8	41,1	42,2	35,2	—	—	36,2	—	—	—	32,6
10	—	—	44,7	45,1	—	41,8	41,1	42,2	38,3	39,1	—	37,6	36,9	—	—	34,7
20	—	—	52,0	47,2	46,1	44,0	44,0	42,2	37,6	35,5	—	36,9	36,9	—	—	34,7
30	—	—	41,8	49,4	—	45,4	45,4	42,5	41,4	35,5	—	36,9	37,6	—	—	-
40	—	—	52,1	47,2	—	45,4	46,0	42,5	41,8	35,5	—	36,9	39,0	—	—	34,7
50	—	—	40,2	51,8	46,8	45,4	47,1	44,0	43,3	35,5	—	36,9	39,7	—	—	-
60	—	—	50,0	49,4	46,8	47,7	48,2	47,2	43,3	—	—	39,1	40,4	—	—	36,9

Окончание Таблицы 1.

Н, м	1984	1993	1996	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
SO_4^{2-}																
0	3,8	4,8	351,0	201,7	153,7	172,9	148,9	153,7	134,5	—	—	101,8	—	—	—	67,2
10	—	—	400,0	211,3	137,0	163,3	148,9	153,7	134,5	129,6	—	103,7	86,5	—	—	76,8
20	—	—	358,0	220,9	182,5	182,5	175,0	153,7	144,1	127,7	—	103,7	96,1	—	—	76,8
30	—	—	350,0	230,5	202,0	201,7	177,7	153,7	158,5	127,7	—	103,7	96,1	—	—	-
40	—	—	517,0	240,1	211,3	211,3	172,0	153,7	163,3	127,7	—	105,6	100,9	—	—	86,5
50	—	—	390,0	240,1	214,0	211,3	176,0	158,5	163,3	128,6	—	107,5	105,7	—	—	-
60	—	—	391,0	240,1	220,9	211,3	187,3	163,3	163,3	—	—	107,5	105,7	—	—	86,5
HCO_3^-																
0	35,1	22,0	0,0	0,0	1,2	2,4	0,6	0,0	2,6	—	—	6,1	—	—	—	15,9
10	—	—	0,0	0,0	1,1	2,4	0,6	0,0	2,6	2,4	—	7,3	11,0	—	—	15,9
20	—	—	0,0	0,0	1,0	2,4	0,6	0,2	2,6	6,1	—	8,5	9,8	—	—	14,6
30	—	—	0,0	0,0	0,6	2,4	0,6	0,0	2,6	6,1	—	6,1	9,8	—	—	-
40	—	—	0,0	0,0	0,6	2,4	0,6	0,2	3,8	3,7	—	6,1	11,0	—	—	14,0
50	—	—	0,0	0,0	0,6	2,4	0,6	0,2	3,8	—	—	11,0	11,0	—	—	-
60	—	—	0,0	0,0	0,6	2,4	0,6	0,2	3,8	—	—	11,0	11,0	—	—	14,0
Минерализация, в мг/л																
0	109,6	140,0	985,0	501,0	424,0	463,3	519,0	481,3	370,1	—	—	315,0	—	—	—	294,1
10	—	—	—	510,0	471,0	443,5	520,0	481,5	379,5	363,6	—	322,9	349,1	—	—	305,2
20	—	—	—	560,0	512,0	473,1	524,5	482,3	392,1	369,4	—	325,7	347,5	—	—	297,9
30	—	—	—	564,0	539,0	500,8	535,0	503,9	423,4	360,1	—	325,1	351,1	—	—	-
40	—	—	—	556,0	529,0	512,3	530,0	495,5	446,8	353,7	—	326,6	354,4	—	—	303,1
50	—	—	—	570,0	547,0	515,6	541,1	486,1	448,1	342,8	—	335,8	356,6	—	—	-
60	—	—	—	578,0	592,0	513,0	594	528,3	477,2	—	—	340,2	349,0	—	—	311,2

Примечание. Анализы выполнены в гидрохимической группе ЦХЛ ИВиС ДВО РАН. Аналитик. С. В. Сергеева.

Н м — глубина водного слоя; « — » — нет данных.

Данные за 1984 г. взяты из [7], 1993 и 1996 гг. — из [9], 2000–2006 гг. — из [3], 2002 и 2004 гг. — предоставлены С. В. Ушаковым.

Таблица 2. Данные наблюдений за основным солевым составом (мг/л) в озере Карымское в летнее время за 1984-2012 гг. на режимной станции — S1 (центр подводного кратера Токарева).

Н, м	1996	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Na⁺														
0	72,0	66,1	59,8	51,6	52,8	55,7	45,1	55,5	40,9	43,4	37,2	—	—	30,8
10	60,0	68,1	63,82	52,5	52,8	56,3	47,3	57,31	42,9	43,62	41,6	—	—	30,8
20	61,0	68,5	67,85	52,5	56,8	56,9	50,3	56,79	43,9	46,8	45,1	—	—	31,5
30	60,0	74,6	67,0	54,0	60,4	62,3	55,9	58,37	49,6	49,16	45,3	—	—	—
40	58,0	72,0	67,6	57,8	60,0	63,6	57,2	61,82	51,2	49,16	46,0	—	—	33,8
50	60,0	72,4	67,0	58,1	60,5	64,2	56,8	—	50,4	49,16	46,7	—	—	—
60	51,0	71,0	65,38	60,0	62,1	64,8	56,4	62,3	51,2	49,16	46,7	—	—	42,3
K⁺														
0	10,5	7,1	4,6	8,8	6,4	6,5	5,4	5,9	4,6	4,5	4	—	—	3,9
10	10,2	7,8	5,1	7,6	6,4	6,5	5,4	4,9	4,6	4,6	4,3	—	—	4,0
20	17,0	7,3	5,4	7,9	6,9	6,5	6,3	5,1	4,6	4,6	4,7	—	—	4,0
30	10,2	7,8	6,0	8,0	7,7	6,5	6,4	5,1	4,9	5,3	4,9	—	—	—
40	10,3	7,8	6,8	8,5	7,5	6,8	6,6	5,5	5,4	5,3	5	—	—	4,3
50	10,0	7,9	7,3	—	7,7	7,1	7,0	—	5,1	5,3	5	—	—	—
60	9,8	7,7	8,0	8,8	7,8	7,1	6,7	5,2	5,3	5,3	5	—	—	4,4
Ca²⁺														
0	66,0	36,0	30,5	30,5	28,9	26,4	21,6	21,6	19,6	18,4	12,8	—	—	16,4
10	66,2	36,4	33,7	30,5	28,9	28,1	23,2	21,6	20,4	18,4	15,2	—	—	16,4
20	67,0	40,4	36,9	30,5	31,0	28,1	24,8	21,6	20,4	19,6	16,8	—	—	17,2
30	64,6	40,1	37,0	32,9	32,1	29,7	27,2	22,9	23,7	20,4	32,9	—	—	—
40	65,0	39,2	37,5	34,5	32,5	29,7	28,1	24,1	22,8	20,0	18,4	—	—	18,4
50	65,0	39,7	37,9	34,5	32,1	29,7	28,1	—	23,6	20,4	18,8	—	—	—
60	67,0	40,1	38,5	35,3	33,0	29,7	28,1	23,3	23,6	20,4	18,4	—	—	18,4
Mg²⁺														
0	14,8	10,2	8,8	8,3	7,3	7,3	6,3	4,9	3,9	3,4	3,4	—	—	5,8
10	14,9	7,7	8,8	8,3	7,3	6,8	6,3	5,4	3,7	4,6	3,9	—	—	5,8
20	15,0	7,7	9,7	7,3	7,8	9,7	8,3	5,4	3,7	4,6	4,9	—	—	5,8
30	14,5	10,2	9,9	8,3	8,3	8,8	7,3	5,4	3,4	4,8	4,4	—	—	—
40	14,7	9,7	10,2	9,2	8,8	8,8	7,3	4,9	5,1	4,8	4,1	—	—	6,1
50	14,8	10,0	11,3	9,7	9,2	8,8	6,8	—	5,1	4,1	4,4	—	—	—
60	15,2	10,2	12,2	10,2	9,0	8,3	6,8	5,8	3,1	3,9	4,9	—	—	3,9
Cl⁻														
Н, м	1996	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0	40,0	44,6	40,4	44,7	41,8	39,7	35,3	39,0	41,2	36,9	32,6	—	—	34,7
10	39,1	43,9	43,3	42,6	41,8	41,1	37,6	40,4	43,3	36,9	36,2	—	—	34,8
20	39,9	48,2	45,4	43,3	45,0	41,8	40,4	41,1	43,3	37,6	39,7	—	—	35,5
30	39,3	46,1	44,1	46,1	48,2	44,7	45,4	44,0	49,7	37,6	40,4	—	—	—
40	39,4	48,2	46,2	49,7	48,7	46,1	45,4	44,0	49,7	39,1	41,4	—	—	37,6
50	35,5	48,9	48,6	—	49,3	46,1	44,7	—	44,7	39,1	41,8	—	—	—
60	35,7	51,1	49,6	49,7	50,0	47,5	44,7	44,7	48,9	39,1	41,8	—	—	37,6

Окончание Таблицы 2.

Н, м	1996	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
SO_4^{2-}														
0	378,0	201,7	172,9	182,5	—	163,3	134,5	115,3	103,7	101,8	76,8	—	—	63,9
10	359,0	201,7	192,1	172,9	158,5	163,3	134,5	123,0	108,5	105,6	96,1	—	—	66,3
20	343,0	211,3	211,3	182,5	163,2	168,1	144,1	123,0	113,4	108,5	105,7	—	—	67,2
30	340,0	230,5	215,0	192,1	187,3	168,1	163,3	123,0	116,2	113,3	105,7	—	—	—
40	400,0	230,5	220,1	192,1	185,0	168,1	163,3	130,6	119,0	115,2	105,7	—	—	72,5
50	350,0	220,0	225,4	197,5	187,3	168,1	163,3	—	115,2	115,2	110,5	—	—	—
60	351,0	211,3	230,5	201,7	190,0	168,1	163,3	153,7	127,6	114,2	110,5	—	—	76,8
HCO_3^-														
0	0,0	4,3	3,0	2,4	1,2	1,0	3,8	1,2	—	6,1	11,0	—	—	17,1
10	0,0	2,4	2,4	2,4	1,2	1,02	2,6	4,9	—	7,3	12,2	—	—	14,6
20	0,0	2,4	1,8	2,4	1,0	1,2	3,8	—	—	7,3	11,0	—	—	14,6
30	0,0	2,4	1,6	2,4	0,6	2,4	3,8	—	—	8,5	11,0	—	—	—
40	0,0	3,7	1,5	2,4	0,7	2,4	3,8	—	—	7,3	12,2	—	—	14,6
50	0,0	2,6	1,0	2,4	0,6	2,4	3,8	—	7,3	7,3	12,2	—	—	—
60	0,0	2,4	0,6	2,4	0,6	1,2	3,8	—	—	8,5	13,4	—	—	13,4
Минерализация, в мг/л														
0	692,0	517,1	319,3	465,3	470,0	520,7	370,3	454,2	311,5	316,2	301,7	—	—	335,6
10	—	520,0	349,2	460,9	471,8	527,7	371,3	425,5	318,2	322,8	348,8	—	—	346,0
20	—	547,8	378,4	455,5	578,0	548,5	397,8	587,3	324,9	331,0	384,5	—	—	362,7
30	—	575,0	—	499,9	603,2	553,9	439,8	603,2	348,1	344,1	404,0	—	—	—
40	—	565,1	—	486,4	603,8	561,0	445,8	622,9	352,3	346,2	389,1	—	—	357,4
50	—	542,3	—	492,8	604,7	561,8	464,0	—	350,9	346,9	395,2	—	—	—
60	—	529,2	630,8	511,6	607,0	580,2	451,4	467,4	360,4	351,0	412,5	—	—	332,1

Примечание. Анализы выполнены в гидрохимической группе ЦХЛ ИВиС ДВО РАН. Аналитик. С. В. Сергеева.
 Н м — глубина водного слоя; « — » — нет данных.
 Данные за 1984 г. взяты из [7], 1993 и 1996 гг. — из [9], 2000–2006 гг. — из [3], 2002 и 2004 гг. — предоставлены С. В. Ушаковым.

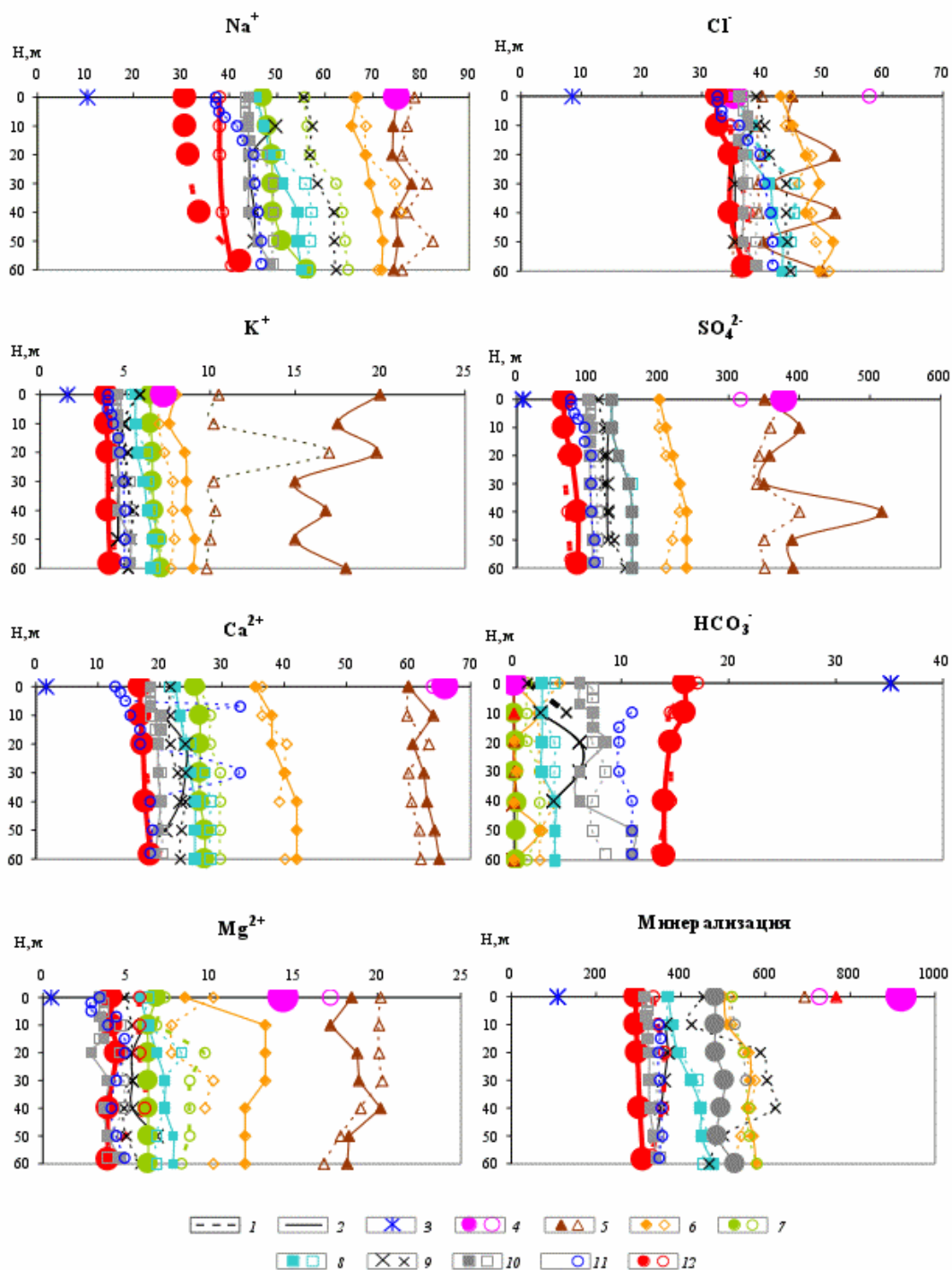


Рис. 4. Концентрации компонентов химического состава воды оз. Карымское по данным режимных наблюдений на станциях S_1 и S_2 за 1984–2012 гг.: 1 – ст. S_1 (центр подводного кратера Токарева); 2 – ст. S_2 (центр оз. Карымское); 3 – данные за 1984 г.; 4 – (зима) 1996 г.; 5 – (весна) 1996 г.; 6–2000 г.; 7–2004 г.; 8–2005 г.; 9–2006 г.; 10–2008; 11–2009; 12–2012 г. (жирная линия).



Рис. 5. Вид на разгрузку Пийповских термальных источников в левом борту руч. Горячий.

В западной группе источников Академии Наук (южный сектор озера), отмечено сокращение периода покоя между извержениями у гейзера Новый и увеличение в нём расхода воды по сравнению с данными [2, 3].

На месте расположения некогда кислого грязевого котла Западного пульсирующего (Западная группа ист. Академии Наук) зафиксирована разгрузка слабощелочных вод. По всей вероятности, к этому (соседнему с гейзером Новым) объекту стало поступать больше $Cl-Na$ воды.

Таким образом, прекращение деятельности Пляжных источников, единичные выходы спонтанного газа в районе Пийповских источников и снижение их дебита, сокращение температурного поля и выравнивание в нём температурных значений, уменьшение минерализации воды в термальных источниках и в воде кратера Токарева, следует понимать как продолжение последовательного ослабления гидротермальной деятельности на полуострове Новогоднем, связанного с постепенным сжатием термовыводящей зоны субмеридионального направления, возникшей в 1996 г.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 11-05-00 572.

Список литературы

1. Андреев В. И., Николаева А. Г. Экологический эффект извержений вулкана Карымский и кратера Токарева (Восточная Камчатка) по данным наблюдений за 1996–2008 гг. // Вулканология и сейсмология. 2012. № 6. С. 3–17.
2. Вакин Е. А., Пилипенко Г. Ф. Гидротермы Карымского озера после подводного извержения 1996 г. // Вулканология и сейсмология. 1998. № 4. С. 3–27.
3. Карпов Г. А., Лупкина Е. Г., Николаева А. Г., Бычков А. Ю., Лапицкий С. А., Николаева И. Ю. Динамика изменения гидрогеохимических характеристик, теплового режима и биоценозов пресных и термальных вод бассейна озера Карымское после катастрофического подводного извержения 1996 г. в кальдере Академии Наук (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2008. № 4. С. 17–31.
4. Карпов Г. А., Николаева А. Г., Лупкина Е. Г., Бортникова С. В., Ушаков С. В. Особенности гидрохимического и геохимического состава вещества бассейна озера Карымское в посткатастрофический период (1996–2005 гг.) / Сборник докладов по геофизическому мониторингу Камчатки. Материалы научно-технической конференции 17–18 января 2006 г., Петропавловск-Камчатский. 2006. С. 207–217.
5. Леонов В. Л. Поверхностные разрывы, связанные с землетрясением и извержениями произошедшими в Карымском вулканическом центре 1–2 января 1996 г. // Вулканология и сейсмология 1997. № 5. С. 113–129.
6. Николаева А. Г., Карпов Г. А., Лупкина Е. Г., Ушаков С. В. Эволюция солевого состава воды термальных источников и Карымского озера после извержения 1996 г. // Сборник докладов материалов ежегодной конференции, посвящённой дню вулканолога 30 марта – 1 апреля 2005 г., Петропавловск-Камчатский. 2005. С. 37–47.
7. Пилипенко Г. Ф. Гидротермы Карымского вулканического центра на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1989. № 6. С. 85–101.
8. Федотов С. А. Об извержениях в кальдере Академии Наук и Карымского вулкана на Камчатке в 1996 г., их изучение и механизм // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 3–38.
9. Фазлуллин С. М., Ушаков С. В., Шувалов Р. А. и др. Подводное извержение в кальдере Академии Наук (Камчатка) и его последствия: гидрологические, гидрохимические и гидробиологические исследования // Вулканология и сейсмология. 2000. № 4. С. 19–32.