

С. И. НАБОКО

СОСТОЯНИЕ ПОБОЧНЫХ КРАТЕРОВ КЛЮЧЕВСКОЙ СОПКИ в 1946—1948 гг.

С целью установления состояния активности, температурного и газового режимов, характера изменения вмещающих пород и нового минералообразования на побочных кратерах Ключевской сопки в план работ Камчатской вулканологической станции в 1946—1948 гг. входило периодическое их обследование. С сентября 1946 г. по август 1948 г. автор посетил побочные кратеры пять раз. Под наблюдением были три группы старых побочных кратеров, образовавшихся в последнее двадцатилетие: Туйлы, Билюкая и Юбилейной и новый побочный кратер Апахончич, прорвавшийся 23 октября 1946 г.

Вершинный кратер Ключевского вулкана в продолжение указанного времени спокойно парил, и какой-либо явной связи характера активности побочных кратеров с ним не наблюдалось.

Все побочные кратеры, за исключением Апахончича, в первые месяцы его существования находились в слабом фумарольном состоянии. Наиболее активными участками у всех побочных кратеров являлись трещины на конусе в вершинной части и дно эксплозивных воронок.

Кратер Туйла, образовавшийся в 1932 г.

На Туйле фумаролы расположены на вершине конуса сто трещине юго-восточного направления. Трещина проявляется на поверхности красной и бурой окраской лавы. Над трещиной в сухую погоду видно движение горячего воздуха, а в пасмурную — интенсивное парение. Максимальная температура в трещине на глубине 30 см в 1946 г. достигала 460°. Северо-западное продолжение этой трещины парило сильнее, особенно в пасмурную погоду, хотя температура там была всего лишь 40—60° и поверхность песка уже покрыта мхом.

Старые фумаролы, на которых в 1936—1940 гг. температура достигала 300°, сейчас совершенно остыли (фиг. 1). Лавовый поток также остыл и зимой на нем лежал снег.

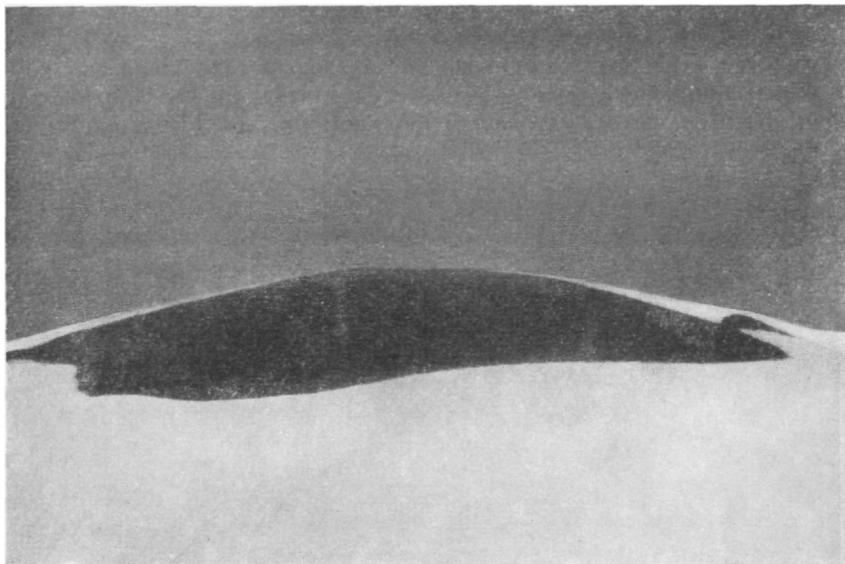
За два года наблюдений изменилась температура фумарол. На горячей трещине температура снизилась на 160° (с 460 до 300°). Ниже приводятся данные наблюдений; все замеры температуры производились на одной глубине и в одной и той же точке (табл. 1).

На высокотемпературной трещине лава покрыта тонким белым, желтым и бурым налетом возгона. В воде и кислотах растворяется только малая часть. В водной вытяжке определены: Cl — много, SO₃ — мало, NH₃, Na и K — много, Al и Fe — мало, Ca и Mg — нет. В солянокислой вытяжке:

Таблица 1
ТЕМПЕРАТУРА ФУМАРОЛ НА ТУЙЛЕ
в 1946—1948 гг.

Дата	t°
25 сентября 1946 г.	460
18 сентября 1947 г.	404
10 ноября 1947 г.	360
27 апреля 1948 г.	310
5 июля 1948 г.	300

SO_3 — много, Ca — много. Среди возгонов преобладает желтый минерал, нерастворимый в воде. Реакция на фтор очень сильная. Минерал является фторидом. Вместе с ним находится гипс.



Фиг. 1. Туйла зимой 1947 г. Свободна от снега только верхняя часть шлакового конуса. Фото С. И. Набоко

Билюкай, образовавшийся в 1938 г.

На Билюкае фумаролы расположены только в кратере. Осенью 1946 г. насчитывалось четыре ярко выраженных фумарольных поля и несколько выходов газа из-под глыб лавы. Через год — осенью 1947 г. — фумарольная деятельность в кратере Билюкай еще более ослабела и из четырех фумарольных полей сохранилось только одно, да и на нем температура упала со 164 до 105° . Выход газа из-под глыб лавы почти прекратился. Лавовый поток с поверхности остыл совсем, и зимой на нем лежал снег. По сравнению с 1938 г., когда автор наблюдал Билюкай в момент его извержения, произошли очень большие изменения. Конус Билюкай значительно понизился. Лавовый поток застыл. Кратер, из которого когда-то

под непрерывный оглушительный грохот взлетал огненный фонтан лавы, имевшей температуру около 1200° , сейчас замер, и только из нескольких мест поднимается пар и лишь участки измененной лавы на дне кратера свидетельствуют о былой его активности. Обильных разноцветных возгонов, покрывавших когда-то поток на протяжении 12 км, не стало.

По сравнению с Туйлой, Билюкай остыл несравненно скорее.

Таблица 2

ТЕМПЕРАТУРА ФУМАРОЛ НА БИЛЮКАЕ
в 1946—1948 гг.

Дата	t°
28 сентября 1946 г	164
16 сентября 1947 г	140
7 мая 1948 г	128
5 августа 1948 г	105

На конусе и на лавовом потоке места выхода газа узнаются по сильному изменению лавы. Обычно черные базальты на фумарольных полях превращены в белую с желтоватым оттенком породу. Предыдущими рабо-



Фиг. 2. Эксплозивные кратеры Юбилейного прорыва. 1948 г.
Фото С. И. Набоко

тами автора установлено почти полное отсутствие в ней кремнекислоты и железа. Остальные окислы присутствуют почти в тех же отношениях, в каких они находились в первоначальной породе (базальте). Такое изменение базальта происходило под влиянием газов, богатых фтором.

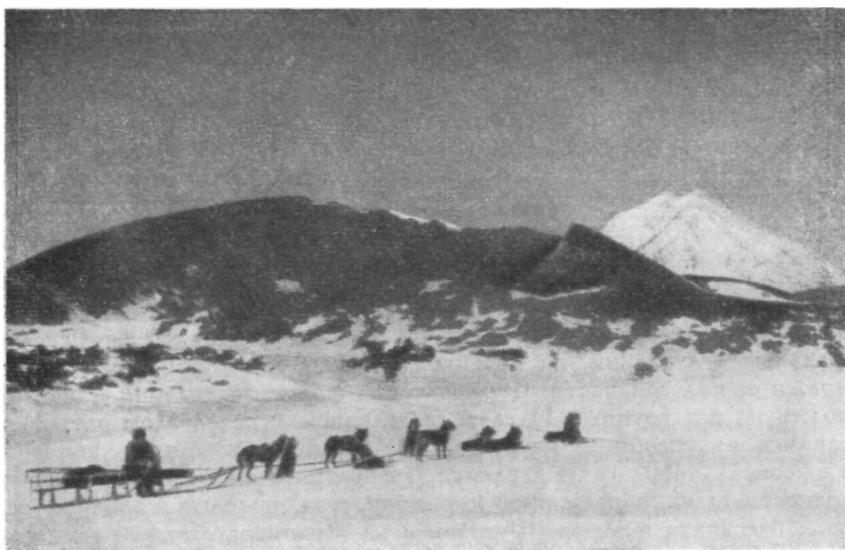
Среди новообразований много гипса. Мелкие кристаллики гипса покрывают поверхности глыб и песчаных участков. Растворимые же сульфаты и галогены образуются в очень незначительных количествах и покрывают тонкой пленочкой кусочки лавы в местах выходов газа.

Юбилейная группа, образовавшаяся в 1945 г.

Из кратеров Юбилейной группы (фиг. 2) наиболее активными являлись нижний — кратер Заварицкого и один из верхних — Левинсон-Лессинга. Из остальных кратеров газ почти не выделялся.

Кратер Заварицкого

На побочном кратере Заварицкого фумаролы расположены на двух трещинах, проходящих на внешнем северо-западном склоне конуса. Первая трещина поперечная, открытая; стенки трещины почти вертикальные, лава изменена и имеет красный и оранжевый цвет. Вся трещина интенсивно парит, и на стенках ее осаждаются налеты возгонов. Температура газов 160° (фиг. 3).



Фиг. 3. Побочный кратер Заварицкого зимой 1948 г. Фото С. И. Набоко

Вторая трещина, продольная, закрытая в виде полосы, проходит от вершины конуса вниз по склону и сильно парит. Ширина ее около 5 м. Базальт вдоль трещины изменен и превращен в желтую порошокатую массу. Температура на глубине 20 см 232° . На поверхности и на глубине нескольких сантиметров образуется много нерастворимых и растворимых возгонов.

Выходы газов имеются и на лавовом потоке, около подножия конуса. Здесь лавовый поток почти засыпан песком и лапилли, и над ровной поверхностью выступают отдельные глыбы лавы. Из-под глыб выделяется

газ, а под ними продолжают образовываться довольно значительные количества нашатыря. Температура фумарол на лавовом потоке выше 100°. В отличие от Билукая, на котором за два года понизилась температура и уменьшилось образование возгонов, на кратере Заварицкого температура держалась в продолжение двух лет почти постоянной (около 240°) и шло обильное образование возгонов. На лавовом потоке у подножия конуса образование нашатыря в 1948 г. уменьшилось.

Таблица 3

ТЕМПЕРАТУРА ФУМАРОЛ НА КРАТЕРЕ ЗАВАРИЦКОГО
в 1946-1948 гг.

Дата	Фумаролы		
	1	2	3
	Температура, град.		
26 декабря 1946 г		232	
8-10 мая 1947 г	160	220	110
12 сентября 1947 г	160	240	105
7 мая 1948 г	160	232	100
5 августа 1948 г		220	
1 — расположена на поперечной трещине			
2 — „ на продольной трещине			
3 — „ на лавовом потоке.			

Кратер Левинсон-Лессинга

В кратере Левинсон-Лессинга фумаролы располагались на дне обоих центральных углублений, на перемычке между ними и на южной стенке кратера, в ее пологой части. Фумаролы по форме выделения газа можно разделить на две группы: 1) газы выделялись через аггломерат, 2) газы выделялись из трещин и из-под глыб лавы. В трещинах температура была высокой — 460°, газ выделялся, энергично и сопровождался рокогом. Поверхность глыб, обращенных к выходу газа, покрыта корочкой из ангидрита, бассанита и опала. Фумаролы на аггломерате имели температуру около 100°. Газ просачивался через песок на довольно больших площадках. На поверхности и в песке образовывалось много растворимых и нерастворимых сульфатов.

Температура газовых струй на дне кратера снизилась за два года на 220°, а просачивающихся через аггломерат оставалась постоянной.

Апахончич, образовавшийся в 1946 г.

Апахончич образовался 23 октября 1946 г.; к месту извержения автору удалось попасть через 10 дней. Морфология и характер извержения Апахончича описаны в предыдущей статье, здесь же охарактеризовано последующее его состояние.

Таблица 4

ТЕМПЕРАТУРА ФУМАРОЛ В КРАТЕРЕ
ЛЕВИНСОН-ЛЕССИНГА

Дата	Фумаролы	
	1	2
Температура, град.		
26 декабря 1946 г.	460	100
11 мая 1947 г.	420	—
13 сентября 1947 г.	380	98
7 мая 1948 г.	210	93
8 августа 1948 г.	230	—
1 — фумарола из трещин на дне кратера		
2 — фумарола на перемычке.		

Извержение Апахончича, в отличие от других побочных кратеров — Туйлы, Билукая и Заварицкого, было очень кратковременным и длилось всего лишь месяц (а у Билукая — год). Через два месяца после образования кратер уже не действовал, на склонах конуса лежал снег, но лавовый поток оставался еще очень горячим и в некоторых, обычно отдаленных от кратера участках, находился еще в стадии движения. Через семь месяцев после образования Апахончич находился уже в таком же фумарольном состоянии, как и Туйла, образовавшаяся на 15 лет раньше. Через полтора года температура фумарол на Апахончиче уже стала значительно ниже, чем на Туйле.

Второй особенностью извержения Апахончича являлось то, что оно почти не сопровождалось образованием возгонов в кратере и на лавовом потоке. Возгоны почти не образовывались ни в первый момент формирования лавового потока, ни при дальнейшем его остывании, ни даже в кратере и на конусе. Даже столь распространенный на других лавовых потоках нашатырь на Апахончиче был обнаружен только химически — в тонких налетах. В нескольких местах на поверхности самых больших и плотных глыб был констатирован только тончайший налет галита в виде выпота. В местах выхода газа на шлаковом конусе и на потоке в первый момент его остывания на кусочках лавы образовывался тоже очень тонкий налет хлоридов NH_3 , Fe^{++} , Na и K . После извержения в течение полутора лет фумаролы находились на вершине конуса на трещинках, окружающих кратер, и на дне кратера. Лава около фумарол изменена и с поверхности покрыта белой и желтой коркой. Процесс изменения базальта под влиянием газа на Апахончиче аналогичен вышеописанному на Билукае и Заварицком, но, конечно, протекает слабее.

Изменение происходит под влиянием выделяющегося фтора. Газообразный фтор был обнаружен качественно в фумаролах Апахончича как в первый момент своего извержения, так и при последующей фумарольной деятельности.

Малое количество возгонов, вероятно, объясняется малой насыщенностью газами лавы Апахончича, которая в свою очередь является последней порцией извержения 1945 г.

Таблица 5

ТЕМПЕРАТУРА ФУМАРОЛ НА АПАХОНЧИЧЕ
в 1946-1948 гг.

Дата t°	
3 ноября 1946 г.1150
26 декабря 1946 г.500
11 мая 1947 г.460
13 сентября 1947 г.280
7 мая 1948 г.186
5 августа 1948 г.180

Ниже дается качественный состав одного из возгонов Апахончича, собранного через 10 дней после излияния лавы.

В воде растворяется очень незначительная часть.

Качественный анализ водной вытяжки: Cl — много. SO₄ — нет, CO₃ — нет, NH₃ — есть, Na и K — есть, Al — есть, Fe⁺⁺⁺ — мало, Fe⁺⁺, Ca и Mg —



Фиг. 4. Домик у подножия Ключевской сопки
Ю — кратер Заварицкого, А — Апахончич. 1948 г. Фото С. И. Набоко

нет. При кипячении в водной вытяжке появился Ca. В азотнокислой вытяжке: Cl — много, SO₃ и CO₂ — нет, Al — много. Нерастворимый в кислоте остаток дает сильную реакцию на фтор.

Таким образом, фтористые минералы наравне с хлоридами начали образовываться в самом начале формирования лавового потока.

1. Все побочные кратеры Ключевского вулкана, образовавшиеся в последнее двадцатилетие, находились в 1946—1948 гг. в фумарольной стадии.

2. Большинство фумарол расположено на трещинах на склонах конусов и в кратерах. На лавовых потоках фумаролы в большинстве случаев отсутствовали.

3. Газообразные продукты фумарол на всех кратерах весьма близки по составу и отличаются только количественным соотношением некоторых компонентов: паров воды меньше всего в высокотемпературных фумаролах на Апахончиче и на Туйле и больше всего в низкотемпературных фумаролах кратера Левинсон-Лессинга. Хлористого водорода больше всего в фумаролах самого молодого кратера Апахончича и меньше всего в фумаролах самого старого кратера Туйлы. Количественное изменение хлористого водорода в сторону уменьшения совпадает с возрастом кратеров — чем старше кратер, тем меньше в выделяющемся газе хлористого водорода.

4. Изменение пород под влиянием фумарольного газа происходит на всех кратерах в одном и том же направлении. Наиболее активным агентом является фтор. Под влиянием его действия базальт обесцвечивается, из породы выносятся кремний и железо. На месте черного базальта образуется белая и светложелтая порода, состоящая из фтористых минералов.

5. Фтористые возгоны образовывались на всех побочных кратерах с первых дней их существования и до последних дней. Являясь нерастворимыми и устойчивыми, они сохранились и создают впечатление преобладающих.

6. В продолжение двух лет происходило непрерывное понижение температуры фумарол почти на всех кратерах. Исключение представляют фумаролы на конусе Заварицкого. Температура там в течение двух лет была постоянной — около 240°. Быстрее всех остывал Апахончич: за полтора года температура снизилась с 1150 до 186. На Билюкае температура понизилась на 100°, на Туйле — на 150.

7. На самом старом кратере Туйла температура фумарол в 1948 г. была самой высокой.

Ниже приводятся сравнения температур, времени и места образования кратеров.

Таблица 6

Кратер	Время прорыва		Гигсометр. высота, м	Температура фумарол	
	год	в годах по отношению к 1948 г.		1946 г.	1948 г.
Туйла	1932	16 лет назад	500	460	300
Билюкай	1938	10 лет назад	900	164	78
Заварицкого	1945	3 года назад	1000	240	232
Апахончич	1946	2 года назад	1600	1150	186

На кратере Туйла, несмотря на то, что он образовался шестнадцать лет назад, температура в 1948 г. была самой высокой (300°), выше даже чем на Билюкае, образовавшемся на восемь лет позже, и на кратерах Заварицкого и Апахончич, образовавшихся соответственно тринадцатую и четырнадцатую годами позже.

Объяснить температуру фумарол результатом только процесса окисления лавы затруднительно, так как форма конуса, мощность рыхлых отложений, характер слагающего конус материала (шлаковый базальт), деятельность в прошлом и, наконец, состав газа у всех побочных конусов близки и несмотря на это фумарольная деятельность последующих лет и, в особенности, температурный режим у них различны. Можно предположить, что температурный режим фумарол стоит и в зависимости от положения побочного кратера. Кратер Туйла находится на самом низком гипсометрическом уровне, и на нем отражались (повышение температуры, увеличение кислой части в газовой смеси) процессы, происходящие на вулкане — извержение вершинного кратера в 1936—1937 гг., прорыв новых побочных кратеров группы Билюкая, прорыв Апахончича.
