

Е. А. ВАКИН, И. Т. КИРСАНОВ, А. А. ПРОНИН

АКТИВНАЯ ВОРОНКА МУТНОВСКОГО ВУЛКАНА

Мутновский вулкан находится в 80 км к югу от Петропавловска-Камчатского; среди вулканов Камчатки он проявляет наиболее мощную фумарольную деятельность. В настоящее время его фумаролы сосредоточены на термальных полях большого северо-восточного кратера, северных склонах конуса и наиболее мощные — в субтерминальном кратере, так называемой Активной воронке.

За деятельностью Активной воронки ведутся относительно регулярные наблюдения с 1960 г. (Кирсанов и др., 1964).

В 1963 г. Е. А. Вакину впервые удалось спуститься на дно воронки и провести некоторые исследования. В 1964 г. А. А. Пронин с альпинистами С. Юфитом и А. Дуловым повторили спуск. Предварительные результаты этих исследований вместе с наблюдениями предыдущих лет составляют предмет данной статьи.

**СТРУКТУРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И МОРФОЛОГИЯ
ВОРОНКИ**

Активная воронка располагается на пересечении крупной субмеридиональной тектонической зоны с нарушениями северо-западной ориентировки, ограничивающими небольшой грабен (рис. 1).

Все остальные термопроявления Мутновского вулкана приурочены к субмеридиональной тектонической зоне. Нарушения, ограничивающие грабен, четко прослеживаются по основному каньону р. Вулканной и ее левому притоку.

На участке пересечения разломов северо-восточной ориентировки с разломами, ограничивающими крылья грабена, породы сильно раздроблены, изменены и опущены по отношению к стенкам большого юго-западного кратера примерно на 100—150 м. В этой части вулкана в настоящее время, по-видимому, отмечается наиболее ослабленный участок, где происходит миграция побочных центров извержения. Здесь, южнее Активной воронки, имеется еще одна, примерно таких же размеров. Воронка на $\frac{1}{3}$ заполнена водой, которая в 20-х годах нашего века (Гультен, 1925) была еще горячей. В настоящее время озеро воронки почти все время покрыто льдом.

Морфология Активной воронки в значительной степени определяется местными тектоническими нарушениями. Располагается она на месте пересечения западных стенок двух больших кратеров, в плане образующих восьмерку. Очертания самой воронки указывают на то, что разрывные нарушения играли существенную роль в ее формировании. Разновысотный гребень кратера в плане образует слегка вытянутый в северо-

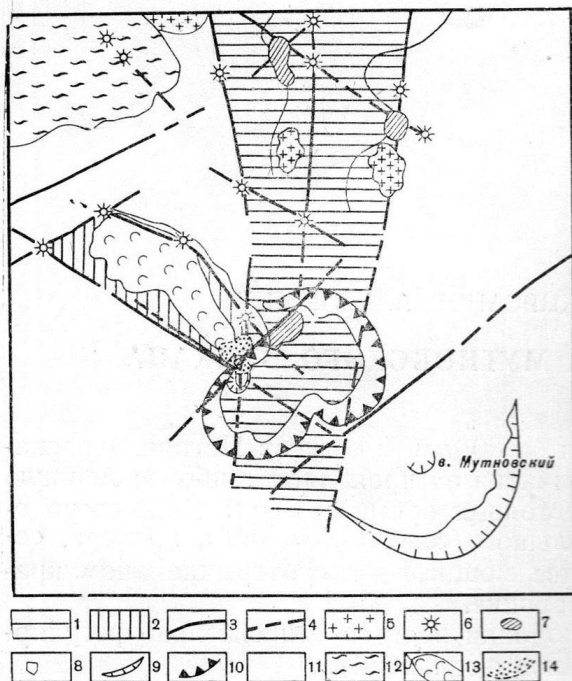


Рис. 1. Тектоническая схема Мутновского вулкана

1 — зона тектонических нарушений субмеридионального простирания; 2 — вулкано-тектонический грабен на северо-западном склоне Мутновского вулкана; 3 — установленные разломы; 4 — предполагаемые разломы; 5 — экструзии андезито-дацитов и дацитов; 6 — шлаковые конуса базальтов; 7 — фумарольные и термальные площадки; 8 — активная воронка; 9 — сомма; 10 — современные кратеры; 11 — эффузивно-пирокластические породы в Мутновского; 12 — игнимбриты вулкана Горелого; 13 — лавовый поток, излившийся из Активной воронки; 14 — пирокластические отложения Активной воронки

часть представляет собой сравнительно ровную площадку, засыпанную мелким рыхлым материалом. Возможно, некоторое участие в его строении принимают и кратерно-озерные отложения.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВОРОНКИ

Активная воронка является субтерминальным кратером, врезанным в тело Мутновского вулкана, поэтому в стенках этого кратера обнажаются преимущественно породы главного конуса. Представлены они переслаивающимися лавами и пирокластическим материалом андезито-вого и андезито-базальтового состава.

В западной, северо-западной и северо-восточной стенке слоистое залегание пород нарушается тектоническими подвижками, многочисленными дайками различной ориентировки и маскируется значительными гидротермальными изменениями.

В уступах южной стенки и на их поверхности отмечается несортированный рыхлый пирокластический материал, отличающийся от пород конуса темной окраской, относительной свежестью и однообразием. Образование его несомненно связано с деятельностью воронки. В верхней части стенок во многих местах этот же пирокластический материал несогласно залегает на более древних породах вулкана.

восточном направлении многоугольник с четко выраженными прямолинейными сторонами на севере, юге и востоке (рис. 2). Размер внешней части воронки по длинной оси равен 380 м, по короткой — 250 м; дна — 150—170 м. Высота стенок в северной и восточной частях — 200—300 м, в южной — около 200 м. Стенки воронки в верхней части почти всюду отвесные, в средней — местами вылаживаются до 20—30°. Северная и восточная стенки у дна образуют 50—100-метровые вертикальные, а на отдельных участках нависающие обрывы. На южной, самой низкой стенке отмечается несколько крупных уступов, перемежающихся с пологими площадками. Юго-западная и западная стенки сравнительно пологие, но они изрезаны глубокими рытвинами, разделенными высокими гребнями даек, одна из которых спускается до самого дна воронки. Дно воронки имеет форму чаши, слегка вытянутой в северо-восточном направлении. Его средняя



Рис. 2. Активная воронка в плане (фото Г. С. Штейнберга)

В юго-восточной части воронки эти отложения достигают мощности от 5 до 30 м. В разрезе отмечается от 8 до 10 прослоев. В низах разреза четко прослеживается прослой агломератов, состоящих из достаточно крупных шлаковидных бомб и обломков мегаплагиофировых андезитов. Мощность этого слоя колеблется от 0,5 до 5 м. Выше отмечается переслаивание лапиллей, вулканического песка и пепла. Почти все они содержат значительную примесь гипса и других растворимых сульфатов, а обломки представлены в различной степени измененными породами андезитового и андезито-базальтового состава. Последние извержения воронки (Кирсанов и др., 1964) характеризовались выбросом резургентного материала андезито-базальтового состава.

Кроме эксплозивной деятельности для активной воронки характерны и излияния лав базальтового состава (табл. 1). Из нее излились потоки, спускающиеся по северо-западному склону вплоть до верховьев оврага Опасного. В самой воронке отмечается многочисленное количество даек, по-видимому, являющихся корнями лавовых потоков. Одна из них (Тамарин гребень) мощностью до 20 м пересекает юго-западную стенку и как бы протыкает дно, сложенное рыхлым пирокластическим материалом. Судя по огромному количеству и активной деятельности фумарол, приуроченных к дайке, излияние лав из этого канала происходило в недалеком прошлом. Большая часть пород воронки сильно изменена по зонам дробления, вдоль трещин и вблизи даек, вследствие чего имеет пестроцветный облик. Благодаря интенсивной фумарольной деятельно-

сти газо-гидротермальное изменение пород активно продолжается и в настоящее время.

Породы Активной воронки, приведенные в табл. 1, в различной сте-

Таблица 1

Химический состав пород воронки

№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	п.п.п.	ω ⁻¹²⁰	Σ
25	48,66	0,53	22,26	1,68	7,27	0,19	5,46	11,66	1,53	0,16	0,03	0,11	0,22	0,36	99,75
А	50,70	1,15	19,20	6,36	7,36	0,17	3,98	7,72	2,17	0,39	Н/о	0,01	—		99,46
59	50,98	1,14	16,70	4,50	3,85	0,06	1,68	8,43	1,30	0,38	0,28	Н/о	8,16	3,15	100,41

Примечание. А — даяка в Активной воронке (Тамарин гребень); 25 — лавовый поток, излившийся из Активной воронки; 59 — мелкий пирокластический материал, выброшенный из воронки в декабре 1960 г. Аналитики — Котова и Серафимова.

пени изменены, о чем свидетельствуют неравномерное количество полуторных окислов, присутствие значительного количества серы, п.п.п. и воды.

ФУМАРОЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВОРОНКИ

На рис. 3 хорошо видно, как сильно «клубит» Активная воронка и насколько интенсивнее ее деятельность по сравнению с фумарольными полями северо-восточного кратера. Над кратером почти постоянно поднимается километровый столб газов, обычно занимающий всю полость воронки. Запах сернистых газов часто чувствуется в радиусе 5—6 км. Естественно, что изучение внутренней части воронки очень затруднено.

В периоды слабой активности воронки на ее дне иногда хорошо видны высокотемпературные фумаролы с темными отверстиями различного диаметра и газовыми струями синевато-серого оттенка. Наиболее актив-



Рис. 3. Выделение газов из кратеров Мутновского вулкана. В правой части парит Активная воронка, в левой — фумарольные поля северо-восточного кратера, август 1960 г. (фото Н. К. Классова)

ные участки обычно приурочены к периферии и реже к центральной части дна. Кроме того, многочисленные фумаролы различной активности, с пестроцветными возгонами на устьях, наблюдаются на стенках воронки.

В июле-августе 1960 г. на дне воронки отмечалось несколько групп активно-действующих фумарол (рис. 4). В восточной и юго-восточной части они прослеживались в виде узкой полосы, и на отдельных участках газы периодически поступали большими клубами, иногда занимающими всю полость воронки. В юго-западной части, у подножия дайкообразного тела площадью примерно 25 м^2 , газы выделялись в виде сплошной массы, а в северо-западной — в виде маломощных струек, равномерно распределенных по осыпи обломочного материала. Поверхность дайкообразного тела, прорезающего юго-западную стенку, была покрыта возгонами ярких цветов. В его нижней и верхней частях выходы газов были расположены беспорядочно, в средней — рядами вдоль гребня.

Кроме активно «дымящих» площадок у подножия гребня и в центральной части дна имелись три открытые трещины размером примерно $20\text{—}25 \times 1,0\text{—}1,5 \text{ м}$. В момент наблюдения никаких газовых выделений из трещин не отмечалось. Возможно, деятельность их проявлялась в периоды усиления активности вулкана.

В конце декабря 1960 г. трещины стали центрами эксплозивного извержения, которое продолжалось в течение 4—5 дней и наблюдалось из Петропавловска-Камчатского. При непосредственном изучении последствий этого извержения в марте 1961 г. было отмечено, что воронка стала глубже на 15—20 м, на месте открытых трещин появились небольшие углубления, со дна которых происходило интенсивное выделение газов. Дайкообразное тело несколько «выпятилось», возможно, вследствие обрушения вмещающих пород юго-западной стенки. На поверхности его и прилегающих участках появилось значительно больше фумарол. На склонах воронки и в ее окрестностях отмечался прослой резургентного пирокластического материала, выброшенного в результате извержения; объем его составлял около 10^6 м^3 .

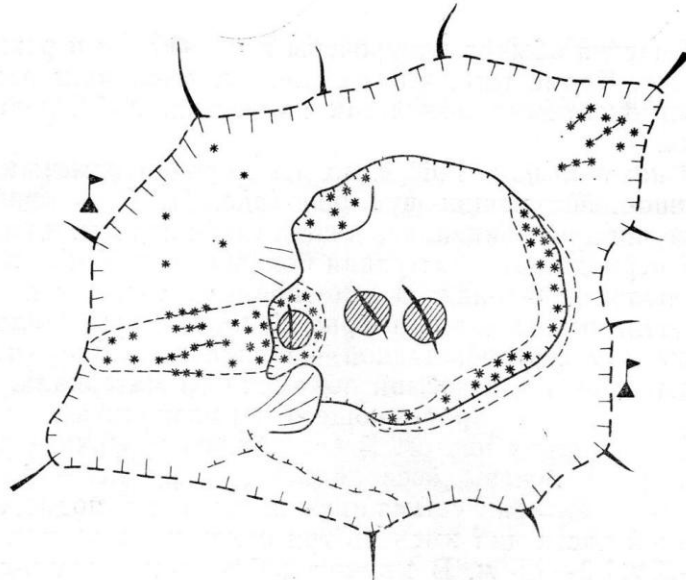
В сентябре 1961 г. признаки извержения в самой воронке исчезли. Дно совершенно сгладилось, и на месте центров извержения появилось небольшое озеро с водой бирюзового цвета. Фумарольная деятельность вновь сосредоточилась по периферии дна и в стенках воронки.

В августе 1963 г. во время первого спуска на дно воронки фумаролы различной активности отмечались почти на всех стенках. Наиболее активные из них, как и раньше, сосредоточивались в районе дайки, нижних частей стенок и их подножия («Тамарин гребень», «Чертова кухня», «Камнепадный» и др.¹) (см. рис. 4).

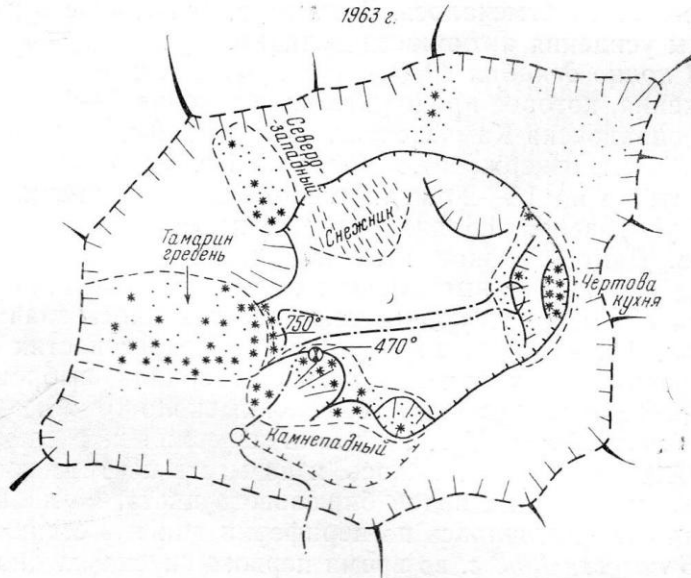
Особенно много фумарольных отверстий отмечалось на поверхности Тамариного гребня. Густота и мощность их увеличивались в нижней его части. В верхней и средней частях гребня устья большинства фумарол были покрыты желтовато-зелеными налетами серы и различными сульфатами. Примерно на расстоянии 15 м от дна возгоны сульфатов исчезли, сера начинала плавиться и стекать небольшими каплями и струйками янтарного цвета. Затем на высоте 8—10 м от дна исчезла сера, и на поверхности гребня четко были видны открытые трещины шириной от 0,3 до 0,8 м; трещины прослеживались вдоль всего подножия гребня и его контактов с вмещающими породами. Стенки трещин были окрашены в темный цвет, а внутри на некоторой глубине их поверхность

¹ Названия наиболее активным участкам были даны Е. А. Вакиным во время спуска на дно воронки.

1960-1961 г.г.



1963 г.



1964 г.

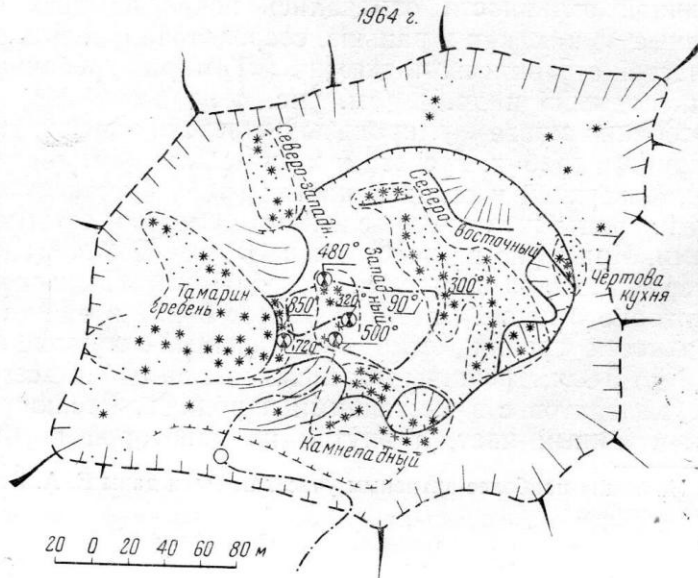


Рис. 4. Схемы расположения fumarол и центров извержения в Активной воронке в 1960/61, 1963 и 1964 гг.

1 — внешние склоны воронки; 2 — обрывы внутренних стенок; 3 — дно воронки; 4 — осыпи глыб на дне воронки; 5 — наиболее активные fumarолы; 6 — fumarолы, приуроченные к трещинам; 7 — слабые fumarолы и парящие участки; 8 — границы наиболее активных участков; 9 — открытые трещины перед извержением; 10 — воронки взрыва после извержения; 11 — температура газов и пород; 12 — места отбора проб; 13 — места наблюдения за fumarольной деятельностью; 14 — маршруты спуска в воронку

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14

20 0 20 40 60 80 м

была раскалена до вишнево-красного свечения. У западного контакта дайки, на месте пересечения горизонтальных и вертикальных трещин, наблюдалось ярко-красное свечение пород (850—900°).

Из всех этих трещин с низким ревом вырывались бесцветные газовые струи, которые иногда со свистом, за доли секунды, пролетали до верхнего края воронки, где превращались в клубящуюся массу пара белого цвета.

Подойти вплотную к гребню мешали фумаролы, приуроченные к обломочному материалу у его подножия. Примерно на расстоянии 3—5 м от стенок этот материал был прогрет газами до температуры 750°.

Таблица 2

Химический состав фумарольных газов и конденсатов

№ проб	Дата отбора	Температура, °С	Фумарольные газы, объемные %									
			HF	HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	O ₂	N ₂
31	21.VIII 1963	500		3,38	1,28	0,0	44,11	0,95	1,14	1,30	10,5	32,41
10	27.VIII 1964	480		0,0	0,68	0,0	87,82	0,0	0,0	2,67	1,48	7,35
13		320		0,0	0,0	0,0	77,79	0,06	2,46	0,00	3,23	16,52

№ проб	Дата отбора	Температура, °С	H ₂ O, г/л	pH	Катионы								ΣК
					H+	NH ₄ ⁺	K+	Na+	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	
31	21.VIII 1963	500	53,0	0,26	550,0	0,0	33,2	250,0	80,38	264,5	50,0	0,0	1228,0
10	27.VIII 1964	480	30,0	0,35	450,0	450,0	5,1	27,5	H/o	H/o	H/o	H/o	
13		320	58,7	0,79	161,0	102,0	—	—	H/o	H/o	H/o	H/o	

№ проб	Дата отбора	Температура, °С	Анионы					ΣА	H ₂ , мг/л	S общая, мг/л	S в осадке, мг/л
			F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	SO ₃ ²⁻	S ₂ O ₃				
31	21.VIII 1963	500	600,0	7800,0	—	21471,0	—	29871,0	0,0		
10	27.VIII 1964	480	600,0	5531,0	H/o	4320,0	—		0,00	11362,3	5255,0
13		320	600,0	3552,0	H/o	944,0	—		0,0	1086,0	2165,0

Примечание. 1 — места отбора газов и конденсатов указаны в примечании к табл. 3; 2 — анализы конденсатов неполные.

Таблица 3

Соотношение вулканических газов, воды и воздуха

№ проб	Дата отбора	t, °С	Вулканические газы с учетом ионов конденсата, объемные %										Фумарольные газы с водой, объемные %				N ₂ /O ₂	S в осадке, г/л
			HF	HCl	SO ₂	H ₂ S	NH ₃	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	H ₂ O	Сумма вулк. газов	O ₂	N ₂			
31	21.VIII 1963	500	3,32	27,1	25,56	0,0	0,0	40,87	0,87	1,07	1,21	98,50	1,04	0,1	0,36	3,56	—	
10	27.VIII 1964	480	1,65	8,06	18,9	0,0	1,29	68,00	0,0	0,07	2,07	97,40	2,43	0,0	0,14	5,0	5,25	
13		320	4,01	12,91	4,1	0,0	0,73	75,71	0,06	2,40	0,0	98,65	1,13	0,0	0,16	5,5	2,16	

Примечание. 31 — Активная воронка, участок «Камнепадный», отбирал Е. А. Вакин; 10 — Активная воронка, участок «Западный», северная группа, отбирал А. А. Пронин; 13 — Активная воронка, участок «Западный», южная группа, отбирал А. А. Пронин. Все пробы проанализированы в центральной химической лаборатории Института вулканологии В. И. Капустяной и Е. К. Серфимовой.

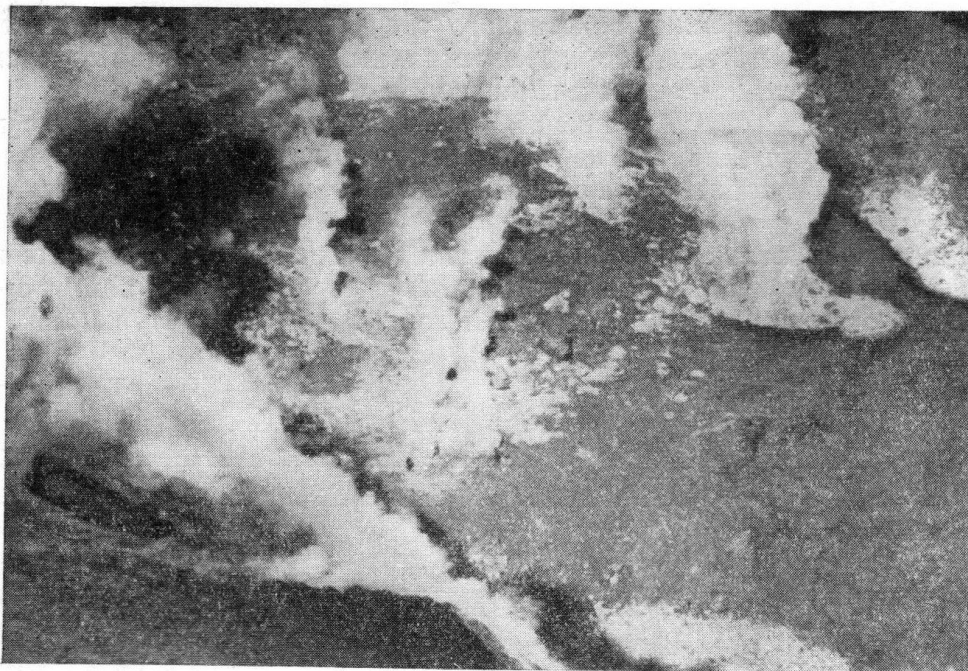


Рис. 5. Дно Активной воронки и состояние

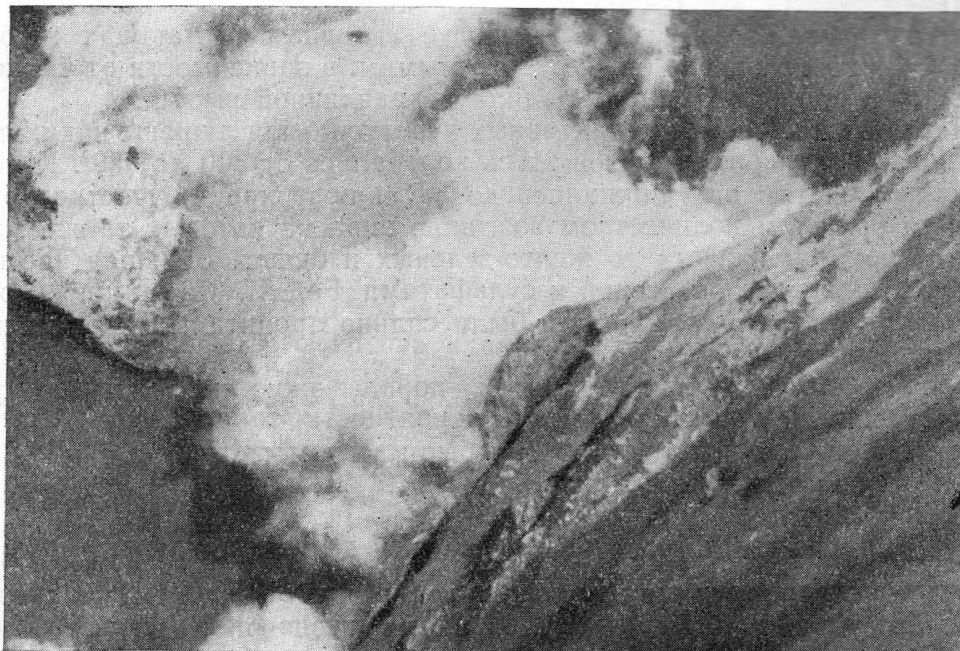
Активный участок «Чертова кухня» приурочен к восточной части дна. Мощные струи бесцветного газа с большой скоростью и шумом вырывались из-под нависающей восточной стенки. На высоте примерно 25—30 м, а иногда и у верхних кромок они «расцветали» в клубящуюся массу, которая очень часто закрывала всю полость воронки и мешала наблюдению. От центральной части дна эти фумаролы были отгорожены валом, сложенным рыхлым обломочным материалом, свалившимся со стенок и частично выброшенным в результате периодических газовых взрывов. Высота вала достигала 2—2,5 м. Вся поверхность его была пронизана многочисленными газовыми струями, температура которых на расстоянии 10—15 м от стенки достигала 450°, а в 7—8 м повышалась до 600°.

Характер фумарольных струй и нарастание температуры при подходе к стенке воронки позволяют предполагать, что температура газов в основных выходах «Чертовой кухни» значительно выше на «Тамарином гребне». Количество газов, выделяемых этими фумаролами, составляет примерно $\frac{1}{2}$ всей массы паров, видимых над воронкой.

Участок Камнепадный расположен в юго-восточной части дна. Выходы газов, как и на предыдущем участке, приурочены к осыпи обломочного материала и нижним частям стенок. Добраться до основных фумарол не представлялось возможным, так как температура газов в осыпи достигала 500°. В одной из фумарол такого типа была отобрана проба газов (табл. 2, 3).

Четвертый активный участок — Северо-западный располагался в нижней части северо-западной стенки и был представлен тремя активными фумаролами, газы которых на некоторой высоте были бесцветными, следовательно, температура их на выходе превышала 300°. Остальные фумаролы занимали довольно большую площадь и поднимались почти до кромок воронки; температура их была меньше.

В первой половине 1964 г. (январь — май) Активная воронка вновь, по-видимому, находилась в стадии кратковременного, слабого экспло-



фумарол в августе 1964 г. (фото И. Т. Кирсанова)

живного извержения, которое из Петропавловска-Камчатского не наблюдалось и было установлено только при непосредственном изучении ее состояния в июле-августе. Свидетельством извержения явилось наличие свежего прослоя вулканического песка и пепла на южном и юго-восточном склоне воронки. Обломки, как и в предыдущее извержение, были представлены в различной степени измененными породами базальтового состава и гипсом, т. е. резургентным материалом. Максимальная мощность его вблизи центра извержения достигала 5—10 см. Границы распространения точно определить не удалось в связи с малым количеством выброшенного материала.

В связи с этим извержением некоторые изменения произошли в распределении фумарол, а также в их деятельности. Значительно увеличилось количество активных участков (см. рис. 4). На дне воронки появилось 5 групп активно действующих фумарол. В восточной и северо-восточной части наиболее сильные фумаролы располагались по кулисообразным трещинам, ориентированным в субмеридиональном направлении. В северной части дна мощные фумарольные струи вырывались из-под обрыва субширотной ориентировки. Небольшой активный участок появился в западной части дна, перед «Тамариным гребнем». Сильные фумарольные струи здесь концентрировались в двух местах без какой-либо ориентировки (рис. 5).

На участке Камнепадном активные фумаролы стали занимать большую площадь и переместились с осыпи к подножию и нижней части юго-восточной стенки, в отдельных местах поднявшись до ее середины. Фумарольные струи здесь также расположились цепочками, ориентированными в северо-восточном и северо-западном направлении.

Значительно расширилась площадь активных фумарол на поверхности «Тамариного гребня». Фумаролы «Чертовой кухни» почти прекратили свою деятельность. В целом активность фумарол воронки в 1964 г. по сравнению с предыдущими наблюдениями повысилась примерно в 3—5 раз. Характер выделения и динамика вулканических газов остались

примерно такими же. Выделение их в одних местах было постоянным, в других — периодическим. В наиболее активных фумаролах газовые струи на выходе обычно были бесцветными и в зависимости от температуры конденсация пара происходила на различной высоте.

Центральные части всех активных участков были лишены каких-либо возгонов, и температура газов здесь колебалась от 300 до 950°. К периферийным частям она снижалась до 80° и поверхность участков была покрыта большим количеством возгонов, окраска которых также менялась от ярко-оранжевых до желто-зеленых и белых. Большая часть из них была представлена серой и сульфатами Fe, Al, Ca и др.¹ Кроме того, растворимыми сульфатами были сильно пропитаны лирокластические отложения на дне кратера.

В подножии «Тамариного гребня» породы вновь нагрелись до красного свечения (800—950°). По всей вероятности, такая же температура была и на других участках, но они были закрыты струями слабых фумарол и недоступны изучению.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГАЗОВ И КОНДЕНСАТОВ

При обследовании дна воронки кроме возгонов Е. А. Вакиным и А. А. Прониным были отобраны пробы газов и конденсатов (см. табл. 2, 3).

Рассматривая результаты анализов этих проб, можно отметить следующие наиболее интересные моменты.

В фумаролах воронки количество HF, HCl и SO₂ значительно преобладает над количеством тех же газов в фумаролах северо-восточного кратера (Кирсанов, 1964). В конденсатах H⁺ значительно преобладает над всеми остальными компонентами. В анионах основную часть составляет Cl⁻, SO₃²⁻, и количество их иногда достигает 7—21 г/л. Во всех конденсатах в осадке выпала сера. Возможно, последним обстоятельством в какой-то степени объясняется отсутствие в газах и конденсатах H₂S, который с момента отбора до производства анализа окислился до SO₂. (В газовых пипетках также отмечалось небольшое количество S в осадке.)

При сравнении результатов всех анализов наблюдается четкая зависимость количества H⁺, SO₃²⁻ и Cl⁻ от температуры. С увеличением ее от 300 до 500° оно возрастает в 3—5 раз и иногда больше. При спуске в воронку в 1964 г. были отобраны пробы газов из более высокотемпературных фумарол (720°), но они оказались менее удачными, так как отбирались из рыхлых отложений, в результате чего в газах оказались почти один воздух (SO₂ — 0,005; CO₂ — 0,05; H₂ — 0,15; O₂ — 17,85 и N₂ — 72,95 объемных %).

В заключение необходимо отметить следующие заслуживающие внимания моменты.

1. Современная деятельность Активной воронки характеризуется слабыми эксплозиями с выбросом небольшого количества резургентного материала.

2. Кроме эксплозий для воронки, как и для вулкана в целом, в настоящее время характерна активная фумарольная деятельность.

В спокойные периоды основная разгрузка газов происходит по периферии дна, нижним частям стенок и поверхности «Тамариного гребня» — корня лавового потока, по-видимому, недавнего излияния.

Перед усилением фумарольной деятельности или извержением и

¹ Более подробно возгоны будут охарактеризованы после получения химических и рентгеноструктурных анализов.

после него активные участки появляются в центральной части дна, обнаруживая тем самым основной канал воронки.

3. Во время извержений и постоянной фумарольной деятельности воронкой выделяется значительное количество тепла, а следовательно, и энергии. Сравнение суммарной энергии, затраченной на выброс пирокластического материала в предпоследнее извержение (7×10^{20} эрг, Кирсанов и др., 1964), с энергией, затрачиваемой на фумарольную деятельность (2×10^{16} эрг/сек, Поляк, 1965)¹, определенно показывает, что воронка почти все время находится в стадии слабого газового извержения. Это подтверждается еще и тем, что на наиболее активных участках («Тамарин гребень», «Чертова кухня», «Камнепадный» и др.) породы почти все время раскалены до красного свечения, т. е. температура газов при спокойном состоянии воронки (так как она только в это время доступна изучению) поддерживается в пределах 750—900°.

4. Фумарольные газы воронки на 97,5—98,5% состоят из паров воды, и только 1—2,5% приходится на кислые газы, в составе которых отмечаются CO_2 , SO_2 , HCl , HF и NH_3 , причем в более высоко температурных фумаролах количество их заметно возрастает.

СПУСК В ВОРОНКУ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Спуск на дно воронки оба раза осуществлялся по южной стенке помощью капроновой веревки, конец которой закреплялся в расщелине ножевидного гребня. На страховке при спуске и подъеме обычно были заняты 3—4 человека, спуск воды и снега для охлаждения приборов производился по дополнительной капроновой веревке.

Отбор газов осуществлялся по общепринятой методике без поглощения кислой части. Температура определялась хромель-алюмелевым щупом длиной 1,5 м. При измерении температуры на раскаленных участках дюралевая оболочка термомпары размягчалась и через некоторое время становилась непригодной для работы. Передвижение по дну воронки осуществлялось с помощью капронового проводника.

Работы на дне воронки проводились с противогазом без маски и редко с содовой повязкой, которая менялась через 8—10 мин. Для страховки у каждого исследователя имелся КИП-5 с запасом трех баллонов кислорода. Все перечисленные средства защиты от газов, кроме КИП-5, пригодны только при слабой загазованности воронки. КИП-5 рассчитан на ограниченное время, тяжел, громоздок и очень мешает при работе. В дальнейшем в таких условиях необходимо иметь более портативные и надежные средства защиты.

ЛИТЕРАТУРА

- Гультен Э. Некоторые географические заметки к карте Ю. Камчатки. Изв. Русск. геогр. об-ва, 1925, т. 57.
- Конради С. А. и Келль Н. Г. Геологический отдел Камчатской экспедиции 1908—1910 гг. Изв. Русск. геогр. об-ва, 1925, т. VII, вып. 1.
- Кирсанов И. Т. Состояние вулканов Мутновского и Горелого за период с октября 1959 по октябрь 1960 г. Бюлл. вулканол. ст., 1964, № 35.
- Кирсанов И. Т., Огородов Н. В., Чирков А. М. Состояние вулканов Мутновского и Горелого за период с ноября 1960 по июль 1961 г. Бюлл. вулканол. ст., 1964, № 36.
- Кирсанов И. Т. Состояние действующих вулканов Южной и Средней Камчатки с июня 1961 по июль 1962 г. Бюлл. вулканол. ст., 1964, № 36.
- Маренина Т. Ю. Геолого-петрографический очерк Мутновского вулкана. Труды Лабор. вулканологии, вып. 12, 1956.
- Поляк Б. Г. К энергетической оценке вулканических явлений. Проблемы вулканизма. Материалы ко второму Всес. вулканол. совещ., 1964.

¹ Энергия подсчитана приблизительно путем сравнения с фумарольными полями северо-восточного кратера. Фумарольные поля выделяют около 60 000 ккал/сек, активная воронка в 10—15 раз больше. Общая сумма выделяемого тепла вулканом колеблется от 600 000 до 1 000 000 ккал/сек.