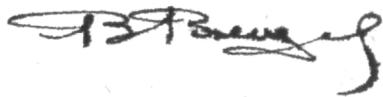


А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
КАМЧАТСКАЯ ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

БЮЛЛЕТЕНЬ
ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ
НА КАМЧАТКЕ

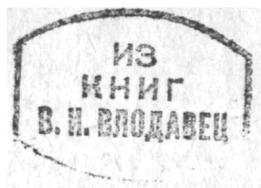
№ 11





БЮЛЛЕТЕНЬ
ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ
НА КАМЧАТКЕ

№ 11



Главный редактор
академик А. Н. Заварицкий
Ответственный редактор В. И. Володавц

В. Ф. ПОПКОВ

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОГО И ПЛОСКОГО ТОЛБАЧИКА

с 1 июля 1939 г. по 1 января 1940 г.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА

Деятельность Ключевского вулкана во втором полугодии 1939 г. характеризовалась спокойным выделением газообразных продуктов. За весь 1939 г. не отмечено ни одного эксплозивного выброса (песка и пепла). Интенсивность выделений газообразных вулканических продуктов из жерла вулкана непрерывно падала, а деятельность фумарол верхней кромки кратера повышалась, давая при этом значительный суточный дебит паров воды и газов.

В июле и августе 1939 г. Ключевской вулкан обнаруживал только деятельность фумарол. Такое состояние вулкана было отмечено в предыдущих наблюдениях. Примером могут служить наблюдения в июне и июле¹. Если в июне повышенное выделение паров всей площадью кратера вулкана составляло около 40% всего наблюдаемого времени, то в июле на такое состояние вулкана падает всего 16 часов. В августе выделение паров из жерл совершенно не отмечено.

Повышенная активность западных фумарол почти всегда превышала активность восточных. Это объясняется их расположением вдоль трещины, образовавшейся здесь при извержении в 1937 г. Иногда Ключевской вулкан находился в совершенном покое (10, 11, 25 июля и 16, 18, 19 и 29 августа).

В начале сентября вулкан заметно повысил свою деятельность.

Выделение газов приурочивалось к западной, восточной и центральной частям кратера; по северной кромке кратера выделялись лишь тонкие струйки газообразных продуктов.

С 9 по 30 сентября из жерл совершенно прекратилось выделение вулканических продуктов. Две южные фумаролы и пять восточных также значительно уменьшили выход газов. Такая пассивность вулкана может быть противопоставлена энергичной в это же время деятельности вулкана ПЛОСКИЙ Толбачик.

В начале октября жерла кратера Ключевского вулкана вновь повысили свою активность.

В этот период отмечено энергичное выделение паров и газов из восточного, а частично и из южного жерл.

Длительный период кратер вулкана был скрыт от глаз на-

¹См. статью В. Ф. Попкова «Наблюдения за деятельностью Ключевского вулкана с 1 апреля по 1 июля 1939 г.». Бюллетень Вулканологической станции на Камчатке № 10, изд. АН СССР 1941 г.

блюдателя облаками с дождем. Обычно после таких условий кратерная вершина парила всей своей площадью, и тогда работу фумарол или жерл различить было невозможно. К нашему удивлению, 15 октября, после прекращения выпадения осадков на высоте около 5000 м, освобожденный от облаков кратер не проявлял признаков деятельности.

С 19 октября до конца месяца Ключевской вулкан был часто открыт. Из жерл выделялись пары часто слабее, чем из фумарол.

В ноябре и декабре 1939 г. кратер вулкана был часто открыт. В первых числах ноября он начал повышать свою вулканическую деятельность, которая выражалась большими выделениями паров воды и газов. Почти весь ноябрь Ключевской вулкан парил всей площадью кратера- Газообразные продукты спускались преимущественно по восточному склону конуса, а затем рассеивались в воздухе. Нередко фумаролы по западной, северной и восточной кромкам кратера выделяли энергичными струйками пары и газы на высоту около 150 м над кратером.

23 ноября струйки фумарол поднимались над общим кратерным газовым облаком, которое иногда достигало в высоту 100 м.

В конце ноября кратер вулкана с большой энергией стал выделять парообразные продукты, причем одновременно выделялись пары воды и газы из жерл вулкана и из фумарол. 28 и 29 ноября пары воды и газы распространялись узкой полосой на 10—12 км к востоку. 29 ноября было отмечено выделение парообразных продуктов из западного жерла Ключевского вулкана. С 6 декабря до конца месяца, за исключением 11, 12, 14, 24, 28, 30 чисел, вулкан спокойно парил всей площадью кратера. Однако количество паров воды и газов в декабре было значительно больше, чем в предыдущие месяцы, вероятно, за счет частых снегопадов.

Наряду с этим в действие вступали восточное и западное жерла вулкана в начале (6, 7, 8-е) и в конце (29-е) декабря.

В указанные даты над кратером можно было видеть облако кучевой формы, которое относилось ветром к востоку.

Выделения фумарол Ключевского вулкана были отмечены 11, 12, 14, 20, 24, 28 и 30 декабря. В эти дни повышенная деятельность их была непостоянная. В некоторые дни усиленно работали фумаролы западной кромки кратера, в другие — восточные фумаролы. Последние работали интенсивнее фумарол западной кромки кратера.

Для подтверждения существующего мнения, что выделение вулканических газов зависит от атмосферного давления, автором составлена на основании наблюдений за время с 1 сентября 1935 г. по 1940 г. следующая таблица (см. стр. 5).

Из рассмотрения этой таблицы и по ранее опубликованным сведениям видно, что в 1935 г. эксплозии происходили при повышенном атмосферном давлении (в с. Ключи) — в 752—774.7 мм.

В 1936 г. извержения вулканического песка и пепла отмечались при давлении воздуха в 751.3—764.3 мм, хотя были единичные случаи, когда рыхлые вулканические продукты выделялись жерлами вулкана при атмосферном давлении в 742.2—748 мм.

В наблюдениях за 1937 г. отмечены эксплозии вулканических бомб и грохот взрывов при атмосферном давлении в пределах 750—761.9 мм. Известны несколько случаев, когда выделялись раскаленные частицы горных пород при максимальном давлении воздуха в 768.2—771.7 мм. Только 30 декабря 1937 г. произошло выделение рыхлых вулканических продуктов при давлении воздуха в 724.6—737.7 мм.

Таблица 1¹

Даты наблюдений	Числа месяца	Суточное колебание барометра в мм ртутного столба (в с. Ключи)		Общий характер деятельности Ключевского вулкана	Максимальная высота подъема изверженных продуктов над кратером в метрах
		от	до		
1	2	3	4	5	6
1935 г.					
Сентябрь	14	766.6	769.6	Выделение газообразных и рыхлых вулканических продуктов	1950
	16	764.6	765.1	Сильный выброс пепла	1300
	19	772.8	774.7	Частые взрывы с пеплом и песком	1240
Октябрь	13	766.7	767.6	Выбросы раскаленного песка и пепла	650
	18	766.1	767.7	Выделение газообразных продуктов	975
	20	769.2	770.3	Выделение газообразных и рыхлых продуктов	1300
Ноябрь	20	754.1	755.8	Над кратером облако из паров воды, песка и пепла	455
Декабрь	17	760.6	762.9	Частые выбросы песка и пепла	2925
1936 г.					
Январь	29	756.1	756.6	Частые выбросы газообразных и рыхлых продуктов	585
	31	760.6	761.6	Частые взрывы-выбросы газа, пара, песка и пыли	3120
Февраль	18	755.9	756.4	Интенсивные выбросы песка и пепла	4030
	24	742.2	748.4	Выделение рыхлых продуктов с парами воды	1140
Март	5	753.7	755	Столб над кратером из пара, газа, песка и пыли	1820
	21	747.2	755.4	Сильные выбросы паров воды, переполненные рыхлыми продуктами	1690
Апрель	26	755.6	757.3	Временами выделялась вулканическая пыль	65
Июнь	24	755	757.2	Взрывы газов и паров воды и пепла	2600
Июль	23	758.7	760.8	Энергичные выбросы газообразных и рыхлых продуктов	1300
	24	758.2	759.9	Выбрасывались пары воды, газы и пепел	3575
Август	30	760.3	760.9	Небольшие выбросы пара с песком и пылью	390
Сентябрь	18	750.9	754.8	Частые взрывы газов и паров с рыхлыми продуктами	650
Ноябрь	4	751.3	757.7	Красное зарево над кратером	—

Таблица составлена по материалам наблюдений за Ключевским вулканом, опубликованным в Бюллетенях Вулканологической станции на Камчатке, № № 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Таблица 1 (продолжение)

Даты наблюдений	Числа месяца	Суточное колебание барометра в мм ртутного столба (в с. Ключи)		Общий характер деятельности Ключевского вулкана	Максимальная высота подъема изверженных продуктов над кратером в метрах
		от	до		
1	2	3	4	5	6
Декабрь	12		756	Выделение песка и пепла . .	—
	24	746	748	Эксплозивное извержение . .	100
	26		755	Выброс паров воды и газа . .	650
	29	742	745	Извержение песка и пепла . .	1500
1937 г.					
Январь	3		740	Действуют только фумаролы	—
	6	736.5	737.5	Не действовал	—
	10	754	755	Эксплозивное извержение . .	500
Февраль	28	745	745	Выделение паров воды . . .	320
	1				
	6	754	755	Выбросы рыхлого материала .	200
	12		757	Выбросы рыхлого материала .	400
Март	16	749	755	Взрывы-выбросы песка и пепла	1600
	20		747.5	Эксплозивное извержение . .	1100
	2	750	758	Выделение паров воды . . .	260
	5	760	766	Слабое выделение паров воды	100
	10	744	746	Слабые выбросы песка и пыли	100
Апрель	14		747	Интенсивное выделение паров и газов	1100
	3	752.3	753.9	Извержение раскаленного песка и пепла	160—200
Июнь	6	—	758.9	Извержение раскаленных бомб и лапилли	200
	9	757.2	757.3	Эксплозивное извержение . .	8000
	10		758.4	Грохот	—
	23	751.4	754	Раскатистый грохот	—
	24	760.2	761.2	Эксплозивное извержение с излиянием лавы	8000
	25	760.3	761.9	Грохот	—
Июль	30	757.1	759.1	Грохот	—
	4	757	759.9	Извержение огненно-красных рыхлых продуктов	—
	5	757	757.4	Извержение раскаленного песка и пепла	—
	6	754.3	754.5	Огненное эксплозивное извержение	—
	16	748.9	753.1	Огненное эксплозивное извержение	—
	19	750	752.6	Интенсивное эксплозивное извержение	—
	26	749.3	754.9	Выбросы пепла с парами воды	—
Август	3	756.3	758.3	Извержение песка и пепла с излиянием лавы	—
Сентябрь	12	760	760	Эксплозивное извержение с излиянием лавы	4800
	21	757.3	757.6	Над кратером красное зарево	—
Октябрь	2	758.2	759.2	Двенадцатое извержение бомб и рыхлых продуктов	—
	3	768.2	769.5	Тринадцатое эксплозивное извержение	—
	21	741.7	751.2	Четырнадцатое эксплозивное извержение	—

Таблица 1 (продолжение)

Даты наблюдений	Числа месяца	Суточное колебание барометра в мм ртутного столба (в с. Ключи)		Общий характер деятельности Ключевского вулкана	Максимальная высота подъема изверженных продуктов над кратером в метрах
		от	до		
1	2	3	4	5	6
	22	743.3		Интенсивные пепловые выбросы	3300
	23	745.5	749.7	Извержение пепла	—
	28	753.8	—	Пятнадцатое взрывное извержение	—
	29	758.5		Грандиозные выбросы рыхлых продуктов	3000
Ноябрь	14	753.6	756.3	Шестнадцатое взрывное извержение с излиянием лавы	—
	25	750.1	757	Красное зарево над кратером	—
	29	754.3	755.9	Семнадцатое взрывное извержение	2000
	30	—	754.9	Грандиозное взрывное извержение	—
Декабрь	5	745	747.1	Восемнадцатое извержение лавы	—
	6	754	754.5	Эксплозивное извержение	—
	7	747.3	752	Извержение песка и пепла	—
	8	744.3	745.3	Девятнадцатое взрывное извержение с излиянием лавы	4000
	12	769.5	771.7	Слабое выделение паров	—
	18	757.2	758.8	Двадцатое извержение пепла и лавы	7000
	19	759		Эксплозивное извержение	—
	30	724.6	737.7	Двадцать первое взрывное извержение	—
1938 г.					
Январь	9	760.7		Двадцать второе извержение песка и бомб	5000
	18	757.8		Двадцать третье пепловое извержение с грохотом	—
	24	750.7		Двадцать четвертое взрывное извержение	—
Февраль	25	756	756	Грохот	—
	5	761.3		Двадцать пятое пепловое извержение	—
	7	756.5		Прорыв паразитического кратера «Билукай»	—
	9	754.3		Выделение песка и пепла	—
	19	756.9	759.7	Эксплозивное извержение	—
Март	7	744.4		Извержение паров и газов	4000
	12	753		Эксплозивное извержение	3500
	18	756.9	757.9	Взрывы - выбросы песка и пепла	1000
	22	750.7	751.7	Слабое выделение пепла	150—200
Апрель	5—8	742	744	Эксплозивное извержение	—
	11	737		Выделение газов и паров клубами	—
	20—22	755	760	Извержение песка и пепла	—
Май	11	757		Слабое выделение паров	—
	12	755		Эксплозивное извержение	950

Таблица 1 (продолжение)

Даты наблюдений	Числа месяца	Суточное колебание барометра в мм ртутного столба (в с. Ключи)		Общий характер деятельности Ключевского вулкана	Максимальная высота подъема изверженных продуктов над кратером в метрах
		от	до		
1	2	3	4	5	6
Июнь	1	762		Выделение песка и пепла . . .	—
	13	750	751	Выбросы паров и газов . . .	—
Август	25	750.5	750.5	Грохот	—
	31	762.6	761.3	Грохот	—
Октябрь	2	748	749	Выделение газов и паров воды	1000
	11	755		Интенсивное выделение паров и газов	700
Ноябрь	7	767	767	Слабо парил, работали фумаролы	—
1939 г.					
Январь	2	745	748	Извержение газообразных продуктов	2000
	4	752		Выделение паров воды и газов	550
Февраль	28	743		Слабое выделение паров . . .	—
	2	754		Извержение газообразных продуктов	850
Март	10	763		Парил всем кратером	800
	24	760		Не действовал	—
Апрель	14	756		Извержение газообразных продуктов	1300
	25	766		Слабо парил	—
Май	10	767	768	Спокойно парил	—
	22	758	759	Слабо парил	—
Июнь	23	757		Клубил	—
	2	762		Спокойно парил	—
Июль	5	750	751.5	Извержение паров воды и газов	750
	13	761	762	Не действовал	—
	17	755	758	Парил	700
Сентябрь	18	741		Слабо парил	—
	31	756		Парил	—
Октябрь	9	758	760.5	Из фумарол выделялись пары воды и газы	—
	11	754	756	Парил	250
Ноябрь	5	743	745	Интенсивно парил	—
	8	763	764	Слабо парил	—
Декабрь	10	760.8	760.9	Из фумарол выделялись пары воды и газы	—
	16	752	752.4	Парил	—
	19	764.8	768.8	Слабо парил	—
	29	755	755.8	Клубил	300
	6	753.1	754.2	Парил	250
	16	761	763	Слабо парил	—

В начале 1938 г. извержение песка и пепла наблюдалось при атмосферном давлении воздуха в 750.7—761.3 мм. В дальнейшем наблюдения показывают, что повышенная активность жерл Ключевского вулкана происходила при атмосферном давлении в пределах 743—757 мм. Пределы колебаний атмосферного давления в с. Ключи за все время наблюдений варьировали от 720—740 до 760—780 мм.

ВУЛКАН ПЛОСКИЙ ТОЛБАЧИК

После длительного покоя возобновилась деятельность вулкана Плоский Толбачик. Проявления активности вулкана были замечены в июле 1939 г. в виде выбросов из кратерной вершины паров воды и газов, которые поднимались вверх над кратером более чем на 700 м. К концу месяца деятельность Плоского Толбачика повысилась. 24, 27, 28 и 29 июля наблюдался ряд энергичных газообразных выделений белого цвета в виде клубов, подымавшихся на значительную высоту. Суточный дебит газообразных продуктов исчислялся в несколько миллионов кубических метров.

Что касается западного жерла, то оно оставалось пассивным. Из него выделялось незначительное количество паров и газов, которые едва были заметны.

В августе Плоский Толбачик не проявлял особой деятельности. Было замечено лишь незначительное выделение паров и газов. С 20 по 23 августа в продолжение нескольких часов наблюдалось белое облако паров кучевой формы над кратером.

В конце августа и в начале сентября из кратера слабо выделялись только пары и газы.

С 19 сентября значительно увеличилось количество выделявшихся водяных паров и газов над кратером, которые создавали облако кучевой формы.

25 сентября в 22 ч. 30 мин. вблизи вулкана произошло значительное сотрясение почвы, явившееся результатом взрыва в вулканическом очаге.

С некоторым запозданием из глубины вырвалось огненное облако и взлетело вверх над кратерной вершиной более чем на 2000 м. Облако было раскаленное, переполненное вулканическим песком, пеплом и большим количеством волос Пеле. Окружающие сопки — Острый Толбачик, Большая Удина, Зиминая, Безымянная, Плоская, Ключевская и вулкан Камень озарились красным светом. Этот световой эффект продолжался до тех пор, пока основная масса искрящихся твердых частиц не осела на вулкан и окружающую его территорию.

Вулканическим песком, пеплом и волосами Пеле был осыпан район Зиминой сопки. Они наблюдались на наших палатках, на листьях растений и на воде небольших водоемов. Отдельные экземпляры волос Пеле достигали в длину 33 см, диаметр колебался в пределах от 0.02 до 0.3 мм, причем некоторые из них имели в сечении либо прямоугоньную, либо эллипсоидальную форму. Эти продукты извержения распространились широкой по-лосой к востоку до Кумрочевского хребта. Волосы Пеле состояли из однородного вулканического стекла, окрашенного в зеленовато-оливковый цвет.

26 сентября из кратера вулкана энергично выделялись, клубясь, пары и газы. Их выделения прерывались редкими эксплозиями рыхлых продуктов.

27 сентября в 15 ч. 30 мин. из кратера последовал взрыв, сопровождавшийся раскатистым гулом. Темносерое облако кучевой формы с большой поступательной силой поднялось вверх над кратером. Интересно отметить то обстоятельство, что юго-восточная часть вулкана и территория этого сектора осыпались рыхлыми продуктами больше, чем остальные секторы. Отдельные крупные частицы (лапилли) также падали на юго-восток. Северный склон вулкана оставался белым, а юго-восточный стал темным.

Сентябрьское эксплозивное извержение произошло при следующих метеорологических условиях (у подошвы вулкана): давление воздуха колебалось в пределах от 747.9 до 754.2 мм ртутного столба, направление ветра северо-северо-западное и юго-восточное, сила ветра от 1 до 2 баллов, облачность слоисто-кучевая. Температура воздуха колебалась от + 6° до 13.6°С.

В начале октября часто наблюдались из кратерной вершины Плоского Толбачика парообразные выделения в виде облаков кучевой формы. В конце октября извержений вулканических паров и газов не было замечено, только иногда был виден над кратером (над его колодцеобразным провалом) прозрачный дымок. Следовательно, вулкан, хотя и слабо, но, повидимому, непрерывно выделял пары и газы.

В середине ноября и в конце декабря 1939 г. из кратера Плоского Толбачика изредка выделялись вулканические рыхлые и парообразные продукты.

Н. Ф. СОСУНОВ

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ АВАЧИНСКОГО И МУТНОВСКОГО ВУЛКАНОВ

с 1 июня по 1 октября 1939 г.

АВАЧИНСКИЙ ВУЛКАН

В июне в течение 34% всего времени наблюдений Авачинский вулкан был закрыт туманом и облаками. В ясные дни кратерные фумаролы слабо парили, реже выделения газа скоплялись в форме клубов. Неоднократно мы подмечали некоторую закономерность в деятельности фумарол.

Четырехдневное ослабленное состояние фумарол периодически повторялось несколько раз. При таком состоянии фумаролы не были видны, а когда становились видными, то можно было заметить четко выраженные струйки в разных секторах края кратера.

После этого вулкан постепенно, а иногда с резкими переходами проявлял энергичную активность, выражавшуюся в низких или высоких выбросах газа.

Пережимаемость низких и высоких выбросов происходила через 5, 8, 10 минут.

Выброшенное облако паров и газов с большой скоростью поднималось вверх над кратером более чем на 400 м.

Выбросы с такими высотами отмечены 1, 20, 25 и 26 июня. Остальное время высоты выбросов колебались в пределах от 100 до 300 м над кратером.

На протяжении всего месяца наблюдений кратер и весь конус вулкана имели окраску черного цвета.

Помимо газообразных продуктов Авачинский вулкан 26 июня с 13 ч. 30 мин. неоднократно выбрасывал вулканический песок и пепел, которые осыпали значительным слоем весь конус вулкана. К 19 часам того же числа прекратилось извержение эксплозивного материала, и вулкан стал выделять в большом количестве только газообразные продукты. Выброшенные вулканические продукты чаще сносились ветром к западу, реже к востоку.

Во время июльских наблюдений конус вулкана был часто закрыт туманом и облаками. Поэтому (70.9%) всего времени наблюдений деятельность кратера не была заметна.

Перерывы в наблюдениях колебались от 6 ч. до 149 ч.

В дни с хорошей видимостью была заметна работа кратера. До 11 июля 1939 г. фумаролы очень тихо парили, иногда их вовсе не было видно.

В таком состоянии вулкан продолжал оставаться 3—4 часа, а затем в кратере снова возобновлялись видимые выделения паров и газов.

Наряду с явлениями спокойного выделения газов кратер иногда выделял их интенсивно (11, 18, 20, 22 и 27 июля). Отдельные выбросы-взрывы

¹ Обработано В. Ф. Попковым.

достигали значительной высоты над кратером. Временами из кратера подымались столбы, состоящие из газообразных продуктов.

Подмеченная закономерность в четырехдневной периодичности повышения деятельности вулкана, отмеченная в июньских наблюдениях, в течение июля наблюдалась только один раз.

Авачинский вулкан в августе был открыт 119 часов. Остальное время кратер был закрыт туманом или облаками.

В часы наблюдений, когда вулкан был открыт, на вершине была заметна весьма слабая работа вулканического жерла (1,5, 6, 15, 16, 17 и 19 августа). В эти числа кратер вулкана был наполнен газами, которые спокойно испарялись в атмосферу. На общем парящем фоне иногда вырисовывались тонкие струйки фумарол по южному и восточному краям кратера.

Газообразные продукты редко поднимались выше 150 м над кратером. В большинстве случаев сильный ветер их сносил.

7, 18, 25 и 29 августа вулкан проявлял повышенную активность в выделении паров и газов. Наиболее энергичная деятельность наблюдалась 25 августа, когда выделившееся облако газов достигало в высоту более чем 350 м над кратером.

Нередко в отмеченные дни наблюдений вулкан интенсивно выделял клубы газа. В этих случаях газообразное облако достигало значительной высоты над кратером.

Весь конус вулкана до его подножья попрежнему оставался окрашенным в черный цвет. Характерная особенность деятельности вулкана в августе заключается в том, что он не произвел ни одного выброса вулканического песка и пыли.

Сентябрьские наблюдения за вулканом дали следующие результаты. Кратер был закрыт туманом в течение 469 часов, а остальное время, т. е. 250 часов, вершина была открыта. В течение сентября отмечено 17 случаев слабой работы кратера, которая характеризовалась незначительным выделением паров и вулканических газов. Максимальная высота выделений паров воды и газов достигала 100 м над кратером. Продукты выделения во всех 17 случаях были окрашены в белый цвет и имели вид густого облака у края кратера, а выше становились менее густыми и затем рассеивались.

Наряду с такой слабой работой в 16 случаях наблюдалась повышенная деятельность кратера, выразившаяся в выделении большого количества паров и вулканических газов. Максимум выделения паров и вулканических газов наблюдался 6 и 22 сентября, когда пары и газы достигали значительной высоты над кратером. Газообразные продукты белого цвета поднимались вверх, а затем, делая поворот к востоку, рассеивались. За весь сентябрь не было замечено выбросов вулканического пепла.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МУТНОВСКОГО ВУЛКАНА

В июне 1939 г. Мутновский вулкан был закрыт туманом и облаками 444 часа. Остальное время, т. е. 275 часов, вершина вулкана была открыта. В 15 случаях было отмечено слабое выделение паров всей площадью кратера. Пары и вулканические газы выделялись как жерлом вулкана, так и фумаролами. Вначале они заполняли весь кратер, а затем поднимались над ним вверх и рассеивались. Кроме того, необходимо отметить, что временами Мутновский вулкан переживал совершенный покой, т. е. в течение нескольких часов не наблюдалось выделений вулканических газов. Такое пассивное состояние вулкана наблюдалось 9, 24 и 30 июня.

Наряду с этим отмечены 23 случая повышенной деятельности вулкана, когда вулканические газы энергично выделялись жерлом вулкана и достигали в высоту более 500 м над кратером. Значительная часть газообразных продуктов отделялась от единого облака, создавая при этом другие формы облачности, а именно перистые или слоисто-кучевые облака, которые сравнительно быстро относились ветром от жерла вулкана.

Иногда выделившееся первоначальное облако вытягивалось затем в узкую ленту на несколько километров к востоку. Самое энергичное выделение газообразных веществ Мутновского вулкана было отмечено днем 6 июня и утром 15 июня. В эти дни вулканические газы достигали в высоту более 700 м над кратером. Они образовали над жерлом вулкана колонны, диаметром в 150 м. Эти своеобразные колонны долгое время (в течение 11 ч. 15 мин.) оставались неподвижными, как бы застывшими.

В июле участились туманы и облачность, которые скрывали работу кратера. Наблюдения в течение 171 часа показали, что Мутновский вулкан большею частью выделял клубы газов; в течение пяти дней наблюдалась очень слабая деятельность вулкана. В 7 случаях была отмечена повышенная деятельность: белые газообразные продукты подымались над кратером всей массой или в форме клубов прямо вверх на 500—600 м, а затем рассеивались.

4 и 30 июля были отмечены выделения газов, которые достигали значительной высоты над кратером. Они поступали из жерла вулкана непрерывным потоком, образуя при этом газовое облако кучевой формы.

В августе Мутновский вулкан был открыт 82 часа.

4, 5, 17 и 18 августа кратер вулкана слабо выделял пары и газы.

Наиболее сильные выделения газа были отмечены 1, 15 и 29 августа. В эти дни из кратера газы выбрасывались непрерывными клубами на высоту 600—700 м над кратером. Плотные массы газа сначала поднимались вверх, а затем относились в сторону восточным и западным ветрами. Конус вулкана до 18 числа был окрашен в черный цвет. После сильной облачности, продолжавшейся с 18 по 28 августа, конус вулкана был покрыт мощным слоем снега, который в течение дня 29 августа под влиянием солнечного тепла не смог растаять.

В сентябрьских наблюдениях деятельности Мутновского вулкана было отмечено усиление энергичных выделений газов. Вулкан был открыт 176 часов, остальное время был закрыт туманом или облаками.

5, 6, 8, 13, 23 и 26 сентября кратер непрерывно выделял газы. Отдельные взрывы-выбросы газов, следовавшие один за другим, достигали в высоту над кратером более чем 700 м. Эта высота долгое время сохранялась.

Слабая работа кратера была отмечена 7 и 10 сентября, когда вулкан выделял пары всей площадью кратера. В этом случае газы достигали в высоту над кратером максимум 100 м.

Мутновский вулкан по сравнению с Авачинским вулканом за последнее время стал энергичнее проявлять свою вулканическую деятельность. Участились взрывы-выбросы газообразных продуктов, достигавшие значительной высоты над кратером, сменяясь редкими периодами спокойного состояния кратера.

Б. И. ПИЙП

О ВЕРШИНЕ ЖУПАНОВСКОЙ СОПКИ И О НЕДАВНЕМ ИЗВЕРЖЕНИИ ЭТОГО ВУЛКАНА

Вулканологической станцией было получено сообщение, что зимой 1940 г. произошло извержение Жупановской сопки. Выехать тогда со станции к вулкану сразу же не удалось, и только некоторое время спустя обстоятельства позволили В. Ф. Попкову осмотреть вершину вулкана с самолета.

В августе 1940 г. по поручению Ученого совета Вулканологической станции я ездил к Жупановскому вулкану, поднимался на его вершину и собрал некоторые сведения о его недавнем извержении.

Жупановская сопка находится на восточном побережье полуострова, в 70 км (по прямой линии) к северу от Петропавловска. Располагается она между реками Налачева и Жупанова, на водораздельной возвышенности, протягивающейся от массивов Шипунского мыса к истокам реки Камчатки.

Вулкан виден только из селений Налачева и Жупанова; на далекое расстояние он заметен с моря. Из Петропавловска, наиболее крупного населенного пункта области, вулкан не виден — он заслонен высокими Авачинской и Козельской сопками. Немногочисленность и молодость людских поселений в окрестностях вулкана являются причиной отсутствия сведений об извержениях его.

Из долины реки Налачева и из селения того же имени вулкан представляется в форме высокого горного массива, вытянутого в ЗСЗ направлении (рис. 1). На хребте его выступают четыре вершины, из которых две западные имеют отчетливые конические формы, а две восточные, наиболее высокие (2931 м и 2887 м), кажутся ровным, гладким гребнем, разделенным только на две половины фирновым полем небольшого ледника; последний по широкому барранкосу спускается на юго-восток.

Склоны вулкана около восточных двух вершин расчленены ущельями и мелкими барранкосами; вблизи вершины, в обрывах, заметны разрезы старых лавовых отложений. Склоны сопки создают впечатление старого, давно потухшего вулкана. Иная картина наблюдается на следующей к западу вершине. Четкая коническая форма ее, ясно видимые наслоения довольно свежих лавовых потоков на склонах и постоянные дымки фумарол на макушке вершины определенно указывают, что жизненный пункт вулкана находится здесь. Последняя, западная вершина массива, наиболее низкая из всех, отделена от деятельной вершины сравнительно неглубокой, но пологой и широкой седловиной. Она тоже имеет коническую форму, но кажется менее совершенной и более усеченной. Быть может, она даже не принадлежит Жупановскому вулкану, а является самостоятельной горой, например, такой, как Козельская сопка по отношению к Авачинской. Во всяком случае, эта вершина тесно причленена к другим вершинам, упомянутым выше,

и морфологически составляет одно целое с массивом горы. Эта вершина подвергалась уже заметному размыву, но в юго-восточном направлении в верхней части склона видны два, как будто довольно свежих лавовых потока. На макушке вершины показываются слабые дымки фумарол.

С северо-запада массив вулкана имеет форму, более приближающуюся к усеченному конусу, и две западные вершины отсюда ясно вырисовываются как побочные образования, выросшие на теле большой вулканической горы.

Подъем на вершину мы начали от речки Подпругинской — левого притока р. Налачева. До нее от селения Налачева около 35 км. Путь сюда идет



Рис. 1. Жупановская сопка от устья р. Налачева

по левому берегу р. Налачева, большей частью по обширным сухим ягодным тундрам, реже по березовому лесу. На поверхности тундры и на стволах каменной березы (*Betula Ermani*), в промежутках твердой оттопыренной коры ее, повсеместно встречается свежий вулканический песок последнего извержения Авачи. Количество вулканического песка, однако, явно уменьшается вверх по реке, и на том участке тундры, откуда мы начали подъем на Жупановскую, свежего песка уже нигде не было видно.

Наш путь на склоны вулкана шел в северном направлении. Пройдя длинную полосу березового леса вдоль медленно повышающейся равнинной местности, мы подошли к откосу террасообразной возвышенности, заросшей березами попеременно с густыми зарослями стелющихся кустарников ольхи и кедра. Повидимому, это была древняя заросшая морена (высота 500—600 м над уровнем моря), поверхность которой на протяжении около 2 км изборождена множеством бессточных впадин, холмов и глубоких лощин. Миновав участок этого хаотического рельефа, мы вступили на более гладкую часть склона, покрытую почти сплошь густой массой ольховых зарослей. Здесь мы находились в области старых заросших русел сухих рек. Издали эта местность имела вид гигантского конуса выноса. Теперь только две сухие

реки и немногочисленные луговые лощинки прорезают это заросшее обширное каменное поле.

Оставив вправо на ровной поверхности склона террасообразный уступ бурокрасной окраски, известный у здешних охотников под именем «Заслонки», мы идем вверх по сухой реке. Далее переходим на правобережную гряду склона и по нему, через 10 часов после выхода из лагеря (на высоте около 800 м над уровнем моря), мы добираемся до вершины вулкана.

Отрог, по которому мы шли до вершины, пересекается старыми отложениями вулкана. На высоте от 800 м, примерно, до 1200 м, часто встречаются высокие обрывы лавовых пластов. Это преимущественно серый плотный андезит с относительно крупными порфиристыми выделениями тусклого темнозеленого клинопироксена. Выше начинают преобладать рыхлые или слабо сцементированные агломератовые отложения, состоящие из округлых комков черной или кирпично-красной шлаковой андезитовой лавы. На высоте около 2000 м и далее вверх, к вершине, снова начинают попадаться в заметном количестве среди шлаковых агломератов серые лавы, но здесь они часто тонко- или толстоплитняковые. Это тоже пироксеновые андезиты, но микропорфиристые, и содержат иногда оливин в фенокристаллах.

Поднимаясь кверху, мы шли все время вкрест простирания вулканических отложений, имеющих направление падения вниз — к подошве горы. Вблизи вершинного гребня картина изменилась, и здесь мы продвигались уже почти по простиранию красных агломератовых пластов, которые имели направление падения под отложения активной конической вершины.

По гребню склона каких-либо свежих вулканических отложений в виде потоков лавы или накоплений крупнообломочного материала и вулканического песка мы не встретили. Точно так же ничего свежего издали не было видно на склоне активной конической вершины. Отсюда лавовые потоки не казались уже такими свежими, какими они представлялись от подошвы вулкана. Почти все потоки, которые были доступны взору, были местами пропаханы лощинами, промоинами и заполнены белесой рыхлой массой разложенных от действия фумарол пород. Это были хорошо сохранившиеся лавовые потоки недавних извержений вулкана, но вряд ли извержения 1940 г. В двух местах на обращенном к нам склоне, среди этих излившихся лавовых масс были видны струйки фумарол (на высоте около 2500 м).

Вершину вулкана мы увидели с острого гребня, который отходил от активного конуса на восток (рис. 2). Перед нами простиралось огромное белое поле векового фирнового льда, округлое в плане и слегка покатое к северо-западу. Поперечник этого фирнового поля был не менее 1 км. С юга оно ограничивалось острым гребнем, почти вертикально обрывающимся к фирну, а с северной стороны — дугообразным каменным валом, едва выступающим над поверхностью льда. С северо-западной и юго-восточной стороны окаймляющие каменные массы отсутствовали — это указывало, что туда идет сток льда. Покатость поверхности фирна на северо-запад и наличие выпуклых в ту же сторону глубоких и длинных трещин в фирновом поле указывали на преобладание стока льда к северо-западу и о существовании на том склоне мощного ледника. Меньший ледник, спускающийся на юго-восток, был назван в 1909 г. С. А. Конради и Н. Г. Келлем именем академика В. Л. Комарова (2). Форма ледяного поля и его расположение на вершине вулкана подтверждали, что перед нами находится старый кратер, глубоко наполненный льдом.

Свидетелем, указывающим, что в этом старом кратере еще теплится жизнь, является большое и весьма глубокое цилиндрическое отверстие в фирне, из которого с сильным шумом, клокотанием и глухим ревом вырываются высоко вверх огромные белые клубы горячего удушливого газа. На-глаз можно было бы грубо прикинуть, что поперечник этого отверстия должен быть не менее 75—100 м; ясно увидеть отверстие и точнее определить его размеры мешали густые клубы газа, закрывавшие то один, то другой край этого глубокого вертикального канала. Доходившие до нас

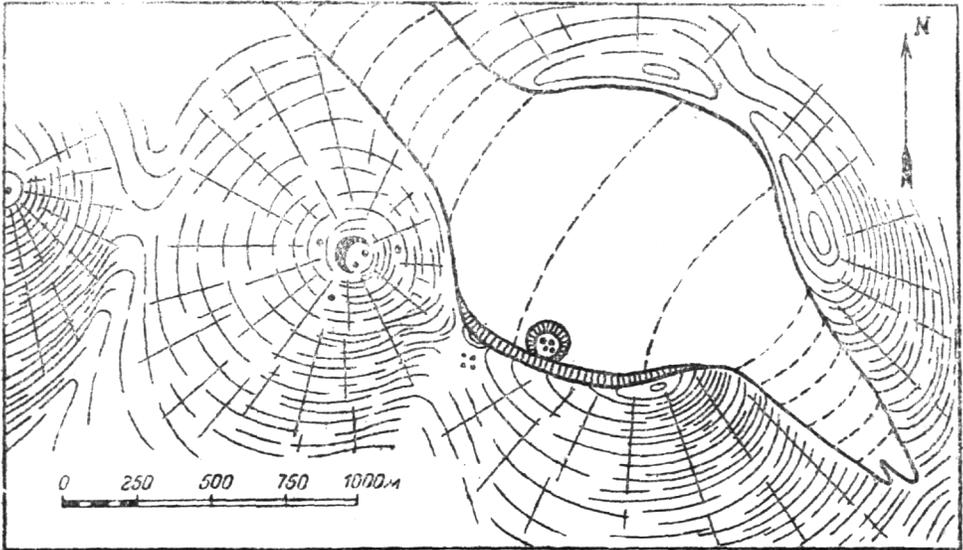


Рис. 2. План-схема вершины Жупановского вулкана. Черными точками показаны фумаролы

клубы газа имели острый, резкий запах, вызывали кашель и першение в горле и заставляли слезиться глаза. В преобладающей массе, судя по запаху, это был сильной концентрации сернистый газ и сероводород, растворенные в водяных парах.

Другие сильные выходы таких же газов были видны на внешнем склоне вулкана, метрах в 30 ниже вершинного гребня, недалеко от активного отверстия в фирновом поле. Фумаролы здесь сосредоточены на сравнительно небольшом участке среди широкой площади белесых, разложенных до трухлявого состояния шлаковых агломератов. Всюду на этой площади было заметно много серы и гипса, пронизывавших разложенные породы. Резко выделялись три фумаролы, с шумом выдувавшие белые струи горячего газа (рис. 3). Одна из них выступала над склоном в виде изогнутой в форме буквы S трубы, из которой, как из брандспойта, вырывалась с напором почти горизонтальная струя газа. На конце этой трубы, у места выхода газа, поблескивала огненно-красная расплавленная сера. Другие фумаролы располагались в расщелинах разложенной каменной массы склона. Близко осмотреть эту группу фумарол и измерить температуру газа не удалось из-за недостатка времени.

Активная коническая вершина выступала недалеко от нас, на западном краю главного кратера (рис. 3). Ее северный склон обтекается потоком льда, восточный — соединяется с гребнем большого кратера, а южный,

облепленный потоками глыбовой лавы, опускается далеко вниз и там сливается с откосом главного конуса. Над фирновым полем высота конуса не более 300 м, а абсолютная высота его, по Н. Г. Келлю (2) — 2777 м.

На вершине конуса виден ясно очерченный замкнутый кратер. Поперечник его, на-глаз,— около 150—200 м. С восточной стороны гребень кратера наиболее низок, и через это понижение видны крутые внутренние стенки кратерной воронки и странный черный вал (или усеченный конус?), поднимающийся со дна кратера вблизи низкой части гребня. Этот вал,

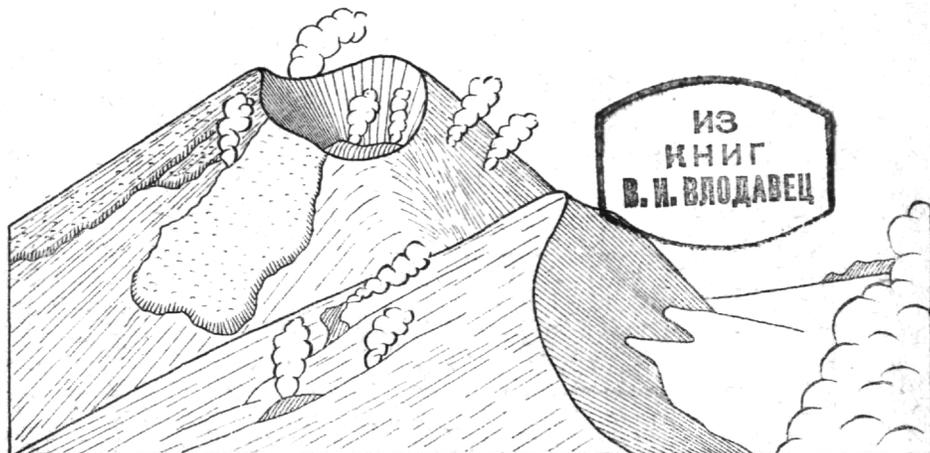


Рис. 3. Активная коническая вершина Жупановской сопки и часть фирнового поля с южного гребня старого кратера

повидимому, представляет собой насыпь вулканического песка или лапилли и кажется довольно свежим образованием. Позади него, проектируясь на середину и на боковую сторону, видны две струйки фумарол. Четыре фумаролы, кроме того, видны еще на внешних склонах кратера.

Крайняя западная вершина вулкана, самая низкая, с южного гребня старого кратера не была видна: ее заслонял только что описанный активный конус.

Такой была картина вершинной части вулкана, насколько можно было рассмотреть ее за короткий период нашего пребывания на гребне старого кратера. Естественно, такой поверхностный осмотр не дает полного представления о вершине горы, но некоторые соображения о типе вулкана и о местонахождении его жизненных пунктов все же можно высказать.

Суммируя виденное, приходится считать, что Жупановский вулкан представляет собой образование, в некоторой степени близкое к двойным вулканам типа Сомма — Везувий. Активную коническую вершину, ввиду ее исключительной близости к старому кратеру, есть основание рассматривать как везувиальный конус, а старый кратер — как кальдеру соммы.

Действительно, довольно большая высота действующего конуса, наличие на склонах его многочисленных лавовых потоков и существование устойчивого кратера на вершине указывают, что конус располагается на постоянном и давно действующем выводном канале. Нахождение этого конуса на гребне старого кратера свидетельствует, что выводной канал конуса тесно примыкает к старому жерлу, т. е. является обновленным стволом старого канала. Можно считать, что генетически старый кратер

и современный активный конус — образования, возникшие из одного и того же выводного канала. Это как раз характерно для вулканов типа Сомма—Везувий. Юный конус таких вулканов, повидимому, всегда эксцентрично смещен по направлениям, возникших при образовании соммы, разломов (или разломов в основании вулкана), и локализация нового конуса исключительно внутри старого кратера необязательна.

Жупановский вулкан, как указывает академик А. Н. Заварицкий [1], располагается в направлении возможного разлома, протягивающегося от обрывистого южного побережья Шипунского мыса на северо-запад. Этот разлом, судя по линейному расположению старых, уже сильно размытых вулканических вершин, примыкающих к Жупановской сопке, продолжается и дальше на северо-запад. Крайним пунктом, до которого можно проследить эту линию, является, по моим наблюдениям, вулкан Заварицкого [4]. Здесь, в истоках рек Авачи и Ковычи, направление разлома и расположение упомянутого вулкана отчетливо совпадают с границей рельефа островерхих, сильно расчлененных гор молодых горстовых поднятий с одной стороны и более низких платообразных и столовых возвышенностей — с другой. На платообразной местности, между вулканом Заварицкого и размытой Дзензурской сопкой, резкие изгибы речных долин также, возможно, отвечают направлению этого разлома.

Весьма возможно, что такому, несколько отклоняющемуся к западу изгибу разлома отвечает и структура вершины Жупановского вулкана. Зона, в которой локализованы активная коническая вершина, крайняя западная вершина и полоса фумарол, как видно на плане (рис. 2), вытянута на ЗСЗ. Не исключена, однако, возможность, что такое ЗСЗ направление отвечает более молодой трещине разлома в самом Жупановском вулкане.

Некоторые сведения о недавнем извержении Жупановской сопки я получил от жителей селения Налачева. Старейший житель этого селения И. М. Селиванов утверждает, что в феврале 1940 г. Жупановская выбросила «сажу» — случай, который он впервые за свою 65-летнюю жизнь наблюдал на этом вулкане. «Сажа» легла длинной черной полосой на снежный склон около средней конической вершины, и ее нельзя было не заметить. Явления самого извержения Селиванов, равно как и другие жители селения, не видел. И. У. Крючков, другой старый житель селения, тоже наблюдал черную полосу «сажи» на склоне Жупановской, но он не настаивает, что выброс «сажи» произошел обязательно из этого вулкана; вулканический пепел, по его словам, могло принести сюда ветром с соседнего к северу Карымского вулкана, который как раз в это же время был в состоянии сильного извержения. Науменко, сторож магазина в Налачева, поднимавшийся в 1909 г. вместе с экспедицией С. А. Конради и Н. Г. Келля на вершину Жупановской сопки, также видел «сажу». Он, как и Селиванов, утверждает, что извержение было именно на этом вулкане. Науменко долгое время проживал в селении Жупанова и оттуда часто выезжал на зимнюю охоту к подножью Жупановского вулкана и постоянно наблюдал за ним. Он утверждает, что активность вулкана по сравнению с 1909 г. значительно усилилась.

Выше было указано, что внимательный осмотр подножья, вершины и склона вулкана, сделанный во время нашего восхождения, совершенно не обнаружил каких-нибудь следов недавнего извержения. Конечно, на основании этого отрицать факт самого извержения нельзя. Извержение могло быть действительно только пепловым, как это и заметили жители Налачева, и притом еще слабым и эпизодичным. Каково бы ни было происхождение

кие пепла, выпавшего тонким слоем на мощный покров зимнего снега, он был, несомненно, целиком унесен весенними потоками.

В июле 1909 г. на вершину вулкана поднимались участники экспедиции Географического общества — геолог С. А. Конради и топограф Н. Г. Келль (ныне профессор). С. А. Конради дал краткую характеристику вулкана [3], а Н. Г. Келль в объяснительном тексте к карте вулканов Камчатки дал несколько фотографий, относящихся к вершине [2]. Из описания, данного Конради, мы узнаем, что цилиндрическое отверстие в фирне существовало и тогда, но пар из него выделялся «непрерывными клубами спокойно». Деятельной была и коническая вершина (левая, западная, по Конради): на макушке ее было много фумарол, из которых пар выходил «струями под давлением». О старом кратере он ничего не сообщает", указывает только, что «фирновое поле Жупановской сопки покрывает часть гребня ее, образуя на обоих склонах висячие ледники.

Несколько более подробно Конради описывает вершину в своих полевых дневниках (рукопись). Здесь он упоминает о мощных фумаролах на внешнем склоне южного гребня вершины (находясь на фирновом поле, он видел «только огромные клубы пара, переносимые ветром через гребень»). За этими фумаролами, дальше на запад, по его словам, «в вершине (активной конической. — *Б. П.*) есть несколько отверстий, выделяющих струей с перерывами пар. Характер гребней указывает на существование кратерообразного углубления с почти прорванной в сторону вершины стенкой».

На фотографии, которую приводит в своей работе Келль [2, табл. VIII, рис. 7], видны южный гребень старого кратера, цилиндрическое отверстие с фумаролами в фирне, часть фирнового поля и активная коническая вершина. На снимке конус темный и деталей на нем незаметно, но характерный профиль макушки конуса, очень похожий на виденный нами, хорошо вырисовался.

Сравнивая описание и снимок 1909 г. с той картиной, которую мы видели в 1940 г., можно отметить, что существенных изменений на вершине за 31 год будто бы не произошло. Заметно усилилась только деятельность фумарол как в фирновом поле, так и на макушке конической вершины.

Другое наблюдение, более близкое по времени к нашему, было сделано в августе 1938 г. сотрудником редакции газеты «Камчатская Правда» Е. Ф. Стебlichem, поднимавшимся на вершину вулкана с группой учителей Петропавловской средней школы. Из беседы с ним и рассмотрения моих рисунков и плана вершины можно было убедиться, что виденное мною в 1940 г. и Стебlichem в 1938 г. было совершенно тождественным. Даже черную волнообразную насыпь в кратере активной вершины, которую вначале я был склонен считать показателем происшедшего недавно извержения, Стеблич также видел.

Таким образом, из сопоставления старых наблюдений, хотя и немногочисленных, с нашими можно определенно заключить, что до и после внезапного появления на склоне вулкана в феврале 1940 г. полосы вулканического пепла существенных изменений на вершине его не произошло. Тем не менее, я полагаю, руководствуясь показаниями жителей Налачева, что извержение все же могло произойти из этого вулкана, но оно было слабое, чисто взрывное, выразившееся, быть может, только в единичном выбросе небольшого количества пепла из кратера активной конической вершины. Менее вероятно, чтобы северный ветер мог доставить сюда с Карымского вулкана пепел, который почему-то лег не где-нибудь на

соседних горах или в случайном месте склона вулкана, а именно на склоне, идущем от активной конической вершины. Большая вероятность извержения Жупановской сопки, по сравнению с достоверностью варианта приноса пепла из Карымского вулкана, подкрепляется, кроме свидетельства местных жителей, фактом усиления активности фумарол к настоящему времени и существованием сорокалетней, минимум, паузы в эруптивной деятельности вулкана. Не является ли выброс пепла первым предвестником наступающего пароксизмального извержения этого давно притихшего вулкана?

3 октября 1940.

Петропавловск-Камчатский

ЛИТЕРАТУРА

1. Заварицкий А. Н. О вулканах Камчатки. Камчатский сборник, т. I, Москва — Ленинград, 1940, стр. 199.
2. Келль Н. Г. Карта вулканов Камчатки. Ленинград, 1928.
3. Конради С. А. Предварительный отчет горного инженера С. А. Конради о ходе работ его партии с мая 1908 г. по ноябрь 1909 г. Отчет Русского географического общества за 1909 г. Петербург, 1911, стр. 27.
4. Пийп Б. И. Материалы по геологии и петрографии района рек Авачи, Рассошины и Налачевы на Камчатке. Тр. Камч. комплексной экспедиции СОПС АН СССР, вып. 2, 1941.

В. Ф. ПОПКОВ

**МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В РАЙОНЕ
ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОЙ И ПЛОСКИЙ ТОЛБАЧИК**

с 3 июня 1939 г. по 22 июня 1940 г.

Макросейсмические наблюдения систематически ведутся Камчатской вулканологической станцией Академии Наук СССР с сентября 1935 г.

В табл. 1 указаны населенные пункты, число землетрясений и наивысший балл за период с сентября 1935 г. по июнь 1940 г.

Таблица 1

Наименование населенных пунктов	Число землетрясений с сентября 1935 г. по июнь 1940 г.	Наивысший балл землетрясений
Район Ключевского вулкана	5	II—V
Район вулкана Плоский Толбачик	4	IV—V
Селение Ключи	297	VI—VII
Селение Усть-Камчатск	13	III—VII
Шубертовский рыбоконсервный комбинат	4	IV
Маяк мыс Камчатский	1	} III—V
Селение Кресты	2	
Совхоз	1	
Рыбозавод	1	
Селение Козыревск	1	
Селение Харчино	2	
Селение Еловка	2	
Селение Камаки	2	

Ниже приведены более подробные сведения о землетрясениях последнего времени.

3 июня 1939 г. в 3 ч. 00 м. (время везде показано поясное) в с. Ключи был замечен один толчок, последовавший снизу вверх. Продолжительность толчка была не более 1 секунды. В это же время произошло дрожание почвы, которая быстро распространила свою вибрацию на жилые помещения. Лица, находившиеся в покое, заметили дрожание стен деревянного здания. Сила вертикального толчка оценивалась в III балла.

6 июля 1939 г. в 18 ч. 42 мин. 6 сек. в с. Ключи всеми бодрствовавшими замечалось сотрясение в помещении и на открытом воздухе в течение 6—8 сек. Колебания почвы при землетрясении, воспринятые с юга и распространившиеся на север, носили волнообразный характер. Первая волна в 18 ч. 42 мин. 6 сек. сотрясала мелкие и крупные постройки. Вто-

рая—через 3 секунды, т. е. в 18 ч. 42 мин. 9 сек., раскачала здание. Провод на телеграфных столбах вибрировал с большой амплитудой. Песок с потолка осыпался на пол, слышался резкий треск стен и полов деревянного здания. Железные крыши издавали звон. Дымоходные железные трубы скрежетали. Оконные звенья стекол дребезжали. Мебель в комнатах передвигалась на расстояние до одного метра. Жидкость из чайной посуды выплескивалась; посуда сдвигалась по плоскости стола. Свободно стоящие предметы с полок падали на пол. Дети в комнатах падали или отбрасывались в сторону. Двери широко раскрывались. Многие испуганные жители выбегали из домов на улицу. У велосипедистов подвертывался руль, и они падали. Животные вздрагивали и прятались. Пожарная наблюдательная вышка делала наклон по отношению к вертикальной линии до 7° .

Сила землетрясения была оценена в VI—VII баллов.

19 августа 1939 г. в 22 ч. 33 мин. в с. Ключи волнообразное колебание почвы ощущалось в течение 3 секунд только лицами, находившимися в покое. Плавная волна землетрясения была воспринята с юго-юго-востока и распространилась на северо-северо-запад около 330° . В момент землетрясения слышалось слабое потрескивание стен деревянного здания.

Сила землетрясения была определена в III балла.

19 августа 1939 г. в 22 ч. 34 мин. на Шубертовском рыбоконсервном комбинате ощущались два следовавших один за другим толчка. Это землетрясение было замечено всеми бодрствовавшими, спящие проснулись.

В многолюдном помещении — зрительном зале клуба — слышался треск деревянных стен, потолка и пола. Сила толчков установлена в IV балла (по наблюдениям Н. К. Малкова).

27 августа 1939 г. в 15 ч. 15 мин. на Шубертовском рыбоконсервном комбинате ощущалось плавное колебание почвы, замеченное лицами, находившимися в покое. Одновременно с этим сотрясением посыпался песок с потолков и из стен каркасного здания. Это колебание почвы сопровождалось дрожанием дверей, окон и потрескиванием деревянных стен. Произошло раскачивание висящих предметов с незначительной амплитудой колебания.

Сила землетрясения определена в IV балла (по наблюдению Н. К. Малкова).

27 августа 1939 г. в 15 ч. 18 мин. в селении Усть-Камчатске лицами, находившимися в покое, ощущалось в течение нескольких секунд значительное количество толчков в виде частых дрожаний почвы. В момент сотрясения здания послышался резкий треск деревянных стен. Свободно висящие предметы качались. Открывались и закрывались двери. После одного усиленного толчка дверь открылась на 10 см.

Сила толчков оценена в IV—V баллов (по наблюдению В. Довгаленко). 25 сентября 1939 г. в 22 ч. 30 мин. у юго-восточного склона Зиминой сопки произошло землетрясение, длившееся несколько секунд, замеченное людьми, находившимися в движении, в виде частых дрожаний почвы. В барранкосах с отвесных обнажений посыпались камни. Слышался раскатистый гул со стороны вулкана Плоский Толбачик.

Сила землетрясения оценивалась в IV балла.

27 сентября 1939 г. в 15 ч. 30 мин. на восточном склоне Зиминой сопки послышался раскатистый взрыв, воспринятый от вулкана Плоский Толбачик. Одновременно с этим ощущались вертикальные толчки,

следовавшие один за другим через очень короткие промежутки времени. Мощные ледники издавали резкий треск. С отвесных обнажений осыпались обломки горных пород. Это явление наблюдалось в течение 10 секунд.

Сила толчков определялась в V баллов.

16 января 1940 г. в 10 ч. 12 мин. в с. Ключи ощущался в течение одной секунды один горизонтальный толчок только лицами, находившимися в покое. Висящие предметы качались с большой амплитудой. Слышался треск полов. Сила сотрясения земной коры оценивалась в III балла (по наблюдениям Н. П. Дунчевского).

17 января 1940 г. в 1 ч. 15 мин. в с. Ключи ощущалось всеми бодрствовавшими два сильных последовательных толчка с интервалом между толчками в 1 секунду. Эти толчки имели вертикальное направление. Они сопровождалась треском стен деревянного здания, с потолков сыпался песок. Посуда издавала звон. Наблюдалось дрожание более тяжелых предметов и мебели. Тесовая внутренняя обивка стен получила трещины. Железные печи скрежетали. По этим данным сила землетрясения определена в V баллов.

26 января 1940 г. в 15 ч. 20 мин. на Шубертовском рыбном комбинате произошло землетрясение (два плавных колебания, непрерывно следовавших одно за другим), замеченное всеми бодрствовавшими на открытом воздухе и более сильно ощущавшееся в домах. Это явление вызвало дрожание стен деревянного здания. С потолка сыпался песок. Висящие предметы качались с большой амплитудой.

Сила колебания почвы определена в IV балла (по наблюдениям Н. К. Малкова).

26 января 1940 г. в 21 ч. 15 мин. на Шубертовском рыбном комбинате одно плавное колебание ощущалось лицами, находившимися в движении, на протяжении нескольких секунд. Во время этого землетрясения наблюдались оползни с оцинкованных крыш здания. Некоторые жители Шубертовского рыбного комбината утверждают, что в ночь на 27 января 1940 г. было замечено еще одно сотрясение, точное время которого не установлено.

Сила землетрясения 26 января оценена в IV балла (по наблюдениям Н. К. Малкова).

20 февраля 1940 г. в 16 ч. 59 мин. в с. Ключи два горизонтальных толчка ощущали бодрствовавшие наблюдатели в течение 2 секунд. Первый толчок, воспринятый с запада и распространившийся на восток, обладал значительной силой. Второй — слабый. Колебались шторы окон и дверей и висящие предметы. Слышался треск стен деревянного здания.

Сила землетрясения определена в III—IV балла.

25 февраля 1940 г. в 21 ч. 23 мин. в с. Ключи произошел подземный вертикальный толчок. Послышался треск полов, стен и потолков. Качались висящие предметы. Звенели окна.

Сила вертикального сотрясения почвы была определена в IV балла.

7 марта 1940 г. в 8 ч. 22 мин. на южном склоне вулкана Плоский Толбачик ощущался вертикальный толчок, сопровождавшийся подземным гулом, в течение 1,5 секунды. Этот толчок ощущался лицами, находившимися в покое. Толчок был настолько силен, что слышался треск ледников и наблюдалось осыпание щебенки.

Сила землетрясения определена в III—IV балла.

30 апреля 1940 г. в 23 ч. 20 мин. в с. Ключи ощущался один вертикальный толчок, после которого мгновенно заколебалась почва. Вос-

принято было несколько коротких волн, направленных с юга на север. Висячая электрическая лампа качалась с небольшой амплитудой в том же направлении. Слышалось легкое потрескивание стен, потолка и полов деревянного здания.

Сила землетрясения была оценена в IV балла.

5 мая 1940 г. в 21 ч. 10 м и н. в с. Ключи произошло колебание почвы. Висящие предметы качались с запада на восток. Ощущалось дрожание стен деревянного здания. Осыпался песок с потолка.

Сила землетрясения определена в III — IV балла.

5 мая 1940 г. в 21 ч. 12 мин. в с. Ключи ощущалось всеми бодрствовавшими несколько коротких волн колеблющейся почвы. Висящие предметы качались с малой амплитудой к востоку. Лица, находившиеся в спокойном состоянии, ощущали несколько колебаний (3—4). Приглушенно потрескивали стены деревянного здания. Оконные стекла издавали звон. Слышался скрежет печных железных труб.

Сила землетрясения выразилась в IV балла.

6 мая 1940 г. в 16 ч. 00 мин. в с. Ключи возник незначительной резкости подземный шум, после которого последовало обрушение грунта, сложенного из песка и пепла.

Провал имел диаметр 3 м 40 см, глубина — 3 м 10 см. На дне колодецеобразного углубления появилась вода. С бурлящим напором вода быстро заполнила всю образовавшуюся яму. Непрерывная подача грунтовых вод продолжалась в течение 4 минут. Вода, заполнявшая до краев яму, стала убывать и через 3.5 минуты вся ушла в грунт.

Сила землетрясения определена в V баллов (по наблюдениям Бурмакиной).

18 мая 1940 г. в 18 ч. 00 мин. в с. Ключи послышался подземный гул, сопровождавшийся обвалом грунта. На незначительном расстоянии от этого провала ощущалось землетрясение в виде дрожания почвы. Глубина провала измерялась в 4 м, а размеры его — 7 м 90 см X 8 м 70 см.

Сила землетрясения оценена в IV балла.

22 и ю н я 1940 г. в 23 ч. 15 мин. в с. Усть-Камчатке произошло землетрясение. Воспринято было два вертикальных толчка. Первый толчок был ощутим со слабым колебанием почвы. Через несколько секунд второй вертикальный толчок накатила волну, которую ощущали все бодрствовавшие. Послышался треск стен здания, полоз и потолка. Звенели стекла в оконных рамах. Передвигалась с места мебель и другие свободно стоящие предметы на полу. Висячие лампы раскачивались.

Сила землетрясения оценена в V баллов (по наблюдениям В. Виктора).

25, 27 сентября 1939 г., 20, 25 февраля и 7 марта 1940 г. эпицентр землетрясения находился, повидимому, под вулканом Плоский Толбачик.

19, 27 августа 1939 г. и 6 и 18 мая 1940 г., вероятно, происходили тектонические землетрясения, так как 19 и 27 августа 1939 г. сотрясением были охвачены не только с. Ключи, но и Усть-Камчатск, и Шубертовский рыбоконсервный комбинат.

Что же касается очагов остальных землетрясений, то они, повидимому, находились под Ключевским вулканом или под его побочными центрами извержения.

Л. С. СЕЛИВАНОВ

**О ПРОИСХОЖДЕНИИ ХЛОРА И БРОМА В СОЛЯНОЙ
МАССЕ ОКЕАНА¹**

Выяснение ряда особенностей состава морской воды уже давно поставило на очередь вопрос о своеобразном происхождении соляной массы океана, не связанном или связанном только частично с речным сносом в него элементов суши. Было установлено, что количество хлора, бора, серы к другим элементам в океана значительно превышает то, что могли бы доставить в него выветрившиеся массивные породы. Поэтому стало необходимым найти иные источники химических элементов, которые могли бы придать воде океана известный нам состав ее. Среди таких источников, которые можно подвергнуть геохимическому изучению в настоящее время, не связанных с гипотетическими представлениями о процессах, происходивших некогда на земной поверхности, наибольшего внимания, несомненно, заслуживают вулканы. Ряд замечаний по этому поводу см. у акад. В. И. Вернадского (стр. 415, 416 и др. 1933—1936).

Для решения вопроса о степени участия вулканических процессов в ряде факторов, определяющих солевой состав воды океана, необходимо, однако, составить количественное представление о масштабе явления, установить сходство состава продуктов вулканической деятельности, с одной стороны, и морской воды — с другой. Желательно также выяснить если не абсолютное, то хотя бы относительное содержание основных химических элементов в атмосфере и атмосферных осадках, посредством которых в значительной мере осуществляется перенос вещества от вулкана к морю.

Между элементами, которые могли бы быть привлечены для решения этой задачи, следует выбрать те, которые, будучи достаточно характерными для вулканических продуктов, попав в море, по возможности полностью сохранились бы в растворе, не переходя из него в значительных количествах в морские осадки (как, например, фтор и калий) или обратно в атмосферу (как, например, иод). Среди таких элементов можно выделить с наибольшим удобством хлор и бром.

1

Наша первая задача должна, таким образом, заключаться в том, чтобы выяснить, хотя бы ориентировочно, то минимальное количество солей и газообразных продуктов, которое выбрасывается ежегодно в атмосферу, а через нее в море, посредством вулканической деятельности.

Известно, что основная масса твердых вулканических эксгаляций состоит из хлоридов аммония, натрия и других металлов, в газах же обычно

¹Настоящая работа выполнена в Биогеохимической лаборатории Академии Наук СССР.

в значительных количествах содержится хлористый водород и иногда свободный хлор. В дальнейшем мы будем вести подсчеты количеств одного только хлора в его различных формах.

При оценке общей массы хлора, так же как и других выбрасываемых вулканами продуктов, дело затрудняется, к сожалению, совершенной недостаточностью количественных наблюдений, несмотря на то, что значение этих выделений и порядок явления уже давно начали выясняться. В этом отношении показательна теория — ложная, но дающая представления о масштабе явления, — предложенная еще в первой половине прошлого века Добени (Ch. Daubeny) (1858), считавшим, что весь азот, связанный животными и растениями в слагающих их органических соединениях, — вулканического происхождения (из NH_4Cl вулканических эксгалций). Наблюдения над отдельными действующими вулканами дали позднее возможность произвести подсчет масс, выброшенных при извержении газообразных и других продуктов. Так например, Штоклаза (I. Stoklasa) (1906) полагает, что при извержении Везувия в 1906 г. было выброшено $5 \cdot 10^6$ центн. азота в виде NH_4Cl и, следовательно, $1,26 \cdot 10^5$ т хлора. Но помимо этого было выделено, как и при всяком извержении, неучтенное количество HCl и других соединений хлора, которые даже в период затишья деятельности этого вулкана заметно концентрируются в водах атмосферных осадков. Так, Боттини (O. Bottini) (1939) нашел, что воды дождей окрестностей Везувия содержат до 0.173 г/л хлора, из которого часть приходится на HO , поднимающую рН воды до 2.78. На кислые дожди близ этого вулкана обратил внимание еще Э. Зюсс (E. Suess) (1902).

По данным С. Набоко (1940) найдем, что для побочного кратера Ключевской сопки — Билокая количество хлора, выделенного в виде его соединений в атмосферу в течение только двух часов, равно приблизительно $n \cdot 10^2$ т (полагая, как и ниже, среднее содержание хлора в выброшенных продуктах равным 1% по весу или 0.25% по объему).

По подсчету Цийса (E. Zies) (1929) в Долине 10 000 дымов ежегодно выделяется в атмосферу $1.25 \cdot 10^6$ т HCl .

Несомненно, однако, что эти числа дают несколько преуменьшенное представление об общем количестве хлора, выделяемого вулканами, так как в одних случаях не учтены газообразные продукты, а в других — твердые. Интересные определения количества газообразных продуктов, выделяющихся при излиянии лавы, провел недавно Верхуген (J. Verhoogel) (1939) на вулкане Намлагира (Африка). Он нашел после длительных наблюдений, что выброшенные газы составляют 0.7% по весу от количества излившейся магмы. Соотношения того же порядка нашел Риттман (Rittmann) (1930) при наблюдениях за извержением Везувия в 1928 г. Заппер (K. Sapper) (1929) сообщает результаты подсчетов количества лавы и рыхлых масс, выброшенных действующими вулканами земли за период 1500—1914 гг. Он приходит к заключению, что за это время ежегодно выбрасывалось в среднем 7s км^3 лавы и около $\frac{3}{4} \text{ км}^3$ рыхлых продуктов. Автор считает, однако, что эти цифры снижены по сравнению с истинными, так как при подсчете, вероятно, упущены существенные выбросы. Если принять удельный вес лавы равным 2.7, а среднее содержание хлора в газах 1% по весу, то эти 7в км^3 выброшенных продуктов должны были выделить $1.6 \cdot 10^6$ т хлора в виде HCl и свободного хлора.

Величина того же порядка получается на совершенно иных основаниях. В начале этого века Готье (A. Gautier) (1900), а за ним Чемберлин (R. Chamberlin) (1908) впервые определяли состав газов, выделяющихся при прокаливании массивных кристаллических пород. Позднее аналогичные опы-

ты были поставлены Шеперд (E. Shepherd) и Мервин (H. Merwin) (1927, 1938) и недавно Х. Никогосьяном (1940). Данные всех этих исследователей свидетельствовали о весьма близкой аналогии, существующей между газами, выделенными из породы, с одной стороны, и вулканическими газами—с другой. В отличие от других исследователей, Шеперд, методика которого была, повидимому, наиболее совершенной, нашел среди выделявшихся газов также свободные хлор и фтор. Он, а позднее также Джаггар (T. Jaggar) (1940) исследовали в этом отношении многочисленные лавы; они же сообщают ряд анализов газов, выделяемых вулканами Килауэа и Мауна-Лоа, которые оказались весьма сходными с газами, выделенными из лав и пород. На основании своих данных Шеперд пришел к заключению, что 1 м³ породы может выделить при 1200° 90 м³ газа. Им было установлено также, что плутонические породы содержат в большинстве случаев в 3—4 раза более газа, чем лавы и, следовательно, первые выделяют при излиянии ³/₄ потенциально заключенного в них газа. Считая, как и прежде, что хлор составляет в них 1% по весу (что соответствует 0.25% по объему, так как основная масса выделяющегося газа состоит из паров воды), найдем, что 7/8 км³ твердых вулканических продуктов должны выделить при извержении 0.9 • 10⁵ т хлора. Если учесть различные основания, которые послужили базой для этих расчетов, а также их исключительно ориентировочный характер, то следует признать совпадение этих данных вполне удовлетворительным.

Мы приходим, таким образом, к заключению, что количество хлора, ежегодно выделяемого в атмосферу из лавы одними только действующими вулканами при современной интенсивности вулканической деятельности, составляет величину порядка не меньше $n \cdot 10^5$ т. Есть все основания, однако, считать количество хлора, выделенного в атмосферу, еще более значительным, так как эти данные не учитывают: 1) вулканических проливаний на дне океана; 2) продуктов, выделяемых лавой уже после ее излияния—на примере Долины 10 000 дымов можно видеть, насколько интенсивной может быть эта последующая деятельность; 3) вероятных пропусков крупных вулканических извержений подсчеты количества лавы которых послужили базой для наших данных (эта возможность уже отмечалась Заппером), и 4) солей, выносимых из глубин земли термальными водами, также связанными часто с вулканической деятельностью. Конечно, трудно оценить влияние этих неизвестных факторов. Одни только поствулканические выделения газов дают порядок $n \cdot 10^6$ т, который, следовательно, нужно считать минимальным для масштаба протекающих в настоящее время процессов. Мы полагаем поэтому, что не сделаем большой ошибки, повысив эту величину — $n \cdot 10^6$ т, в 10 раз, т. е. до $n \cdot 10^7$ т.

В настоящей заметке мы не будем останавливаться подробно на содержании хлора в атмосфере и осадках — это составит предмет одной из наших последующих статей. Мы хотели бы только отметить, что общее количество хлора, содержащееся в атмосфере, повидимому, значительно выше того, которое вносится в нее ежегодно посредством вулканической деятельности. Действительно, если массу всей атмосферы принять равной $5.11 \cdot 10^{15}$ т (см. Хемпфри) (W. Humphreys) (1921), а процентное содержание в ней хлора $n \cdot 10^{-5}$ %, что является скорее минимальной величиной (см. нашу работу в Трудах Биогеохимической лаборатории, 1939), то абсолютное содержание в ней этого элемента будет равным, ориентировочно, $n \cdot 10^5$ т, что значительно превышает вносимые вулканами $n \cdot 10^6$ — $n \cdot 10^7$ т. Количество хлора порядка $n \cdot 10^{10}$ т, повидимому, возвращается ежегодно из атмосферы в море вместе с осадками. Все эти цифры слишком велики для

того, чтобы влияние вулканов на режим хлора в атмосфере могло быть значительным. В силу этих причин изучение влияния вулканов на атмосферу, быть может, было бы целесообразнее вести путем определения в последней таких характерных для вулканов продуктов, каким является, например, фтор, для которого отсутствуют мощные дополнительные источники, вносящие его в атмосферу.¹ Соответствующих данных в литературе, однако, совершенно нет.

2

Мы остановимся теперь на некоторых особенностях состава вулканических продуктов. Так как нашей конечной целью является сравнение состава последних с аналогичными данными для морской воды, мы выберем те из химических элементов, которые особенно удобны для освещения поставленного вопроса. Как выше уже указывалось, такими являются хлор и бром. Однако, если для первого из них имеются многочисленные и разнообразные определения и характер распространения его в вулканических продуктах, а тем более в морской воде, хорошо известен, то в отношении брома таких данных совершенно недостаточно: количественные определения этого элемента в вулканических продуктах почти отсутствуют (некоторые литературные указания см. в нашей работе о породах). Удовлетворяя поставленным выше требованиям, бром (как и хлор) кажется нам, несмотря на это, одним из наиболее удобных объектов для освещения поставленного вопроса.

При изучении распределения брома в вулканических продуктах мы считаем особенно важным и интересным не только определение абсолютного содержания брома в последних, но и отношение между его концентрацией и концентрацией хлора. Наличие близости этой величины для морских солей и вулканических продуктов свидетельствовало бы о генетическом родстве между ними.

Изучение содержания брома в вулканических продуктах тем более интересно, что в настоящее время уже выясняются некоторые основные черты распределения его в природе, а разработанная методика количественного определения малых количеств брома в различных объектах позволяет легко получить новые данные, тем более, что вулканические продукты не представляют каких-либо специальных трудностей для анализа и получение цифр, характеризующих содержание в них брома, легко осуществимо. Желая проверить некоторые из высказанных выше соображений, мы решили поэтому предпринять соответствующие определения.

Исследованный нами материал представлял собой ряд образцов нашатыря, галита, молизита, фторсодержащих минералов, ряда сульфатов и нескольких лав, собранных на побочных кратерах Ключевской сопки — Туйле, Козее, Тиранусе и Билукае, а также на вулкане Шивелуч. Образцы всех материалов были собраны на месте совершенно свежими, но хранились в течение ряда лет в недостаточно герметичной упаковке, что, впрочем, не должно оказать влияния на содержание в них брома.²

¹ Морская вода содержит фтора приблизительно в $2 \cdot 10^4$ раз меньше, чем хлора, а то время как в вулканических продуктах отношение между количествами обоих галоидов доходит до 1 : 10. Влияние морской воды, являющейся основным источником хлора атмосферы, на содержание в последней фтора соответственно сильно понижено.

² Описание побочных кратеров, на которых были произведены сборы материала, а также характер выделяемых ими продуктов см. в ряде работ, в частности — в статьях А. А. Меняйлова и С. И. Набоко (1939, 1940). Результаты спектрального исследования нашатыря с Туйлы см. в работе С. А. Боровика и В. И. Влодавца (1938).

Весь имевшийся в нашем распоряжении материал был исследован на содержание хлора и брома, а часть, кроме того, и иода. Результаты анализов сведены в таблице 1.

Просматривая полученные данные, нужно прежде всего отметить весьма широкие колебания в содержании брома в минералах — от $8.28 \cdot 10^{-1} \%$ до $1.27 \cdot 10^{-1} \%$, далеко не всегда следующие за содержанием хлора. Образец нашатыря с Туилы особенно интересен в этом отношении: характеризуясь нормальным для NH_4Cl количеством хлора, он содержит всего лишь $8.28 \cdot 10^{-4} \%$ брома. В силу этого отношение между обоими галоидами для отдельных минералов подвержено сильнейшим колебаниям — в пределах от 30.8 до 80 500, распределяясь по величинам следующим образом:

Отношением Cl:Br	> 10 000	характеризуются	2 образца
»	» от 1 000 до 10 000	»	3 »
»	» от 50 до 1 000	»	5 »
»	» от 300 до 500	»	1 »
»	» от 100 до 300	»	3 »
»	» < 100	»	3 »

Нужно заметить, что низкие (<100) отношения свойственны исключительно исследованным сульфатным минералам, отношения от 300 до 100—молизиту и фторсодержащим минералам; более высокие отношения приурочены исключительно к нашатырю и галиту. Сульфаты особенно интересны своим исключительно высоким, относительно хлора, содержанием брома. Различные величины отношений Cl : Br не стоят в каком-либо определенном отношении к температуре фумаролы: действительно, для нашатыря как большие, так и малые отношения встречаются одинаково часто как при повышенных, так и при более низких температурах. Правда, фтористые и сульфатные минералы, для которых отношение Cl : Br заметно ниже, чем для нашатыря, образовались как раз при наиболее низких температурах, но связано ли это понижение именно с температурой, заключить по нашим данным нельзя. Нужно, впрочем, заметить, что судя по температурам сублимации хлористого и бромистого аммония, влияние температуры на разделение этих солей не должно быть велико. Несколько исследованных нами лав не дали для пород ничего нового по сравнению с данными, уже сообщенными нами ранее (1940).

Содержание иода во всех изученных образцах было очень невелико. Вследствие этого, а также из-за того, что в наших руках было очень небольшое количество большинства минералов, мы почти везде могли указать только нижний предел его содержания. Можно предполагать, однако, что содержание иода в свежем материале было выше, чем это было нами определено несколько лет спустя после его сбора. Потере части иода, несомненно, способствовала слабо кислая реакция всех минералов и содержание во многих из них окислителей в виде солей железа. Единственный образец нашатыря, собранный из щелочной фумаролы, при исследовании в лаборатории также оказался слабо кислым. На постоянную потерю иода из подобных же продуктов, возникших у места выхода газа на пожарах каменноугольных копей, обратил внимание еще Бюсси (M. Bussy) (1840).

Исследованные нами минералы — нашатырь, галит и молизит — по количеству находящегося в них брома нужно отнести к богатейшим среди содержащих этот элемент минералам. За исключением природных галоидных соединений серебра, часто содержащих еще большее количество брома, только некоторые минералы соляных залежей могут сравниться с ними

СОДЕРЖАНИЕ ГАЛОИДОВ В КАМЧАТСКИХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПРОДУКТАХ

№ п/п.	Характеристика образцов	Место и дата сбора	Температура fumarола	% Cl	% Br	% J'	Cl : Br
1	Нашатырь, очень чистые белые кристаллы	Туйла. 1936 г.	—	66.63	$8.28 \cdot 10^{-2}$	$< 8 \cdot 10^{-5}$	80 500
2	Нашатырь	Билоукай. XI.1938. Октябрьский поток лавы	465°	65.86	$4.58 \cdot 10^{-2}$	—	1 440
3	»	То же	465°	63.56	$9.75 \cdot 10^{-3}$	—	6 520
4	»	Билоукай, XI.1938. Февральский поток лавы	290°	66.88	$1.02 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-5}$	656
5	» желтоватый	Билоукай. XI.1938. Октябрьский поток лавы	275°	66.01	$5.3 \cdot 10^{-3}$	$< 5 \cdot 10^{-5}$	12 500
6	» желтый, сильно засоренный	То же	265°	16.11	$2.31 \cdot 10^{-2}$	$\sim 2 \cdot 10^{-5}$	598
7	» белый	» »	240°	62.15	$1.18 \cdot 10^{-1}$	—	527
8	»	» »	290°	66.71	$1.8 \cdot 10^{-2}$	—	3 710
9	» плотные желтоватые массы	Билоукай. VIII.1933	300°	62.25	$1.27 \cdot 10^{-1}$	$< 1 \cdot 10^{-4}$	490
10	Нашатырь, сероватая столбчатокристаллическая масса	Билоукай. Белая fumarола (щелочная)	350°	52.25	$8.38 \cdot 10^{-2}$	—	624
11	Галит + сильвин	Тиранус	$> 500^\circ$	57.01	$9.80 \cdot 10^{-2}$	—	582
12	Молизит + нашатырь + неопределенный минерал	Билоукай. Красная fumarола	475°	27.35	$1.23 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-5}$	222
13	Фтористый, ближе неопределенный минерал	Билоукай. Октябрьский поток лавы	150°	7.83	$< 1 \cdot 10^{-2}$	—	> 783
14	То же	Билоукай	90°	0.68	$2.41 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-4}$	282
15	» »	»	90°	0.39	$1.48 \cdot 10^{-3}$	$< 2 \cdot 10^{-4}$	264
16	Пиккерингит + эпсомит + неопределенный минерал	Козей. Лавовый поток на высоте 1 700 м	$< 214^\circ$	0.492	$7.64 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-4}$	64.5
17	Сульфат, ближе неопределенный	Козей	ок. 200°	1.06	$1.18 \cdot 10^{-2}$	$< 1 \cdot 10^{-5}$	90
18	» »	Козей. Воронка взрыва	$< 214^\circ$	2.23	$7.24 \cdot 10^{-2}$	$< 1 \cdot 10^{-4}$	10.8
19	Базальтовая лава	Шивелуч	—	$1.6 \cdot 10^{-2}$	$7.3 \cdot 10^{-5}$	—	219
20	Андезитовая лава	»	—	$1.0 \cdot 10^{-2}$	$6.8 \cdot 10^{-5}$	—	147
21	Базальтовая лава	Билоукай, Поток 1938 г.	—	$2.3 \cdot 10^{-2}$	$1.68 \cdot 10^{-4}$	—	135

* Сообщенные здесь цифры для иода являются, вероятно, нижним пределом истинных содержаний, так как часть иода могла быть утеряна при хранении материала.

в этом отношении. Следует отметить, что возгоны хлористого аммония, образовавшиеся совершенно иным путем — выделившиеся из газов пожаров каменноугольных копей, — также содержат как бром, так и иод. Последний был обнаружен в этих продуктах еще Бюсси (1840₁, 1840₂). Присутствие бромидов и иодидов аммония, наряду с хлористым аммонием, а также с сернистыми и мышьяковистыми соединениями, было констатировано также в аналогичных возгонах пожара угольной залежи близ Луары М. Дамуром (1885) в возгонах другого пожара — в копиях Рикамари. Дамур нашел здесь 99.74% NH_4Cl и 0.26% $\text{NH}_4\text{Br} + \text{NH}_4\text{I}$. Из этих данных явствует близкая аналогия между вулканическими NH_4 содержащими возгонами и минералами угольных пожаров.

Само собой разумеется, что анализы, результаты которых сообщены выше, не могут характеризовать с достаточной точностью относительное и абсолютное содержание брома в камчатских вулканических возгонах. Для этого нам недостает, помимо всего, анализа газов, составляющих основную массу вулканических эксгаляций. Было бы желательно поэтому исследовать весь тот материал, который несет в себе хотя бы только следы воздействия этих продуктов. Такой материал, связь которого с глубинными магматическими процессами была установлена еще Э. Зюссом (1902₁, 1902₂) и А. Готье (1904), мы имеем в виде термальных вод, широко распространенных на территории Камчатки. К. Шмидт (1885) был одним из первых, кто дал ряд подробных химических анализов этих вод, содержащих, между прочим, определения хлора и брома (судя по другим анализам Шмидта цифры, даваемые им для брома, слегка преуменьшены, что, впрочем, не мешает нам пользоваться ими, так как задача нашей статьи — дать лишь порядок явлений). Сводку материала, полученного к 1937 г., дает Б. Пийп (1937) в своей книге, которую мы здесь используем. Термальные воды Камчатки особенно пригодны для нашей цели. Есть указания, что в недалеком, относительно, прошлом (С. Крашенинников, 1735—1740) деятельность некоторых ключей была близка к фумарольной и даже существовали, повидимому, сами фумаролы там, где теперь остались одни только горячие источники. В других случаях ключи ассоциируют с фумаролами и в настоящее время. Учитывая геологическую обстановку, химический состав изученных ключей и прочие данные, Б. Пийп считает, что на Камчатке резко преобладают «свежие» горячие воды, т. е. такие, которые обязаны своим происхождением почти не подвергавшимся посторонним воздействиям молодым ювенильным водам и газовым эманациям.

Среди многочисленных камчатских термальных вод представители только 14 групп исследовались достаточно подробно на содержание брома. Большая часть определений проведена К. Шмидтом. По данным 21 анализа, в которые входит определение брома, концентрация хлора лежала в пределах от 0.0815 до 3.0802 г/л, концентрация брома — от 0.0001 до 0.0252 г/л. Величины отношения распределялись следующим образом:

Отношением Cl : Br	от 1 000 до 10 000	характеризуются	2 воды
»	» от 500 до 1 000	»	8 вод
»	» от 300 до 500	»	6 »
»	» от 100 до 300	»	4 воды
»	» < 100	»	1 вода

Обе таблички отношений Cl : Br в водах и минералах характеризуются следующими общими свойствами:

1. Средняя величина отношения Cl : Br в обоих случаях выше 300.

2. Наибольшее число образцов характеризуется отношениями, лежащими в пределах 300—1000.

3. Наряду с этим имеется ряд образцов с низким, иногда очень низким, отношением Cl : Br.

В общем, нужно отметить большую близость в отношениях между галоидами в термальных водах, с одной стороны, и минералами возгонов — с другой.

3

Попытаемся теперь сделать некоторые выводы из сообщенного в предыдущих разделах материала. Приняв за основу данные Кларка и Вашингтона, мы получим, что $1.411 \cdot 10^{18}$ т гидросферы содержат $2.72 \cdot 10^{16}$ т хлора. Нетрудно видеть, что при ежегодном выбросе вулканами в атмосферу $n \cdot 10^6$ — $n \cdot 10^7$ т хлора за период существования Земли $1.5 \cdot 10^9$ — $2 \cdot 10^9$ лет, вулканами могло бы быть вынесено на земную поверхность количество хлора того же порядка. При этом, конечно, нужно учитывать, что принятые нами цифры являются минимальными и экстраполяция их на весь возраст Земли имеет только тот смысл, что показывает достаточность даже этих минимальных величин для покрытия всей потребности океана в хлоре. Между тем, в геологической истории Земли мы знаем крупные излияния глубинных пород, которые должны были сопровождаться столь же обильным выделением газообразных и других продуктов, попавших в конечном итоге в море и принявших участие в формировании его соляной массы.

Многочисленные старые работы и между ними работа Джоли (I. Joly) (1899) по определению возраста океана допускали, что весь или почти весь хлор океана обязан своим происхождением первичной атмосфере Земли, в которой он находился в виде летучих соединений—HCl и др., перешедших в море после образования гидросферы. За последнее время эту точку зрения поддерживает В. Гольдшмидт (1938), выделяющий даже целую группу элементов, называемую им «Entgasungsprodukte» литосферы. Другие авторы, и между ними Линк (G. Linck) (1912) полагают, что, помимо газообразных соединений первичной атмосферы, в состав океана вошли некоторые твердые продукты первичных выделений расплавленной земной поверхности — например NH_4Cl , — метаморфизированные позднейшим солевым сносом в море. Наряду с этой точкой зрения Э. Зюсс (1902), К. Дёльтер (1903), Г. Линк и В. Гольдшмидт указывали также на участие позднейших вулканических выделений в формировании соляной массы океана, а Бекер (G. Becker) (1910) приписывал даже вулканам решающую роль в этом отношении. Бекер считает, что большая часть хлора речного стока возникла вулканическим путем, решая таким образом вопрос о несоответствии между количеством хлора и натрия в речных водах, оставшийся неясным из работы Джоли и вызвавший в свое время оживленную дискуссию между ним и Экرويد (W. Askroyd). Бекер оценивает количество хлора, которое может быть выделено этим путем и считает допустимым ежегодное выделение в атмосферу $> 1 \cdot 10^5$ т этого элемента, т. е. количество значительно большее принятого нами выше. Необходимость привлечения дополнительных источников хлора является, как известно, следствием недостаточности содержания этого элемента в массивных породах, на что давно уже было обращено внимание. Последние подсчеты в этом направлении произведены В. Гольдшмидтом (1937).

Не останавливаясь здесь на других работах, освещающих этот вопрос с различных сторон, мы отметим только, что цифра Бекера по количеству

хлора, выносимого ежегодно вулканами, и даже наша более низкая величина ежегодного выброса порядка $n \cdot 10^6 - n \cdot 10^7$ т хлора с избытком обеспечивает количество этого элемента, содержащееся в морских солях. Мы полагаем поэтому, что при современном положении вопроса для объяснения генезиса хлора и брома в соляной массе океана нет надобности возвращаться к гипотезе о решающей роли здесь первичной атмосферы, так как известные нам современные источники хлора и хлоридов обладают для этого достаточной мощностью.

Возвращаясь к вопросу о составе этих продуктов, мы должны припомнить заключения, сделанные нами в одной из наших предыдущих работ (1940), где мы обратили внимание на своеобразную историю атомов брома в море, по крайней мере отчасти независимую от речного сноса его с суши из выветрившихся массивных пород. Помимо значительного избытка в море брома, который, так же как и хлор, должен поступать в него из какого-то иного источника, об этой независимости можно было заключить по отношению Cl : Br, которое в море (Cl : Br = 293) было отлично от найденного в массивных кристаллических породах (Cl : Br = 243). Это различие, хотя и обнаруженное на небольшом числе исследованных образцов, получает особый интерес в свете сообщенных нами данных. В этой же работе мы допустили, что таким источником брома, относительно обогащенного хлором, могли бы быть вулканические эксгаляции, отношение Cl : Br в которых должно было бы быть в этом случае выше 300. Аналитический материал, сообщенный в предыдущем разделе, подтверждает эту мысль, и, таким образом, данные по составу вулканических продуктов дают возможность утверждать существование весьма глубоких родственных особенностей в составе морских солей и вулканических эксгаляции. Конечно, необходима дальнейшая более углубленная и расширенная работа в этом направлении и, прежде всего, вовлечение в нее не только твердых, но главным образом и газообразных вулканических продуктов, а также всестороннее изучение новых вулканических районов. Данные, сообщенные нами выше, дают лишь первую ориентировку в этом направлении, в чем и заключалась главная цель настоящей работы.

В заключение мы пользуемся случаем выразить свою искреннюю признательность акад. В. И. Вернадскому и проф. А. П. Виноградову за их многочисленные советы и указания, которыми мы постоянно пользовались, а также В. И. Влодавцу, А. А. Меняйлову и С. И. Набоко за любезно предоставленный ими в наше распоряжение материал.

Москва, 1940 г.



СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
В. Ф. Попков. Наблюдения за деятельностью вулканов Ключевского и Плоского Толбачика с 1 июля 1939 г. по 1 января 1940 г	3
Н. Ф. Сосунов. Наблюдения за деятельностью Авачинского и Мутновского вулканов с 1 июня по 1 октября 1939 г	11
Б. И. Пийп. О вершине Жупановской сопки и о недавнем извержении этого вулкана	14
В. Ф. Попков. Макросейсмические наблюдения в районе вулканов Ключевской и Плоский Толбачик с 3 июня 1939 г. по 22 июня 1940 г	22
Л. С. Селиванов. О происхождении хлора и брома в соляной массе океана	26



*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии Наук СССР*

*

Редактор издательства *С. Т. Попова*
Корректор *Н. И. Певцова*

10519 Тип. зак. № 3354 Подл. к печ. 20/XI 1947 г.
Формат бум. 70x108^{1/16}. Печ. л. 2,25 Уч.-издат. 3,25.
Тираж 1000.

2-я типография Издательства Академии Наук СССР
Москва, Шубинский пер., д. 10

ОПЕЧАТКИ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
13	25 св.	закрыт 82 часа облаками.	открыт 82 часа.
30	9 св. 12»	NHCl 308	NH ₄ Cl 30.8
31	Табл. 1	598	698
32	8-я гр., 11 св. 4 сн.	100	< 100