

В. Н. ЖАРКОВ, Л. Н. ДОРОФЕЕВА, В. М. ДОРОФЕЕВ,
В. М. ЛЮБИМОВ

**О ЗОНЕ ПОНИЖЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДИССИПАТИВНОЙ
ФУНКЦИИ Q В ОБОЛОЧКЕ НА ГРАНИЦЕ С ЯДРОМ**

(Представлено академиком М. А. Садовским 22 V 1973)

1. Одним из важнейших результатов, который был получен методом собственных колебаний, является качественное распределение диссипативной функции $Q(l)$ в оболочке Земли (¹⁻³), l — глубина. Функция $Q(l)$ была подобрана так, чтобы согласовать теоретические расчеты с экспериментальными данными по затуханию крутильных колебаний и волн Лява. Затем было показано, что определенное таким образом распределение $Q(l)$ (распределение δ в табл. 1) согласуется с данными по затуханию основного радиального колебания Земли (⁴). В работах (^{5, 6}) на основе пробного распределения $Q(l)$ (δ , табл. 1) было рассчитано теоретически затухание сфероидальных колебаний Земли и проведено сравнение с имевшимися в то время экспериментальными данными. Оказалось, что экспериментальные значения ${}_0Q_{S(2-15)}$, ${}_1Q_{S(3, 5, 7)}$ в несколько раз меньше теоретических. В связи с этим была выдвинута гипотеза о «перекачке» энергии из низких тонов в высокие, в которых затем и происходит диссипация упругой энергии в тепло.

Таблица 1

Значения $Q(l)$

| Глубина, l , км | Модель | | | | | |
|----------------------|----------|------|------|------|------|------|
| | δ | 7 | 4 | 3 | 15 | 2 |
| 0—38 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 | 450 |
| 38—300 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 300—1000 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| 1000—1200 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 100 | 100 |
| 1200—1400 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 500 | 500 |
| 1400—2000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 2000—2200 | 1000 | 1000 | 1000 | 600 | 1000 | 1000 |
| 2200—2400 | 1000 | 1000 | 600 | 400 | 1000 | 600 |
| 2400—2600 | 1000 | 600 | 300 | 100 | 1000 | 100 |
| 2600—2800 | 1000 | 300 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2800—2898 | 1000 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Отмеченное выше расхождение может быть устранено введением слоя пониженных Q в оболочке на границе с ядром. Обоснованию необходимости слоя пониженных Q в оболочке на границе с ядром — второго астеносферного слоя Земли — и посвящена настоящая работа.

2. Нами проделаны численные эксперименты по поиску новых, качественно более правильных пробных распределений $Q(l)$ в оболочке Земли. Некоторые из изученных распределений $Q(l)$ приведены в табл. 1; на рис. 1 даны рассчитанные по ним величины ${}_0Q_{T_n}$ и ${}_0Q_{S_n}$ и соответствующие экспериментальные данные по затуханию крутильных и сфероидальных колебаний Земли.

Работа строилась так, что функция $Q(l)$ подвергалась пробным вариациям в различных областях переходного слоя на глубинах 300–1000 км в связи с последними данными о его тонкой структуре, а также в области оболочки на границе с ядром, о которой уже давно существуют указания, как об аномальной зоне распределения скоростей сейсмических волн. Обращаясь к рис. 1, можно заметить, что пробные распределения $Q(l)$, хорошо согласующиеся с экспериментальными данными (распределения 2, 3, 4, 15, табл. 1), имеют слой пониженных Q мощностью в несколько сотен километров в пограничной с ядром области. Распределение, в котором слой пониженных Q имеет меньшую протяженность, чем в распределениях 3

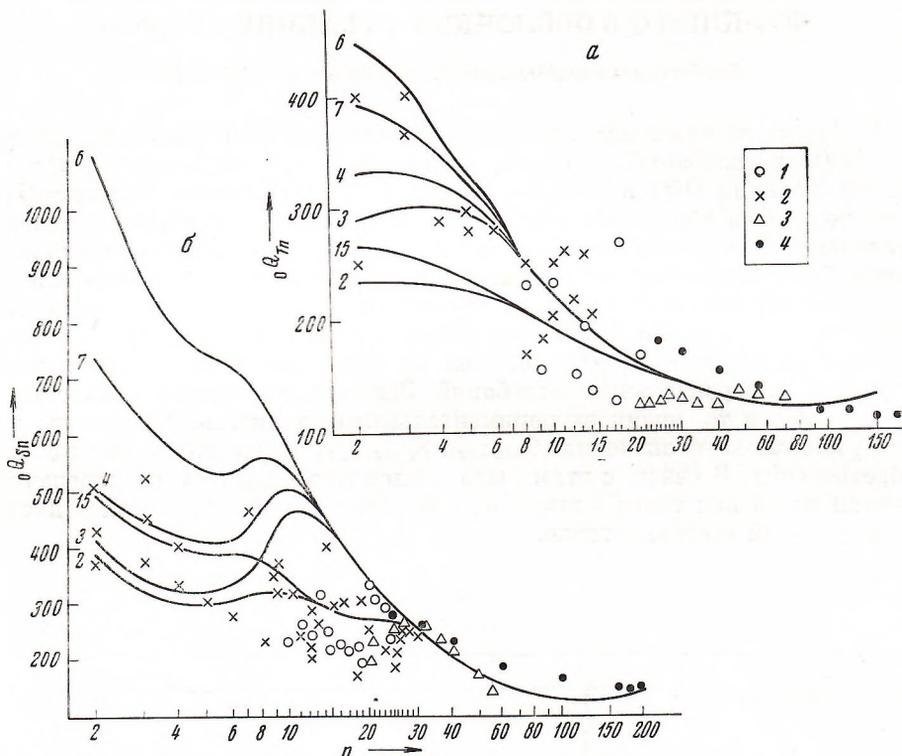


Рис. 1. Затухание основного тона крутильных ${}_0Q_{Tn}$ (а) и сфероидальных ${}_0Q_{Sn}$ (б) колебаний. Экспериментальные значения: 1 — из работы (10); 2 — данные, использованные в (8); 3 — данные из (11); 4 — из (9). Цифры у кривых означают, что для вычисления Q использовались соответствующие модели из табл. 1

и 15 (например, 7 табл. 1), приводит к рассогласованию теоретических и экспериментальных значений в области низких тонов для сфероидальных колебаний.

Обращаем внимание на качественное различие распределений типа 3 и типа 15. Они отличаются тем, что распределение 15 содержит третий слой пониженных Q на глубинах 1000–1200 км. Выбрать между этими распределениями (3 и 15) на основании данных, приведенных на рис. 1, трудно и в настоящее время их следует считать лучшими пробными рабочими распределениями $Q(l)$.

3. Был предпринят поиск частотной зависимости пробных функций $Q(l)$. Учитывая, что наибольший вклад в затухание собственных колебаний и поверхностных волн вносит слой пониженных Q на глубинах 38–300 км, значение Q в этой зоне предполагалось пропорциональным степени частоты: $Q \sim Q_0(\omega/\omega_0)^n$ с $n = -1/2, -1, 1/2$ и 1. Оказалось, что введение частотной зависимости заметно ухудшает согласование экспериментальных и теоретических данных. Это подтверждает принимаемое всеми, в том чис-

ле и нами, предположение о независимости от частоты диссипативной функции Q .

4. Была предпринята попытка согласовать пробные распределения $Q(l)$, полученные здесь по данным о собственных колебаниях и поверхностных волнах, с функцией $Q_\alpha(l)$, определенной по поглощению продольных объемных волн (⁷). До сих пор мы предполагали, что диссипация в оболочке Земли идет за счет сдвиговых процессов и у $Q(l)$ должен стоять индекс μ — модуль сдвига ($Q \equiv Q_\mu$). В случае релаксации модуля сжатия K (объемной релаксации) следует ввести соответствующую функцию $Q_\kappa(l)$. Тогда легко найти связь между функциями $Q_\beta(l) \equiv Q_\mu(l)$ и $Q_\alpha(l)$, определяющими поглощение за счет диссипации поперечных и продольных объемных волн, и функциями $Q_\mu(l)$ и $Q_\kappa(l)$, по которым рассчитывается затухание собственных колебаний и поверхностных волн:

$$Q_\alpha^{-1} = LQ_\mu^{-1} + (1-L)Q_\kappa^{-1}, \quad Q_\beta^{-1} = Q_\mu^{-1}, \quad (1)$$

$$Q_\kappa = \frac{1-L}{(Q_\beta/Q_\alpha) - L} Q_\mu, \quad \frac{Q_\beta}{Q_\alpha} > L = \frac{1}{3} \left(\frac{v_\beta}{v_\alpha} \right)^2,$$

где $v_\beta(l)$ и $v_\alpha(l)$ — скорости объемных поперечных и продольных волн соответственно. Выбирая $Q_\mu = Q_\beta$ из табл. 1 и принимая какое-либо $Q_\alpha(l)$, предлагаемое в (⁷), мы по (1) рассчитывали $Q_\kappa(l)$, используя $Q_\mu(l)$ и определенное $Q_\kappa(l)$, вычисляли величины Q_{s_n} , ${}_1Q_{s_n}$, и т. д., характеризующие затухание основных тонов и обертонов радиальных $n=0$ и сферондальных $n \geq 1$ колебаний Земли. Оказалось, что рассчитанные таким образом величины Q_{s_n} заметно меньше соответствующих экспериментальных значений. Отсюда следует, что данные для $Q_\alpha(l)$ не согласуются с данными по затуханию собственных колебаний.

Авторы пользуются случаем выразить благодарность И. Л. Нересову за обсуждение.

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва

Поступило
17 V 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Н. Жарков, Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 2 (1962). ² D. L. Anderson, C. V. Aгсһашбеаи, J. Geophys. Res., 69, 2071 (1964). ³ В. Н. Жарков, В. М. Любимов и др., Физика Земли, № 2 (1967). ⁴ В. Н. Жарков, В. М. Любимов, ДАН, 177, № 2 (1967). ⁵ В. Н. Жарков, В. М. Любимов, ДАН, 191, № 3 (1970). ⁶ В. Н. Жарков, В. М. Любимов, ДАН, 198, № 3 (1971). ⁷ T. Teng, J. Geophys., Res., 73, 2195 (1968). ⁸ S. W. Smith, Доклад на Генеральной Геофизической Ассамблее в Москве, 1971. ⁹ Aгi Ben-Mенаhem, J. Geophys. Res., 70, 4641 (1965). ¹⁰ A. A. Nowroozi, J. Geophys. Res., 73 (4), 1407 (1968). ¹¹ H. Kanamori, Phys. Earth and Planet Interior, 2 (4), 259 (1970).