

торым ручей Кислый впадает в реку Светлую. Этот угол определяет активную площадь соприкосновения водных масс, что влияет на характер перемешивания водотоков в зоне контакта, т.е. на степень протекания реакции образования ГО.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (№ 97-05-65035 и № 01-05-65108).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карданова О.Ф., Карпов Г.А. Условия образования и типы парагенетических ассоциаций глиноземистых осадков Кихпиньчского долгоживущего вулканического центра (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2000. № 3. С. 15-34.

УДК 550.461, 550.462, 551.214, 551.215.6

СПОНТАННЫЕ ГАЗЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ КАЛЬДЕРЫ АКАДЕМИИ НАУК

Д.Ю. Кузьмин, В.И. Андреев, Г.А. Карпов

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский
devis@kscnet.ru, karpovga@kscnet.ru, via@kscnet.ru

Представлен материал исследования газового состава термальных источников в кальдере вулкана Академии Наук после катастрофического извержения в северном секторе Карымского озера, включающий несколько десятков анализов спонтанных газов, отобранных авторами в период 1997-2006 гг. Рассмотрена динамика изменения газового режима за 10-летний период после извержения 1996 года. Обсуждаются вопросы генезиса, возраста и классификации спонтанных газов гидротерм, их сходства и различия, возможная связь вариаций состава газов с активностью Карымского вулкана, с геотектонической приуроченностью термальных источников.

В кальдере Академии Наук выходы термальных вод и спонтанных газов- «источники Академические» были известны ранее [3, 9, 13]. Извержение и последующее образование кратера Токарева 02.01.1996, предвалявшееся и сопровождавшееся сейсмотектонической активизацией, вызвало образование ряда новых термопроявлений, в том числе, сформировавшихся в результате извержения на полуострове Новогодне Пийповских источников, а также новых газо-гидротермальных выходов в южном, юго-восточном, северо-восточном и северном секторах бассейна Карымского озера.

Геотектоническое положение термальных источников. Источники Академии Наук и источники бухты Желанной (рис. 1) приурочены к зоне разлома субмеридионального направления, выделенной по данным аэромагнитной съемки и геологическому строению [4,

5, 10]. Эта зона включает плейстоценовые вулканы Академии Наук и Лагерный, голоценовый вулкан Карымский и современный кратер Токарева с его отложениями. Ранее известные источники кальдеры Карымского вулкана, расположенного в 6 км. севернее озера, также примыкают к этой зоне (но, расположены в нескольких сотнях метров западнее ее оси и, возможно, приурочены к оперяющим трещинам).



Рис. 1. Схема расположения точек отбора газовых проб: 1- ручей Горячий, точка № 1; 2 – правый берег р. Карымской, (источник № 3); 3 – источник «Бурлящий»; 4 – пляж кратера Токарева; 5 – источники Академии наук, восточная ванна; 6 – выходы в озере около источников Академии наук; 7- бухта «Желанная»; 8 – Медвежий пляж.

Вмещающие породы, через которые проходят каналы термальных вод и спонтанных газов у источников Академии Наук и источники бухты Желанной – скальные породы андезито-дацитового состава, слагающие постройку разрушенного вулкана Академии Наук. Источники, приуроченные к полуострову Новогодному и Пийповские источники, выходят на дневную поверхность из рыхлых пород с бомбово-шлако-песчановым материалом базальтового состава, сформировавших кратер Токарева. Источник Бурлящий, расположенный непосредственно в русле реки Карымская находится в осевой части зоны разлома и выходит на земную поверхность из пирокластических пород дацитового состава, изверженных вулканами Однобоким и Академии Наук. Источники Медвежьи примыкают к зоне разлома с северо-востока и, по-видимому, трассируют молодые кольцевые трещины. Вмещающими породами для них также являются пирокластические породы вулканов Однобокого и Академии Наук.

Возраст термальных источников, по-видимому, различен. Источники Академии Наук являются самыми древними из описываемых. Кроме данных спорово-пыльцевого анализа в комплексах вмещающих пород (~100 тыс. л) и определений абсолютного возраста обломков ксеногенных обсидианов по трекам деления урана (~30 тыс. л.), имеющих к источникам лишь косвенное отношение, приблизительный возраст этих источников можно оценить по мощности толщи гейзеритов, обнажения которых наблюдается недалеко от гейзера «Ста-

рый». Видимая мощность этой толщи порядка 3.5 метров. Скорость отложения гейзеритов, по нашим наблюдениям, не более 0.1 мм в год. Отсюда следует, что эти источники действуют порядка 30-35 тыс. лет. Источники Береговые в восточном секторе кальдеры Академии Наук разгружаются преимущественно под водой и пока мало исследованы. Судя по сравнительно мощной (не менее 1 м) толще глинистых измененных пород в нескольких метрах южнее главных выходов источников, они также действуют продолжительное время.

Среди источников, связанных с кратером Токарева, некоторая неопределенность во времени появления имеется в отношении источников Медвежьего пляжа (источники Умновские). Ранее 1996 г. в холодное время года, вдоль будущего Медвежьего пляжа, также, периодически возникала полынья (по устному сообщению Г. Ф. Пилипенко). Возможно, это свидетельствует о ранее проявлявшейся гидротермальной деятельности в месте возникновения этих источников. Пийповские источники имеют бесспорно самый молодой возраст. Время их существования пока насчитывает около 11 лет.

Методы отбора и анализа проб. Пробы отбирались методом вытеснения в бутылки объемом 0.125, 0.25 и 0.5 литра [7]. Анализ газа проводили на хроматографах ЛХМ-8 МД (модель 3) и «Газохром 3101». На ЛХМ-8 МД определялись O_2 , N_2 , CO_2 , CO , H_2 (катарометр, газ-носитель гелий, сорбенты — молекулярные сита 5А (Linde) и порapak Q (Watens Associates) и углеводороды C_1 - C_6 (пламенно-ионизационный детектор, сорбент алюмогель, обработанный NaOH). На хроматографе «Газохром 3101» с высокой чувствительностью определяли H_2 и CO_2 (детектор по теплоте сгорания, сорбент — уголь АГ-3). Результаты анализов сведены в таблице по годам, по времени и месту отбора проб. Концентрации даны в объемных процентах. Аналитики Шапарь В.Н и Гарцева Л.Н. (ИВиС ДВО РАН).

Результаты исследований и их обсуждение Состав свободных газов гидротерм является важнейшей геохимической характеристикой состояния гидротермальной системы. Как сказано выше, после извержения 1996 года в бассейне Карымского озера появились многочисленные новые термопроявления с выходами газов. Произошла и некоторая перегруппировка выходов гидротерм [1, 2, 6, 8].

Места расположения источников бассейна Карымского озера можно разделить на три основных группы: 1) Источники Академии Наук, (точки №№ 5, 6 рис 1.); 2) Выходы газов в акватории озера, (точки №№ 4, 6, 7, 8, там же); 3) Пийповские источники (точки №№ 1, 2, 3 там же). Точка № 6 расположена в зоне термальной разгрузки источников Академии Наук, на удалении 1.5-2 м от берега.

Новообразованные Пийповские источники, в основном, группируются в районе ручья Горячего и немного ниже по течению реки Карымская (точки №№ 1, 2, 3) [11, 12]. Несколько выходов отмечено в русле реки Карымская после впадения в нее ручья Горячий. На протяжении времени наблюдения (1997-2006 гг.) эта группа претерпела достаточно сильные из-

менения в расположении выходов и интенсивности разгрузки источников. Наиболее представительная точка постоянного отбора в ручье Горячий (точка № 1) характерна большим содержанием метана (до 57.4 % об. в 2001 г.), углекислого газа и азота. С 2000 г. по 2004 г. содержание CO₂ в этом выходе уменьшилось почти втрое (см. табл.).

Таблица. Состав свободных газов термальных источников и зон разгрузок бассейна Карымского озера

№ п.п.	Дата отбора	T, °C	Состав свободных газов, об. %												
			He	H ₂	O ₂	N ₂	Ar	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	iC ₄ H ₁₀	nC ₄ H ₁₀
x10 ⁻⁶															
Ручей Горячий, точка № 1															
1	05.04.97 ²	83	н.о.	н.о.	0.6	23.8	0.38	31.8	41.9	3000	2140	80.0	20.0	2.0	1.0
1	21.07.97 ²	80	н.о.	н.о.	0.8	29.7	0.49	21.9	54.6	3220	2360	90.0	20.0	2.0	1.0
1	03.07.98	н.д.	н.о.	н.о.	1.3	57.3	0.88	10.3	30.3	н.о.	н.о.	47.0	45.0	14.0	17.0
1	14.04.00	76	0.0055	н.о.	1.1	33.5	0.80	14.4	50.3	н.о.	н.о.	5.2	500	н.о.	н.о.
1	30.06.00	н.д.	0.002	0.0009	1.4	36.7	0.98	9.44	51.5	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	23	109
1	20.04.01	80	н.о.	н.о.	1.8	52.1	0.81	7.21	38.0	-	1200	60.6	66.8	н.о.	н.о.
1	25.04.01	70	0.001	0.0002	1.0	33.1	0.74	14.3	50.9	н.о.	н.о.	н.о.	392	8.2	11.7
1	16.07.01	76	0.001	н.о.	1.2	31.8	0.82	8.69	57.4	н.о.	н.о.	н.о.	17.4	6.1	7.8
1	10.05.02	62	0.0011	н.о.	0.2	52.5	1.27	4.44	41.5	-	-	62.4	60.9	7.3	12.8
1	26.07.02	н.д.	0.011	н.о.	0.0	35.0	0.94	9.12	54.9	-	-	49.5	88.9	4.2	8.7
1	28.03.03	н.д.	н.о.	н.о.	1.0	38.8	1.09	9.84	49.2	н.о.	н.о.	87.0	34.9	8.0	7.1
1	27.07.03	н.д.	0.0011	н.о.	1.4	46.9	1.20	5.49	45.0	н.о.	н.о.	25.9	6	6.3	8.5
1	29.07.03	78	0.0022	н.о.	0.9	49.5	1.50	0.10	48.0	н.о.	н.о.	н.о.	50.5	16.8	16.4
1	23.08.03	н.д.	0.0033	н.о.	1.6	43.0	1.07	6.02	48.3	н.о.	н.о.	28.0	5.0	6.5	7.3
1	13.10.04	65	сл.	0.002	1.9	77.2	1.49	5.12	14.6	-	-	211.6	27.2	20.8	24.1
1	20.07.05	67	0.0013	н.о.	3.0	82.5	1.63	4.09	8.8	-	-	68.0	8.7	9.8	17.6
1	23.07.06	69	0.0014	н.о.	1.4	66.8	1.22	1.24	16.2	-	-	21.0	2.8	4.9	7.0
1	24.07.06	68	0.0014	н.о.	1.6	71.2	1.35	1.52	12.7	-	-	52.5	6.6	9.8	11.2
1	25.07.06	69	0.0014	0.0012	2.0	71.3	1.35	1.09	13.6	-	-	52.5	6.6	9.8	11.2
Правый берег р. Карымской, напротив ручья Горячего.															
2	29.04.99	89	0.0055	н.о.	1.3	30.4	0.31	67.7	0.29	1900	120	80.0	43.0	21.0	22.0
2	30.06.00	98	0.011	0.002	8.8	82.7	1.10	7.13	0.27	н.о.	53.0	132	19.0	9.3	11.0
2	16.07.01	87	0.006	0.125	3.7	60.6	1.34	33.9	0.30	1814	н.о.	98.4	14.5	14.2	17.2
2	01.04.03	98	н.о.	н.о.	2.1	68.6	1.61	27.5	0.22	1460	89.8	113.1	10.1	27.9	25.7
2	23.08.03	99	0.01	0.086	1.8	75.7	1.54	20.7	20.7	705	40.6	81.5	н.о.	н.о.	н.о.
Источник "Бурлящий"															
3	05.04.97 ²	92	0.004	н.о.	0.9	20.5	0.30	78.1	0.200	1740	170	40.0	20.0	27.0	30.0
3	20.07.97 ²	90	0.007	0.005	1.5	39.7	0.52	58.2	0.050	700	н.о.	50.0	30.0	71.0	71.0
3	29.04.99	97	0.0099	0.00026	5.2	74.8	1.45	18.1	0.368	6300	390	160	30.0	51.0	43.0
3	30.06.00	н.д.	0.006	0.048	3.2	66.4	1.14	29.0	0.143	н.о.	144	132	25.3	6.0	7.5
3	14.10.00	н.д.	0.011	0.001	4.7	81.7	1.88	11.1	0.561	-	-	269	15.3	23.6	28.0
3	19.04.01	н.д.	0.011	н.о.	4.1	77.7	1.73	16.1	0.312	400	14.4	68.2	4.2	15.0	15.5
3	17.07.01	92	н.о.	0.0002	4.9	84.3	1.77	8.8	0.234	н.о.	н.о.	119.7	8.1	21.9	28.0
3	10.05.02	н.д.	0.0154	н.о.	2.5	89.9	1.87	5.5	0.177	292	н.о.	104	2.8	19.1	24.0
3	26.07.02	н.д.	0.011	н.о.	0.4	81.9	1.67	15.7	0.300	-	809	101	8.6	19.6	23.9
3	01.04.03	н.д.	н.о.	н.о.	1.9	84.9	1.71	11.2	0.194	903	14.7	48.7	2.0	13.9	9.5
3	27.07.03	н.д.	0.0143	0.0002	2.4	88.1	1.54	7.7	0.198	175	34.8	114	1.0	1.26	1.41
3	12.10.04	н.д.	0.009	н.о.	2.3	84.3	1.50	11.6	0.277	1148	246	222	2.0	52.1	37.0
3	20.07.05	н.д.	0.0019	н.о.	2.5	85.6	1.62	10.1	0.143	280	5.63	117	1.36	27.7	30.6
3	26.07.06	н.д.	0.0081	н.о.	2.5	93.9	1.73	1.7	0.220	553	н.о.	7.4.0	22.0	33.2	н.о.
Пляж кратера Токарева															
4	28.05.98	н.д.	0.0025	н.о.	4.8	92.2	1.08	1.7	0.238	1380	н.о.	69.0	4.5	20.0	19.0
4	08.05.99	н.д.	0.001	0.0005	1.8	94.1	1.72	2.2	0.168	430	н.о.	69.0	13.0	19.0	17.0
4	12.04.00	н.д.	0.001	н.о.	2.9	94.0	1.57	1.5	0.055	н.о.	426	56.0	13.0	3.9	4.9
4	20.08.00	н.д.	н.о.	н.о.	2.6	95.4	1.51	0.5	0.162	н.о.	н.о.	46.0	10.0	9.2	13.0
4	25.04.01	н.д.	0.002	н.о.	2.0	95.8	1.51	0.6	0.079	480	20.3	44.3	4.4	10.9	10.8
4	17.07.01	н.д.	н.о.	н.о.	2.2	95.5	1.42	0.8	0.058	н.о.	0	32.8	4.4	6.6	6.3
4	27.07.03	н.д.	0.0055	н.о.	2.1	95.6	1.50	0.7	0.089	6.3	9.28	0.864	н.о.	н.о.	н.о.

Таблица. Окончание

№ п.п.	Дата отбора	Т, °С	Газовый состав свободных газов, об. %												
			He	H ₂	O ₂	N ₂	Ar	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	iC ₄ H ₁₀	nC ₄ H ₁₀
4	14.10.04	н.д.	сл	н.о.	1.3	93.6	1.42	3.2	0.542	н.о.	н.о.	60.0	2.0	10.4	9.3
4	27.07.06	н.д.	0.002	н.о.	1.7	92.6	1.36	4.2	0.158	н.о.	н.о.	н.о.	52.5	8.8	18.7
Источники Академии наук, восточная ванна															
5	30.06.84 ¹	н.д.	-		14.7	62.0	1.33	21.7	0.17	н.о.	-	-	-	-	-
5	01.09.95	н.д.	0.0016	0.002	18.9	75.3	1.57	4.2	0.03	-	-	-	-	-	-
5	04.05.96 ²	68	н.о.	н.о.	18.8	78.3	1.50	1.3	0.05	1200	н.о.	60.0	10.0	1.0	21.0
5	03.07.98	87	н.о.	н.о.	19.9	73.5	0.32	6.3	0.02	103	51.0	7.4	30.0	н.о.	н.о.
5	11.10.00	80	0.0022	0.002	21.7	73.1	1.48	3.8	0.04	н.о.	н.о.	10.6	7.6	1.1	2.1
5	20.04.01	80	н.о.	н.о.	25.3	72.3	1.49	0.7	0.15	70.4	16.4	6.1	5	1.2	1.7
5	17.07.01	78	н.о.	н.о.	20.6	71.1	1.46	6.7	0.06	н.о.	н.о.	5.7	14.5	1.1	1.6
5	26.07.02	82	н.о.	н.о.	22.2	70.2	1.13	6.5	0.01	17.2	7.1	2.6	4.1	0.8	0.7
5	28.03.03	н.д.	н.о.	н.о.	20.9	70.5	1.40	7.2	0.03	374	58.7	20.2	14	0.5	4.8
5	01.04.03	н.д.	н.о.	н.о.	22.3	72.8	1.56	3.2	0.05	201	34.4	20.9	5.5	1.1	3.3
5	22.08.03	н.д.	н.о.	0.005	20.8	68.1	1.36	9.1	0.64	205	17.4	2.6	н.о.	н.о.	н.о.
5	17.10.04	82	н.о.	н.о.	24.9	73.3	1.23	0.5	0.07	220	39	15.5	13.6	3.1	3.7
5	17.10.04	82	н.о.	н.о.	24.1	74.1	1.23	0.5	0.07	220	41	16.2	12.8	3.1	3.7
5	20.07.05	75	н.о.	н.о.	24.3	67.5	1.34	6.8	0.03	18.2	9.0	4.4	3.1	0.33	0.94
5	27.07.06	79	0.0014	0.0014	19.1	76.2	1.51	3.1	0.13	57.8	6.6	12.6	0.9	4.9	2.2
Выходы в озере около источников Академии Наук															
6	29.04.01	н.д.	0.001	0.003	2.5	10.4	0.29	86.0	0.90	н.о.	н.о.	6.6	14.5	1.1	1.1
6	17.07.01	н.д.	н.о.	н.о.	2.2	14.1	0.40	82.0	1.30	н.о.	н.о.	24.6	24.6	1.1	1.6
6	28.03.03	н.д.	н.о.	н.о.	1.6	25.3	0.74	71.9	0.42	н.о.	н.о.	10.1	1.2	22.5	53.3
6	22.08.03	н.д.	0.001	0.0008	4.4	35.8	0.93	56.5	1.00	н.о.	н.о.	4.3	н.о.	н.о.	н.о.
6	30.07.06	50	0.0014	0.0008	5.4	29.3	0.73	63.5	0.96	н.о.	н.о.	131.3	0.5	3.4	15.5
Бухта "Желанная"															
7	01.08.97	н.д.	н.о.	0.002	2.9	31.0	0.32	65.6	0.18	320	200	32	2.8	1.9	6.8
7	31.07.02	н.д.	н.о.	н.о.	1.5	15.9	0.31	82.1	0.15	н.о.	н.о.	13.5	4.3	1.9	0.7
7	28.03.03	н.д.	н.о.	н.о.	1.7	15.6	0.26	82.2	0.26	1743	н.о.	19.5	3.9	1.1	2.9
7	26.08.03	н.д.	0.001	н.о.	1.4	28.2	0.50	68.9	1.06	0.009	0.047	13.8	н.о.	н.о.	н.о.
7	13.10.04	н.д.	0.003	0.0005	1.3	32.1	0.64	64.5	1.52	22794	н.о.	98.4	12.4	7.8	9.3
7	27.07.06	н.д.	0.0027	н.о.	1.1	22.5	0.49	74.6	1.26	н.о.	594	18.5	4.4	8.8	15.4
Медвежий пляж															
8	20.05.96 ²	37	0.002	0.0057	8.7	87.8	1.14	2.3	0.001	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	2
8	20.08.97 ²	49	н.о.	0.0003	10.7	87.7	0.88	0.7	0.002	н.о.	10	н.о.	н.о.	н.о.	1
8	30.06.00	н.д.	0.001	н.о.	6.0	91.5	1.64	0.9	0.051	н.о.	81	12	1.5	0.2	0.3
8	01.04.03	н.д.	н.о.	н.о.	1.7	94.4	1.81	1.9	0.092	279	11.2	27.7	0.7	5.4	6.7
8	01.04.03	н.д.	н.о.	н.о.	1.9	93.8	1.82	2.4	0.090	250	11.2	29.2	0.7	5.4	6.7
8	26.08.03	н.д.	0.002	н.о.	3.6	92.2	1.43	2.8	0.011	н.о.	н.о.	0.3	н.о.	н.о.	н.о.

Примечание. ¹ – данные взяты из [9], ² – данные взяты из [11], н.о. – компонент не обнаружен, н.д. – нет данных, сл. – следы, - - компонент не определяли. Аналитики В.Н. Шапарь и Л.Н. Гарцева (ИВиС ДВО РАН)

Высокотемпературный источник Бурлящий (источник № 2, первоначальное название «Джакузи»), в котором температура в месте выхода достигала более 100°С, был очень интенсивным выходом горячей воды с обильным газоотделением в центре дна реки Карымской на глубине около 1.5 метра, но со временем утратил свою активность. Если сразу после образования в 1996 году выходы газа здесь были очень интенсивными и пульсирующими, с большим дебитом воды и газа, то к 2007 году этот выход почти прекратил свою деятельность и в месте выхода осталось только с десятков слабых струй из пузырьков свободного газа на площади около 4 м². Со временем в составе спонтанных газов описываемого источника наблюдается уменьшение содержания CO₂ и CH₄ и увеличение азота (см. табл.).

В течение нескольких лет, с 1999 г., на правом берегу, на изгибе реки Карымской, напротив устья ручья Горячего, сформировалась прогретая площадка с активными выходами парогазовой смеси (источник № 3). С каждым годом этот участок все более активизируется, возможно, из-за большего обводнения. Температура газо-гидротермальных выходов в намытых отложениях более 100°C. Здесь также отмечается высокое содержание CO₂ в газовой фазе (см. табл.).

Из таблицы также видно, что источники Пийповской группы («Бурлящий», точка № 1 и источник № 3), находящиеся непосредственно на разломе субмеридионального простиранья, обогащены аргоном и имеют незначительное количество кислорода. Так же почти во всех пробах этой группы обнаружен гелий в достаточно большом количестве. Можно предположить об участии в питании этих выходов мантийной флюидной составляющей.

Выходы спонтанных газов в кратере Токарева практически полностью состоят из азота, но количество аргона в них превышает воздушное содержание почти в два раза. Здесь же в пробах обнаружен гелий. Схожая картина наблюдается и для выходов источников на Медвеьем пляже. Время появления этих источников коррелируется с извержением 1996 года. Можно предположить, что они связаны с высачиванием флюидов, в составе которых, по видимому присутствует мантийная составляющая, контаминированная воздушными газами. На протяжении времени наблюдения (1997-2006гг.) состав спонтанных газов этих источников меняется слабо (см. таблицу, Медвежий пляж).

Отдельно от газосодержащих источников северного сектора озера можно рассматривать выходы свободного газа в группе источников Академии Наук и выходы в бухте Желанной. Источники Академии Наук представлены двумя видами газирующих терм – выходы в горячих ваннах с температурой порядка 80°C и выше, и выходы на дне озера, как и в бухте Желанной, вдоль береговой линии [5, 6]. Причем температура в месте выхода под водой на глубине 40-50 сантиметров составляет порядка 50°C (при температуре воды в озере от 4 до 15°C, в зависимости от времени года).

Выходы вдоль береговой линии около источников Академии Наук и в бухте Желанной, большей частью состоят из CO₂ и N₂ (см. табл.). Газовые струи около бухты Желанной разрозненно выходят на большой площади вдоль берега и местами на большой глубине (вплоть до 60 м). В составе газов отмечается превалирование оксида углерода над азотом.

Состав газов, выходящих в восточных ваннах источников Академии Наук очень близок к воздушным. Содержание кислорода в них даже выше, чем в воздухе над озером. В воде из восточных ванн состав растворенного газа почти идентичен составу свободных газов. Можно предположить, что это атмосферные газы, внесенные в горячий резервуар метеорными водами, а затем высвободившиеся в кипящих котлах источников Академии наук. Но в то же время обращает на себя внимание наличие в них большого количества аргона, избыточ-

ного по отношению к воздуху. Это может свидетельствовать о наличии в них магматической составляющей. Как показывают наблюдения, газовый состав этих выходов не меняется на протяжении нескольких десятков лет. Даже извержение в озере не повлияло, ни на газовый, ни на химический состав этих источников. По-видимому, можно говорить об отдельном очаге теплового и вещественного питания этой группы источников.

На основе данных анализов были построены треугольные диаграммы состава газа. Наиболее информативные диаграммы представлены на рисунке 2. Коэффициенты для этих диаграмм подобраны таким образом чтобы наиболее полно отобразить изменения в источниках со временем и площади расположения фигуративных точек состава этих источников.

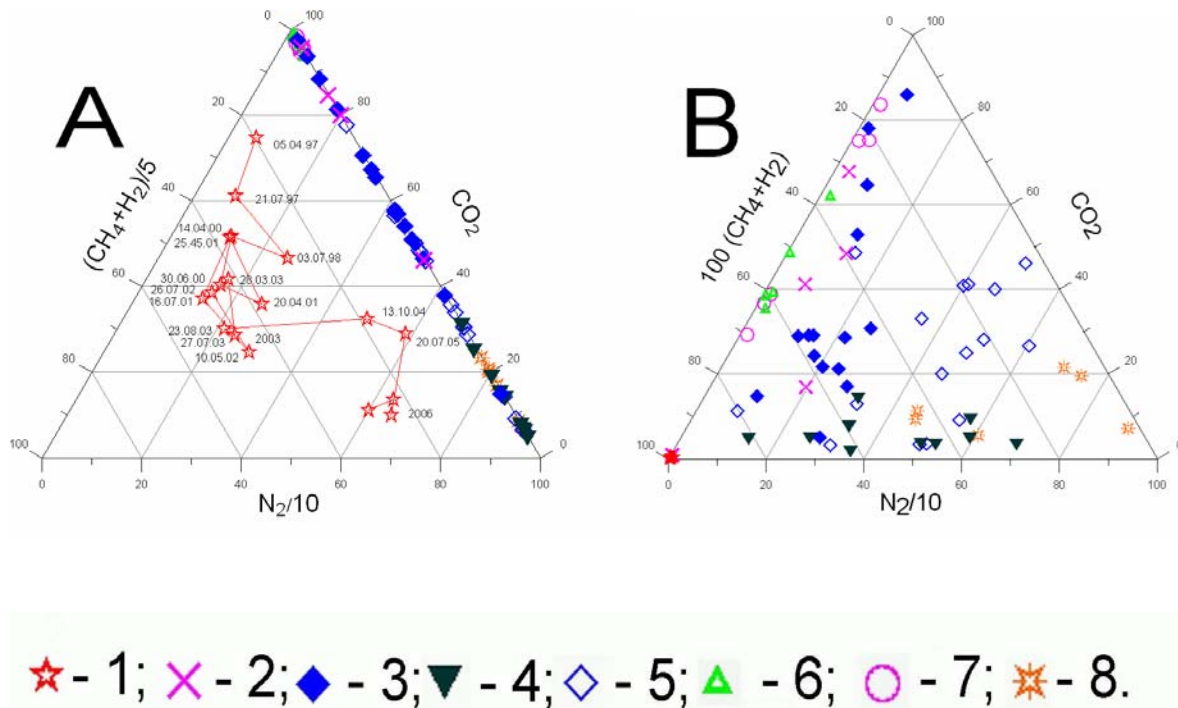


Рис. 2. Треугольные диаграммы относительных концентраций компонентов в свободных газах: А – $(\text{CH}_4+\text{H}_2)/5$, CO_2 и $\text{N}_2/10$; В - $100(\text{CH}_4+\text{H}_2)$, CO_2 и $\text{N}_2/10$; Условные обозначения точек отбора проб те же, что и на рис. 1.

Анализ диаграмм показывает, что состав источников достаточно индивидуален. Фигуративные точки разных источников довольно хорошо группируются. Как видно из рис. 2А, газовый состав источников ручья Горячего (точка № 1) претерпевает во времени закономерную эволюцию в сторону увеличения содержания азота и уменьшения содержания углекислого газа. В источнике «Бурлящий» содержание CO_2 со временем сильно падает. Почти на всех диаграммах очень кучно находятся фигуративные точки источников Академии Наук. Это, по-видимому, свидетельствует о постоянстве режима питания этих источников.

Как видно из рис. 2В, фигуративные точки газового состава источников составляют некоторое подобие полей в определенной области треугольной диаграммы, что подтверждает стабильность условий формирования газового состава источников.

Выводы Анализ представленного материала показывает, что состав газовых выходов источников Академии Наук очень близок к составу воздуха. Содержание кислорода в этих источниках составляет порядка 19-23 % об. от общего состава. Это можно объяснить тем, что атмосферный воздух с метеорными водами по трещинам проникает в глубинные прогретые зоны, где при нагреве происходит высвобождение свободных газов. Для большей уверенности в этом процессе необходимо изучить изотопный состав вод озера, метеорных вод и воды горячих источников Академии Наук. Очевидно, на состав газов источников Академии Наук извержение, произошедшее в озере в 1996 году, существенно не повлияло. Исходя из этого, можно предположить, что состав свободных газов источников Академии Наук и других групп рассмотренных источников обусловлен разными факторами.

Генезис метана в источниках ручья Горячего пока не ясен. Возможно он образуется в результате восстановления CO_2 водородом. Это косвенно подтверждается большим содержанием этого компонента в близлежащих источниках (источник «Бурлящий» и источник №3). Концентрация углекислого газа со временем и в источнике «Бурлящий», и в источниках ручья Горячего (Точка №1) сильно упала, что коррелируется с изменением содержания метана. Также нельзя пренебрегать возможностью биогенного происхождения метана, так как дно ручья Горячего покрыто матами термофильных водорослей.

Исследование динамики вариаций свободных газов за время наблюдения показало общее уменьшение содержания CO_2 в рассматриваемых источниках, особенно в источниках Пийповской группы, за исключением источников бухты Желанной и Медвежьего пляжа и источников Академии Наук. Это можно рассматривать как показатель различной реакции областей питания источников на геотектонические и, возможно, вулканические факторы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 05-05-64789 «Источники вещества и механизмы формирования микроэлементного и изотопного состава вулканогенных флюидных систем Камчатки».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакин Е.А., Пилипенко Г.Ф. Гидротермы Карымского озера после подводного извержения 1996 г. // Вулканология и сейсмология. 1998. № 2. С. 3-28.
2. Вергасова Л.П., Карпов Г.А., Лупикина Е.Г., Андреев В.И., Надежная Т.Б. Постэруптивная деятельность в кальдере Академии Наук (Камчатка): Минеральные новообразования, содержание радона в спонтанных газах и биотические изменения // Вулканология и сейсмология. 1998. № 2. С. 3-28.
3. Влодавец В.И. Вулканы Карымской группы // Труды вулканостанции АН СССР. Вып. 3. 1947. С. 3-46

4. Иванов Б.В. Извержение Карымского вулкана в 1962-1965 гг. и вулканы Карымской группы. М.: Наука, 1970. 135 с.
5. Карпов Г.А., Бортникова С.Б., Кузьмин Д.Ю., Андреев В.И., Николаева А.Г. Геохимия гидротерм кальдеры Академии Наук (Камчатка). // Гидрогеология и геохимия вод складчатых областей Сибири и Дальнего Востока. Сборник материалов совещания 11.09.2003-15.09.2003, Владивосток. – Дальнаука. Владивосток. 2003. С. 108-117.
6. Карпов Г.А., Николаева А.Г. Лупкина Е.Г., Бортникова С.Б., Кузьмин Ушаков С.В. Особенности гидрохимического и геохимического состава вещества бассейна озера Карымского в посткатастрофический период (1996-2005) // Геодинамический мониторинг Камчатки. Материалы научно-технической конференции 17-18 января 2006г. Петропавловск-Камчатский. 2006. С. 207-216.
7. Методическое пособие по отбору и анализу проб природных газов. Л.: Недра, 1969. 160 с.
8. Муравьев Я.Д., Федотов С.А., Будников В.А., Озеров А.Ю., Магуськин М.А., Двигало В.Н., Андреев В.И., Иванов В.В., Карташова Л.А., Марков И.А. Вулканическая деятельность в Карымском центре в 1996 г.: вершинное извержение Карымского вулкана и фреато-магматическое извержение в кальдере Академии Наук // Вулканология и сейсмология. 1997. №5. С. 38-71.
9. Пилипенко Г.Ф. Гидротермы Карымского вулканического центра на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1989. № 6. С. 85-102.
10. Ривош Л.А., Штейнберг Г.С. Геофизическое изучение Камчатских вулканов // Геология и геофизика. 1963. № 7. С. 17-30.
11. Рожков А.М., Фазлуллин С.М., Марков И.А., Шапарь В.Н. Газы гидротерм Карымского вулканического центра // Вулканология и сейсмология. 2001. № 6. С. 58-67.
12. Федотов С.А., Муравьев Я.Д., Иванов В.В., Леонов В.Л., Магуськин М.А., Гриб Е.Н., Озеров А.Ю., Карпов Г.А., Фазлуллин С.М., Шувалов Р.А., Лупкина Е.Г., Ушаков С.В. Извержение в Кальдере Академии Наук и Карымского вулкана в 1996-1997 гг. Их воздействие на окружающую среду // Сб. Глобальные изменения природной среды. Новосибирск. Изд-во СО РАН НИЦОИГГМ. 1998. С. 127-145.
13. Хренов А.П., Дубик Ю.М., Иванов Б.В., Овсянников А.А., Пилипенко В.П., Таран А.Ю., Фирстов П.П., Чирков А.М. Эруптивная деятельность вулкана Карымский за 10 лет (1970-1980 гг.) // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 29-48.