

## ИЗВЕРЖЕНИЕ КРАТЕРОВ ПИЙПА В 1966 г. И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЛАВ НА КЛЮЧЕВСКОМ ВУЛКАНЕ

И. Т. КИРСАНОВ, А. А. ВАЖЕЕВСКАЯ

Институт вулканологии СО АН СССР

Последнее извержение вершинного кратера Ключевского вулкана, наблюдавшееся в 1965—1966 гг., имело эффузивно-эксплозивный характер и на заключительном этапе закончилось прорывом побочных кратеров Пийпа.

Прорыв этих кратеров произошел 6 октября 1966 г. на северном склоне вулкана на высоте 2100—2000 м над уровнем моря по трещине субмеридианального простиранья. Извержение наблюдалось около трех месяцев и протекало в пять стадий, неравнозначных по времени и характеру.

Первая стадия — раскрытие трещины и стабилизации основных центров извержения — продолжалась с 6 по 7 октября; вторая кульминационная фаза извержения длилась с 8 по 24 октября; третья стадия ослабления — с 24 октября по 15 ноября; четвертая — новое усиление извержения — с 16 ноября по 1 декабря и пятая — затухание извержения — со 2 по 27—29 декабря 1966 г.

В период раскрытия трещины прорыва извержение, постепенно усиливаясь, в целом имело смешанный эффузивно-эксплозивный характер. Наряду с интенсивным выбросом обломочного материала в различных частях трещины наблюдались лавовые фонтаны, формировались небольшие шлаковые конуса. Из нижних жерл уже в конце первого дня извержения стало происходить излияние лавы, которая пошла по одному из истоков р. Киргурич.

Со стабилизацией активных центров характер извержения четко дифференцировался на эксплозивный, эксплозивно-эффузивный и эффузивный, что полностью определялось местоположением жерл на трещине. В верхней части, на 2/3 ее длины, происходили газовые взрывы с выбросом обломочного материала и формировались эксплозивные кратеры; в нижней — в эксплозивно-эффузивных жерлах и лавовых бокках — наблюдались фонтаны и излияние жидкой лавы, в результате чего формировались шлаковый конус и лавовый поток. Сила взрывов и интенсивность поступления лавового материала полностью определялись стадиями извержения. В кульминационную фазу частота взрывов в эксплозивных кратерах менялась от 5 до 50 в 1 час. Скорость подъема

обломочного материала варьировала от 25 до 120 м/сек, и высота от 800 до 3500 м. Некоторые взрывы были направленными под углом 60—70°. В explosивно-эффузивных жерлах частота взрывов достигала 60—90 в 1 мин, скорость подъема шлаков и бомб — 30—150 м/сек и высота от 200 до 800 и изредка до 1200 м. Лава в виде огненной реки изливалась постоянно. В устьевой части скорость движения потока менялась от 600 до 1500 м/час. В фронтальной — лавовый поток приобретал глыбовый характер и скорость его снижалась от 500 до 3 м/сутки. Температура жидкой лавы также менялась от 1170 до 1050—950°.

В стадии ослабления и затухания извержения частота взрывов в explosивных кратерах снижалась до 10—5, затем до 1 в сутки. К 10 ноября деятельность их полностью прекратилась. В explosивно-эффузивных жерлах частота взрывов снижалась до 25—30 в 1 мин, значительно уменьшался объем выбрасываемого материала. Излияние лавы принимало пульсирующий характер, и порции ее растекались в виде небольших потоков вблизи подножия конуса. Для всей трещины прорыва существенным являлась одновременная активизация различных жерл, что указывало на общность подводящего канала.

Кроме того, извержение побочных кратеров в данном случае было тесно связано с извержением вершинного кратера Ключевского вулкана. При активном состоянии трещины прорыва деятельность вершинного кратера почти полностью прекращалась, в стадии ослабления вновь активизировалась. Этот факт, по-видимому, указывал на отщепление лав побочных кратеров от основного канала вулкана, причем на небольшой глубине.

При изучении последствий извержения установлено, что трещина прорыва зародилась на радиальном разломе Ключевского вулкана, имеет разрывной характер и длина ее составляет 1,5 км. В процессе извержения в полости ее образовалась дайка базальтового состава, на поверхности — 12 explosивных воронок диаметром от 30 до 200 и глубиной от 6 до 75 м, шлаковый конус высотой 81 м с кратером на вершине и два лавовых вздутия высотой до 30 м (рис. 1). Соответственно распределился и изверженный материал. Пепел и вулканический песок прослоем от 50 до десяти-

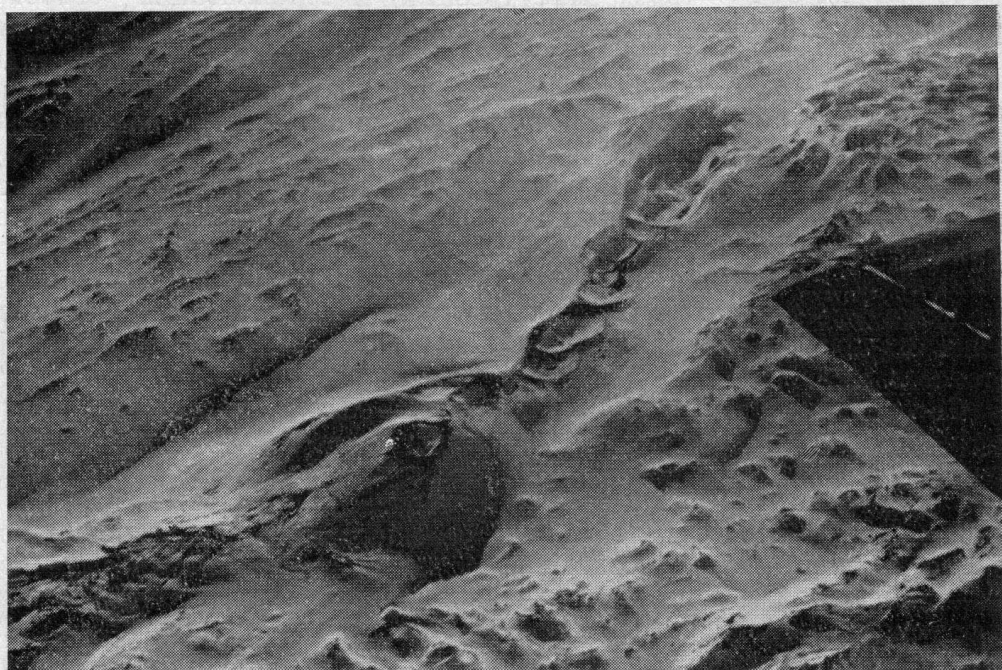
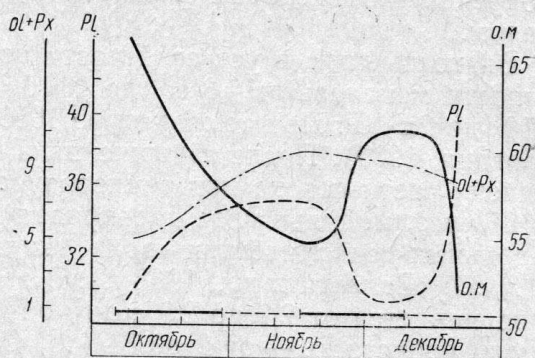


Рис. 1. Трещина прорыва побочных кратеров Пийпа. Фото Кирсанова

Рис. 2. График изменения количества вкрапленников и основной массы (о. м.) в процессе извержения побочных кратеров Пийпа



тых долей сантиметра покрыл все северное и северо-восточное подножие вулкана на расстоянии до 50—70 км. С удалением от трещины прорыва в этом материале хорошо прослеживается эоловая дифференциация.

Более крупные обломки сосредоточились в бортовых валах взрывных воронок, а также к востоку и западу от них на расстоянии 0,5—3 км. Мощность их колеблется от 30 до первых сантиметров. По характеру обломочный материал состоит из 75% свежих лав, 24% вмещающих пород и 0,5—1% ксенолитов. Объем обломочного материала составил 0,01 км<sup>3</sup>. Эффузивный материал в виде шлаков, вулканических бомб и лавы, которая сосредоточилась в основном в лавовом потоке длиной 11 км, шириной 0,3—2,5 км и мощностью от 3 до 50 м, составил объем 0,1 км<sup>3</sup>.

Газообразные продукты в процессе извержения были представлены парами H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, HF, HCl, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> и другими компонентами, общая масса которых составила 1—2% (3—6 млн. т) всего изверженного материала (Мархинин, 1968). В первые моменты извержения галоидные газы преобладали над сернистыми. В водных вытяжках из пеплов, отобранных во время извержения, обнаружено 2,5 тыс. т F, 5,5 тыс. т Cl и 5,0 тыс. т S.

Свежие лавы представлены базальтами с содержанием SiO<sub>2</sub> от 51,8 до 53,5%. Породы темно-серые разнопористые, порфиоровые с гиалопилитовой и изредка интерсертальной структурой основной массы. Вкрапленники представлены Ol в количестве от 3,5 до 8%, моноклинным и в меньшей степени ромбическим Px, общая сумма которых составляет 0,4—3,8% и 29,1—39,6% Pl. Количество основной массы варьирует от 52,2 до 66,8%. Степень раскристаллизации базальтов полностью зависит от количества Pl и стадии активности извержения (рис. 2). Повышение ее наблюдается в периоды ослабления активности. В это же время возрастает сумма цветных минералов, причем в составе их у Ol содержание Fe-молекулы увеличивается от 8 до 20%, в моноклинном Px увеличивается содержание CaO с изменением угла от 52,5 до 58°, т. е. изменение идет от авгита к диопсиду. Ромбический Px представлен бронзитом. Состав Pl на всем протяжении извержения в микролитах представлен № 57—58, во вкрапленниках меняется от № 57 до № 65. В конце извержения намечается слабое понижение кислотности в среднем от 53,0 до 52,5% SiO<sub>2</sub> и повышение суммарного содержания Fe. В конце первой и второй стадии возрастает количество MgO от 5 до 6%. Одновременно увеличиваются величины *q* и *v* от 19,5 до 23,0, по Заварицкому.

При сравнении базальтов побочных кратеров Пийпа с лавами, выбрасываемыми в это же время из вершинного кратера, в составе их отмечается полная аналогия. Относительно других базальтов датированных извержений побочных кратеров на диаграмме Заварицкого они занимают наиболее правое верхнее положение.

При изучении извержения побочных кратеров Пийпа и его продуктов (химических и петрографических свойств) различными методами бы-

ли определены некоторые физические параметры лав и застывших пород в целом.

Вязкость лавы в устьевой части потока в зависимости от газонасыщенности менялась от  $4,3 \cdot 10^6$  до  $10 \cdot 10^{10}$  пуаз, в лавовых пузырях — от  $0,5 \cdot 10^5$  до  $2,5 \cdot 10^5$ . При температуре  $1050^\circ$  модуль Юнга равен  $1000 \text{ кг/см}^3$  (Дрознин, 1969). После извержения в верхней части лавового канала и средней части потока при температуре  $1000^\circ$  вязкость лавы равнялась  $0,6 \cdot 10^4$  пуаз, модуль Юнга варьировал от 3200 до  $8300 \text{ кг/см}^3$ , скорость продольных сейсмических волн была 760—800 м/сек, поперечных — 375 м/сек (Балеста и др., 1968 г.). В застывшем состоянии удельный вес пород меняется от 2,7 до  $2,9 \text{ г/см}^3$ , объемный — от 1,3 до  $2,65 \text{ г/см}^3$ , общая пористость — от 2 до 54%. Объем закрытых пор, заполненных, по-видимому, газовыми, газовой-жидкими и твердыми включениями, составляет 0,4—15,0%, причем количество последних увеличивается в шлаках и лавах, излившихся в стадии ослабления извержения. Полученные параметры динамики извержения, физических, химических и геохимических свойств лав, газовой-жидких включений позволяют в дальнейшем, по-видимому, определить глубину отщепления лав побочных кратеров от основного канала вулкана.

При анализе петрографического и петрохимического материала по побочным кратерам Пийпа и сравнении его с подобным материалом по Ключевскому вулкану в целом были обнаружены следующие особенности лав.

1. Классический дифференциации для всего Ключевского вулкана, которая связывалась предыдущими исследованиями с высотой канала (Заварицкий, 1950; Пийп, 1956; Набоко, 1963), не наблюдается.

2. Породы вулкана представлены двумя типами базальтов; высокоглиноземистыми плагиоклазовыми и низкоглиноземистыми пироксен-оливиновыми и оливин-пироксеновыми с большим количеством промежуточных разностей. Причем оливин-пироксеновые базальты, которые обычно связывались с низким уровнем канала, отмечаются на самых различных высотах склонов вулкана от 1700 м в кратере Слюнина до 1300 и 900 м в кратерах Стеллера и Шмалева. Промежуточные же разности с повышенным содержанием MgO и CaO отмечены в дайке юго-восточной шарры вулкана на высоте 4700—4000 м над уровнем моря.

3. Дифференциация базальтов, обычно распространяемая на вулкан в целом, с различной четкостью проявляется в одном цикле извержения, тесно связано с активностью стадий и газонасыщенностью лав, что хорошо видно на примерах извержений побочных кратеров 1938, 1945 гг. и последнем прорыве побочных кратеров Пийпа.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Влодавец В. И. Ключевская группа вулканов. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1940.  
Дрознин В. Вязкость и упругость лав кратера Пийпа. — Бюлл. вулканол. ст., 1969, № 45.  
Заварицкий А. Н. Введение в петрохимию изверженных горных пород, изд. 2. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1950.  
Мархинин Е. К. О количестве газовых компонентов, участвовавших в вулканических взрывах при извержении кратера Пийпа в 1966 г. — Бюлл. вулканол. ст., 1968, № 44.  
Набоко С. И. Петрохимические особенности молодых и современных лав Камчатки. — В кн.: Петрохимические особенности молодого вулканизма. М., Изд-во АН СССР, 1963.  
Пийп Б. И. Ключевская сопка и ее извержения в 1944—45 гг. и в прошлом. М., Изд-во АН СССР, 1956.