

А. А. БАШАРИНА

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОГО И ШИВЕЛУЧА

Исследованием газообразных продуктов были охвачены вулканы Шивелуч и Ключевской с его побочными кратерами Туйла, Билюкай, Юбилейный и Апахончич (последний образовался в октябре 1946 г.).

Перед автором стояла задача определения химического состава газовых смесей фумарол с качественной и количественной сторон.

В полевых условиях предварительно исследовался качественный состав газа из фумарол. Для этого обычно 10—15 л газа пропусклось через сосуды, содержащие соответствующие поглотительные растворы. Таким путем производилось испытание на содержание в газовой смеси:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$  и др. Бор, мышьяк и селен определялись при помощи реактивных бумажек. Бор определялся посредством куркумовой бумаги, причем газовая смесь пропусклась через стеклянную трубку, в которой была помещена полоска куркумовой бумаги, местами пропитанная соляной кислотой. Последняя в соприкосновении с каплей 1% раствора едкого натрия, при наличии бора, окрашивалась в сине-черный, а иногда только синий цвет. Мышьяк в газовой смеси определялся при помощи реактивной бумаги, пропитанной раствором хлорной ртути. Газ пропусклся через трубку, содержащую рулон фильтровальной бумаги, предварительно пропитанной раствором уксуснокислого свинца. Поверх рулона из бумаги помещалась стеклянная вата, тоже пропитанная уксуснокислым свинцом, для удаления сероводорода; трубка соединялась с более узкой трубкой, в которой находился слой сухого хлопка, и затем помещалась полоска реактивной бумаги. В присутствии мышьяка реактивная бумага окрашивается в зависимости от количества мышьяка в цвета, начиная от серого до темнокоричневого. Фтор определялся при помощи стеклянных капилляров, обработанных хромовой смесью. Капилляры в газовой струе оставались на 2—3 часа, а в некоторых фумаролах даже на сутки. В тех фумаролах, где был фтор в виде фтористо-водородной кислоты, стекло разъедалось. Подготовлено было также количественное определение фтора поглощением газовой смеси слабо подщелоченной водой, после чего фтор определялся путем отгона его из серной кислоты по методу В. В. Даниловой.

Количественный анализ газовой смеси производился на фумаролах, поглощением кислой части ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и др.) раствором едкого кали и иода, затем в лаборатории поглощенные в растворах газы определялись титрованием соответствующими реактивами. Остаток газа анализировался на газоанализаторе «ТИ», который дает возможность одновременно определить всю кислую часть газа, нейтральную (кислород, азот) и горючие газы, как водород, окись углерода, метан и др.

Общая кислая часть определялась поглощением в концентрированном растворе едкого кали. Кислород определялся щелочным раствором пиро-

галлола; водород и окись углерода — сожжением над окисью меди при температуре 270—290° и, наконец, метан — сожжением в грушеобразном сосуде над платиновой спиралью при температуре 800°. Вода определялась весовым способом, поглощением в  $H_2SO_4$  и  $CaCl_2$ . Кроме количественного определения отдельных кислых компонентов газа на месте отбора проб, определялась параллельно общая кислая часть газовой смеси, как уже выше было описано, газоанализатором «ТИ», для чего предварительно просушенный газ отбирался в пипетку Зегера, соединенную с аспиратором. По количеству вытекшей из аспиратора воды определялся объем прошедшего через пипетку газа и его поглотители. Таким образом, определяя всю кислую часть газа, мы имели возможность контролировать сумму отдельных компонентов кислой части.

Ниже приводятся за период с сентября по декабрь 1946 г. температуры и химические составы газов и возгонов различных fumarol, расположенных на упомянутых вулканах. Содержание газов выражено в объемных процентах и приведено к нормальным условиям; вода дана в миллиграммах на один литр газа.

Кратер Туйла, образовавшийся в 1932 г.

Температура fumarol . . . . .	204 — 460° C
HCl . . . . .	0.004 — 0.025
CO <sub>2</sub> . . . . .	0.02 — 0.025
H <sub>2</sub> . . . . .	0.05 — 0.45
O <sub>2</sub> . . . . .	18.6 — 20.25
N <sub>2</sub> и др. . . . .	78.6 — 79.05
H <sub>2</sub> O . . . . .	16 — 31 мг

Возгонов у fumarol кратера Туйла очень мало. По данным анализа, последние представляют собой в большинстве своем хлориды. В них обнаружены: анионы  $Cl'$ ,  $F'$ ,  $CO'_3$ ,  $SO'_4$  катионы:  $Fe$ ,  $Na$ ,  $Ca$ ,  $NH'_4$ .

Кратер Билюкай, образовавшийся в 1938 г.

Температура fumarol . . . . .	70—200° C
HCl . . . . .	0.025—0.15
H <sub>2</sub> . . . . .	0.02 — 0.025
CO . . . . .	0.00 — 0.05
CO <sub>2</sub> . . . . .	18.6 — 20.2
N <sub>2</sub> и др. . . . .	78.4 — 79.25
H <sub>2</sub> O . . . . .	28 — 34 мг

В возгонах находятся анионы  $Cl'$ ,  $F'$  и катионы  $Fe'''$ ,  $Na'$ ,  $NH'_4$ .

Кратер Юбилейный, образовавшийся в 1945 г.

Температура fumarol . . . . .	170—400° C
HCl . . . . .	0.005—0.029
CO <sub>2</sub> . . . . .	0.055—0.6
CO . . . . .	0.01—0.25
H <sub>2</sub> . . . . .	0.02—0.05
O <sub>2</sub> . . . . .	18.4 — 19.95
N <sub>2</sub> и др. . . . .	78.26 — 79.85
H <sub>2</sub> O . . . . .	12 — 36 мг

В возгонах найдены: анионы  $\text{Cl}'$ ,  $\text{F}'$  и катионы  $\text{Fe}^{+++}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Al}^{+++}$ .

Кратер Апахончич, образовавшийся в 1946 г.

Температура фумарол . . . . .	147— 500° С
$\text{SO}_2$ . . . . .	0.012— 0.15
$\text{HCl}$ . . . . .	0.006— 0.28
$\text{H}_2$ . . . . .	0.22 — 0.7
$\text{CO}$ . . . . .	0.025— 0.2
$\text{O}_2$ . . . . .	19.75 —20.15
$\text{N}_2$ и др. . . . .	78.9 —79.28
$\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	46 —64 мг

Кратер Апахончич, так же как и в начале своей деятельности, возгонов имел мало. У некоторых фумарол с температурой ниже  $200^\circ$  на поверхности лав в декабре 1946 г. был тонкий налет возгонов, представляющих хлориды (аммония, железа), а также фтористые соединения. При отборе газа было собрано большое количество водяных паров из фумарол с высокой температурой.

Вулкан Шивелуч

Температура фумарол . . . . .	74—204° С
$\text{H}_2\text{S}$ . . . . .	1.4 — 8.65
$\text{SO}_2$ . . . . .	0.1 — 0.94
$\text{HCl}$ . . . . .	0.016— 0.024
$\text{CO}_2$ . . . . .	0.8 — 8.76
$\text{CO}$ . . . . .	0.15 — 1.05
$\text{H}_2$ . . . . .	0.25 — 1.8
$\text{N}_2$ и др. . . . .	76.4 —77.9
$\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	21 —46 мг

Возгоны содержат анионы:  $\text{SC}_4''$ ,  $\text{HS}'$ ,  $\text{Cl}'$ ,  $\text{BO}_3''$  и катионы:  $\text{Fe}^+$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Al}$ , а также мышьяковистые соединения и элементарную серу.