

Акустический мониторинг извержения вулкана Алаид в сентябре-ноябре 2022 г.

Будилов Д.И., Шакирова А.А.

Acoustic monitoring of the Alaid volcano eruption in September-November 2022

Budilov D.I., Shakirova A.A.

Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: budilovdmi@gmail.com

Рассмотрена динамика извержения вулкана Алаид в сентябре-ноябре 2022 г. на основе данных акустического мониторинга. По группированию акустических сигналов в кластеры, характер извержения – стромболианский. Извержение вулкана Алаид в 2022 г. похоже на извержение в 2015-2016 гг., но активность связана только с центральным кратером.

Введение

Вулкан Алаид (2339 м н.у.м.), расположенный на острове Атласова Большой Курильской гряды, является самым северным и самым высоким активным вулканом Курильских островов (рис. 1а). Его извержения относятся к стромболианскому и вулканскому типам [7]. Извержения Алаида происходили в 1793, 1854, 1860, 1894, 1972 и 1981-1982 гг. [1, 7]. После тридцатилетнего затишья вулкан вновь активизировался в 2012 г. [5], затем в 2015-2016 гг. [9].

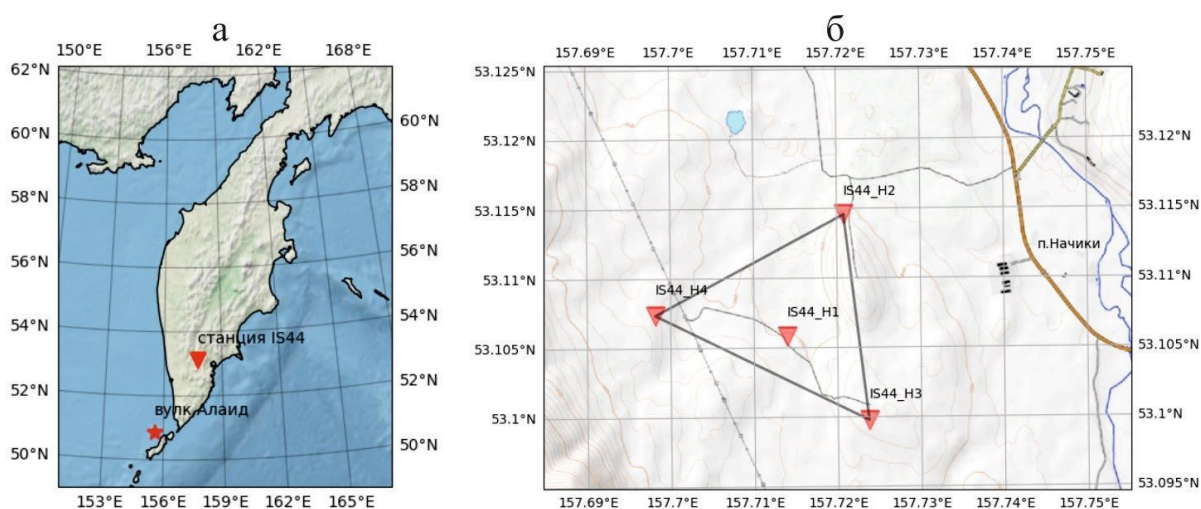


Рис. 1. Расположение вулкана Алаид и акустической станции IS44 (а), схема расположения датчиков MB2000 акустической станции IS 44 (б).

Во время извержения в 2012 г. отмечались парогазовые шлейфы с небольшим содержанием пепла, достигающие высоты 100-200 м над уровнем кратера, жерло вулкана заполнилось свежим вулканическим шлаком [4]. При этом сильные эксплозивные события не регистрировались.

Извержение 2015-2016 гг. характеризовалось слабой эксплозивной активностью, лавовые потоки сначала заполнили дно кратера вулкана, затем произошло излияние лавового потока протяженностью 400 м через наиболее низкий южный борт [4].

Очередная активизация Алаида произошла в сентябре 2022 г. Единственная сейсмическая станция «Алаид» (ALD) Камчатского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (КФ ФИЦ ЕГС РАН), установленная у подножия вулкана Алаид, в этот период не работала, поэтому источниками информации об активизации являлись такие дистанционные методы, как волновые возмущения в атмосфере, спутниковые снимки и фотоматериалы. В данной работе тип и динамика извержения Алаида в 2022 г. рассмотрены на основе акустического мониторинга. От извержений вулканов регистрируются инфразвуковые

сигналы (ИС) с периодами от нескольких секунд до нескольких минут, которые слабо затухают и могут распространяться на сотни и тысячи км.

Аппаратура и методика наблюдений

ИС от извержения Алаида зарегистрированы инфразвуковой станцией IS44, расположенной в пос. Начики (п-ов Камчатка), на удалении 299 км от вулкана. IS44 является частью международной системы контроля несанкционированных ядерных взрывов. На IS44 установлена антенна с апертурой 1.8 км на базе четырех микробарографов MB2000 производства Франции (рис. 1б) для определения азимута прихода звукового луча. Антенна имеет почти круговую диаграмму направленности и позволяет определять азимут и кажущуюся скорость прихода звукового луча со всех направлений от различных источников. Диапазон частот 0.003-5 Гц, частота дискретизации 20 Гц [9].

Обработка и сбор данных акустических сигналов в КФ ФИЦ ЕГС РАН осуществляется с помощью информационной системы KamIn, предназначенной для мониторинга волновых возмущений на Камчатке и Курильских островах [3]. Программа позволяет рассчитывать азимут прихода волнового фронта акустических сигналов.

Тропосфера является волноводом, это неоднородная среда с переменной скоростью звука. Из-за рефракции звука наклонный звуковой луч может вернуться к земной поверхности, образуя акустические зоны слышимости, либо может образоваться так называемая зона тени. Поэтому при изучении условий распространения ИС важно знать стратификацию тропосферы для получения вертикального профиля эффективной скорости звука (Сэф) [6] – скорости звука с учетом скорости ветра в направлении распространения звука. Стратификация строится по данным баллонного зондирования во временной окрестности извержения. Для этого выбирался пункт, ближайший к вулкану Алаид – Северо-Курильск (SKR). В течение всего извержения резких изменений стратификации выявлено не было, и вычисленная на трассе Алаид-SKR эффективная скорость в тропосферном волноводе была постоянной: Сэф ≈ 270 м/с.

Особенности зарегистрированных акустических сигналов

По спутниковым снимкам пепловое облако, отнесенное к влк. Алаид, отмечено 10 сентября (информация из фактографической базы данных КФ ФИЦ ЕГС РАН «Активность вулканов Камчатки», <http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm>). Первый ИС с азимутом на вулкане Алаид зафиксирован 15 сентября 2022 г. в 5:06:28 UTC, что соответствует времени эксплозивного события, произошедшего в 04:52 UTC. Так как в этот период другие вулканы Курильской гряды не извергались, то зарегистрированный 15 сентября ИС с уверенностью можно отнести к извержению Алаида.

ИС от извержения Алаида в 2022 г. были зарегистрированы с 15 сентября по 27 ноября. В период 27 октября – 24 ноября в регистрации ИС отмечается затишье, которое может быть связано с ослаблением вулканической активности (рис. 2а), так как значимых температурных изменений и изменений Сэф в этот период не наблюдалось.

Интенсивность извержения нарастала в течение месяца и достигла пика к 13 октября, когда регистрировались ИС с максимальной амплитудой избыточного давления $2\Delta P = 1.4$ Па (рис. 2б).

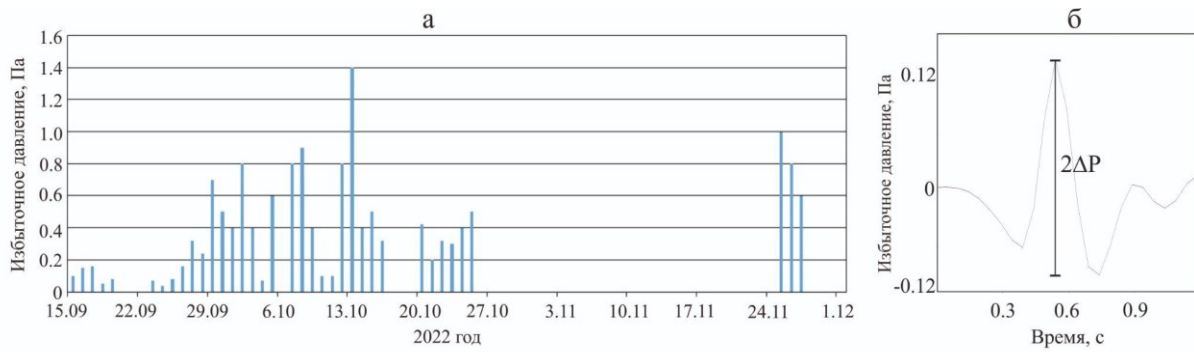


Рис. 2. Динамика максимальной амплитуды избыточного давления по данным акустического мониторинга извержения влк. Алаид в сентябре-ноябре 2022 г. (а); пример ИС с выделением амплитуды избыточного давления $2\Delta P$ 25 сентября 2022 г. в 23:20:45(б).

Особенностью зарегистрированных ИС является группирование сигналов в отдельные временные кластеры длительностью от нескольких минут, что хорошо видно на записи ИС от 25 сентября (рис. 3а). При более детальной развертке можно отметить, что в некоторых кластерах наблюдается квазипериодичность регистрации акустических импульсов с периодом $T \sim 7-15$ с (рис. 3б), характерная для извержений стромболианского типа [3].

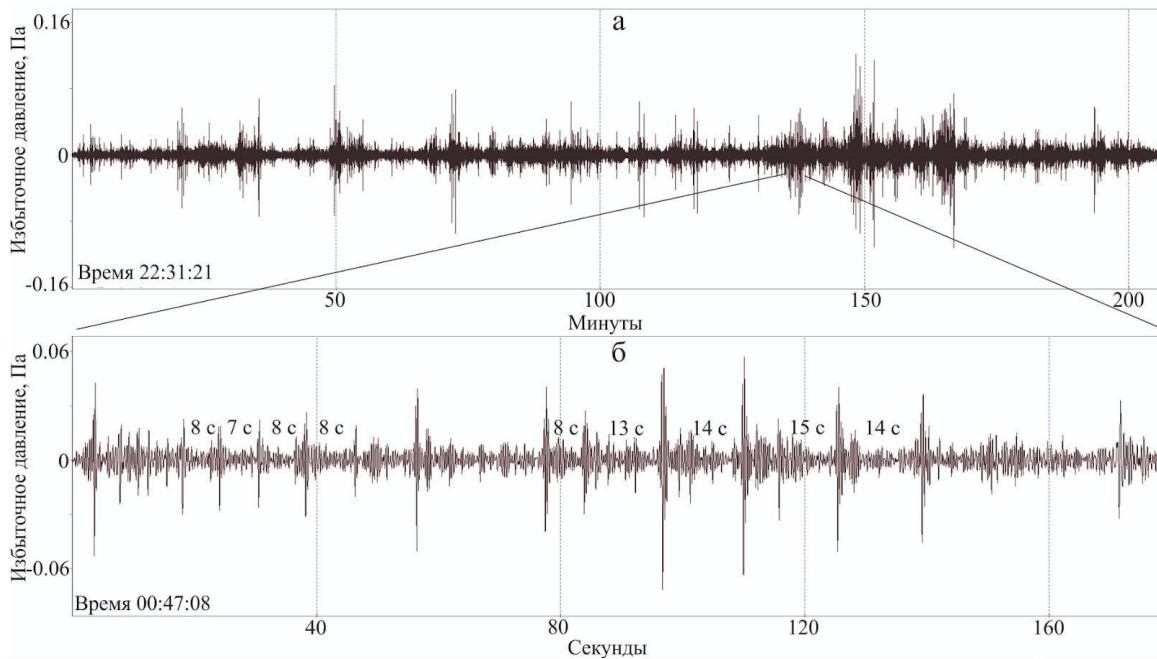


Рис. 3. Фрагменты записей инфразвуковых сигналов со станции IS44, канал H2, 25-26 сентября 2022 г. (а) и увеличенный фрагмент 26 сентября 2022 г. (б).

Зарегистрированная при извержении вулкана Алаид в 2022 г. квазипериодичность ИС обусловлена параметрическим автоколебательным процессом, возникающим в процессе отделения газовой фазы из магмы и ее выносом в атмосферу. Подобный феномен регистрировался при извержениях других вулканов со стромболианским типом: Ключевского и трещинного извержения Толбачика [8], а также во время извержения Алаида в 2015-2016 гг.

В первом приближении радиус сферической области повышенного давления, которая служит источником зарегистрированных ИС [9], можно определить как:

$$a = C_0 \tau_+,$$

где C_0 – скорость звука, τ_+ – фаза сжатия.

Во время извержения Алаида в 2015-2016 гг. регистрировались ИС двух типов – с периодами $T \approx 0.4$ с и $T \approx 0.15$ с [2]. Анализ ИС показал, что сигналы I типа регистрировались с вершинного кратера диаметром $D=120$ м, II типа – с субтерминальной бокки $D=30$ м. Амплитуда избыточного давления ИС в 2015-2016 гг. была выше, чем в 2022 г. и составляла $2\Delta P_{max}=2$ Па.

Периоды в цуге ИС в 2022 г. составляли $T \approx 0.4-0.6$ с ($\tau_+ \approx 0.2-0.3$) (рис. 4). Диаметры источников составляли $D \approx 130-196$ м, что соответствует диаметру вершинного кратера при извержении Алаида в 2015-2016 гг.

Регистрировались ИС двух типов: с четкими вступлениями, которые обычно возникают во время эксплозий типа «взрыв» (с начала извержения и до конца), и с плавным нарастанием амплитуды и большей длительностью (в конце извержения). Вторые свидетельствуют о непрерывном истечении пепло-газовой смеси, сопровождающемся нестационарными процессами, такими как взрывы, сверхзвуковое истечение, в результате которых генерировались воздушно-ударные волны.

При сравнении ИС, зарегистрированных во время извержения Алаида в 2022 г. и 2015-2016 гг., можно сделать вывод, что характер его извержения немного изменился. Активным был только вершинный кратер, а субтерминальная бокка при этом не была задействована. На протяжении всего извержения регистрировались ИС, свидетельствовавшие о стромболианском типе извержения. В конце извержения происходило непрерывное истечение пепло-газовой смеси.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания № 075-01471-22.

Список литературы

1. Авдейко Г.П., Хренов А.П., Флеров Г.Б. и др. Извержение вулкана Алаид в 1972 г. // Бюллетень вулканологических станций. 1974. № 50. С. 64-80.
2. Лобачева М.А., Фирстов П.П., Будилов Д.И. Особенности инфразвуковых волн, зарегистрированных на станции IS44 во время извержений вулканов Алаид (2015-2016 гг.) и Камбальный (2017 г.) на Камчатке // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIII Международной сейсмологической школы. 2018. С. 144-148.
3. Махмудов Е.Р., Фирстов П.П., Будилов Д.И. Информационная система для мониторинга волновых возмущений в атмосфере на полуострове Камчатка «KamIn» // Сейсмические приборы. 2016. Т. 52. № 2. С. 5-16.
4. Мельников Д.В., Маневич А.Г., Гирина О.А. Динамика извержения вулкана Алаид в 2012 и 2015-2016 гг. по данным методов дистанционного зондирования // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы региональной конференции, посвященной Дню вулканолога, 29-30 марта 2018 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. С. 68-71.
5. Рашидов В.А., Малик Н.А., Фирстов П.П. и др. Активизация вулкана Алаид (Курильские острова) в 2012 году // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012. № 2. Вып. 20. С. 9-15.
6. Семенченко Б.А. Физическая метеорология: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению «Гидрометеорология» и специальностям «Гидрология», «Метеорология», «Океанология». Москва: Аспект Пресс, 2002. 414 с.
7. Федотов С.А., Иванов Б.В., Флеров Г.Б. и др. Изучение извержения вулкана Алаид в 1981 году // Вулканология и сейсмология. 1982. № 6. С. 9-27.
8. Фирстов П.П. Вулканические акустические сигналы диапазона 1.0-10 Гц и их связь с эксплозивным процессом. Петропавловск-Камчатский: КамГУ, 2003. 90 с.
9. Фирстов П.П., Лобачева М.А., Будилов Д.И. Оценка энергии взрывов на вулкане Алаид по акустическим сигналам // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XX региональной научной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2017. С. 150-153.