

УДК 550.34+551.21

ГЕОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН СССР С. А. ФЕДОТОВ В. И. ГОРЕЛЬЧИК,
В. В. СТЕПАНОВ

**СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О МАГМАТИЧЕСКИХ ОЧАГАХ,
МЕХАНИЗМЕ И РАЗВИТИИ БАЗАЛЬТОВОГО ТРЕЩИННОГО
ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ В 1975 г. НА КАМЧАТКЕ**

Большое трещинное Толбачинское извержение началось 6 VII 1975 г. Оно захватило участок регионального разлома и приуроченной к нему зоны шлаковых конусов, простирающийся на 30 км к юго-западу от вершинной кальдеры вулкана Плоский Толбачик. С 6 VII до конца 1975 г. объем изверженных пирокластики, пеплов и лав базальтового состава достиг $\sim 1,8 \text{ км}^3$ ⁽¹⁾.

Наблюдения за землетрясениями этого района постоянно ведутся 15 камчатскими региональными сейсмическими станциями Института вулканологии ⁽²⁾. Ближайшие из них к месту извержения «Ключи» (*Клч*), «Козыревск» (*Кзр*), «Апахончич» (*Апх*). Дополнительные наблюдения за извержением велись на четырех временных станциях «Толбачик» (*Тлб*, на рис. 1 и 3), «Плотина» (*Плт*), «Левый Толбачик» (*ЛТ*), «Прорыв» (*ПР*). Сейсмические каналы имели столбобразную амплитудно-частотную характеристику в диапазоне периодов 0,2–0,9 сек. и увеличение от 10000 до 100. Увеличение снижалось из-за сильного вулканического дрожания.

При обработке землетрясений использовались палетки изохрон, построенные с помощью поля времен, рассчитанного для скоростного разреза в районе Ключевской группы вулканов с учетом данных ГСЗ ⁽³⁾, и другими способами. Ошибки определения координат очагов в массе лежали в пределах 5–10 км по эпицентру и 10–15 км по глубине и были меньше для сравнительно сильных вулканических землетрясений и землетрясений с малыми $S-P$ на ближайших полевых станциях.

В июне — сентябре 1975 г. в районе извержения наблюдались три больших роя вулканических землетрясений и сильное вулканическое дрожание. В первом рое 27 VI—5 VII было 300 землетрясений энергетических классов $K_s \geq 7$ (максимальное $K_s=12$, $M=5$), 3–17 VIII — 1400, а 5–10 IX —

280 таких землетрясений (рис. 1 и 2); $K_{s_{1,2}}^{\text{чис}} = 4,6 + 1,5 M$, где M — магниту-
да, определенная по поверхностным волнам ⁽⁴⁾.

Как видно на рис. 2, образование трещин, на которых выросли крупные шлаковые конусы извержения I, II, III и VIII (их относительные высоты 330, 290, 140 и 110 м), предварялось роями землетрясений, которые начинались за 7–10 дней до прорывов магмы и газов на поверхность. При этом сами прорывы происходили на спаде числа N и энергии K^{max} вулканических землетрясений. Образованию I конуса (начало извержения — период А) предшествовала более длительная и более интенсивная по уровню выделившейся сейсмической энергии подготовка. По этому рою было верно предсказано место и время начала извержения. В дальнейшем по характерному спаду числа землетрясений в конце роев были предсказаны времена возникновения II, III и VIII конусов.

Основные этапы извержения хорошо коррелируются с ходом графика изменения средней амплитуды вулканического дрожания (рис. 2). Все большие максимумы вулканического дрожания приходятся на периоды

сильной эксплозивной деятельности новых вулканов. Период *а* — усиление извержения в самом его начале, *б* — переломный этап извержения; 26—27 VII извержение усилилось, происходили мощные взрывы, I конус и прилегающий к нему с юга потухший конус были расщеплены трещинами, из них 29 VII вытек первый большой лавовый поток (южная бокка, ЮБ на рис. 2), после чего дрожание уменьшилось; *в* — отражение кратковременной взрывной деятельности на перевале между I конусом и прилегающим к нему потухшим, *г* и *д* — следствие сильной эксплозивной деятельности II и III конусов, происходившей после их образования; всплески и дрожания в период *е*—*ж* были на заключительной стадии извержения II конуса, когда мощные взрывы чередовались с паузами; *з* — усиление дрожания, сопровождавшее образование VIII конуса.

После прорыва лавы дрожание ослабевало. Так было при прорыве южной и северной бокк I конуса, главного потока II конуса (ЮБ, СБ и ГП на рис. 2). Гораздо более резкое уменьшение дрожания наблюдалось, когда приостанавливалась взрывная деятельность в кратерах.

Координаты землетрясений первого роя (27 VI—5 VII) были определены при детальной обработке (рис. 4). На карте, характеризующей сейсмическую обстановку накануне извержения, представлены все землетрясения первого роя, начиная с 10-го энергетического класса и выше, а также отдельные более слабые землетрясения. Эпицентры землетрясений с $K_s \geq 10$ ($M \geq 3,5$) образуют изометричную область ~ 10 км в поперечнике, внутри которой располагаются три первых конуса извержения. Глубина очагов землетрясений варьировала от 20—30 до 1—2 км выше у.м. (высота местности 300—3000 м). В исследуемом районе, согласно (³), на глубине 30—40 км располагается переходный между земной корой и мантией слой.

Таким образом, по сейсмологическим данным, подготовка извержения Новых Толбачинских вулканов сопровождалась интенсивными движениями, захватившими нижние горизонты земной коры и, возможно, верхнюю мантию. Исходя из того что наиболее глубокие землетрясения (20—30 км) были отмечены в начале роя, 27 и 28 VI, почти непосредственно под местом образования 6 VII конуса I, можно в первом приближении оценить скорость подъема базальтовой магмы из глубинного очага к поверхности земли во время подготовки извержения. Полученные значения скорости лежат в пределах 100—150 м/час, т. е. ~ 3 —4 см/сек.

После первого роя землетрясений наступило затишье, когда наблюдались лишь единичные землетрясения (фаза B_1 на рис. 2). Конец этой фазы совпал с прорывом 2 VIII северной бокки I конуса.

С 3 по 17 VIII длился второй рой землетрясений, в котором большинство землетрясений имело глубину очагов 0—5 км, и лишь некоторые в начале роя глубину 5—10 км. Рой можно рассматривать как наложение двух B_2 и B_3 , в конце которых на расстоянии 750 м один от другого возникли II и III конусы. По всей вероятности, образование питающих каналов II конуса началось на глубине 5—10 км, а III конуса — еще ближе к поверхности.

Все землетрясения 3—17 VIII располагались между I, II, III конусами и вершиной Плоского Толбачика или юго-восточнее нее (рис. 3). В августе происходило грандиозное обрушение вершинного кратера Плоского Толбачика, в результате которого образовался провал, имевший в сентябре диаметр 1600 м, глубину около 500 м и объем 0,5 км³. По сейсмологическим данным, рой землетрясений 3—17 VIII с его подвижками южнее Плоского Толбачика, образование провала и изменение в ходе извержения (прекращение 9 VIII деятельности I, возникновение рядом с ним II и III конусов 9 и 17 VIII) были взаимосвязанными событиями.

22—23 VIII в спокойную фазу B_4 в 700—1500 м западнее кратеров II и III конусов возникли малые конусы IV, V, VI и VII. Последние три представляли собой лавовые котлы, расположенные на появившихся днем ранее зияющих трещинах растяжения. Отсутствие землетрясений указы-

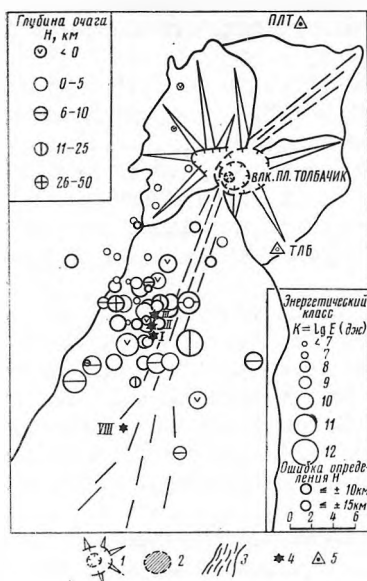


Рис. 1

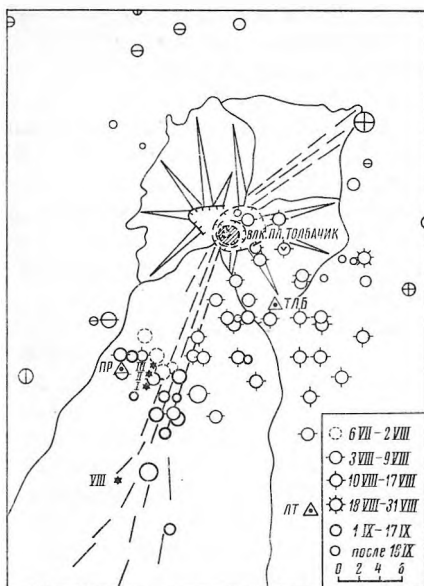


Рис. 3

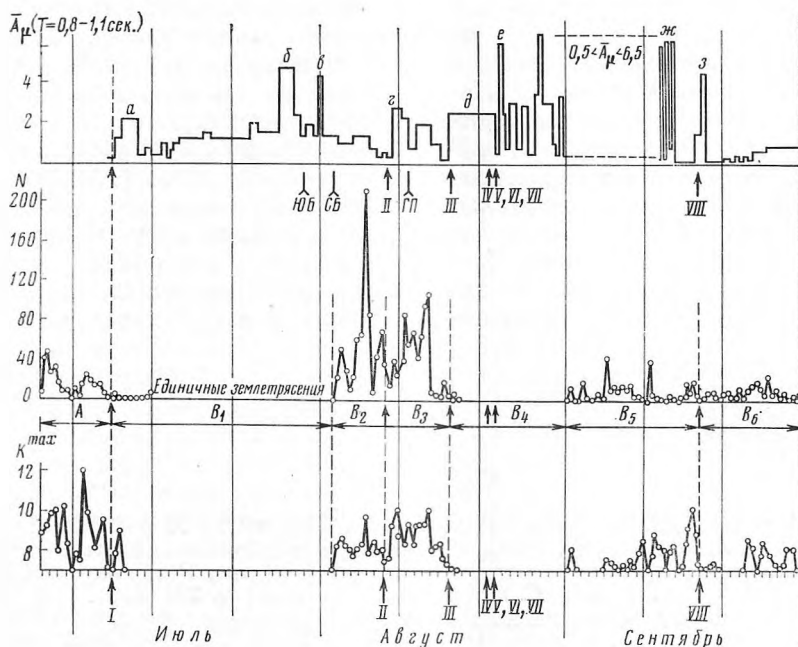


Рис. 2

Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений, предвещающих извержение. 1 — постройки вулканов Плоского и Острого Толбачиков; 2 — провал кратера Плоского Толбачика (см. рис. 3); 3 — зона развития ареального вулканизма; 4 — конусы извержения 1975 г.; 5 — сейсмические станции

Рис. 2. Графики изменения во времени амплитуды вулканического дрожания (по данным сейсмостанции «Толбачик»), числа N и максимального энергетического класса землетрясений $K_{\max}$ (по данным сейсмостанции «Ключи») при извержении Новых Толбачинских вулканов. Объяснения — в тексте

Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений, сопровождавших извержение. Обозначения те же, что на рис. 1

вает на локальное и приповерхностное происхождение явления. Возможно, что его причиной было внедрение неглубокого силла, ответвившегося от питающего канала II конуса.

В последнем рое 5—17 IX, предварявшем образование VIII конуса, детально обработаны все землетрясения с $K_s \geq 9$. Все они располагаются между I, II, III конусами (Северный прорыв извержения) и VIII конусом (Южный прорыв) на глубинах 0—5 км. Примечательно, что самое сильное землетрясение ($K_s=10$) произошло в конце роя в месте образования VIII конуса. Таким образом, Южный прорыв возник в результате распространения неглубоких подвижек и трещин в сводовой части зоны шлаковых конусов на юг от I, II и III конусов.

После образования VIII конуса сейсмическая активность переместилась из района извержения в район кратера вулкана Плоский Толбачик, а также к северу, северо-западу, востоку, юго-востоку от него. В декабре 1975 г. были отмечены землетрясения с глубиной очага 10—30 км. По-видимому, оживились глубинная магматическая деятельность и разломы во всей области ареального вулканизма, или, по Б. И. Пийцу⁽⁵⁾, региональных зон шлаковых конусов вокруг Плоского Толбачика, крупного вулкана гавайского типа.

Судя по сейсмологическим данным, вероятный механизм Большого трещинного Толбачинского извержения 1975 г. заключался в следующем. 27 VI—6 VII в 18 км юго-западнее вершины Плоского Толбачика из нижних слоев коры или переходного к мантии слоя с глубины 20—30, возможно 40 км, происходил подъем магнезиальных базальтов со скоростью 100—150 м/час, что привело к образованию I нового конуса. Это было скорее самостоятельное извержение, чем побочное. 3—17 VIII базальты из неглубокого очага Плоского Толбачика перемещались вниз и на юг (перепад высот 2000 м), что сопровождалось обрушением вершинной кальдеры, отмиранием I, образованием II и III конусов Северного прорыва. 5—18 IX возникли подвижки и трещины на глубине 0—5 км южнее I, II, III конусов, и извержение сосредоточилось в Южном Прорыве. Его VIII конус изливает жидкую высокоглиноземистую базальтовую лаву, характерную для вершинных извержений Плоского Толбачика. По нашему мнению, Южный прорыв — побочное извержение Плоского Толбачика, последовавшее за внедрением глубинных базальтов в Северном прорыве.

Институт вулканологии
Дальневосточного научного центра
Академии наук СССР
Петропавловск-Камчатский

Поступило
17 II 1976

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. А. Федотов, А. П. Хренов, А. М. Чирков, ДАН, т. 228, № 5 (1976). ² П. И. Токарев, В. А. Широков, В. М. Зобин, Сейсмичность и сейсмический прогноз, свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке, Новосибирск, «Наука», 1974, стр. 46. ³ Г. А. Аносов, С. Т. Балеста и др., ДАН, т. 219, № 5, 1192 (1974). ⁴ С. А. Федотов, Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд, М., «Наука», 1972. ⁵ Б. И. Пийц, Тр. Лаб. вулканол., в. 2 (1956).