

УДК 550.34+622.235

ПРОЯВЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ СВОЙСТВ ЗЕМНОЙ КОРЫ В МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ

© 2003 г. С. Б. Кишкина, А. А. Спивак

Представлено академиком Е.И. Шемякиным 27.02.2003 г.

Поступило 05.03.2003 г.

1. Повышенный интерес к изучению высоко-частотного микросейсмического шума определяется возможностью получения полезной информации о геодинамических процессах, протекающих в земной коре, а также структурных и других свойствах среды [1–3]. Важной характеристикой микросейсмических фоновых колебаний является наличие наряду с хаотической составляющей квазигармонических колебаний [3–5].

В настоящей работе изучались микросейсмические колебания на 34 участках земной коры в разных регионах России и Италии: геофизическая станция “Михнево” Института динамики геосфер РАН Московской обл.; Ловозерский, Хибинский и Ковдорский горные массивы; территории ПО “Маяк” и Нововоронежской АЭС; о. Сахалин; г. Грозио (Ломбардия). Продолжительность регистрации на разных участках составляла от 2 суток до 1.5 месяцев. Характеристики используемых средств регистрации и методы обработки экспериментальных данных позволяли обнаруживать квазигармонические составляющие микросейсмического шума в частотном диапазоне 0.5–40 Гц.

2. Вычисление спектральных характеристик микросейсмического фона методом накопления позволяет (вследствие подавления случайной составляющей) выделить квазигармонические колебания, которые отчетливо проявляются на спектре в виде пиков на частотах f_i , $i = 1, 2, \dots$. В качестве примера на рис. 1 приведена спектральная плотность мощности микросейсмического фона для одного из участков (о. Сахалин, участок № 1). Часть квазигармонических колебаний (на рис. 1 10.2, 12.7 и 20.4 Гц) непосредственно связана с техногенными источниками, что подтверждается слабой вариацией частоты за период регистрации (не более 0.05 Гц), высоким превышением спектральной плотности над фоновыми значениями, стабильной поляризацией колебаний, заметным

ростом амплитуды по мере приближения к городской черте, а также выраженным повышением амплитуды в рабочее время (8 : 00–18 : 00 по местному времени).

Другая часть квазигармонических колебаний (на рис. 1 3.8, 4.6, 5.0, 9.4, 14.3 и 17.0 Гц) не связана, как показывает анализ, напрямую с техногенными источниками и характеризует резонансные свойства геофизической среды сложного блочно-иерархического строения [3, 6]. Следует отметить, что квазигармонические составляющие микроколебаний наблюдаются на всех исследованных участках. Причем характерные частоты колебаний резонансного типа для всех участков

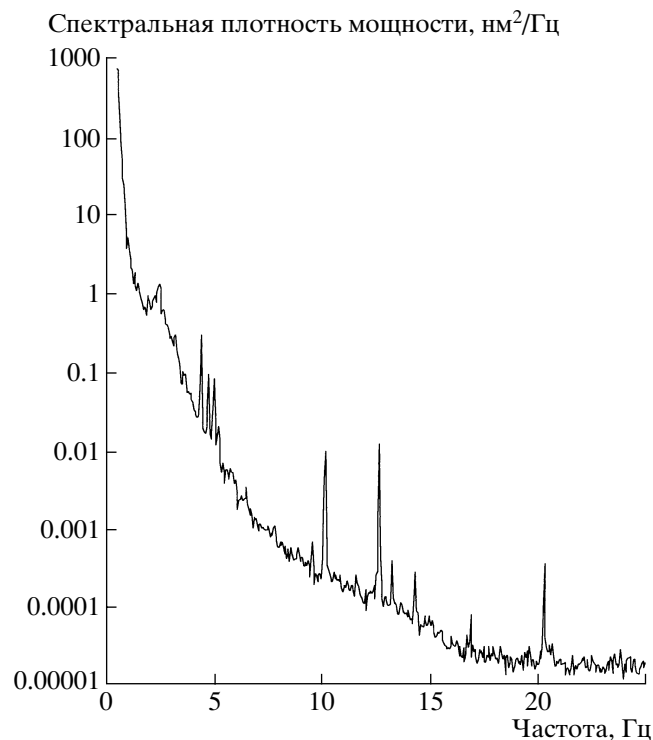


Рис. 1. Спектральная плотность мощности микросейсмических колебаний (вертикальная составляющая) на участке № 1 (о. Сахалин), вычисленная с накоплением (28 мая 2001 г.; 01 : 00 – 01 : 11 GMT).

Таблица 1. Характеристика квазигармонических колебаний резонансного типа для некоторых районов

Интервал частот, Гц	Частоты колебаний резонансного типа, Гц						
	Ловозерский массив	Хибинский массив	Южные Альпы	ПО "Маяк"	НВАЭС	о. Сахалин	г. Апатиты
1.5–4	1.65	2.0	1.7		2.5	2.7	3.0
	2.2	2.5	2.4		3.3	3.6	
	4.8	4.05	4.2	5.5	4.4	4.6	4.0
4–6	5.2	5.0	4.9		5.5	5.0	6.1
	5.5		5.4		6.0		
7–10	–	8.2	–	7.2	8.2	9.4	8.0
					8.9		9.8
15–20	14.5	14.5	16.2	15.6	11.4	14.3	14.5
	16	19.2	17.4	17.8	15.5	17	16.5
			19.1	19.7	19.8		
ΔF	10–16	8–15	4–8	5–10	5–10	3–7	6–10
F_i	14.5	8.2	4.9	5.5	5.5	3.8	6.1
	16	14.5	5.4	7.2	6.0	4.6	8.0
						5.0	

лежат в близких частотных интервалах (табл. 1). Максимальная вариация частот f_i каждого из таких квазигармонических колебаний за время наблюдений составляет около 0.2 Гц.

3. Для проверки избирательности поглощающих свойств геофизической среды рассматривались изменения амплитудных параметров микросейсмических колебаний при деформировании среды в результате лунно-солнечных приливов. Отметим, что лунно-солнечный прилив – наиболее доступное и удобное для изучения постоянно присутствующее внешнее возмущение.

Анализ показал, что, если в целом корреляция между амплитудой микросейсмического фона и величиной приливной силы не наблюдается (либо она слабо выражена), то для отдельных частотных интервалов ΔF (табл. 1) коэффициент корреляции K достигает 0.6–0.8. В частности, для рассматриваемого в качестве примера участка № 1 (о. Сахалин) такая корреляция ($K = 0.84$ при относительном сдвиге на 4 ч) установлена для частотного интервала 3–7 Гц (рис. 2).

Более детальный анализ свидетельствует о том, что наибольшие изменения амплитуды коле-

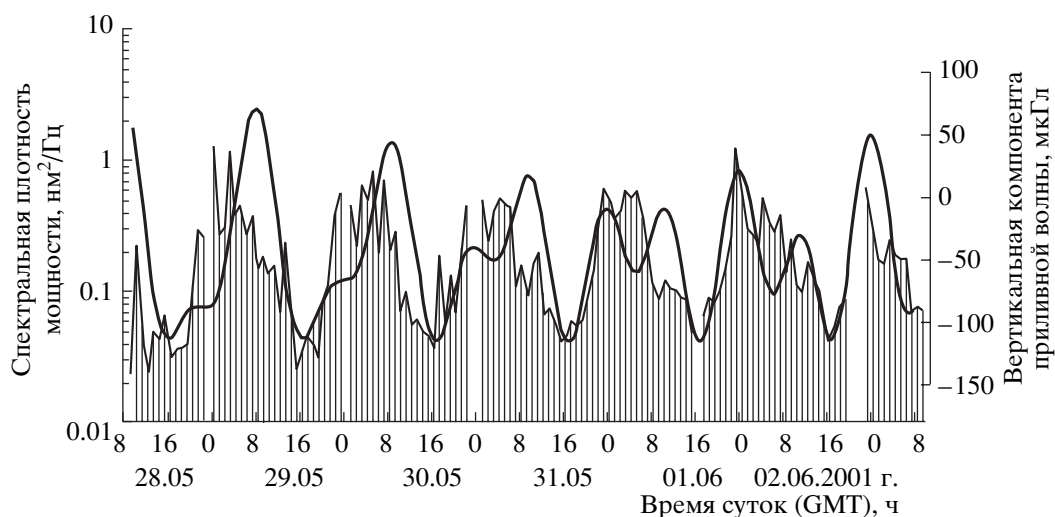


Рис. 2. Суточные вариации спектральной плотности вертикальной составляющей микросейсмических колебаний на частоте 3.6 Гц (о. Сахалин, участок № 1) и приливной силы (жирная кривая) за период 27.05–02.06.2001 г.

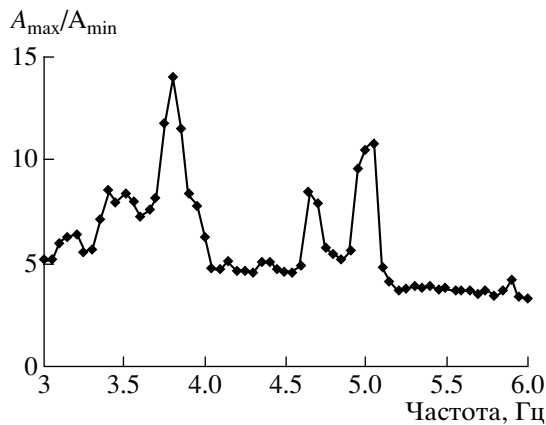


Рис. 3. Среднее за период 27.05–02.06 2001 г. отношение максимальных и минимальных амплитуд микросейсмических колебаний в частотном интервале, характеризующемся максимальным откликом среды на приливное возмущение.

баний, соответствующие максимальным изменениям приливной силы, наблюдаются на характерных частотах f_i (рис. 3). При этом на некоторых из этих частот (обозначим их F_i) изменение амплитуды микроколебаний, согласованное с силой прилива, максимально.

Отмеченный отклик резонансного типа [6, 7] на длиннопериодное возмущение геофизической среды в виде вариации высокочастотных квазигармонических колебаний на характерных частотах F_i (табл. 1) следует рассматривать как важное свойство геофизической среды, которое свидетельствует о дискретности структурных и динамических параметров диссипативных структур. Количественные характеристики присутствующих в среде активных структур резонансного типа, в качестве которых могут выступать блоки либо разрывные нарушения конкретного ранга, определяются, по всей видимости, строением среды и ее свойствами, в первую очередь добротностью [8, 9]. При этом можно предполагать, что при наличии нескольких систем резонансных структур существуют доминирующие, добротность которых является определяющей для добротности среды в целом.

4. Полученные результаты могут также пролить свет на неоднозначную интерпретацию вариаций высокочастотного микросейсмического шума в сопоставлении с вариациями приливной силы [10–14]: модуляция микросейсмического шума приливными деформациями земной коры про-

ходит в определенных частотных диапазонах. Когда энергетический вклад колебаний среды в этом диапазоне в общую энергию микросейсмического фона достаточно высок, наблюдается модуляция фоновых микроколебаний приливной силой. В противном случае модулируются колебания только в узких частотных интервалах.

5. Наличие конечного ряда квазигармонических колебаний не техногенного происхождения в спектре микросейсмического фона объясняется природой поглощения геофизической средой энергии, поступающей извне. При этом разная реакция на внешнее возмущение на разных частотах f_i создает предпосылки для формулировки новых признаков, способствующих изучению структуры и динамики геофизической среды. Отбором конкретных частот, на которых преимущественно и происходит внешний (а, возможно, и внутренний) энергообмен, среда сама активно участвует в формировании своей структуры и свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев Е.И., Салтыков В.А., Синицын В.И. и др. // ДАН. 1991. Т. 316. № 1. С. 85–88.
2. Смирнов В.Б., Черепанцев А.С. // Вулканология и сейсмология. 1991. № 5. С. 69–82.
3. Спивак А.А. // ДАН. 1998. Т. 363. № 2. С. 246–249.
4. Плескач Н.К. // ДАН. 1977. Т. 232. № 3. С. 558–561.
5. Дубров М.Н., Яковлев А.П., Алешин В.А. // ДАН. 1987. Т. 293. № 5. С. 1085–1089.
6. Гарагаш И.А. // Физ. мезомеханика. 2002. Т. 5. № 5. С. 71–77.
7. Дерюшев В.В., Селезнев С.М., Собисевич А.Л. // ДАН. 1999. Т. 368. № 6. С. 824–826.
8. Кочарян Г.Г., Федоров А.Е. // ДАН. 1990. Т. 315. № 6. С. 1345–1348.
9. Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М. Основы геомеханики. М.: Недра, 1986. 301 с.
10. Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.В., Цыплаков В.В. // ДАН. 1980. Т. 252. № 2. С. 577–579.
11. Рыкунов Л.Н., Старовойт Ю.О., Хаврошкин О.В. и др. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1982. № 2. С. 88–91.
12. Аксенович Г.И., Нерсесов И.Л., Овсянников А.М. и др. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1988. № 8. С. 106–109.
13. Гальперин Е.И., Винник Л.П., Петерсон Н.В. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1987. № 12. С. 102–109.
14. Гордеев Е.И., Салтыков В.А., Синицын В.И. и др. // Вулканология и сейсмология. 1991. № 1. С. 104–111.