

Т. Г. Раутиан, Б. Г. Пустовитенко

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ И НИЗКОЧАСТОТНЫМИ СПЕКТРАМИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В работах [1, 2, 4—6] показано, что частотный состав сейсмических колебаний в хвостовой части записи $A_t(f)$ связан со спектром $M(f)$ очагового излучения таким образом, что выполняется равенство

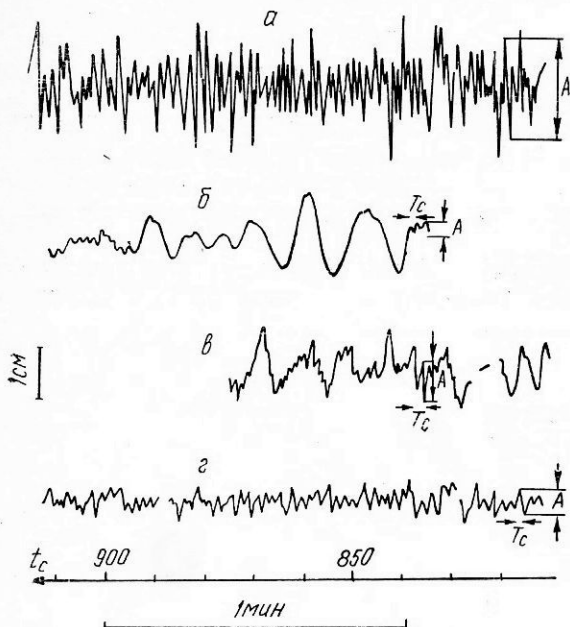
$$\lg M(f) = \lg 2A_t(f) + d(f),$$

где $d(f)$ — переходная функция, а $2A_t(f)$ определяется для фиксированного момента времени t по записям коды аппаратурой ЧИСС.

Данные, полученные этим методом для землетрясений Средней Азии [6], позволили установить, что различным эпицентральных зонам соответствуют разные типы спектров очагового излучения — более высокочастотные или низкочастотные. Эти сведения существенны в качестве первого этапа решения задачи прогноза сейсмического воздействия от землетрясений того или иного района. На конечном этапе такой прогноз должен даваться в виде спектров и сейсмограмм ожидаемых сильных землетрясений.

В настоящей статье предлагается метод использования сейсмической коды для выявления зон, различающихся по спектральным характеристикам землетрясений, применяя не Чисс, а стандартную широкополосную аппаратуру: длиннопериодную (СКД) и короткопериодную (СХ). Использование для этой цели сейсмической коды при одном и том же времени t позволяет обойти трудности, которые возникают при рассмотрении прямых волн, а именно: при этом отсутствует влияние различий в эпицентральных расстояниях до разных землетрясений, неоднородностей на трассах прямых волн, функции направленности.

Уже визуальное рассмотрение колебаний в сейсмической коде от разных землетрясений показывает (рис. 1), что их спектральный состав меняется очень существенно. Так, при $m_{pv}=7$ для землетрясений Вранча (4.III. 1977 г.) периоды в СХ-коде при $t=800\div 1000$ с не превышают 2,5—3,0 с. СХ-кода землетрясений Кавказа и Западной Турции представляет суперпозицию короткопериодных ($T_c=1\text{--}2$ с) и длиннопериодных ($T_c=3\text{--}5$ с). В записях СХ-коды землетрясений Восточной Турции при $t=900$ с отмечены интенсивные колебания с периодами 6—10 с (!) и очень слабые, едва заметные, короткопериодные (1—3 с) колебания.



Эти примеры внушают определенный оптимизм относительно возможности выявления зон с теми или иными спектральными особенностями по сейсмической коде очагового излучения. Для количественного описания таких особенностей послужила величина отношения уровней сейсмической

Рис. 1. Фрагменты записей сейсмической коды при временах пробега $t_c=800\text{--}900$ с землетрясений из регионов:

а — Карпаты (Вранча), $m_{pv}=7, 1$, б — Восточная Турция, $M=7,5$, в — Западная Турция, $M=7,0$, г — Кавказ, $M=6,5$. Станция «Симферополь» (Смф), сейсмограф СХ.

коды при $t=500$ с $A_{500}^{СКД}$ записи СКД и уровня короткопериодных ($T_c=1\text{--}3$ с) колебаний на записях аппаратурой СХ $A_{500}^{СХ}$. На рис. 1, показана методика измерений амплитуд, в частности — выделение на записях СХ, короткопериодной компоненты колебаний.

Обозначим $\varphi = \frac{A_{500}^{СКД}}{A_{500}^{СХ}}$. Величина φ определена на станции «Симферополь» для зем-

летрясений с очагами в нескольких регионах: Крым и Черное море, Кавказ, Карпаты (в том числе Вранча), Турция, Греция. Из рис. 2 видно, что различия в значениях φ разных землетрясений далеко превышают погрешность определения этой величины. Известно, что с ростом магнитуды спектры очагового излучения изменяются, следовательно, будет меняться и параметр φ . Поэтому нужно установить характер $\varphi(M)$, чтобы скорректировать ее при анализе зависимости $\varphi(M)$ от расположения очага землетрясения в том или ином районе.

На рис. 3 показаны значения $\varphi(M)$ для землетрясений из разных очаговых зон. Общий диапазон изменения $\varphi(M)$ велик: от 1 до 200. Видно, что параметр φ растет с магнитудой, но не слишком сильно:

$$\frac{\Delta \lg \varphi}{\Delta M} \approx 0,2 \lg \varphi_0 = \lg \varphi(M) + 0,2(6 - M). \quad (1)$$

Изменения φ с магнитудой оказываются заметно меньшими, чем различия этого параметра для очагов в разных регионах. Наибольшие значения φ (50—200), соответствующие более низкочастотным спектрам, наблюдаются у землетрясений Восточной Турции, наименьшее (1—10) — для подкорковых землетрясений Вранча, которые, таким образом, оказываются наиболее высокочастотными из рассмотренных. Очаги Крыма, Кавказа, Западной Турции занимают промежуточное положение.

Чтобы локализовать эпицентральные зоны по параметрам φ , были вычислены для каждого землетрясения значения φ_M , нормированные к одной и той же магнитуде ($M=6$) по формуле (1), и разбиты на интервалы: 1) $\varphi_6 \geq 55$; 2) $55 > \varphi_6 \geq 22$; 3) $22 > \varphi_6 \geq 12$; 4) $12 > \varphi_6$.

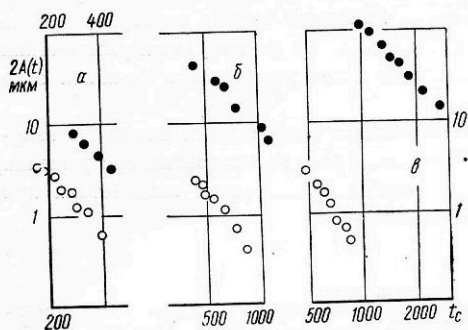


Рис. 2. Примеры различий в уровнях СКД и СХ — огибающих коды для землетрясений из разных районов и магнитуд.

α — Крым, $M=4.1$; β — Кавказ, $M=4.8$, ν — Восточная Турция, $M=6.8$. Записи по приборам: 1 — СК(СКД), 2 — СХ.

Рис. 3. Зависимость параметра φ (M) от магнитуды землетрясений для разных регионов.

1 — Карпаты (Вранча), 2 — Крым, Черное море, 3 — Кавказ, 4 — Западная Турция, Греция, 5 — Восточная Турция.

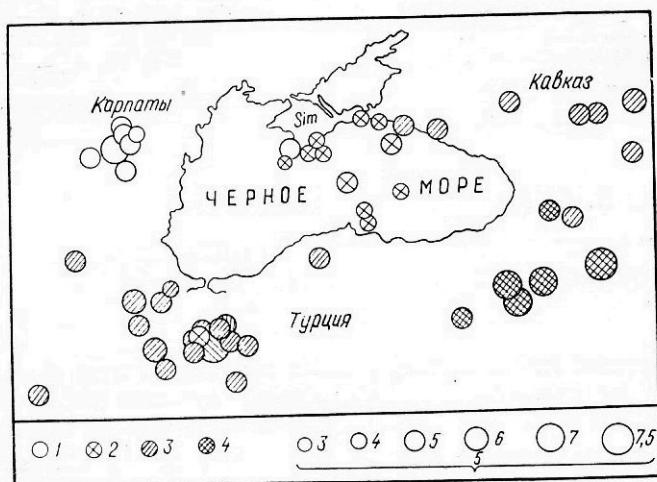
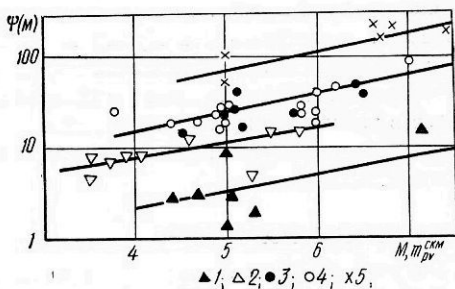


Рис. 4. Схематическая карта районирования исследованной территории по значениям $\varphi_6 = \frac{A_{СКД}^{500}}{A_{СХ}^{500}}$; 1 — $\varphi_6 > 12$; 2 — $22 >$

$> \varphi_6 \geq 12$;

3 — $55 > \varphi_6 \geq 22$; 4 — $\varphi_6 > 55$; 5 — магнитуды землетрясений.

Скопления эпицентров в разных регионах четко выделяются на схематической карте (рис. 4) различными значениями φ_6 . Исключение составляют только отдельные очаги: Крымское 17.III 1957 г. ($M=5,3$) оказалось самым высокочастотным с $\varphi_6 < 10$ и одно землетрясение — в Западной Турции 25.III. 1969 г. ($M=6,0$) с $\varphi_6 < 22$.

Заключение

Соотношение уровня огибающей коды при одинаковом времени пробега рассеянных волн на СКД и СХ приборах служит удобным и простым инструментом для выявления очаговых зон с большей или меньшей долей высоких частот в очаговом излучении,

частот наиболее опасных для зданий и сооружений. При этом по данным одной станции удастся охватить достаточно большой регион и получить хорошо сходящиеся результаты.

Согласно полученным материалам (рис. 3 и 4), землетрясения Крыма и Черноморья являются одними из наиболее высокочастотных в рассмотренном регионе. Они более «жесткие», чем землетрясения Кавказа, Западной Турции и уступают лишь землетрясениям Вранча. Отсюда следует, что при одинаковых магнитудах и расстояниях во время землетрясений в Крыму надо ожидать большие ускорения в ближней зоне и значительный макросейсмический эффект [3].

Выявленная региональная устойчивость спектральных особенностей очагового излучения в районе Черноморского бассейна в дальнейшем будет использована при решении задач детального районирования по типам ожидаемых сейсмических воздействий при сильных землетрясениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раутиан Т. Г., Халтурин В. И. Спектральные свойства коды местных землетрясений как инструмент исследования очагового излучения.— Докл. АН СССР, 1976, 226, № 3, с. 566—569.
2. Раутиан Т. Г. Роль очага и среды в формировании сейсмических колебаний при местных землетрясениях.— В кн.: Исследования по физике землетрясений М.: Наука, 1976, с. 27—55.
3. Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности.— М.: Наука, 1975.— 272.
4. Aki K. and Chouet B. Origin of coda waves: course, attenuation and scattering effect.— J. Geophys. Res., 1975, 80, p. 3322—3342.
5. Chouet B., Aki K., Isnjinka M. Regional variation of the scaling law of the earthquake source spectrum.— Bull. Seism. Soc. America, 1978, 68, p. 49—79.
6. Rautian T. G., Khalturin V. I. The use of the coda for determination of the earthquake source spectrum—Bull. Seismol. Soc. America, 1978, 68, 4, p. 923—948.

Институт физики Земли АН СССР г. Москва
Институт геофизики АН УССР, г. Киев

Поступила в редакцию
25.IX 1979 г.

T. G. Rautian, B. G. Pustovitenko

DETECTION OF ZONES OF SEISMIC FOCI WITH HIGH-FREQUENCY AND LOW-FREQUENCY SPECTRA OF FOCAL RADIATION

Summary

A method is suggested for the territory zonation according to types of focal radiation spectra using a seismic wave coda recorded by wide-band apparatus (the Kirnos long-period seismograph—KS and the Kharin seismograph—KhS). The value of ratios for levels of seismic coda envelopes recorded by KS ($A_{t_c}^{KS}$) and KhS ($A_{t_c}^{KhS}$) with scattered wave transit time t_c fixed is used as a comparative characteristic of spectra types. The method suggested was used to study earthquakes in the Crimea, the Black Sea, the Caucasus, the Carpathians (the Vrancea region), Western and Eastern Turkey, Greece. Stable localization is detected of comparatively high-frequency and low-frequency focal spectra. High frequencies are characteristic of the Carpathians and the Black Sea earthquakes, therefore they can produce a greater seismic effect than low-frequency earthquakes in the Eastern Turkey region with equal magnitudes.

Institute of Physics of the Earth,
Academy of Sciences, USSR, Moscow;
Institute of Geophysics, Academy
of Sciences, Ukrainian SSR, Kiev