

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.233

РУЛЕНКО О. П., КИМ К. П.

ИЗМЕРЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА И ВЫСОТЫ ВЫБРОСОВ
ВОДЫ ПРИ ИЗВЕРЖЕНИИ ГЕЙЗЕРОВ ВЕЛИКАН,
БОЛЬШОЙ И МАЛЫЙ

Среди физических явлений, сопровождающих деятельность гейзеров, в настоящее время изучен в основном сейсмический шум [4—8]¹. В августе 1983 г. авторы впервые изучали акустический шум и проводили синхронную киносъемку извержений гейзеров. Исследовалось несколько извержений гейзеров Великан, Большой и Малый в Долине гейзеров.

Аппаратура и методика наблюдений. Для изучения акустического шума гейзеров использовался измеритель шума и вибрации ИШВ-1. Выходное напряжение измерителя, характеризующее действующее значение уровня звукового давления (шума), регистрировалось самопишущим ампервольтметром НЗЗ9. Инерционность записи составляла 0,5 с. Метки времени на диаграммную ленту наносились ежеминутно от хронометра 6МХ или ежесекундно от импульсного генератора. От генератора запускалась также фотокамера РФК-5, производившая киносъемку извержения гейзера с частотой 1 кадр/с. Таким образом регистрировался акустический шум или шум синхронно с киносъемкой или велась только киносъемка извержения гейзера.

Все акустические наблюдения проводились в спокойную погоду, при полном отсутствии ветра и осадков. Измерительный микрофон располагался на высоте 1 м от земли и был направлен на выбрасываемую пароводяную струю. Удаление его от края грифона гейзера Великан составляло 13, гейзера Малый — 11, а гейзера Большой — 10 м. Проверка измерителя шума осуществлялась перед началом наблюдений с помощью пистонфона ПП-101А.

Киносъемка извержений проводилась на 35-миллиметровую черно-белую киноплёнку через светофильтр ОС-12, применение которого позволило повысить контрастность изображения пароводяных выбросов. Контроль фотоаппаратуры выполнялся до проведения работ, путем съемки известного предмета с известного расстояния. Полученные размеры предмета отличались от его реальных размеров не более чем на 5%.

Гейзер Великан. На гейзере Великан измеритель шума имел линейную амплитудно-частотную характеристику в диапазоне частот 10—12 500 Гц. Максимальное действующее значение звукового давления (p_m) во время трех извержений гейзера было 0,89; 0,84 и 0,75 Па. При сопоставлении с кинограммами двух извержений оказалось, что p_m регистрируется в стадии фонтанирования гейзера.

Считая источник шума точечным и ненаправленным, а поглощение

¹ Аналогичная работа выполнена в Институте вулканологии ДВНЦ АН СССР (устное сообщение Е. И. Гордеева).

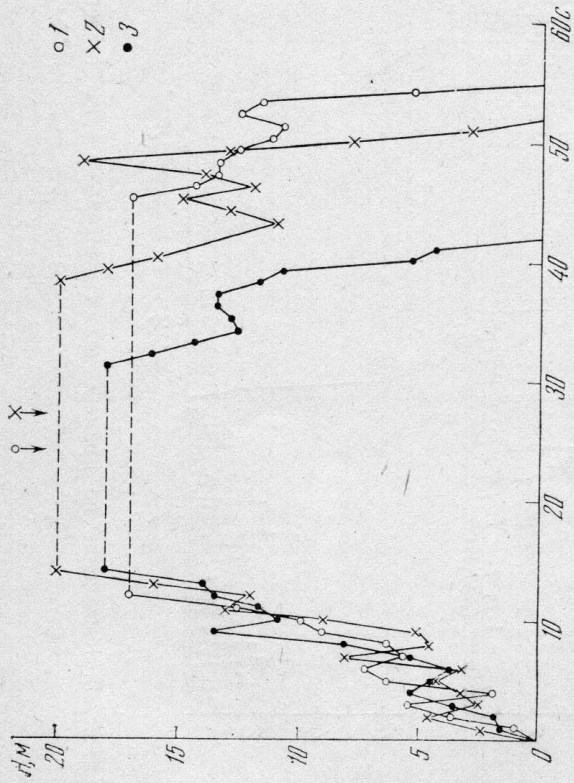


Рис. 1. Изменение во времени высоты выброса воды гейзером Великан. 1, 2, 3 — извержения в 18 ч 25 мин 11.VIII, в 11 ч 08 мин и в 16 ч 56 мин 12.VIII соответственно. Стрелками отмечены моменты максимального уровня акустического шума

Рис. 2. Образец записи уровня акустического шума гейзера Малый в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 63 Гц при извержении в 18 ч 54 мин 17.VIII. Стадии извержения по визуальным наблюдениям: А — отдельные сильные выбросы кипящей воды; В — фонтанирование пароводяной смеси; В — интенсивное истечение пара. Отсчет времени справа налево

Рис. 1

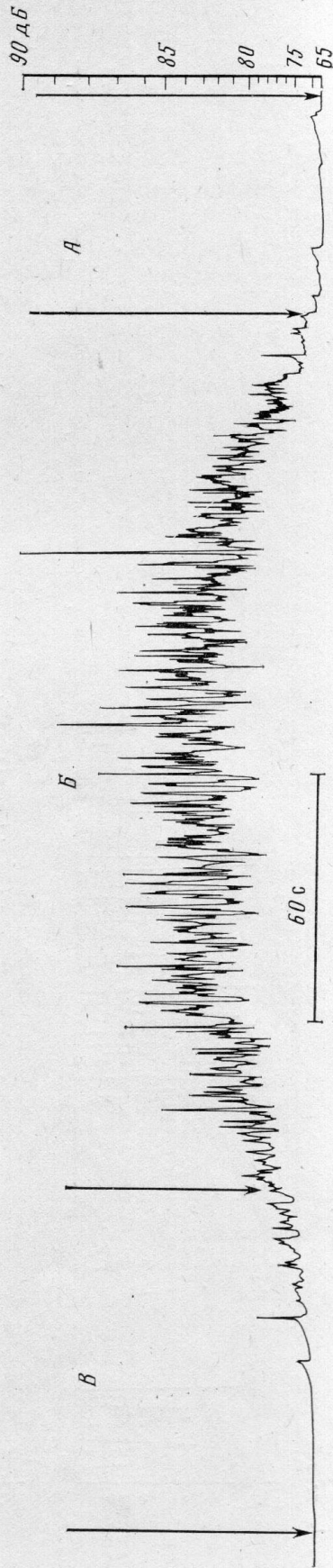


Рис. 2

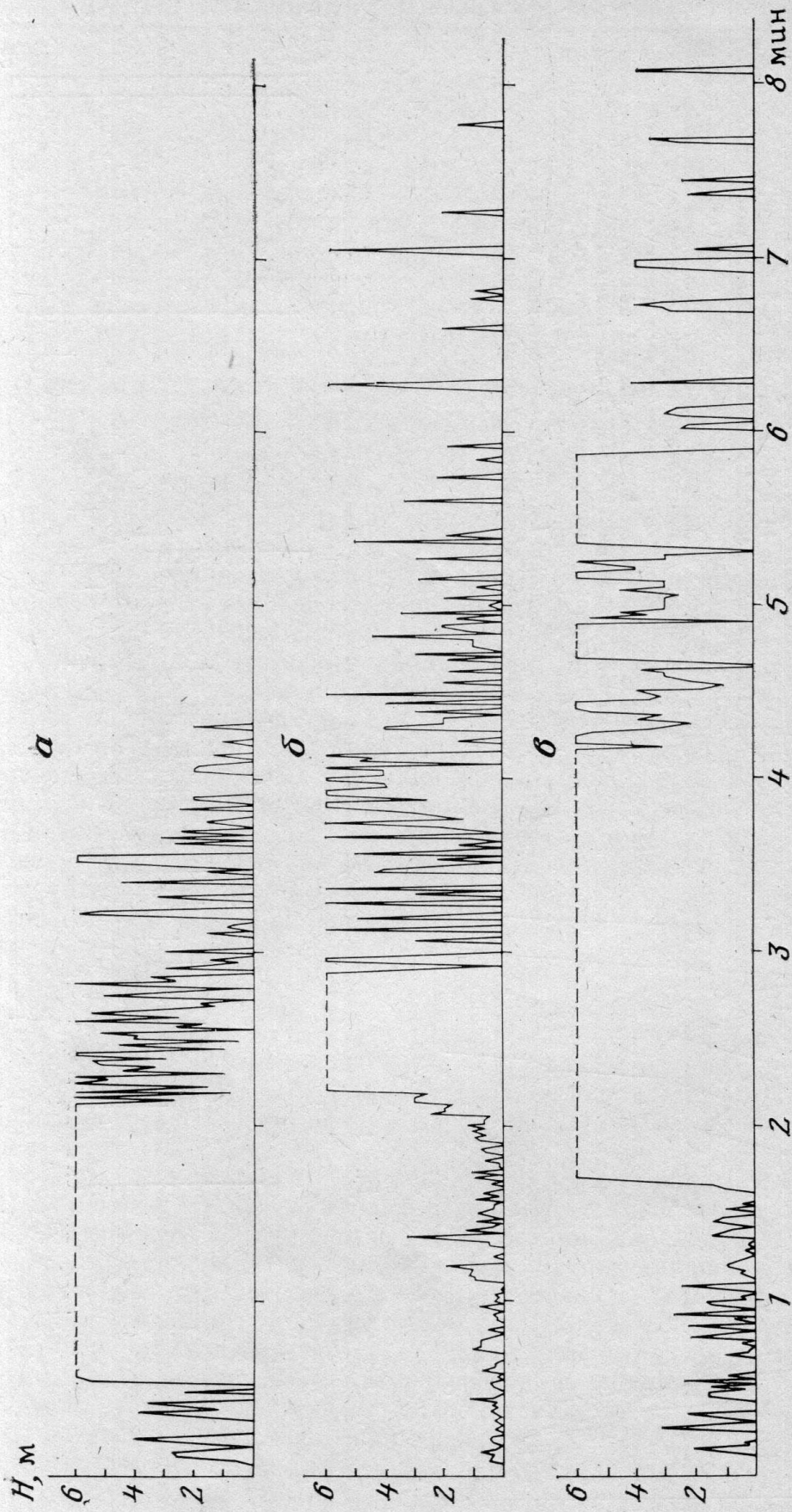


Рис. 3. Изменение во времени высоты выброса воды гейзером Большой: *а* — при извержениях в 17 ч 30 мин; *б* — в 19 ч 02 мин; *в* — в 21 ч 01 мин 19.VIII

звуковых волн в воздухе незначительным, можно оценить максимальную акустическую мощность извержения гейзера по формуле [2]

$$P^* = \frac{\rho_m^2}{\rho c} 4\pi r^2, \quad (1)$$

где $\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$ — плотность воздуха; $c = 340 \text{ м/с}$ — скорость звука в воздухе; r — расстояние от края грифона гейзера до измерительного микрофона.

Предположение о ненаправленности источника шума гейзера вполне реально, так как при дозвуковых скоростях истечения газа или пара направленность шума струи близка к сферической [1, 3]. При этом максимальная акустическая мощность извержений гейзера Великан составила 3,8; 3,4 и 2,7 Вт.

По результатам киносъемки на рис. 1 представлено изменение во времени высоты выброса воды при трех извержениях гейзера Великан. Некоторые характеристики этих извержений, а также извержений гейзеров Большой и Малый, полученные с помощью киносъемки, даны в таблице.

Гейзер Малый. На гейзере Малый сначала был зарегистрирован шум четырех последовательных извержений в четырех различных октавных полосах частот. Среднегеометрическая частота полос (f_0) равнялась 16; 31,5; 63 и 125 Гц. Оказалось, что наибольший шум гейзера наблюдается в стадии фонтанирования. При этом средний уровень шума был наиболее высоким в полосе частот с $f_0 = 63 \text{ Гц}$. В полосе с $f_0 = 16 \text{ Гц}$ и $f_0 = 31,5 \text{ Гц}$ он был на $\sim 3 \text{ дБ}$, а в полосе с $f_0 = 125 \text{ Гц}$ на $\sim 6 \text{ дБ}$ меньше. Такое же явление наблюдалось и для максимального значения уровня шума. Образец записи уровня шума гейзера в полосе частот с $f_0 = 63 \text{ Гц}$ дан на рис. 2.

Средняя величина максимального действующего значения звукового давления в полосе частот с $f_0 = 63 \text{ Гц}$ по данным шести извержений гейзера составила $0,59 \pm 0,04 \text{ Па}$, где 0,04 — среднее арифметическое отклонение.

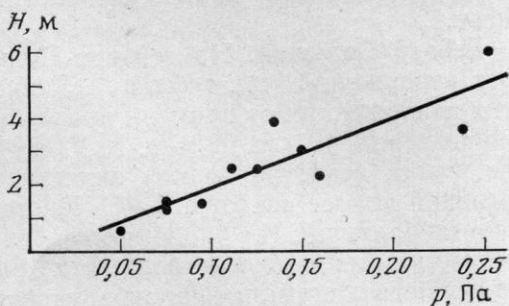


Рис. 4. Связь между максимальной высотой отдельных выбросов воды над краем грифона гейзера Большой и максимальным действующим значением звукового давления в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 63 Гц при извержении в 19 ч 02 мин 19.VIII

Некоторые характеристики извержений гейзеров по данным киносъемки 1983 г.

Гейзер	Начало извержения	Длительность стадии			Максимальная высота выброса воды		Стадия фонтанирования			
		кипения, с	фонтанирования, с	парения, мин	при кипении, м	при фонтанировании, м	средняя скорость выброса воды, м/с	начальный диаметр струи, м	периодичность выбросов воды, с	
Великан	11.VIII 18 час. 25 мин.	8	47	2,5	7,3	~17	12	1,4	1-3	
	12.VIII 11 час. 08 мин.	9	43	4,5	8,0	~20	13	1,4	1-3	
	16 час. 56 мин.	6	36	0	5,4	~18	12	1,4	1-3	
Малый	17.VIII 16 час. 26 мин.	36	126	4	2,5	~9	8	0,4	1-4	
	17 час. 41 мин.	20	110	4	4	~10	8	0,4	1-4	
	18 час. 18 мин.	27	50	3	2,9	~8	8	0,4	1-4	
Большой	19.VIII 17 час. 30 мин.	27	227	2	4,2	~6	5,5	1,6	1-4	
	19 час. 02 мин.	120	342	2	3,3	~6	5,5	1,6	1-4	
	21 час. 01 мин.	90	388	2	3,1	~6	5,5	1,6	1-4	

нение. Согласно формуле (1), средняя максимальная акустическая мощность извержений гейзера была $1,2 \pm 0,2$ Вт.

При всех извержениях гейзера уровень шума пульсировал около некоторого медленно меняющегося значения. Особенно заметно это было в стадии фонтанирования (см. рис. 2). Преобладающий период пульсаций составлял здесь 0,7—3,5 с. С другой стороны, по результатам киносъемки трех извержений, которые были зарегистрированы синхронно с записью шума, периодичность выбросов воды в стадии фонтанирования составляла 1—4 с. Учитывая частоту киносъемки, можно говорить о совпадении периода пульсаций уровня шума и массового расхода пароводяной смеси. Это свидетельствует о том, что причиной появления пульсаций шума гейзера является нестационарное истечение пароводяной смеси.

Гейзер Большой. На гейзере Большой была проведена киносъемка трех извержений (см. таблицу). Зависимость высоты выброса воды при этих извержениях от времени представлена на рис. 3. Во время извержения гейзера в 19 час. 02 мин. 19.VIII одновременно с киносъемкой в течение 4 мин регистрировался акустический шум. Запись шума велась в октавной полосе частот с $f_0 = 63$ Гц, так как в ней уровень шума гейзера был наибольший. На рис. 4 приведена связь между максимальной высотой отдельных выбросов воды над краем грифона гейзера и максимальным действующим значением звукового давления. Как видно на рис. 4, она близка к линейной. Вычисленная по формуле (1) максимальная акустическая мощность данных выбросов составила $0,008 \leq P^* \leq 0,18$ Вт.

Авторы благодарят В. А. Дрозина за обсуждение результатов работы и полезные советы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мунин А. Г., Кузнецов В. М., Леонтьев Е. А. Аэродинамические источники шума. М.: Машиностроение, 1981. 247 с.
2. Шрайбер Л. Распространение звука в свободном пространстве//Справочник по технической акустике. Л.: Судостроение, 1980. С. 284—299.
3. Штюбер Б., Хекл М. Шум потокосоздающих и потокопроводящих машин и устройств//Справочник по технической акустике. Л.: Судостроение, 1980. С. 183—213.
4. Iyer H. M., Hitchcock T. Seismic noise measurements in Yellowstone National Park//Geophysics. 1974. V. 39. № 4. P. 389—400.
5. Kieffer S. W. Seismicity at Old Faithful geyser: an isolated source of geothermal noise and possible analogue of volcanic seismicity//J. Volcanol. Geotherm. Res. 1984. V. 22. № 1/2. P. 59—95.
6. Motoya Y., Nogoshi M. Tremors observed at active volcano, geyser and fumarole//Bull. Volcanol. Soc. Japan. 1963. V. 8. № 1. P. 20—32.
7. Nicholls H. R. Geophysical study of geyser action in Yellowstone National Park//J. Geophys. Res. 1967. V. 72. № 18. P. 4651—4663.
8. Rinehart J. S. Seismic signatures of some Icelandic geysers//J. Geophys. Res. 1968. V. 73. № 14. P. 4609—4614.