

Л. А. БАШАРИНА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ВУЛКАНОВ  
КЛЮЧЕВСКОГО И ШИВЕЛУЧА В 1946—1947 гг.**

В настоящей статье представлены результаты исследований газообразных продуктов фумарольной деятельности вулканов Шивелуча с его побочным куполом Каран и Ключевского с побочными кратерами: Туйла, Билюкай, Апахончич и группы Юбилейной за период сентябрь 1946 г.— декабрь 1947 г. Исследование газообразных продуктов заключалось в следующем: определялись количественно и качественно компоненты, входящие в состав фумарольных газов, производились качественные определения возгонов, отмечались температурный режим газов, атмосферное давление, температура воздуха и состояние атмосферных осадков. Химические анализы фумарольных газов и возгонов производились в стационарной лаборатории Вулканологической станции в с. Ключи, а в период полевых работ — непосредственно в полевых лабораториях, организованных в домиках, установленных на вулканах Шивелуч на высоте 2200 м и на Ключевском в районе побочных кратеров группы Юбилейной и Апахончич на высоте 900 м.

Организация полевых лабораторий на вулканах с соответствующими приборами и реактивами дает возможность определять отобранные пробы газов и возгонов сразу после их взятия, что, безусловно, повышает точность анализа. Хранение отобранных проб газов и возгонов в период полевых работ в течение 2—2½ месяцев до исследования делает их неполноценными, так как сероводород, сернистый газ и некоторые другие газы реагируют между собой, поэтому часть компонентов, входящих в состав газовой смеси, не удавалось определять, хотя заведомо известно по качественному анализу, что эти газы присутствовали. Возгоны, содержащие быстро окисляющиеся соединения, как закисное железо и другие сернистые соединения, обычно в стационарную лабораторию доставлялись большей частью окисленными.

При анализе фумарольных газов в стационарной лаборатории общая кислая часть газовой смеси и горючая часть (водород, окись углерода) с содержанием до 0,1% определялись на приборе «ГИ», в полевых лабораториях эти определения производились на приборе ОРСа. Пробы газа с содержанием окиси углерода меньше, чем 0,1%, определялись с помощью термоминдикатора непосредственно на фумаролах Н. Д. Табаковым. Для количественного определения отдельные компоненты газовой смеси непосредственно на фумаролах протягивались через растворы едкого калия, бария, иода и азотно-кислого серебра. Затем поглощенные газы анализировались в лаборатории. Водяной пар фумарол купола Каран, Кратерной вершины и побочного кратера Билюкай, составляющий большую часть газа, определялся протягиванием газа через холодильник.

## ВУЛКАН ШИВЕЛУЧ

На вулкане Шивелуч были исследованы фумаролы старого купола Кратерной вершины под названием Осенних и Южной, фумаролы старого побочного купола Каран и агломератового потока действующего купола Суелич. Фумаролы исследовались с наиболее интенсивным выделением газов и паров воды. Ниже описывается расположение фумарол, газовый и температурный режим их.

С западной стороны Кратерной вершины вулкана Шивелуч на высоте 2800 м расположены две Осенние фумаролы. Выход фумарол находится на склоне в углублении, переходящем в узкую щель, откуда с силой вырываются горячие газы, насыщенные водяными парами. Вторая фумарола расположена на 3 м выше по склону. Из нее также с силой выделяются газы и водяной пар. На протяжении двух лет из этих фумарол в различное время года отбирались пробы газа и возгоны. Обе фумаролы были хорошо каптированы.

Газовая смесь состояла из водяного пара,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и небольшого количества нейтральных газов —  $\text{H}_2$  и  $\text{CO}$ .

В газовой смеси водяной пар составлял большую часть газа, особенно это было отмечено после осадков, а также в летний период (август).

Температура этих фумарол в январе — феврале 1947 г. колебалась от 92 до 102°, а затем в течение всего периода наблюдений оставалась постоянно равной 93°. В кислой части газа изменялось отношение  $\text{SO}_2$  к  $\text{H}_2\text{S}$ , вероятно, атмосферные условия влияли на его величину: от состояния погоды ощущался запах то  $\text{SO}_2$ , то  $\text{H}_2\text{S}$ . Качественный состав газа не менялся, за исключением некоторых проб, показавших содержание бора. Возгоны, образующиеся у выхода газа, представляли собой белые, светложелтые и зеленые соли, состоящие из сульфатов, сульфитов (?) и абсорбированного  $\text{H}_2\text{S}$  с катионами:  $\text{Fe}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Na}$ . Среди возгонов встречалась также самородная сера.

С южной стороны Кратерной вершины вулкана Шивелуч на высоте 2600 м были исследованы две фумаролы: первая из них представляла на склоне узкую трещину, вторая находилась выше первой, выходом была также трещина, которая спускалась к куполу Суелич. С сентября 1946 г. по 1948 г. фумаролы были исследованы семь раз, каптировать полностью их не удавалось, так как трещины простирались на большое расстояние.

В газовой смеси этих фумарол водяной пар составлял 80—90% (весовых), остальные компоненты были непостоянны:  $\text{CO}_2$  от 2,7 до 16,4% (объемных),  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  от 0,15 до 1,0%.

Газовая смесь второй фумаролы отличалась от первой тем, что в ней почти не содержалось  $\text{H}_2\text{S}$ , из семи взятых проб только в двух были следы, а  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2$ , наоборот, было больше.

Повышение концентраций отдельных компонентов в газе, а также повышение температуры было отмечено в пробах, взятых в июле — августе 1947 г., в этот же период купол Суелич находился в активном состоянии — наблюдались большие выбросы и горячие тучи.

Температура фумарол в течение всего периода наблюдений была от 85 до 106° и только температура второй фумаролы в августе 1947 г. повысилась до 122°.

Возгоны этих фумарол состояли из сульфатов  $\text{Fe}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ , среди них встречалась самородная сера (табл. 1).

Таблица 1

Газы Кратерной вершины вулкана Шивелуч

№ анализа	Фумаролы	Время взятия пробы	Температура фумарола, °С	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси (объемные проц.)							Н <sub>2</sub> О (весовые проценты)
				SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> и др.	
1	Южная № 1	1946 г. 27/IX	85	0,15	—	2,7	0,25	0,2	19,35	77,35	92,00
2		1947 г. 20 I	98	0,12	—	6,20	0,05	0,25	19,20	74,18	91,50
3		17 II	100	0,54	—	16,25	0,02	0,2	16,90	66,09	88,50
4		29/VI	86	0,38	0,25	6,65	0,05	0,25	18,00	74,42	91,00
5		3/VIII	86	0,70	0,29	6,6	0,02	0,3	18,45	73,64	92,00
6	Южная № 2	1946 г. 27/IX	85	—	Следы	6,9	0,015	0,2	19,60	73,29	92,00
7		1947 г. 20/I	90	—	—	8,15	0,02	0,25	19,10	72,48	90,50
8		17/II	100	0,75	—	16,4	0,05	0,2	18,20	64,40	89,00
9		29 VII	106	0,80	—	5,6	0,04	0,23	19,00	74,63	90,00
10		31 VII	106	0,85	—	5,55	0,02	0,55	19,30	72,73	92,00
11		2 VIII	120	0,62	—	5,6	0,04	0,6	19,10	74,04	91,50
12		3 VIII	122	1,00	Следы	5,6	0,023	0,6	19,20	73,58	91,50
1	Осенняя № 1	1946 г. 26 IX	92	—	—	19,5	0,05	—	16,50	63,95	86,51
2		1947 г. 20 I	102	—	—	23,75	0,025	—	15,90	60,33	83,00
3		16/II	100	0,51	0,64	19,85	0,05	—	16,60	62,35	83,00
4		21/IV	92,5	0,94	0,25	55,90	0,02	0,08	10,40	32,41	88,00
5		17/VIII	93	0,56	0,90	48,90	0,05	0,15	9,20	40,24	87,50
6		20/VIII	93	0,58	0,92	48,80	0,055	0,170	10,50	38,98	89,00
7		26/VIII	93	0,97	0,25	49,20	0,057	0,15	9,10	40,28	89,00
8		8/IX	93	1,00	0,26	48,90	0,097	0,10	9,80	39,85	90,00
9		10/IX	93	1,10	0,25	48,80	0,056	0,25	10,05	39,50	91,00
10	Осенняя № 2	20/I	102	—	—	26,10	0,025	0,05	15,00	58,83	90,50
11		16/II	100	0,90	0,21	19,75	0,03	0,60	16,50	62,01	90,00
12		21/IV	92	1,40	0,15	61,14	0,025	0,50	7,80	28,99	89,00
13		17/VIII	93	1,15	0,26	54,20	0,08	0,18	9,00	35,14	86,50
14		20/VIII	93	1,20	0,22	54,90	0,08	0,25	9,15	34,20	88,50
15		26/VIII	93	1,25	0,20	48,90	0,08	0,20	10,00	39,37	89,00
16		8 IX	93	1,25	0,25	49,10	0,08	0,25	10,05	39,02	89,00
17		10/IX	93	1,20	0,35	48,90	0,087	0,20	10,05	39,22	90,00

Прямечание. Газы приведены к нормальным условиям.

ДЕЙСТВУЮЩИЙ КУПОЛ СУЕЛИЧ

Исследование газообразных продуктов извержения 1946—1947 г. проводилось на агломератовом потоке купола Суелич. Поток представлял собой нагромождение больших каменных глыб, сброшенных с вершины

Суелич и погруженных в мелкий рыхлый материал и тонкий розоватый пепел. Температура агломерата и глыб, недавно упавших с вершины Суелича, достигала 500°. Из-под обломков и глыб выделялся газ; по мере остывания их выделение газа прекращалось. В сентябре 1946 г. исследовалось на агломератовом потоке несколько выходов. Все выходы расположены были на высоте 2300—2350 м, в расстоянии друг от друга на 30—50 м. Исследование газа было произведено 7, 11 и 12 сентября 1946 г. и в апреле — июле, августе и сентябре 1947 г. Газ выделялся с преобладающим содержанием  $\text{SO}_2$ , небольших количеств  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{HCl}$ .

Температура газа была 76—283°. Самой высокой температурой обладал выход под названием Кипящий; газ пробивался с силой, отчего песок как бы кипел. В газовой смеси Кипящего выхода  $\text{HCl}$  содержалось больше, чем в других. Возгонов было мало. Это были тонкие налеты на обломках и глыбах белого и светложелтого цвета, состоящие, главным образом, из сульфатов, Fe, Al, Mg, Na, и только Кипящий выход, кроме сульфатов, содержал хлориды.

Состав газа и температуры представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Газы агломератового потока купола Суелич

Фумаролы	Время взятия пробы	Температура фумарола, °С	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси (объемные проц.)								$\text{H}_2\text{O}$ , мг/л
			$\text{SO}_2$	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{HCl}$	$\text{CO}_2$	$\text{CO}$	$\text{H}_2$	$\text{O}_2$	$\text{N}_2$ и др.	
№ 1	1946 г. 7/IX	120	0,084	—	—	2,1	0,05	—	20,54	77,23	26,00
	11/IX	122	0,086	—	—	2,5	0,05	—	19,95	77,42	16,60
№ 2	7/IX	147	0,26	0,05	—	1,85	0,05	0,15	20,05	77,59	18,00
	11/IX	149	0,29	0,02	—	2,23	0,05	—	19,20	78,20	14,00
	12/IX	139	0,09	—	—	1,5	0,05	—	20,10	78,26	14,50
№ 3	7/IX	194	0,33	—	Следы	0,55	0,02	0,05	19,75	79,30	10,00
	11/IX	214	0,36	—	—	0,6	0,02	0,04	20,2	78,32	9,50
	12/IX	190	0,25	—	—	0,5	0,015	—	20,15	79,09	9,00
Кипящая	7/IX	283	0,05	—	0,022	0,25	—	—	20,25	79,43	6,00
	11/IX	266	0,062	0,02	0,020	0,35	—	—	20,1	79,45	4,50
	12/IX	243	0,042	—	0,035	0,3	—	—	21,0	78,65	6,50
№ 4	1947 г. 18/IV	280	0,06	—	0,025	Следы	—	—	20,95	78,97	7,60
	26/VII	198	0,02	—	Следы	"	—	—	21,00	78,98	4,00
№ 6	18/VIII	190	0,05	—	—	"	—	—	20,00	79,94	4,60
	25/VIII	276	Следы	—	0,015	"	—	—	20,85	79,14	6,50
№ 7	18/VIII	76	0,05	—	—	0,25	0,05	—	20,05	79,60	8,00
№ 8	26/VIII	261	0,015	—	0,006	—	—	—	21,00	78,98	10,00
№ 4	5/IX	168	Следы	—	—	—	—	—	20,9	79,10	14,50
	7/IX	160	"	—	—	—	—	—	21,0	79,00	12,60
№ 5	7/IX	170	"	—	—	—	—	—	20,8	79,2	13,00

Примечание. Газы приведены к нормальным условиям.

**КУПОЛ КАРАН**

На юго-западном склоне вулкана Шивелуч расположен старый побочный купол Каран, на высоте 1600 м находится фумарольное поле, на восточном склоне его в течение двух лет шесть раз были исследованы четыре фумаролы. Одна из них, под названием Колодец, выходила из углубления среди каменных глыб, откуда выделялся главным образом водяной пар, составляющий от 96 до 99% (весовых). Температура газа была от 58 до 60°. Выход каптировать полностью не удавалось.

Фумарола первая расположена несколько выше по склону. Газ выделялся из трещины с температурой 78°. В газовой смеси водяной пар также составлял большую часть газа, СОг содержалось до 68%. Вокруг фумаролы было влажно, а в некоторых местах порода была покрыта зеленым мхом. Порода, разложенная газом, превращалась в сыпучий песок, возгонов не было.

Фумарола вторая расположена среди каменных глыб. Из-под глыб пробивался газ, насыщенный водяными парами температуры 90—95°.

В газовой смеси, кроме водяного пара, содержался СО<sub>2</sub> от 76 до 78% (объемных) и незначительное количество Н<sub>2</sub>S.

Фумарола третья находится выше предыдущих, из трещин выделялся горячий водяной пар, СОг от 75 до 79% (объемных) и незначительное количество Н<sub>2</sub>S. Температура фумарол была до 96°.

Все три фумаролы были хорошо каптивированы, у выхода образовывались возгоны, состоящие из сульфатов, Fe, Al, Mg, Ca, Na. Вокруг фумарол были разноцветные глины. Состав газа и температур представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

**Газы купола Каран**

Фумаролы	Время взятия пробы	Температура фумарол, °С	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси (объемные проц.)						(Н <sub>2</sub> О весовые проценты)	
			Н <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> и др.		O <sub>2</sub>
№ 1 Колодец	9/IX 1946 г.	78	—	—	8,7	—	—	72,10	19,20	94,00
		58	—	—	16,7	—	0,25	65,55	17,50	95,00
№ 1	21/IV 5/VIII 6/VIII 20/IX	90	0,06	—	61,14	0,05	0,3	30,45	8,00	90,50
		74	0,18	—	66,5	0,05	—	26,37	6,90	92,00
		74	0,19	—	65,40	0,05	—	27,36	7,00	92,50
		76	—	—	68,00	—	—	25,25	6,75	92,00
№ 2	21/IV 5/VIII 6/VIII	92	—	—	78,15	0,02	0,05	17,13	4,65	87,00
		96	0,15	—	76,80	0,05	0,15	17,35	5,50	93,00
		76	0,15	—	76,50	0,05	0,25	18,25	4,80	93,00
№ 3 Колодец	6/VIII 20/IX	96	—	—	78,00	0,23	0,35	16,80	4,62	92,00
		96	—	—	79,60	0,20	—	15,70	4,50	91,00
	6/VIII	60	—	—	6,50	—	—	74,00	19,50	91,50

Примечание. Газы приведены к нормальным условиям.

### КЛЮЧЕВСКОЙ ВУЛКАН

На Ключевском вулкане исследовались газообразные продукты побочных кратеров: Туйла, Билюкай, Апахончич и из группы Юбилейной — кратеры Заварицкого и Левинсон-Лессинга.

Все побочные кратеры Ключевского вулкана находились в период исследования (сентябрь 1946 г.— январь 1947 г.) в слабо фумарольном состоянии, за исключением кратера Апахончич, извергавшегося в октябре 1946 г., его фумарольная деятельность в течение первых двух-трех месяцев была сильнее других.

#### КРАТЕР ТУЙЛА

На побочном кратере Туйла, образованном в 1932 г. к северо-востоку от Ключевского вулкана, на его Кратерной вершине, на высоте 450 м исследовались две фумаролы. Фумарола первая находится вблизи кратера. Газ выделялся из трещины с температурой 204°. Вторая расположена ниже, по склону, выходом также была трещина, откуда газ выделялся с температурой 440°.

В газовой смеси, кроме водяного пара и нейтральных газов ( $H_2$  и  $CO$ ), содержалось небольшое количество  $HCl$ . Возгонов было мало, на породах — тонкие налеты светложелтого и белого цвета, с содержанием хлоридов, фторидов и сульфатов  $NH_4$ ,  $Na$ ,  $Fe$ ,  $Mg$ ,  $Ca$ ,  $Al$ . В сентябре 1947 г. фумарольная деятельность ослабевала, понижались температура и концентрация хлористого водорода, а количество водяного пара увеличивалось. В декабре 1947 г. резко снизились температурный режим и состав газов. Фумарола вторая в сентябре 1946 г. обладала температурой 440°, в декабре 1947 г. — 187°, и в газовой смеси были только следы  $HCl$ ; содержание  $H_2O$  увеличилось. В табл. 4 представлен состав газов и температуры.

Таблица 4

Фумарола	Время взятия пробы	Температура фумаролы в °С	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси (в объемных проц.)						$H_2O$ в мг/л
			$HCl$	$SO_2$	$CO$	$H_2$	$O_2$	$N_2$ в др.	
№ 1	25/IX 1946 г.	204	0,024	—	0,026	—	20,2	79,75	31,0
№ 2		440	0,025	—	0,020	0,20	19,72	80,04	16,5
№ 1	18/IX 1947 г.	181	0,008	—	0,025	—	19,84	80,13	36,0
№ 2		404	0,006	—	0,025	0,15	20,2	79,62	51,0
№ 2	9/XII 1947 г.	187	Следы	—	0,02	—	20,15	79,83	140,5

#### КРАТЕР БИЛЮКАЙ

Побочный кратер Билюкай образовался в 1938 г. с восточной стороны Ключевского вулкана. В кратере Билюкай на высоте 900 м 28 сентября 1946 г. и 16 сентября 1947 г. были исследованы три фумаролы. Две из них представляют собой трещины с температурой 170 и 148°. Газовая смесь состояла из водяного пара и небольшого количества  $HCl$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  и  $H_2$ .

Фумарола третья находилась в северо-восточной части кратера. Газы с резким запахом выбивались из-под обломков и глыб с температурой 70°.

Несмотря на то, что эта фумарола обладала меньшей температурой, HCl в газе содержалось больше, чем в других. Температура газа в период исследования не снижалась. Каптировать фумаролу не удавалось, так как выход ее представлял нагромождение глыб.

В сентябре 1947 г. фумарольная деятельность Билукая ослабла, температура понизилась, в газовой смеси количество HCl уменьшилось, а SO<sub>2</sub> увеличилось. Возгоны состояли из хлоридов, фторидов и сульфатов: Fe, Al, Mg, Ca, Na, среди них преобладали нерастворимые фториды.

Состав газа и температуры представлены в табл. 5.

Таблица 5

Фумарола	Время взятия пробы	Температура фумарол в °С	Содержание отдельных компонентов в газовой смеси (в объемных проц.)						H <sub>2</sub> O в мг/л
			HCl	SO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> и др.	
№ 1	28/IX 1946 г.	170	0,020	0,015	0,025	—	20,00	79,95	110
№ 2		148	0,095	—	0,055	0,05	19,95	79,92	250
№ 3		70	0,034	—	0,026	0,05	19,92	79,97	1145
№ 2	16/IX 1947 г.	142	0,015	0,065	0,055	0,025	19,94	79,90	360
№ 3		75	0,030	—	0,055	0,050	20,00	79,87	1600
№ 1		150	0,015	0,060	0,05	—	19,85	80,03	240

### КРАТЕР АПАХОНЧИЧ

Побочный кратер Апахончич образовался в октябре 1946 г. на юго-восточном склоне Ключевского вулкана. Как уже было отмечено, его фумарольная деятельность первые 2—3 месяца была сильнее других. Первые исследования были произведены через месяц после его образования, когда кратер уже не действовал, но лавовый поток был еще в отдельных местах раскаленным и из-под обломков и глыб лавы выбивались газы с резким удушающим запахом. В струе газа разъедалось стекло — это подтверждало содержание фтористого водорода. На лавовом потоке на высоте 1220 м исследовались три фумаролы. Первая из них представляла углубление среди обломков лавы, откуда с шумом выделялся газ, обладавший температурой выше 500°. Вторая фумарола находилась несколько ниже первой. Газ также с шумом пробивался из-под обломков и глыб с температурой 495°. Газ с резким удушающим запахом состоял из: HCl, HF, H<sub>2</sub>, CO и водяного пара. Третья фумарола расположена в краевой части потока. Из трещины выделялся газ и пары воды с температурой 147°. В отличие от двух предыдущих фумарол, эта фумарола в газовой смеси содержала, наряду с HCl, HF, H<sub>2</sub> и водяным паром, также SO<sub>2</sub>. Фумаролы лавового потока каптировать было невозможно. Возгонов было очень мало. Высокотемпературные фумаролы совсем не образовывали их, а на остывших обломках были тонкие налеты желтого цвета, состоящие из хлоридов и фторидов: Fe, Al, Mg, Ca, Na.

В 1947 г. фумаролы лавового потока с температурами 500° и выше быстро остывали и уже в конце 1947 г. некоторые из них были только теплыми, а другие слабо парили. Газовая смесь этих фумарол состояла из водяного пара и атмосферного воздуха.

На высоте 1600 м на конусе Апахончича в сентябре 1947 г. были исследованы две фумаролы. Первая фумарола расположена на вершине конуса, газ выходил из трещины с температурой 460°. Вторая фумарола находилась ниже, по склону, газ выделялся с температурой 280°. В струе газа стекло разъедалось фтористым водородом. Газовая смесь состояла из  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  и водяного пара. Возгонов было мало, как и в фумаролах лавового потока; они представляли собой тонкие налеты светложелтого цвета, состоящие из хлоридов и фторидов:  $\text{Mg}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Ca}$ .

Состав газов и температура фумарол кратера Апахончич представлены в табл. 6.

Таблица 6

Фумаролы	Дата взятия пробы	Температура фумарол в °С	Содержание отдельных компонентов газовой смеси (в объемных проц.)						$\text{H}_2\text{O}$ в мг/л
			$\text{HCl}$	$\text{SO}_2$	$\text{H}_2$	$\text{CO}$	$\text{O}_2$	$\text{N}_2$ и др.	
На потоке:		Выше							
№ 1	25, XII 1946 г.	500	0,080	—	0,75	0,25	19,58	79,34	46,0
№ 2		495	0,65	—	0,25	0,15	19,75	79,2	54,0
№ 3		147	0,028	0,150	0,2	0,02	19,75	79,87	64,0
На конусе:									
№ 1	13, IX 1947 г.	460	0,45	—	0,60	0,25	19,85	78,85	85,0
№ 2		280	0,085	—	0,25	0,055	19,92	79,70	128,0

### ЮБИЛЕЙНАЯ ГРУППА

Из группы Юбилейного прорыва исследовались фумаролы на кратерах Заварицкого и Левинсон-Лессинга, как наиболее активных.

### КРАТЕР ЗАВАРИЦКОГО

На кратере Заварицкого на конусе и лавовом потоке в декабре 1946 г. и сентябре 1947 г. исследовались две фумаролы. Первая фумарола находится на склоне конуса на высоте 960 м. Газ выделялся из трещины, спускающейся от вершины до подножия. Газовая смесь состояла из  $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  и водяного пара. Температура 232°.

В сентябре 1947 г. фумарольная деятельность кратера Заварицкого ослабела; температура снизилась до 186°, в газе уменьшилась концентрация  $\text{HCl}$  и увеличилось содержание  $\text{SO}_2$ . Возгоны состояли из хлоридов, фторидов и сульфатов:  $\text{Fe}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Ng}$ ,  $\text{Na}$ , среди них встречалась самородная сера.

Вторая фумарола находилась на лавовом потоке. Вокруг выхода было много прозрачно-желтых и белых кристаллических возгонов, состоящих преимущественно из нашатыря. Газовая смесь состояла из  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$  и водяного пара. Температура фумаролы в течение двух лет сохранялась около 160°.

Фумарольные газы конуса отличались от газов лавового потока тем, что первые содержали, наряду с  $\text{HCl}$ , также  $\text{SO}_2$ , а вторые состояли исключительно из  $\text{HCl}$ , аммиака и паров воды.



### КРАТЕР ЛЕВИНСОН ЛЕССИНГА

На кратере Левинсон-Лессинга в декабре 1946 г. и сентябре 1947 г. исследовались три фумаролы. Две из них расположены на дне кратера, на высоте 1050 м.

В Первой фумароле газы и пары воды пробивались из-под обломков и глыб с температурой 460° и спустя год температура понизилась до 380°. В газовой смеси среди нейтральных газов и паров воды содержались HCl и SO<sub>2</sub>.

Вторая фумарола находится несколько выше Первой. Газ, состоящий из SO<sub>2</sub>, HCl, H<sub>2</sub>S и паров воды, выделялся из трещины с температурой 100—102°, водяной пар составлял главную часть газа.

Третья фумарола расположена на внутренней стенке кратера, на высоте 1070 м. Газовая смесь, состоящая из SO<sub>2</sub>, HCl, H<sub>2</sub>, CO и водяного пара, выходила из трещины.

Температура фумаролы в течение всего периода наблюдения оставалась постоянно равной 264°.

В газах фумаролы кратера Левинсон-Лессинга преобладает SO<sub>2</sub>, а в возгонах — сульфаты. Среди сульфатов содержалось небольшое количество хлоридов и фторидов: Ca, Fe, Mg, Al, Na.

Таблица 7

Состав газов и температур фумарол на кратерах Заварицкого и Левинсон-Лессинга

Фумаролы	Дата взятия пробы	Температура фумарола в °С	Содержание отдельных компонентов газовой смеси (в объемных проц.)						Н <sub>2</sub> O в мг/л		
			HCl	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CO	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>		N <sub>2</sub> и др.	
Левинсон-Лессинга:	26/XII 1946 г.	№ 1	460	0,065	—	—	0,025	0,15	19,75	80,02	110
		№ 3	264	0,025	0,15	—	0,045	0,10	19,95	79,73	130
		№ 2	102	0,015	0,08	Следы	—	—	19,80	80,11	500
	12/IX 1947 г.	№ 1	380	0,04	0,2	—	0,025	0,05	19,77	79,92	126
		№ 3	262	0,032	0,065	—	0,02	—	19,85	80,04	140
		№ 2	100	0,006	0,09	Следы	0,05	—	19,92	79,94	800
Кратер Заварицкого:	26/XII 1946 г.	№ 1	232	0,06	0,03	—	0,05	0,10	19,65	80,11	260
		№ 2	160	0,08	—	—	—	0,15	20,05	79,72	850
	12/IX 1947 г.	№ 1	186	0,04	0,02	—	0,05	0,10	19,92	79,87	305
		№ 2	160	0,05	—	—	—	0,10	20,15	79,70	650

В результате предварительных исследований газообразных продуктов старых куполов Шивелуча, агломератового потока действующего купола Суелич и побочных кратеров Ключевского вулкана можно отметить, что химический состав, концентрация отдельных компонентов в газе и температурный режим зависели от состояния вулкана.

1. Фумаролы старых куполов вулкана Шивелуча по составу газов и температурному режиму относятся к сольфатарам.

2. Фумаролы старого купола Каран относятся к мофеттам. Газовый и температурный режимы фумарол Кратерной вершины вулкана Шивелуча и старого купола Каран в период наблюдения 1946—1947 гг. оставались почти постоянными. В газовой смеси изменилось отношение  $\text{SO}_2$  к  $\text{H}_2\text{S}$ , вероятно, атмосферные условия и условия анализа влияли на его величину.

3. Газы агломератового потока существенно отличались от газов Кратерной вершины вулкана Шивелуч. Это были газы свежей лавы, выброшенной с вершины купола Суелича, наряду с  $\text{SO}_2$  содержали  $\text{HCl}$ . Их можно считать остатками тех первоначальных газов, которые были аклюдированы лавой, когда она достигала поверхности.

4. Газы побочных кратеров Ключевского вулкана в больших или меньших количествах содержали  $\text{HCl}$ , а в возгонах — хлориды. Некоторые фумаролы наряду с  $\text{HCl}$  содержали в газовой смеси  $\text{SO}_2$ . В газах фумарол кратера Левинсон-Лессинга преобладал  $\text{SO}_2$ , а в возгонах — сульфаты. Водяной пар содержался в газах как высокотемпературных, так и низкотемпературных фумарол. В низкотемпературных фумаролах кратеров Левинсон-Лессинга, Билукая, Туйлы, а также в сольфатарах Шивелуча и мофеттах купола Каран водяной пар составлял главную часть газа и был в большинстве случаев атмосферного происхождения.

## ЛИТЕРАТУРА

- Набоко С. И. Деятельность побочного кратера Билукая в период июль — сентябрь 1938 г. Бюллетень Вулканолог, ст. на Камчатке. № 7, 1940.
- Набоко С. И. Извержение Билукая, побочного кратера Ключевского вулкана, в 1938 г. Тр. Лаборатории вулканологии и Камчатской вулканолог, станции, вып. 5, 1947.
- Пийп Б. И. Извержение вулканов Камчатки в 1944—1945 гг. Изв. АН СССР, серия геолог., № 6, 1946.
- Тиррель Г. В. Вулканы. Пер. Е. П. Заварицкой, вып. 1934 г.