

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ТЯТЯ В ИЮЛЕ 1973 г.

А. И. Абдурахманов, В. И. Федорченко

Вулкан Тятя расположен в северо-восточной части о-ва Кунашир. Он построен по типу Сомма-Везувий (рис. 1). Его сомма имеет вид усеченного конуса с диаметром основания 16—18 км, вершины около 2,3 км; абсолютная высота гребня около 1450 м. В центральной части древнего кратера расположен юный конус с диаметром основания 1,5 км и относительной высотой 400 м. Юго-западная часть атрио заполнена молодым базальтовым потоком. Последнее извержение вулкана зафиксировано в 1812 г. (Горшков, 1967).

В 1973 г. 14 июля в 12 ч 10 мин по местному времени началось мощное извержение вулкана¹ (рис. 2). Перед этим событием 17, 24 и 26 июня 1973 г. несколько восточнее Малой Курильской гряды произошли тектонические землетрясения на глубине около 50 км с магнитудами соответственно 8,0; 7,5; 7,0. Первые два имели взбросо-сдвиговый характер, третье — сбросо-сдвиговый. Анализ материалов сейсмостанции Южно-Курильск (в 60 км на юго-запад от вулкана) показал, что первый рой землетрясений, возникший 14 июля в 10 ч 57 мин и продолжавшийся в течение трех часов, по-видимому, явился отражением начавшегося резкого продвижения расплава к дневной поверхности и взрывов. Затем сейсмическая активность резко упала, и лишь 16 июля в 9 ч 10 мин по местному времени был отмечен второй рой землетрясений, продлившийся до 10 ч 45 мин. После этого до конца июля местные землетрясения с/с Южно-Курильск не отмечались. Оба роя представляли собой непрерывную запись сейсмических колебаний, на которой трудно выделить какие-либо вступления.

Первые, самые сильные взрывы произошли у северного подножия соммы на высоте около 500 м в районе резкого перегиба ее склона (активность была кратковременной, закончилась 14 июля). В результате этих взрывов здесь сформировались маары группы Влодавца, слившиеся в обширную котловину (310×250 м с глубиной 130 м), которая переходит к северу в траншееобразный каньон длиной 300 м, шириной 60—90 м, глубиной 40 м и насыпью мощностью 10—50 м, преимущественно с восточной стороны. Следующая серия сильных взрывов образовала воронки группы Радкевич. Они начинаются мааром с диаметром 200 м и глубиной 110 м, переходящим в лоткообразную впадину. Одновременно в маарах группы Влодавца продолжали происходить более слабые взрывы и газовые продувы, перемещающиеся вниз по склону вулкана; формировались также зияющие трещины, осложненные отно-

¹ Детальному описанию наблюдений за ходом извержения посвящена специальная статья (Мархинин и др., 1974).

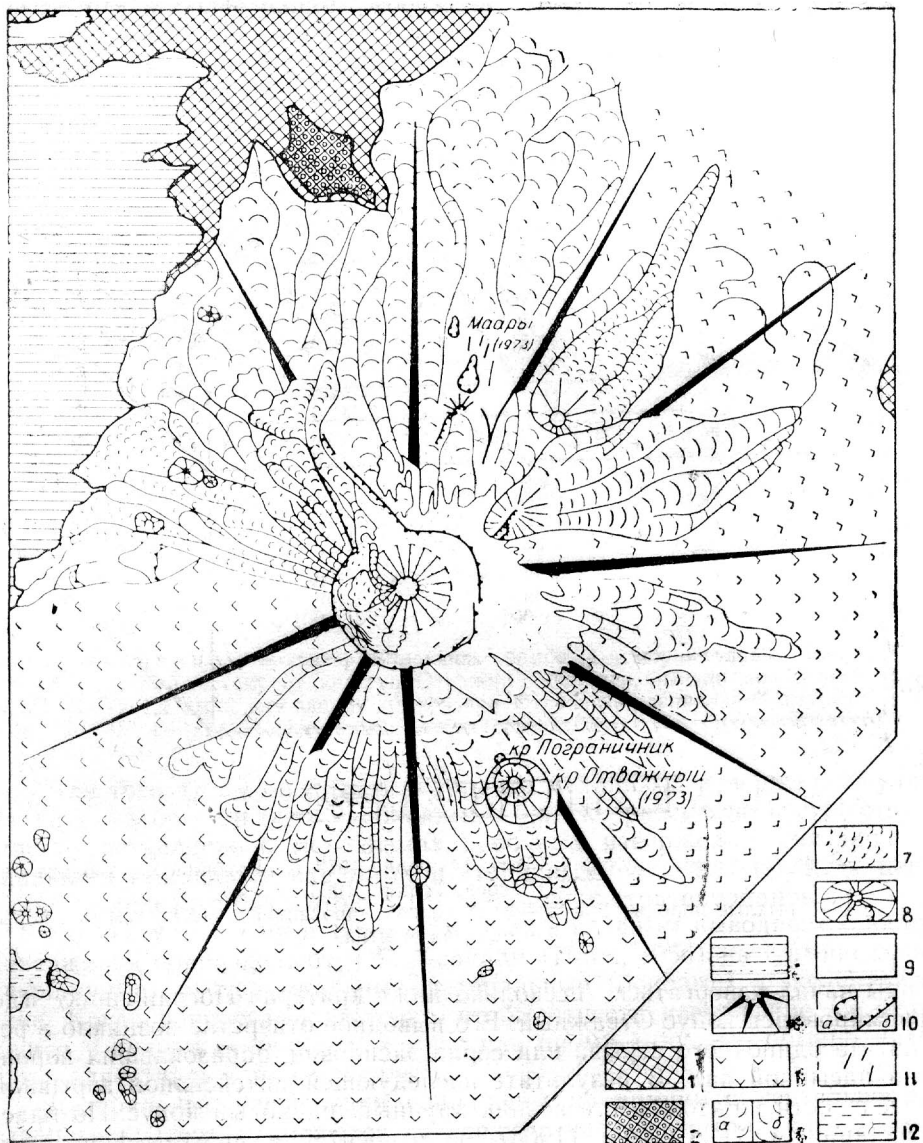


Рис. 1. Схема геологического строения вулкана Тятя

1 — породы неогенового фундамента; 2 — реликт 200—250-метровой террасы; 3 — четвертичные лавы рурийского комплекса хребта Докучаева; 4 — сомма вулкана; 5 — нижняя и 6 — верхняя эффузивно-пирокластическая толща соммы: лавовые потоки (а), лавы и пирокластика (б); 7 — наиболее молодые потоки соммы и побочных конусов; 8 — центральный и побочные шлаковые конусы; 9 — шлаковые покровы, связанные с центральным конусом; 10 — обрывы: уступы гребней соммы и кратеров (а), эрозионного происхождения (б); 11 — зияющие трещины в районе северного прорыва 1973 г. и на сомме; 12 — речной аллювий

сительно небольшими воронками. Воронки и зияющие трещины не расположены на одной линии. Они разбросаны по площади около 1 км², однако в целом ориентированы радиально по отношению к вершине вулкана.

Несколько позднее, в тот же день, произошел прорыв лавы на юго-восточном склоне вулкана. Здесь сначала образовался небольшой шлаковый конус Пограничник (диаметр по гребню 50 м, по дну — 10 м, высота 15—20 м). Основной материал подошедшей магматической ко-

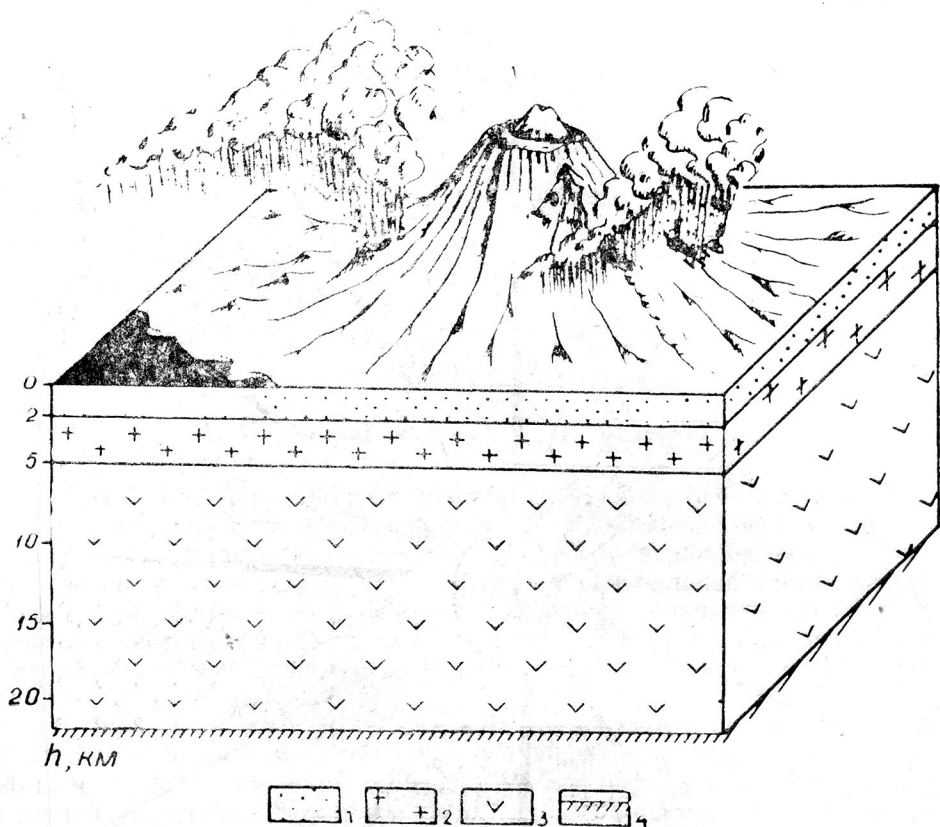


Рис. 2. Блок-диаграмма вулкана Тятя 14 июля 1973 г. Глубинное строение по ГСЗ (Зверев, Тулина, 1966).
 1 — рыхлые породы; 2 и 3 — слои консолидированной части земной коры; 4 — верхняя мантия

лонны начал извергаться несколько ниже кратера Пограничник, где сформировался конус Отважный. Его выводное отверстие возникло в результате одиночного взрыва или серии эксплозий, образовавших воронку и насыпной вал. В результате последующей интенсивной взрывной деятельности на этом месте возник крупный шлаковый конус. По классификации А. Н. Сирина (1968), он относится к рыхлым конусам с первичным насыпным основанием. Большие размеры шлакового конуса (диаметр по основанию 1,3 км, по гребню кратера — 530×600 м, по его дну — 180 м), его плоская воронкообразная форма свидетельствуют о значительной глубине, на которой происходили эксплозии. Этим кратером за короткий промежуток времени (всего 14 дней) был выброшен сравнительно большой объем ювенильного шлакового материала (0,2 км³).

Продукты рассматриваемого извержения представлены древними породами вулкана; ювенильным андезито-базальтовым материалом в виде пепла, бомб, шлаков; образованиями неогенового фундамента (ловцовская свита) — лито-витрокластическими туфами кислого и среднего состава, туффитами, туффопесчаниками, туфодиатомитами, опоковидными алевролитами, пемзой, причем на северном склоне встречается только пемза, включенная в ювенильные бомбы, на юго-восточном — многочисленные крупные (до 1 м) глыбы различных пород фундамента.

Ювенильные продукты отличает высокое содержание железа и сравнительно низкое алюминия. Все порции близки по химическому со-

ставу, хотя в более ранних, соответствующих верхней части подошедшей магматической колонны, отмечается несколько повышенное содержание кремнезема (таблица). Минералогически это проявилось ростом количества вкрапленников плагиоклаза, пироксена и оливина от 3% в начальной порции до 10—15% к концу извержения.

Химический состав пород извержения 1973 г.

| Окислы | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------------|--------|--------|-------|--------|
| SiO ₂ | 53,17 | 52,65 | 52,71 | 51,86 |
| TiO ₂ | 1,52 | 1,14 | 1,29 | 1,39 |
| Al ₂ O ₃ | 14,97 | 15,94 | 15,10 | 15,72 |
| Fe ₂ O ₃ | 4,77 | 5,57 | 6,61 | 4,08 |
| FeO | 8,24 | 6,92 | 6,85 | 9,98 |
| MnO | 0,18 | 0,21 | 0,22 | 0,19 |
| MgO | 3,89 | 3,75 | 3,38 | 4,57 |
| CaO | 9,56 | 10,30 | 9,35 | 8,36 |
| Na ₂ O | 2,92 | 2,94 | 3,15 | 3,33 |
| K ₂ O | 0,83 | 0,79 | 0,82 | 0,69 |
| P ₂ O ₅ | 0,06 | 0,04 | 0,06 | 0,03 |
| S | 0,02 | нет | нет | нет |
| H ₂ O | нет | нет | 0,02 | нет |
| ППП | нет | нет | 0,11 | нет |
| Сумма | 100,13 | 100,25 | 99,67 | 100,20 |

Примечание. 1 — кратер Влодавца, бомба, 1-я порция лавы (обр. 39/73); 2 — 4,5 км к юго-востоку от кратера Отважный, лапилли, выпали до 18 июля (обр. 20/73); 3 — в 1,2 км к юго-западу от кратера Отважный, лапилли на глубине 35 см (обр. 120/73); 4 — кратер Отважный, бомба (обр. 72/73).

Для того чтобы оценить своеобразие механизма извержения вулкана Тятя, авторы считают необходимым кратко рассмотреть существующие представления о механизмах побочных извержений, связанных с главными выводными каналами и вторичными очагами крупных центральных андезито-базальтовых и базальтовых стратовулканов.

По месту действия и характеру связи с главным выводным каналом извержения подразделяются Г. Меркали (Пийп, 1956) на терминальные (вершинные), субтерминальные, латеральные (боковые) и эксцентрические. Когда данных недостаточно, чтобы отнести извержение, происходящее у подножия вулкана, к тому или иному типу, его обычно называют адвентивным или побочным.

Латеральные извержения сопряжены во времени с деятельностью главного кратера и питаются из верхних частей центрального жерла. Так, при извержении Ключевского вулкана в 1965—1966 гг. с прорывом побочных кратеров на высоте 2200—2000 м их деятельность была тесно связана с деятельностью вершинного кратера, а отделение лав от основного канала происходило на небольшой глубине (Кирсанов, 1968), о чем, в частности, свидетельствует отсутствие пород фундамента в извергнутых лавах.

Эксцентрические извержения не зависят от деятельности главного кратера, а их выводные трещины («апофизы») ответвляются от нижних частей центрального канала или идут вверх непосредственно из вторичного очага, располагающегося значительно ниже основания вулканической постройки, в толще так называемого его «пьедестала», на что указывает присутствие в эксцентрических лавах включений пород фундамента (Пийп, 1956). К этому типу заведомо относятся извержения Ключевского вулкана в 1932 (кратеров Туйла, Киргурич, Биокось), 1945 гг. (прорыв Юбилейный) и некоторые другие (рис. 3).

Причиной эксцентрической деятельности Ключевского вулкана Б. И. Пийп (1956) считает направленное вниз реактивное давление,

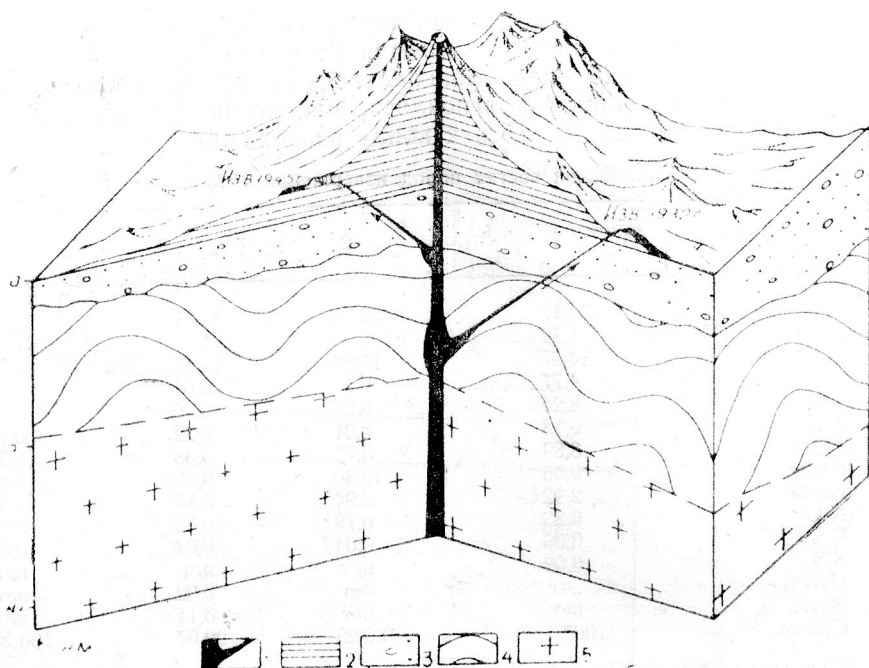


Рис. 3. Блок-диаграмма Ключевской группы вулканов и предполагаемый механизм эксцентрических прорывов:

1 — магматический канал и его побочные ответвления; 2 — постройка Ключевской сопки, глубинное строение по ГСЗ (Утнасин и др., 1974); 3 — вулканогенно-осадочные образования неогена; 4 — складчатые вулканогенно-осадочные образования верхнего мела — палеогена; 5 — «гранитный слой», предположительно зеленосланцевого типа

создающееся при извержениях с низко расположенным уровнем эксплозии. Возникающее при этом добавочное напряжение, наряду с гидростатическим давлением, приводит к отжатию определенной порции магмы в сторону по какому-нибудь ослабленному направлению. Это отжатие происходит из области задержки магмы (временного вторичного очага), которая может располагаться на различных глубинах в пределах первого десятка километров.

Возможность задержек первичного магматического материала на пути к дневной поверхности отмечает А. Хилл (Hill, 1969) на основании анализа роев землетрясений, сопровождавших вулканическое извержение. Исследователь выделяет зону магматического канала, простирающуюся по меньшей мере на глубину 60 км. По его представлениям, магма, поднимающаяся из глубинного источника, не сразу изливается на поверхность, а медленно накапливается в резервуаре, расположенном на несколько километров ниже вершины вулкана. К аналогичному выводу приходит и А. Р. Макбирни (McBirney, 1970), который в результате исследования механизма современных извержений и наблюдений над характером деформации вулкана Килауэа при последовательных эруптивных актах пришел к выводу о проникновении мантийной магмы в неглубокие (1—2 км от вершины) промежуточные резервуары, имеющие форму даек и силлов. В пределах этих камер и происходило осаждение мафических минералов и накопление расплавов паров воды, что приводило к уменьшению плотности магмы до той степени, когда становился возможным ее подъем и вскипание.

Проявление латеральных извержений, по мнению А. Ритмана (1964), обуславливается раскрытием в вулканической постройке ради-

альной трещины, возникающей в результате гидростатического давления стоящей в канале магмы. Расплав, проникая сверху вниз в трещину, выходит на склоне вулкана на все более низких уровнях. Механизм эксцентрических извержений отличается от механизма латеральных тем, что питающие трещины и центральный канал не имеют непосредственной связи, а связаны через общий очаг как сообщающиеся сосуды.

На характер эксцентрических извержений большое влияние оказывает крутизна наклона подводящей инъекции. При крутом наклоне на дневной поверхности может образоваться одиночный конус или кустовой ряд конусов, при более пологом возникает цепочка воронок взрыва, нижняя из которых нередко изливает лавовый поток. Это, согласно Б. И. Пийпу (1956), является следствием подхода к поверхности вулкана радиального узкого силлового магматического тела. По мере приближения магмы к дневной поверхности и соответствующего спада внешнего давления газы периодически прорываются в атмосферу с образованием мааров; при достижении поверхности формируется шлаковый конус и изливается лавовый поток (рис. 4). Движение расплава здесь является восходящим, что подтверждается результатами сейсмологических наблюдений (Токарев и др., 1968).

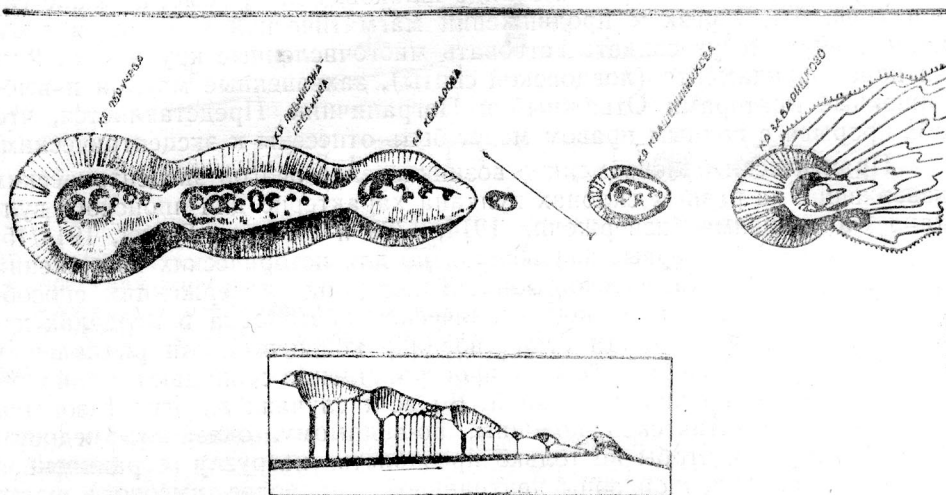


Рис. 4. Схема строения юбилейного прорыва Ключевской сопки (извержение 1945 г.) и предполагаемый Б. И. Пийпом (1956) механизм его образования

Иной (нисходящий) механизм побочных извержений на основе анализа деятельности Этны описывает Г. Понте (Ponte, 1914). По его мнению, поднимающийся по главному жерлу расплав до того, как он достигнет дневной поверхности, «перехватывается» туннелями в старых лавовых потоках, движется согласно напластованию вниз и изливается на склоне вулкана с образованием линейно расположенных боковых кратеров. Примерно так рассуждает и У. Г. Хоббс (Hobbs, 1915/16), рассматривая гавайские вулканы. Очевидно, что данный механизм реален только в случае очень жидких лав и не имеет отношения к рассматриваемому нами случаю.

Таким образом, при некотором различии взглядов исследователей на механизм побочных извержений большинство сходится во мнении, что латеральные и эксцентрические извержения скорее всего связаны

с активностью главного канала вулкана при восходящем потоке магматического материала.

Изложенный выше материал позволяет объяснить своеобразие механизма извержения вулкана Тятя в 1973 г.

Представляется весьма реальным, что одной из возможных причин подъема магмы и извержения могли послужить сильные тектонические землетрясения 17, 24 и 26 июня. Судя по многочисленным ксенолитам пород неогенового фундамента в ювенильных шлаках, можно говорить о некоторой задержке магмы перед поступлением на поверхность в основании вулканической постройки или несколько ниже. Скопившиеся перед фронтом остановившейся магматической колонны газы привели к резкому продвижению ее к дневной поверхности и мощным взрывам на северном склоне вулкана, выбросившим материал старой постройки и небольшое количество ювенильного магматического материала в виде пепла и бомб. Реактивная сила от расширяющихся при этих взрывах газов привела к отжиму остановившейся магматической колонны по другому ослабленному направлению — на юго-восточный склон вулкана. Здесь произошел ее прорыв на дневную поверхность, куда в течение 14—28 июля было выброшено большое количество ювенильного пирокластического материала в виде шлаков, пепла, бомб, а также газов (рис. 5). О резком продвижении магматической колонны в этом направлении могут свидетельствовать многочисленные крупные обломки пород фундамента (ловцовской свиты), захваченные магмой и выброшенные кратерами Отважный и Пограничник. Представляется, что оба прорыва с полным правом могут быть отнесены к эксцентрическим.

Практически одновременное возникновение очагов эксцентрических извержений на разных склонах вулкана характерно для японского вулкана Сакурадзима (извержения 1914, 1779 и 1476 гг., Perret, 1914/15; Тиррель, 1934) и впервые зафиксировано для исторических извержений вулканов Курило-Камчатской зоны. Такого рода извержениям способствует своеобразная вулcano-тектоническая обстановка в пределах конуса вулкана, в частности существование кольцевых или радиальных ослабленных зон. Первые обычно пространственно совпадают с районом резкого перегиба склонов вулкана. Во всех случаях энергия газов подошедшей магматической колонны, по-видимому, оказалась недостаточной для того, чтобы не только преодолеть нагрузку ограниченной кольцевой ослабленной зоны центральной (наиболее высокой) части вулканической постройки и поднять ее в воздух, но и чтобы вытолкнуть из центрального жерла закристаллизованную лавовую пробку и пробить себе путь через главный (вершинный) кратер. В связи с этим магма использовала для своего продвижения наименее «нагруженную» часть конуса, приуроченную к его подножию, ниже резкого перегиба склона. Вместе с тем в нашем случае давление на центральную часть конуса в области атрио было весьма значительным, что привело к растрескиванию соммы вулкана Тятя и образованию на ее теле довольно крупных открытых трещин.

Из расчетов Г. С. Штейнберга (1973) следует, что, если бы энергия газов достигла $2 \cdot 10^{26}$ эрг, на вулкане Тятя можно было бы ожидать формирования взрывной кальдеры диаметром 7,5 км. Это отвечает положению упоминавшейся ослабленной зоны, фиксируемой образовавшимися эксцентрическими кратерами. Глубина центра взрыва, по мнению этого исследователя, должна составлять 2—3 км, что, видимо, соответствует положению вершины магматической колонны при извержении вулкана Тятя в 1973 г. Объем взорванной части вулканической постройки составил бы при этом не менее 20 км^3 .

Одновременное извержение на различных склонах вулкана Тятя может служить указанием на структурную подготовленность его пост-

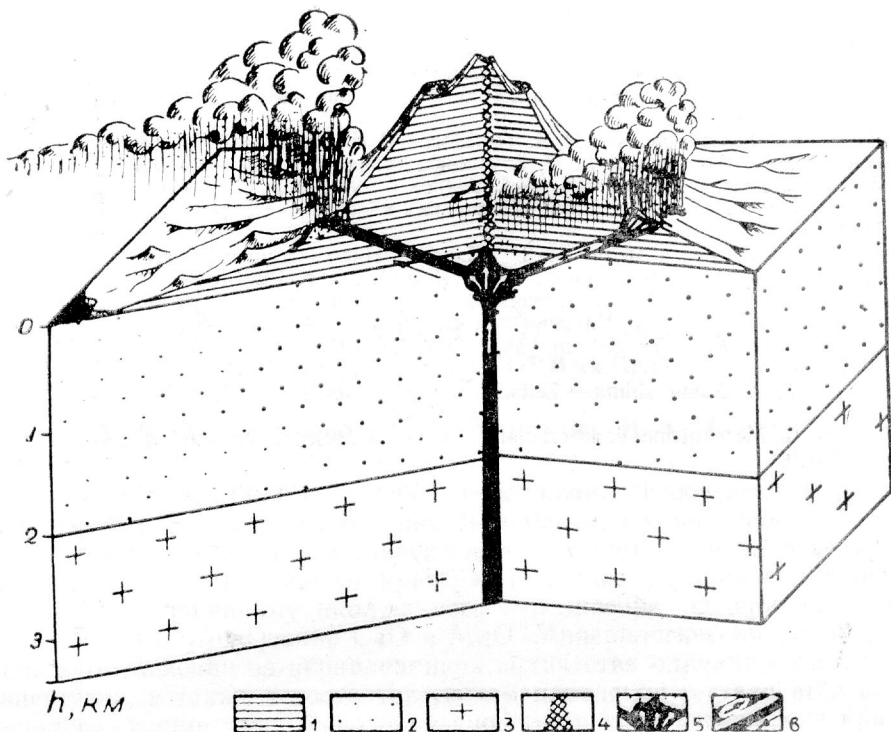


Рис. 5. Блок-диаграмма вулкана Тятя и предполагаемый механизм его извержения в 1973 г.

1 — постройка вулкана; 2 — рыхлые породы; 3 — слой консолидированной части земной коры; 4 — закристаллизованная лавовая колонна центрального канала; 5 — предполагаемое положение магматического канала в момент извержения (белыми стрелками показано направление движения расплава и газов); 6 — черные стрелки показывают направление газов и расплава после прорыва на северном склоне

ройки к формированию кальдер по типу Эшера в результате гигантского взрыва или серии катастрофических взрывов и последующего обрушения стенок конуса по возникшей воронке. Это может произойти при наличии соответствующей энергии газов, накопленной в процессе длительной и глубокой дифференциации магмы в периферическом очаге. Примером образований такого рода является кальдера Тао-Руссыр на о-ве Онекотан (диаметр 7,5 км). В миниатюре это явление зафиксировано вершинной кальдерой вулкана Тятя, для образования которой, по расчетам Г. С. Штейнберга (1973), потребовалась энергия $1,5 \cdot 10^{24}$ эрг.

ЛИТЕРАТУРА

- Горшков Г. С. Вулканизм Курильской островной дуги. М., «Наука», 1967, 288 с.
 Зверев С. М., Тулина Ю. В. Некоторые результаты детального изучения строения земной коры южной части Курильской островной дуги методом ГСЗ.— В кн.: Вулканизм и глубинное строение Земли. М., «Наука», 1966, с. 39—43.
 Кирсанов И. Т. Извержение Ключевского вулкана в 1966 г. с прорывом побочных кратеров им. Пийпа.— «Бюл. вулк. ст.», 1968, № 44, с. 11—29.
 Мархинин Е. К., Аникиев Ю. А., Грснник В. М., Грабков В. К., Абдурахманов А. И., Васильев Б. И., Долганова П. С., Леонов Н. Н., ШUTOVA Г. С., Земцов А. Н., Тронь А. А., Трухин Ю. П., Шувалов Р. А. Извержение вулкана Тятя на Курильских островах в июле 1973 г.— «Геология и геофизика», 1974, № 10, с. 20—31.
 Пийп Б. И. Ключевская сопка и ее извержения с 1944—1945 гг. и в прошлом.— «Труды лаб. вулк.», вып. 11. М., Изд-во АН СССР, 1956, 309 с.
 Ритман А. Вулканы и их деятельность. М., «Мир», 1964, 437 с.

Сирин А. Н. О соотношении центрального и ареального вулканизма. М., «Наука», 1968, 196 с.

Тиррель Г. В. Вулканы.—ОНТИ НКТП СССР, 1934, 220 с.

Токарев П. И., Широков В. А., Зобин В. М. Сейсмические явления, связанные с извержением побочного кратера им. Пийпа в октябре—декабре 1966 г.—«Бюл. вулк. ст.», 1968, № 44, с. 30—41.

Утнасин В. К., Абдурахманов А. И., Аносов Г. И., Балеста С. Т., Будянский Ю. А., Мархинин Е. К., Федорченко В. И. Глубинное строение Ключевской группы вулканов и проблема магматических очагов.—«Сов. геол.», 1974, № 2, с. 36—54.

Штейнберг Г. С. О взрывном образовании кальдер.—«ДАН СССР», т. 208, 1973, № 6, с. 1342—1345.

Hill D. P. Crustal structure of the Island of Hawaii from seismicrefraction measurements.—Bull. seismol. Soc. Amer., v. 59, 1969, No 1, p. 101—130.

Hobbs W. H. Buried lava tunnels as a factor in the drainage of craters of the Hawaiian type.—Zeitschr. f. Vulkanologie, Bd. 1, 1915/16, p. 86—88.

McBirney A. R. Some current aspects of volcanology.—Earth Sci. Rev. 6, 1970, № 5, p. 337—352.

Perret F. A. Sakurashima.—Zeitschr. f. vulcanologie. Bd. 1, 1914/15, p. 133—150, ill.

Ponte G. Meccanismo delle eruzioni Etnee.—Zeltschr. f. vulcanologie. Bd. 1. H. 1. 1914, p. 9—19.