

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе приведены результаты регистрации акустических сигналов диапазона 0,5÷10 Гц, сопровождавших извержения Камчатских вулканов в период 1970 – 1989 г.г. Наблюдения на вулканах осложняются тем, что извержения - не планируемый эксперимент и почти всегда начинаются неожиданно. В то же время, каждое извержение представляет уникальное природное явление и инструментальные наблюдения, позволяющие зафиксировать его динамику, очень ценны. Большой сложностью для исследования активных вулканов Камчатки является то, что они расположены вдали от населенных пунктов. В результате экспедиционных работ, которые проводились в сложных климатических условиях (большие высоты, низкие температуры), почти на всех извергающихся вулканах Камчатки были зарегистрированы АС в ближней зоне на расстояниях 2÷15 км.

В связи с отсутствием микробарографов промышленного изготовления в 1984 г. собственными силами была изготовлена партия микробарографов ЭДМБ-МВ, которые с успехом использовались для проведения регистрации АС на извергающихся вулканах. Тарировка микробарографов проводилась с помощью калибровочного устройства, позволяющего задавать в камере избыточное давление в интервале 50÷400 Па с частотой 0,2÷20 Гц.

Получены следующие основные результаты:

1. При *вулканском и стромболианском типах* извержений (наблюдения на вулкане Карымском, 1970 ÷ 1973 гг.; Северном и Южном прорывах Большого трещинного Толбачинского извержения, 1975 ÷ 1976 гг.; вершинном кратере вулкана Ключевского, 1978, 1984, 1986 ÷ 1989 гг.; прорыве «Предсказанный» 1983 г.) нестационарные процессы (воздушные взрывы; сверхзвуковые скачки при истечении пепло - газовой смеси; разрушения газовых пузырей на поверхности лавы) порождают акустические сигналы, которые вблизи источника относятся к классу слабых *воздушных ударных волн*. Различия в кинематических и динамических параметрах позволили впервые в практике вулканологических исследований выделить типы *воздушных ударных волн*, порожденных различными физическими процессами, происходящими в кратере вулкана при дегазации магмы, поступающей на дневную поверхность.

2. На основании сопоставления времени длительности фазы сжатия (τ_+) ВУВ с размером кратера по данным аэровизуальных наблюдений для 7 извержений показано, что величина τ_+ определяется радиусом кратера извергающегося вулкана. Это дает возможность во время мониторинга динамики извержения рассматривать τ_+ в качестве параметра, характеризующего изменения размеров кратера в процессе извержения.

3. Для извержений: Большого трещинного Толбачинского извержения – 1975,1976 гг.; вулкана Ключевского 1983, 1987,1989 гг. характерны отрезки времени, когда АС приобретают квазипериодичность с временем скважности 1÷4с. Для другой квазипериодичности характер-

ный период составляет 60÷80 с. Квазипериодические акустические излучения разного периода указывают на автоколебательные процессы, возникающие на разных уровнях в магматическом канале. Высказано предположение, что квазипериодичность с периодом 1÷4 с. возникает в результате автоколебательного процесса, где роль обратной связи выполняет волна разряджения, бегущая по магматическому каналу вниз до зоны «разрушающейся пены». Под воздействием волны разряджения происходит ускоренная дегазация и формирование нового пузыря. Квазипериодичность с периодом около минуты связана с тем, что вновь поднимаемому объему лавы необходимо время релаксации на новом уровне для выделения летучих и формирования зоны «разрушающейся пены».

4. Исследованы особенности распространения АС от вулканических взрывов в вершинном кратере в. Ключевского. Форма регистрируемого сигнала определяется стратификацией скорости звука в атмосфере на высотах источник – пункт приема. Показано, что амплитуда прямой волны АС, в связи с ее большой длиной – 100÷200 м, мало зависит от стратификации, что позволяет наблюдать, в первом приближении, за динамикой распространения акустических волн без учета температурно-ветровой стратификации атмосферы.

5. Частотные пики, наблюдаемые в спектрах акустических сигналов, зарегистрированных во время извержения вершинного кратера вулкана Ключевского в 1983 г., когда кратер представлял собой жерло диаметром более 300 м, хорошо объясняются набором резонансных частот $\omega_{res} = (1/2; 1; 3/2; 5/2; 3; 7/2) \omega_1$, даваемых теорией нелинейных колебаний.

6. Во время извержений вулкана Ключевского в 1983 г. одновременно зарегистрированы АС от побочного и вершинного кратеров. По форме записи и соотношению характерных частот АС вершинного кратера разбиты на три типа. Спектры АС⁸³₁ характеризуются наличием только двух первых частот, а в спектрах АС⁸³₂ появляются вторые гармоники линейного и нелинейного резонансов. В спектрах АС⁸³₃ вблизи $f_2 = 1,0$ Гц появляется дополнительный максимум с $f_2 = 1,2\div 1,4$ Гц. Различие в спектрах, по-видимому, обусловлено изменением геометрии кратера, что подтверждается закономерной сменой типов АС. АС побочного кратера более высокочастотные ($f = 2,5\div 5$ Гц) по сравнению с АС вершинного кратера. Отмечалось изменение частоты АД от 2,5 до 5 Гц, которое предположительно связывается с колебанием уровня лавы в кратере побочного конуса.

Акустическая активность вершинного кратера отмечалась 19-24.IV; 27,30.V; 1-2.VI; 23.VI÷15.VII, причем 1-2.VI и после 23.VI акустическая активность появилась после резкого уменьшения расхода лавы из побочного кратера, что указывает на асинхронность в деятельности вершинного и побочного кратеров. Энергия и мощность акустического источника вершинного кратера значительно превосходят энергию и мощность акустического источника побочного кратера. Соответственно, значительно больше и объём газа, выделенный через

вершинный кратер, что подтверждает вывод, сделанный на основании геолого-петрографических данных (*Хренов и др., 1984*), о том, что дегазация расплава происходила преимущественно через вершинный кратер.

7. По записям АС, зарегистрированных во время извержений *стромболианского типа (барботирующий режим)*, оценено количество взрывного газа: Южного прорыва БТТИ, 1976 г.; вершинного кратера Ключевского, 1988 г.; прорыва Предсказанный 1983 г. При этом всплывающий на поверхность маловязкой лавы пузырь, генерирующий слабые ВУВ, принимался неидеальным взрывным источником с малой плотностью энерговыделения. Весовое содержание взрывного газа для Южного Прорыва БТТИ составило $\chi = 0,5\%$, что удовлетворительно согласуется со значением χ , полученным другими методами.

8. Таким образом, наблюдения за акустическими сигналами в непосредственной близости от вулкана во время извержений являются эффективным дистанционным методом мониторинга его взрывной составляющей. Акустический мониторинг позволяет проследить динамику взрывной и эффузивной активности извержения, а также дает возможность контролировать изменения геометрии кратера.