

**СПЕКТРАЛЬНЫЕ и ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ
ПШЕХСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ в КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ**

Л.С. Малянова, И.П. Габсатарова

Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, ira@gstras.ru

На территории Краснодарского края 15 ноября в 10^h21^m в горах Адыгеи, вблизи Хадыженска и Апшеронска произошло землетрясение с $K_p=12.9$, ощущавшееся в ряде населенных пунктов с интенсивностью I до 4 баллов. Оно подробно описано в статье [1] наст. сб. Как указано в [1], параметры его гипоцентра были определены многими мировыми агентствами, но наиболее вероятное решение с учетом локальных особенностей распространения сейсмических волн получено в ИОЦ ГС РАН: $t_0=10^h21^m08.3^s$, $\varphi=44.18^\circ N$, $\lambda=39.71^\circ E$, $h_s=15$ км, $MPSP=4.9$, $M_w=4.6$. Этот эпицентр изображен на карте рис. 1 с указанием даты.

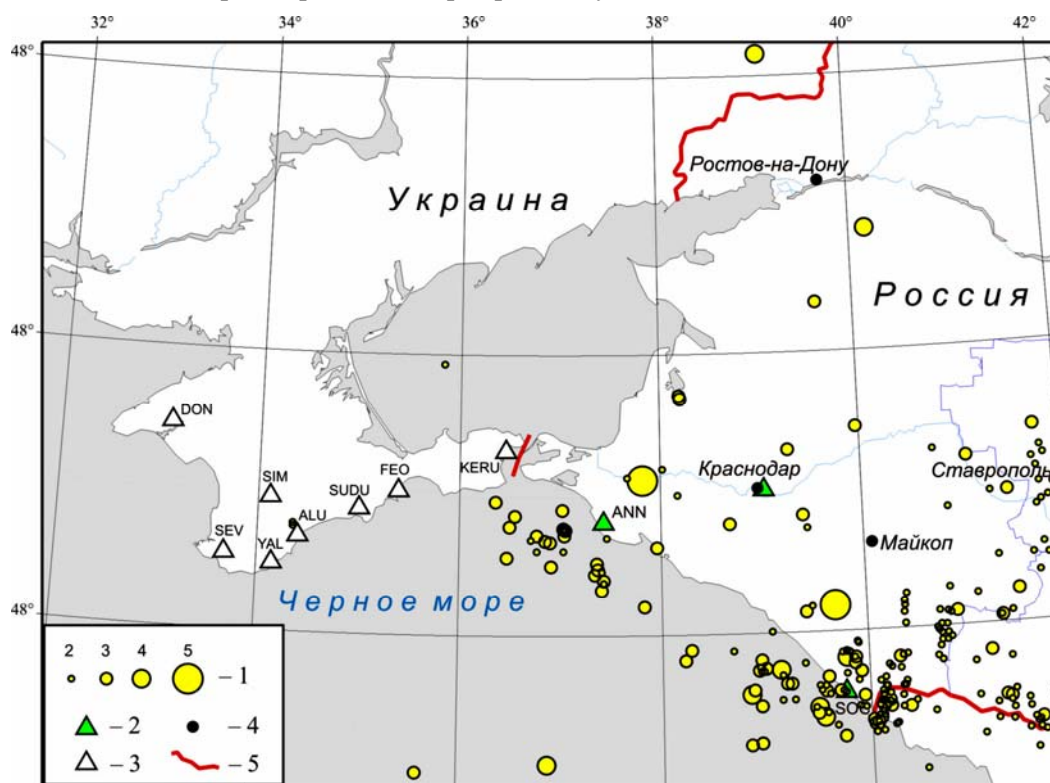


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Краснодарского края с $M \geq 2$ за 2000–2004 гг.

1 – расчетная магнитуда $M=(K_p-4)/1.8$; 2, 3 – сейсмическая станция ГС РАН и Крыма соответственно; 4 – населенный пункт; 5 – государственная граница.

Для этого землетрясения были выполнены спектральные исследования по записям станции «Сочи». Они направлены на вычисление очаговых параметров Пшехского землетрясения, его сейсмического момента M_0 и моментной магнитуды M_w .

Сейсмический момент землетрясения относится к энергетической характеристике очага и, по сравнению с магнитудой землетрясения и энергетическим классом, имеет более ясный физический смысл, так как он характеризует работу по перемещению крыльев разрыва относительно друг друга по площади S на среднюю величину дислокации \bar{u} , преодолев силу трения, пропорциональную модулю сдвига μ [2].

Оценка сейсмического момента сделана по спектру S -волны по записям сейсмической станции «Сочи», удаленной от эпицентра на расстояние $\Delta=75$ км.

Спектр записи реального землетрясения в точке наблюдения является суперпозицией эффектов самого источника, амплитудно-частотной характеристики регистрирующего прибора, среды на пути очаг–станция, направленности излучения. Методика учета всех этих факторов при переходе от станционного спектра к спектру источника подробно изложена в работах [3–5]. Формула для расчета M_0 по станционному спектру имеет вид:

$$M_0 = \Omega_0(4\pi\rho v^3) / R_{\theta\phi} \cdot G(\Delta, h) \cdot C(\omega), \quad (1)$$

где Ω_0 – максимальное значение спектральной плотности при $\omega \rightarrow 0$; v и ρ – скорость распространения волны и плотность пород в окрестности очага; $R_{\theta\phi}$ – функция, характеризующая направленность излучения из очага на станцию; $G(\Delta, h)$ – поправка за геометрическое расхождение; $C(\omega)$ – частотная характеристика земной коры под станцией.

Для относительно слабых по магнитуде землетрясений при неизвестном механизме очага обычно принимается среднее значение $R_{\theta\phi}=0.4$ [3, 4].

Функция геометрического расхождения $G(\Delta, h)$ для близких землетрясений на расстояниях от станции регистрации $r < 1000$ км может быть оценена как $1/r$, где r – гипоцентрально расстояние [6]. Частотная характеристика земной коры под станцией принимается в среднем равной $C(\omega)=2$ в случае отсутствия данных конкретных исследований.

Кроме того, станционный спектр должен быть приведен к очаговому спектру при введении поправки $S(f)$ за неупругое затухание волны в мантии, которая рассчитывается по формуле:

$$S_m(f) = e^{-t_s^* \pi f}, \quad (2)$$

где t_s^* – отношение времени (t_s) пробега S -волны до станции регистрации к средней добротности среды вдоль луча (Q_{cp}) по [7]. Значение Q_{cp} для S -волн Северо-Западного Кавказа по записям «Сочи» определено О.В. Павленко [8] и находится из зависимости $Q(f) \sim 110 f^{0.8}$ для полосы 1–8 Гц.

Для построения спектра был выбран фрагмент записи S -волны (рис. 1) от начала вступления до момента, когда амплитуда этой группы волн достигла примерно $1/3 A_{S \max}$, максимальной амплитуды S -волны [5]. Длительность τ записи выбранного фрагмента составила $\tau=30$ с от вступления S -волны.

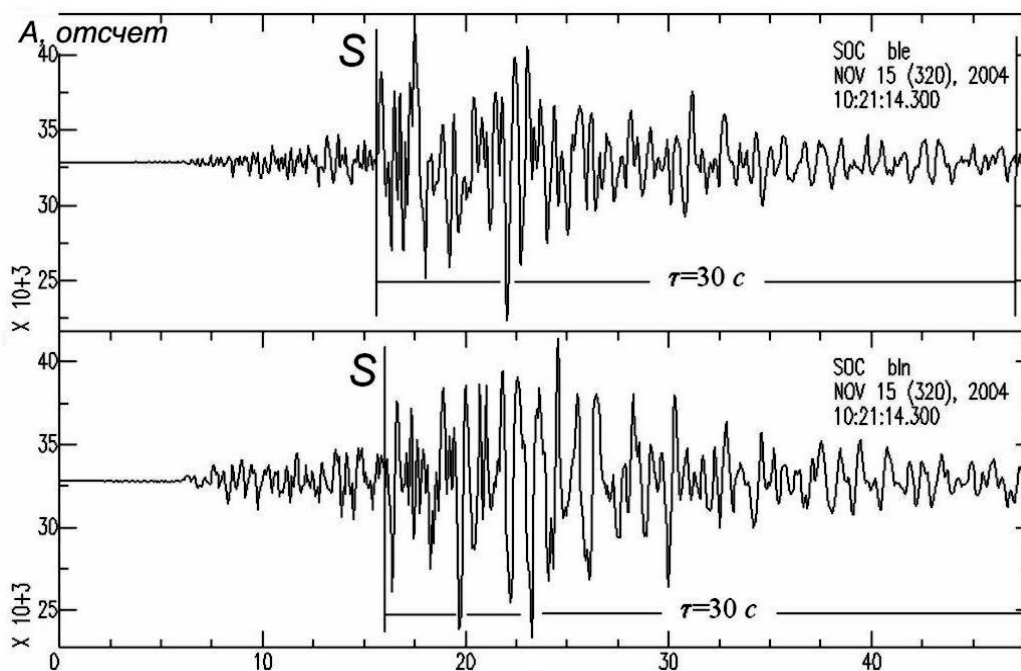


Рис. 2. Фрагменты записи S -волны Пшехского землетрясения на составляющих N (а) и E (б) станции «Сочи»

На рис. 2. представлены рассчитанные амплитудные спектры записей на двух составляющих и результаты их аппроксимации прямыми линиями. Методика расчета спектральных и очаговых параметров описана в [3]. Аппроксимация спектров землетрясений проводилась по методике Бруна [4, 5]. Найденные в итоге параметры очага Пшехского землетрясения представлены в табл. 2, это эпицентрального расстояние Δ , спектральная плотность Ω_0 и сейсмический момент M_0 .

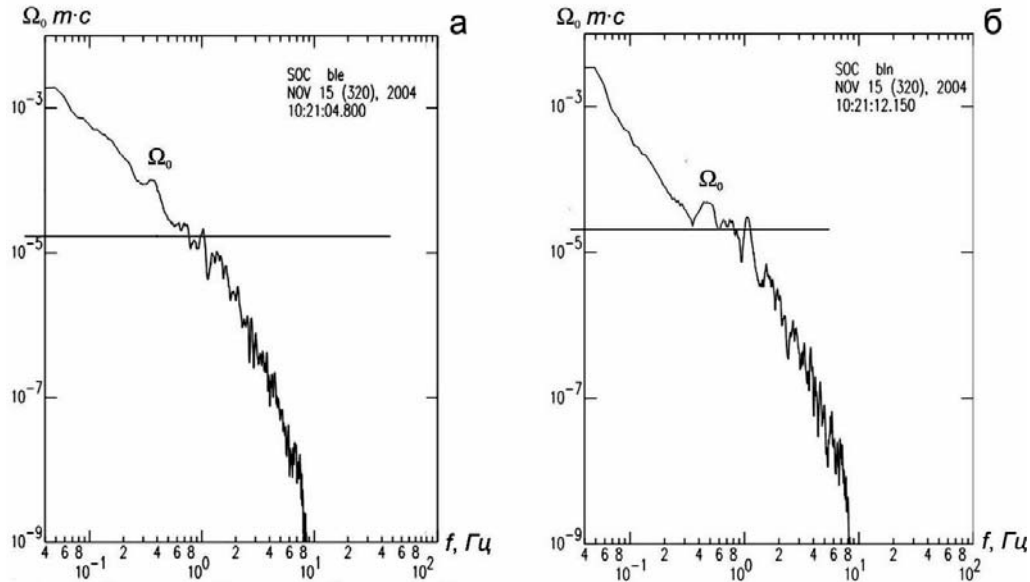


Рис. 3. Стационарный амплитудный спектр S-волны, станция «Сочи», канал BLE (а) и BLN(б)

Таблица 2. Динамические параметры очага Пшехского землетрясения 15.11.2004 г. по S-волне, записанной станцией «Сочи»

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	С/ст	M_w	MS	Δ°	Ω_0 , м·с	f_n , Гц	f_0 , Гц	M_0 , Н·м	L , м	$\Delta\sigma$, Н/м ²	$\bar{\eta}\sigma$, Н/м ²	\bar{i} , м
1	15.11	10 21 07.5	SOC	4.6	4.6	0.65	$5.75 \cdot 10^{-5}$	1.0	1.3	$7.5 \cdot 10^{15}$	$2 \cdot 10^3$	$3.3 \cdot 10^6$	$2.0 \cdot 10^6$	0.08

Получены следующие значения сейсмического момента: $M_0^F = 5.2 \cdot 10^{22}$ дин·см = $5.2 \cdot 10^{15}$ Н·м, $M_0^N = 5.4 \cdot 10^{22}$ дин·см = $5.4 \cdot 10^{15}$ Н·м и по полному вектору смещения в S-волне $M_0 = 7.5 \cdot 10^{22}$ дин·см = $7.5 \cdot 10^{15}$ Н·м.

Значение спектральной магнитуды M_w , рассчитанное по полному вектору из момента M_0 по формуле Канамори [9]:

$$M_w = 2/3 \cdot \lg M_0 - 10.7 \quad (3)$$

составило $M_w = 4.6$.

Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П. Пшехское землетрясение 15 ноября 2004 года с $M_w = 4.6$, $I_0 = 5-6$ (Краснодарский край). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
2. Aki K. Estimation of earthquake moment released energy and stress-strain drop from G-wave spectrum // Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ. – 1966. – 44. – N 1. – P. 73–88.
3. Аптекман Ж.Я., Дараган С.К., Долгополов В.В., Захарова А.И., Зобин В.М., Коган С.Я., Корчагина О.А., Москвина А.Г., Поликарпова Л.А., Чепкунас Л.С. Спектры P-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Унификация исходных данных и процедуры расчета амплитудных спектров // Вулканология и сейсмология. – 1985. – № 2. – С. 60–70.

4. **Аптекман Ж.Я., Белавина Ю.Ф., Захарова А.И. и др.** Спектры *P*-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от стационарного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очага // *Вулканология и сейсмология*. – 1989. – № 2. – С. 66–79.
5. **Пустовитенко Б.Г., Пантелеева Т.Г.** Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма. – Киев: Наукова думка. – 1990. – 251 с.
6. **Пустовитенко Б.Г.** Сейсмические процессы в Черноморском регионе и сейсмическая опасность Крыма // 04.00.22. Геофизика. Диссертация на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук. – Киев, 2003. – С. 58–71.
7. **Anderson D.L., Hart R.S.** Q of the Earth // *J. Geophys. Res.* – 1978. – **83**. – N B12. – P. 5869–5882.
8. **Павленко О.В.** Характеристики поглощения сейсмических волн в коре и верхней мантии Северного Кавказа // *Физика Земли*. – 2008. – № 6. – С. 52–60.
9. **Hanks T.S., Kanamori H.** A moment magnitude scale // *J. Geophys. Res.* – 1979. – **84**. – № 135. – P. 2348–2350.