

И. З. ИВАНОВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ПОБОЧНЫХ ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОЙ СОПКИ И ШИВЕЛУЧА

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ОТЧЕТ

Проводимые мною в течение двух лет наблюдения над деятельностью фумарол побочных вулканов Ключевской сопки (см. Бюллетень Вулкано-логической станции на Камчатке, № 1, 1937, и № 3, 1938) показывают, что интенсивность фумарол в последнее время значительно усилилась. Наблюдается в некоторых случаях увеличение содержания водяных паров и отдельных газовых компонентов в выделениях фумарол, а также повышение температуры фумарол. Указанное явление необходимо считать следствием возрастания деятельности самого Ключевского вулкана, из основного кратера которого происходят частые извержения (начиная с апреля 1937 г.), сопровождающиеся излиянием лавы, выбрасыванием бомб, пепла и больших количеств паров и газов.

При тщательном рассмотрении приводимой ниже сводки анализов газов можно подметить некоторую зависимость интенсивности выделения паров воды и других компонентов газовой смеси от времени года: повышенное выделение воды происходит в большинстве случаев в марте, а, например, хлористого водорода — в мае.

Как видно из табл. 1, максимальное содержание воды в 18-й фумароле падает на март, а содержание хлористого водорода, окиси углерода и водорода, соответственно — на июль, май, и июнь. То же примерно наблюдается и для других фумарол. Интенсивность их действия в 1937 г. возросла.

Если обратиться к газам, выделяющимся из кратеров Ключевской и Толбачинской сопки и из фумарол вулкана Шивелуч (см. табл. 2, 3 и 4), то мы видим, что состав газообразных продуктов перечисленных вулканов отличается от состава газов, выделяющихся из фумарол побочных вулканов, как в качественном, так и в количественном отношении. Так, газ, взятый из фумаролы в лаве Ключевской сопки и из фумаролы вулкана Шивелуч, характеризуется значительным содержанием угольной кислоты и сероводорода, а газ, взятый из кратера сопки Плоский Толбачик, на ряду с угольным ангидридом, содержит сернистый газ. Кроме того, в фумаролах вулкана Шивелуч выделяется большое количество водяных паров — около 85%.

Таблица I

## СВОДКА АНАЛИЗОВ ГАЗОВ ФУМАРОЛ ПОБОЧНЫХ ВУЛКАНОВ

	Время взятия пробы	Температура фумарола в °С	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси, в %							Примечание
			H <sub>2</sub> O	HCl	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> и др.	
Кратер Туйла. Фумарола № 51	1937 г.									
	21 IV	420	35.7	—	—	20.87	1.01	—	78.12	H <sub>2</sub> O на этой таблице и во всех остальных в миллиграмм. на 1 л газа Возгоны: NaCl FeCl <sub>3</sub>
	22 V	400	9.2	0.149	—	19.23	2.71	0.38	77.53	
	12 VI	420	19.2	0.101	—	19.72	0.81	0.53	78.84	
	28 VII	400	66.0	0.039	—	19.93	0.27	—	79.76	
Кратер Туйла. Фумарола № 6	1935 г.									Возгоны: NH <sub>4</sub> Cl, FeCl <sub>3</sub> , F <sub>2</sub> , SO <sub>4</sub>
	5 XI	325	7.63	0.0359	—	20.23	0.41	0.27	79.05	
	25 XII	325	12.9	0.24	—	20.15	—	0.07	79.54	
	1937 г.									
	28 I	360	8.8	—	—	20.54	0.41	0.49	78.56	
	18 II	400	80.3	0.0079	—	20.42	0.39	0.014	79.27	
	28 III	400	48.9	0.0056	—	19.13	1.50	0.42	78.89	
	21 IV	430	—	—	—	18.68	1.50	—	79.89	
	22 V	460	12.4	0.258	—	19.26	0.059	0.59	79.83	
	12 VI	410	16.7	0.146	—	20.57	0.28	—	79.00	
28 VII	450	13.2	0.105	—	20.48	0.25	0.12	79.04		
Кратер Туйла. Фумарола № 11	1936 г.									В возгонах найдены: NH <sub>4</sub> Cl, FeCl <sub>3</sub> , NaCl, CuCl <sub>2</sub>
	5 XI	300	4.11	—	—	19.89	0.24	0.12	79.75	
	24 XII	280	8.5	0.0037	—	20.01	0.17	0.16	79.63	
	1937 г.									
	23 I	250	3.1	—	—	20.49	0.44	0.65	78.42	
	18 II	220	3.8	0.0178	—	20.80	0.46	0.24	78.48	
	28 III	185	6.3	—	—	21.12	0.69	—	78.18	
	21 IV	210	11.2	0.014	—	20.73	—	—	79.26	
	24 V	195	7.0	—	—	20.28	0.25	1.17	78.30	
	12 VI	200	8.0	0.024	—	20.16	1.09	0.80	77.93	
28 VII	200	10.0	0.017	—	20.34	0.57	0.17	78.90		

<sup>1</sup> Для указанной фумаролы № 5 определен дебит газа, который выражается числом 36.5 см<sup>3</sup> газа и проходит через трубку, диаметром в 0.8 см в одну минуту при нормальных условиях.

(Продолжение)

	Время взятия пробы	Температура фумарол в °С	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси, в %							Примечание
			H <sub>2</sub> O	HCl	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> и др.	
Кратер Туйла. Фумарола № 16	1936 г.									
	5 XI	325	3.46	0.0337	—	12.32	1.9	0.29	85.45	
Кратер Туйла. Фумарола № 17	5 XI	400	3.06	0.073	—	21.16	0.15	0.11	78.51	В возгонах найдены: FeCl <sub>3</sub> , MgCl <sub>2</sub> , MgCO <sub>3</sub>
	24 XII	380	4.4	0.13	—	20.01	—	—	79.26	
	1937 г.									
	23 II	380	3.9	—	—	18.56	0.38	0.25	80.81	
	18 II	400	4.3	0.019	—	21.52	0.23	—	78.23	
	28 II	350	44.5	—	—	18.46	0.369	0.246	80.92	
	22 IV	360	7.4	0.02	—	21.01	0.32	0.18	78.57	
	24 V	340	52.7	0.433	—	19.24	0.79	0.69	78.85	
	12 VI	340	18.2	0.069	—	20.00	—	0.99	78.94	
28 VII	325	13.3	0.19	—	20.11	—	—	79.70		
Кратер Туйла. Фумарола № 18	1936 г.									
	5 XI	440	7.14	—	—	19.28	0.42	0.34	79.96	В возгонах найдены: FeCl <sub>3</sub> , F <sub>2</sub>
	24 XII	420	7.5	0.031	—	20.57	0.57	0.038	78.79	
	1937 г.									
	21 I	420	2.3	—	—	17.62	2.97	0.36	79.05	
	19 II	420	12.9	—	—	20.05	0.67	0.28	79.00	
	28 III	410	106.8	0.011	—	21.31	—	0.78	77.89	
	22 IV	350	7.2	0.008	—	20.74	—	0.63	78.62	
	24 V	440	24.5	0.101	—	21.12	4.77	0.46	73.55	
12 VI	440	13.6	0.085	—	21.80	0.28	1.64	76.19		
28 VII	430	15.8	0.125	—	21.44	0.34	1.03	77.06		
Кратер Туйла. Фумарола № 19	1936 г.									
	5 XI	500	4.54	0.0798	—	25.55	0.27	0.53	73.57	В возгонах найдены: CuCl <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> Cl, NaCl
	24 XII	475	9.4	—	—	23.12	0.38	0.45	76.05	
	24 I	460	6.4	—	—	21.07	0.215	1.06	78.71	
	19 II	460	4.2	0.037	—	20.36	0.67	0.94	77.99	
	28 III	420	7.4	—	—	20.23	0.54	—	79.23	
	21 IV	450	1.8	0.0043	—	20.45	0.61	0.37	78.57	
	24 V	435	—	—	—	20.84	1.27	0.35	78.54	
	12 VI	440	7.3	0.024	—	21.19	5.46	—	73.33	
28 VII	400	13.6	0.366	—	21.73	—	—	77.90		

(Продолжение)

	Время взятия пробы	Температура фумарол в °С	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси, в %							Примечание	
			H <sub>2</sub> O	HCl	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> и др.		
Кратер Киргурич. Фумарола № 1	1936 г. 23 XII	250	11.7	—	—	20.03	0.06	0.50	79.41	В возгонах найдены: Na <sub>2</sub> , SiF <sub>6</sub>	
	1937 г.	22 I	170	19.8	—	—	20.66	0.68	0.36		79.72
		17 II	160	15.2	0.022	—	21.21	—	0.31		78.46
		20 IV	150	19.0	0.014	—	21.35	—	0.54		78.10
		21 V	140	21.2	0.018	—	21.30	0.23	0.54		77.91
		11 VI	145	18.2	0.012	—	21.4	0.17	0.59		77.83
		Кратер Киргурич. Фумарола № 2	1936 г. 23 XII	250	0.2 мг	—	—	21.03	—		0.74
1937 г.	22 I		165	19.85	—	—	20.17	0.026	0.078	79.72	
	17 II		210	4.4	0.024	—	20.82	—	—	79.16	
	20 IV		250	9.4	0.01	—	21.10	—	—	78.89	
	21 V		255	26.1	0.045	—	19.86	0.47	0.11	79.54	
	11 VI		255	31.4	0.030	—	20.02	0.45	0.20	79.30	

При подъеме 20 июля 1937 г. к кратеру Ключевской сопки группы лиц из 4 человек совместно с геологом А. А. Меняйловым, последним была взята проба газа из фумаролы во вновь излившейся лаве и собраны возгоны. Анализ газа и возгонов приводится в табл. 2.

Таблица 2

Время взятия пробы	Температура фумаролы	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси, в %							Примечание
		H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> и др.	
20 VII 1937	—	0.50	0.45	5.60	19.52	0.36	0.36	73.21	В возгонах Cl <sub>2</sub> , SO <sub>4</sub> , Fe <sub>2</sub> , Mg, Ca

Как видно из табл. 2, в газах Ключевской сопки, на ряду с другими компонентами, содержатся углекислота и сероводород, которые отсутствуют в газовых выделениях побочных вулканов.

18 июля 1937 г. мною, совместно с проводником И. И. Бобровым, был посещен кратер вулкана Толбачик. Кратер представляет собой почти

правильную округлость и углубляется террасообразно, причем на некоторой глубине имеется провал с отвесными ледяными стенками, на дне которого находятся 2 или 3 жерла, выделяющие пары и газы. Для взятия пробы в провал, в месте выхода газов, опускалась воронка, соединенная с ампулами посредством каучуковой трубки, длиной в 50 м, и затем газ просасывался достаточное время через ампулы. Анализ газа приведен в табл. 3.

Из приведенных в табл. 3 данных анализа обращает на себя внимание содержание в газовой смеси сернистого газа, который не был найден в выделениях других изучаемых нами вулканах.

15 августа 1937 г. был совершен подъем на вулкан Шивелуч, совместно с геологом А. А. Меньяйловым и рабочими Бубенцовым и Кабановым. Мною были обследованы 4 фумаролы, расположенные на высотах 2300—2500 м, и взяты возгоны и газы. Ближайшая фумарола на высоте 2300 м, помеченная мною № 1, представляет собой углубление (в 2.5 м длины, 2 м высоты и 5 м глубины), переходящее в узкую щель, из которой с шумом вырывается горячий водяной пар, временами обжигающий на расстоянии 3—5 м. Вблизи чувствуется сильный запах сероводорода. При взятии пробы газа, скопилось в ампуле около 30 см<sup>3</sup> воды и около 0.25 г мелко раздробленной серы. Фумарола № 3, из которой также была взята проба газа, находится на высоте 2450 м; она действует довольно спокойно и также выделяет в большом количестве водяной пар и сероводород. Около нее собраны возгоны: белые пленки, зеленые и желтые инкрустации и сера (возгоны еще не исследовались). Состав газов представлен в табл. 4.

Как видно из данных табл. 4, в фумаролах вулкана Шивелуч содержится большое количество углекислоты и, как ранее отмечалось, водяных



Фиг. 1. Лавовый поток, излившийся в 1932 г. из кратера Туйла. Палки, вставленные в 1937 г. в трещину, загораются. На фотографии виден язычок пламени. Температура в трещине 500° С.

Фото И. З. Иванова.

Таблица 3

Время взятия пробы	Температура в кратере, в °С	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси, в %						
		H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> и др.
18 VII 1937	60—70	52.7	3.43	0.56	20.54	0.48	0.15	74.84

Таблица 4

Время взятия пробы	Температура фумаролы, в °С	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	Нейтраль- ные газы (воздух)	Примечание
		в процентах				
Фумарола № 1						
15 IX 1937	100	85	14.28	69.95	15.77	В возгонах — сера
Фумарола № 3						
15 IX 1937	90	75	2.92	80.42	16.66	В воде найдены H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , следы

паров, что указывает на различие в составе по сравнению с фумаролами побочных вулканов Ключевской сопки.

Таблица 5

Наблюдения над изменением температуры фумарол кратера Туйла в течение суток даны в табл. 5.

Температура воздуха 5°, Н = 703 мм

№ фумарол	Время	Температура в °С	Время	Температура в °С	Время	Температура в °С
18 V						
5	6—45	400	13—10	400	20—00	400
6	6—50	455	13—52	450	20—18	460
11	7—06	205	14—22	200	20—30	200
17	7—36	360	15—10	360	20—53	360
18	7—54	440	15—42	450	21—05	435
19	8—05	440	16—20	445	21—15	425
23 V						
5	21—40	400	8—00	400		
6	21—15	460	9—30	450		
11	20—50	200	9—50	195		
17	20—30	360	9—10	350	13—00	340
18	20—00	450	8—15	440	13—15	440
19	19—37	435	8—30	425	14—20	435
24 V						

Наблюдения, произведенные над изменением температуры фумарол кратера Туйла в течение суток, показывают, что в некоторых случаях, в зависимости от времени, температура в фумароле то повышается, то убывает, но резкой зависимости не наблюдается.