

УДК 550.34

## ПРОСТЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ МЕТОДОМ ПАС.

© 2012 М.М. Шахрай, Я.М. Шахрай

Дагестанский филиал УРАН ГС, Россия, 367025, Махачкала,  
e-mail: m\_shahray@mail.ru

Разрабатываемый метод ПАС – метод попарного анализа сейсмограмм – позволяет, применяя простейшие вычисления по записанным на двух сейсмограммах данным об одном землетрясении, вычислить время в очаге  $t_0$  и два соотношения между собой двух величин-характеристик землетрясения – соотношение скоростей  $\frac{V_p}{V_s}$  и соотношение очаговых расстояний для двух станций  $\frac{r_2}{r_1}$ .

**Ключевые слова:** попарный анализ сейсмограмм, время в очаге, соотношение скоростей, очаговые расстояния, окружность Аполлония, коэффициент Пуассона, процесс коррекции данных, регистр единого секундного исчисления времени РЕСИВ.

Пусть нам даны времена вступления одного землетрясения по двум станциям  $P_1, S_1$  и  $P_2, S_2$ . Эти данные можно представить в виде уравнений:

$$P_1 = t_0 + \frac{r_1}{V_p}; \quad P_2 = t_0 + \frac{r_2}{V_p}; \quad (1), (2)$$

$$S_1 = t_0 + \frac{r_1}{V_s}; \quad S_2 = t_0 + \frac{r_2}{V_s}; \quad (3), (4)$$

$$\tau_1 = S_1 - P_1; \quad \tau_2 = S_2 - P_2. \quad (5), (6)$$

Здесь  $t_0$  – время в очаге;  $r_1, r_2$  – расстояния от очага до сейсмостанций 1 и 2;  $V_p, V_s$  – скорости  $P$ - и  $S$ -волн. Таким образом, мы вводим к дополнительному рассмотрению пять неизвестных величин:  $t_0$  – общая для всех уравнений (1) – (4);  $r_1$  – общая для уравнений (1), (3);  $r_2$  – общая для уравнений (2), (4);  $V_p$  – общая для уравнений (1), (2);  $V_s$  – общая для уравнений (3), (4).

Уравнения (5), (6) однозначно определяют отношение возможных очаговых расстояний:

$$\boxed{\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{r_2}{r_1} = k_{12}}. \quad (7)$$

В уравнении (7) отношение  $k_{12}$  является параметром для построения *окружности Аполлония* – геометрического места точек возможного расположения очага землетрясения. Точки локации станций 1 и 2 являются фокусами для окружности Аполлония (хотя окружность Аполлония не относится к коническим сечениям); их можно назвать фокусами Аполлония, расстояние  $a_{12}$  называется базой Аполлония, или просто базой. Данные окружности Аполлония. Радиус  $R_{An} = a_{12} \frac{k_{12}}{k_{12}^2 - 1}$ ; центр окружности расположен на линии продолжения отрезка  $a_{12}$ , соединяющего стан-

ции 1 и 2, в сторону станции 1 на расстоянии  $C = a_{12} \frac{1}{k_{12}^2 - 1}$  от нее. В случае  $k_{12} = 1$  окружность Аполлония вырождается в прямую – перпендикуляр к середине базового расстояния  $a_{12}$ .

Для локации очага необходимо построение еще, как минимум, одной окружности Аполлония. При верном определении времен  $\tau_i = S_i - P_i$  для разных станций все окружности должны пересекаться в одной точке – точке расположения очага.

Уравнения (1), (2), (3), (4) можно использовать двояким образом.

А) Исключая  $t_0$ . При этом определяется отношение сейсмических скоростей  $\frac{V_p}{V_s}$ . Для этого необходимо вычесть (3) из (4) и (1) из (2), и результаты разделить друг на друга:

$$\boxed{\frac{V_p}{V_s} = \frac{S_2 - S_1}{P_2 - P_1}} \quad (8)$$

Уравнение (8) дает информацию о *текущем* значении коэффициента Пуассона, действующем на участке прохождения сейсмоволн от очага к местам записи во время землетрясения, по формуле [Справочник геофизика, 1966; Физические свойства горных пород и полезных ископаемых, 1984]:

$$\sigma = \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{1}{\left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1} \right]$$

Б) Исключая  $\frac{V_p}{V_s}$ . При этом определяется время в очаге  $t_0$ . Для этого необходимо переписать уравнения (1), (2), (3), (4) в более удобной форме:

$$\frac{S_2 - t_0}{P_2 - t_0} = \frac{V_p}{V_s};$$

$$\frac{S_1 - t_0}{P_1 - t_0} = \frac{V_p}{V_s}.$$

Отсюда, исключая  $\frac{V_p}{V_s}$ , получаем выражение для  $t_0$ :

$$\boxed{t_0 = \frac{S_2 P_1 - S_1 P_2}{\tau_2 - \tau_1}} \quad (9)$$

Уравнение (9) является основным в процессе коррекции данных  $P_i$ ,  $S_i$ , записанных разными станциями в неблагоприятных условиях и в формах записи, неудобных для правильного чтения и интерпретации. Для этого, во-первых, из ряда станций выделяется одна наиболее надежная пара станций и по их записям определяется наиболее точное значение  $t_0$ . Станции, наиболее близкой к очагу (с наименьшими значениями  $P_i$  и  $S_i$ ), присваиваем индекс 1:  $P_1$ ,  $S_1$ . Во-вторых, во всем ряду станций определяется, какая из записей  $i$ -й станции,  $P_i$  или  $S_i$ , более надежно читается. В-третьих, трансформируя формулу (9), выводим (10) и вычисляем по одной из формул плохо читаемую величину, подлежащую коррекции:

$$\left. \begin{aligned} S_2 &= \frac{P_2(S_1 - t_0) - t_0\tau_1}{P_1 - t_0}, \\ P_2 &= \frac{S_2(P_1 - t_0) + t_0\tau_1}{S_1 - t_0}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Об отсчете времени. При обработке математическими методами всех, близких, далеких и очень далеких землетрясений, необходимо ввести в расчеты единое начало отсчета времени  $T_0$ . В качестве такового удобнее всего пользоваться началом суток, в которых расположено начало события или ряда событий, подвергаемых обработке (или, при необходимости, начало одних из предшествующих суток). При этом мы часто работаем в РЕСИВе – *регистре единого секундного исчисления времени*.

Переход от формы стандартного исчисления времени  $T_i = \{h_i : m_i : s_i\}$  к форме РЕСИВ  $S_i = \{s_i\}$  производится простым переводом часов и минут в секунды и полным суммированием получаемых в результате этого секунд:

$$T_i = \{h_i : m_i : s_i\} \rightarrow S_i = \{s_i\} = \{3600h_i + 60m_i + s_i\}.$$

В некоторых калькуляторах, в частности, прежнего советского производства МК-61 и МК-52, имеются встроенные программы перевода стандартной формы регистрации времени  $T_i = \{h_i : m_i : s_i\}$  в десятичную (по часам) форму  $T_i = \{h_i, \dots\}$ , где запятая играет роль знака десятичной дроби, а точки – десятичные доли от часа наличествующих минут  $m_i$  и секунд  $s_i$ . Для последующего перевода этой десятичной формы в форму РЕСИВ необходимо десятичные показания часов  $h_i, \dots$  умножить на  $3600s/h$ :

$$S_i = \{s_i\} = \{3600 \cdot h_i, \dots\}.$$

Обратный переход от формы РЕСИВ  $\{s_i\}$  к стандартной форме  $\{h_i : m_i : s_i\}$  осуществляется в обратном порядке:

$$\begin{aligned} \{h_i, \dots\} &= \frac{\{s_i\}}{3600}, \\ \{m_i, \dots\} &= \{h_i, \dots - h_i\} \cdot 60m/h, \\ \{s_i, \dots\} &= \{m_i, \dots - m_i\} \cdot 60s/m. \end{aligned}$$

Здесь через  $h_i$  и  $m_i$  обозначены целочисленные значения часов и минут.

Последние две операции на МК-61 и МК-52 производятся нажатием кнопки обратной команды  $\{h_i, \dots\} \rightarrow \{h_i : m_i : s_i\}$ .

### Литература

1. Справочник геофизика. – Т. IV. – М., Недра, 1966. – 749 с.
2. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика. М.: Недра, 1984, 456 с.

---

---

## SIMPLE CALCULATIONS SOME PARAMETERS OF EARTHQUAKE BY METHOD PAS

Shahray M.M., Shahray Ya.M.

Dagestan branch of Enterprise GS RAS, Russia, 367025, Makhachkala,  
m\_shahray@mail.ru

**Develop method PAS – the method of Pair-wise Analysis of Seismograms – allows**, using simple calculations on two seismograms recorded data on a single earthquake, calculate the origin time  $t_0$  and two relations between the two values is the earthquake-characteristics - speed ratio  $V_p/V_s$  and the ratio of focal lengths for two stations  $r_2/r_1$ .

**Keywords:** pairwise analysis of seismograms, origin time, the rate ratio, focal distance, the circle of Apollonius, the Poisson ratio, the process of correcting the data, register a single second of time calculation RESIV.