

А. А. ТРЕСКОВ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО ВОЛНАМ, ОТРАЖЕННЫМ ОТ ЕЕ ПОДОШВЫ

(Представлено академиком О. Ю. Шмидтом 10 V 1948)

§ 1. В сообщении „Отражение волн от подошвы коры при глубинных землетрясениях“<sup>(1)</sup> мной было доказано существование, на сейсмограммах глубинных землетрясений, фаз  $pP^*$  и  $sS^*$ , сопряженных с отражением волн от подошвы коры вблизи эпицентра, и установлена возможность по этим фазам определять мощность коры  $H$  в районе отражения волн.

Условия отражения вблизи эпицентра, т. е. возникновения фаз  $pP$  и  $sS$ , принципиально не отличаются от условий „далекого отражения“, т. е. возникновения фаз  $PP$  и  $SS$ ; поэтому, наряду с фазами  $pP^*$  и  $sS^*$ , нужно ожидать и наличия фаз  $PP^*$  и  $SS^*$ , что и подтвердилось исследованием ряда сейсмограмм. Эти фазы также позволяют определить мощность коры в районе отражения волн, что выясняется следующими соображениями.

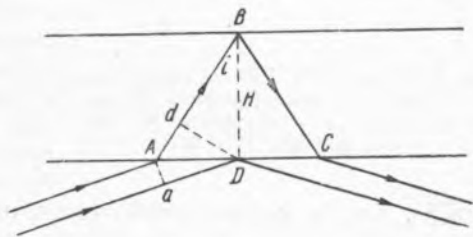


Рис. 1

На рис. 1 изображены лучи, отраженные от земной поверхности в точке  $B$  и от подошвы коры в точке  $D$  в предположении, что кора однородна. Если  $Dd$  — перпендикуляр к преломленному и  $Aa$  — к падающему лучу, времена пробега на участках  $Ad$  и  $aD$  в коре и в подкорковом субстрате одинаковы, и запаздывание волн, отраженных от земной поверхности, сравнительно с волнами, отраженными от подошвы коры, составит поэтому удвоенное время пробега по отрезку  $dB = H \cos i$ . Обозначая запаздывание через  $\tau$ , имеем поэтому формулу:

$$\tau = \frac{2H \cos i}{v}, \quad (1)$$

где  $v$  — скорость волн в земной коре. Следовательно,  $\tau$  пропорционально (при прочих одинаковых условиях) толщине коры  $H$ , и, зная  $\tau_0$  — запаздывание при толщине коры в 33 км, принятой Джеффрейсом в его таблицах времен пробега<sup>(2)</sup>, мы можем вычислить мощность коры по чрезвычайно простой формуле

$$H = 33 \frac{\tau}{\tau_0}. \quad (2)$$

Значения  $\tau_0$  легко определяются как удвоенные разности времен пробега по столбцам таблиц Джеффрейса<sup>(2)</sup>, отвечающих поверхно-

стному очагу и очагу на глубине 33 км (уровень 0,00 Джеффрейса), при эпицентральной расстоянии, равном расстоянию точки отражения до сейсмической станции. В то же время мы рассчитали  $\tau_0$  и по формуле (1) при  $v=6,05$  км/сек., близкой к среднему из скоростей продольных волн в граните и базальте, определив углы  $i$  по формуле Бендорфа.

Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

$i$	15°	20°	25°	30°	40°	50°	60°	70°
$\tau_0$ (в сек.) по Джеффрейсу . . . .	7,6	9,0	9,2	9,6	9,8	9,8	10,0	10,4
$\tau_0$ (в сек.) по формуле (1) . . . .	7,7	9,0	9,3	9,5	9,7	9,9	10,1	10,3

Как видим, расхождения в значениях  $\tau_0$ , вычисленных по формуле (1) и по таблицам Джеффрейса, не превышают 0,1 сек., а потому допущение однородности коры при подобных расчетах вполне уместно. Этого и нужно было ожидать в связи с экстремальными свойствами луча. В самом деле, так как время пробега по действительному лучу минимум (при отражении вблизи эпицентра) или максимум (для фазы РР) (3), оно практически должно совпадать со временем пробега по смежной траектории, каковой и является луч, рассчитанный по упрощенной схеме, допускающей однородность коры.

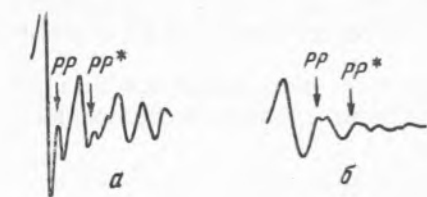


Рис. 2. Фазы РР и РР\* на свердловских записях землетрясения 28 августа 1933 г. а — слагаемое N—S; б — слагаемое E—W

Из табл. 1 значений  $\tau_0$  видно также, что запаздывание мало изменяется с эпицентральным расстоянием и, следовательно, определение мощности коры по формуле (2) нечувствительно к ошибкам в эпицентральном расстоянии в несколько градусов. Поэтому, если мощность коры определяется вблизи эпицентра (по разности рР — рР\*), для  $\tau_0$  можно принять величину, отвечающую эпицентральному расстоянию. Если же мощность коры определяется по разности РР — РР\* при нормальном землетрясении, нужно принимать  $\frac{1}{2}$ , отвечающее половине эпицентрального расстояния.

§ 2. Определение мощности коры на Аппенинском полуострове по фазе рР\* на свердловских сейсмограммах глубинного землетрясения в Тирренском море (16 IV 1938 г.) привело к цифре 33 км (1). Так как в этом случае  $\Delta=30^\circ$  и рР — рР\*=9 сек., вычисление новым методом дает

$$H=33 \frac{9}{9,6} \cong 31 \text{ км,}$$

результат, практически совпадающий с прежним.

При землетрясении 28 VIII 1933 г. в Южной Атлантике на сейсмограммах станции Свердловск зарегистрированы следующие фазы:

	h	m	s		m	s
eP . . . . .	22	36	06	PP . . . . .	41	37
PKP . . . . .		38	32	PKS . . . . .	42	32
PP* . . . . .		41	25	PKKS . . . . .	48	34

Координаты эпицентра этого землетрясения, по данным бюллетеня Сейсмологического института Академии Наук СССР,

$$\varphi_e=59^\circ \text{ S, } \lambda_e=30^\circ \text{ W,}$$

а вычисленные нами координаты точки отражения:

$$\varphi_0 = 2^\circ \text{ S}, \quad \lambda_0 = 17^\circ \text{ E}.$$

Таким образом, наблюдения этого землетрясения в Свердловске позволяют найти мощность коры в экваториальной Африке и, так как  $\Delta = 132^\circ$ , эта мощность будет:

$$H = 33 \frac{12}{10,2} = 39 \text{ км.}$$

§ 3. Из числа обработанных мной сейсмограмм заслуживают внимания пулковские записи глубинного землетрясения 4 VI 1929 г. в море Целебес ( $\varphi_e = 50 \text{ N}$ ,  $\lambda_e = 122,5^\circ \text{ E}$  по каталогу Н. А. Линден).

Анализ этих сейсмограмм обнаруживает следующие фазы:

	h	m	s		m	s		m	s		m	s
iP . . .	15	27	46	rP — P . . .	96		iSKS . . .	37	29	rP* — P . . .	78	
epP* . .	29	04		PP — P . . .	3	32	iS . . .	37	44	sS* — S . . .	132	
rP . . .	29	22		SKS — P . .	9	43	sS* . . .	39	56	sS — S . . .	160	
PP* . . .	31	04		S — P . . .	9	58	sS . . .	40	24	PP — PP* . . .	14	
iPP . . .	31	18		sS — P . . .	12	38						

Наличие ряда фаз позволяет вести обработку графическим методом<sup>(5)</sup> и этим устранить возможность ошибок в интерпретации фаз, причем глубина фокуса и эпицентральное расстояние, определенное по основным фазам P, S, rP и sS, оказались:

$$h = 420 \text{ км}; \quad \Delta = 86,2^\circ.$$

Определение мощности коры по фазам rP\* и sS\* (первый метод<sup>(1)</sup>) дает 62 и 58 км, а по разностям rP — rP\* и sS — sS\* (второй метод) — 57 и 53 км. Среднее из этих четырех цифр  $H = 58$  км определяет мощность коры в море Зулу. Заметим, что мощность коры, определенная мной по двум глубинным землетрясениям в смежном районе (море Банда), также близка к 60 км.

Определение мощности коры по разности PP — PP\* дает  $H = 48$  км для пункта  $\varphi_0 = 40^\circ \text{ N}$ ,  $\lambda_0 = 97^\circ \text{ E}$ , находящегося в Центральной Азии.

Этот пример поучителен в том отношении, что по записям одного и того же землетрясения на одной станции мощность коры определяется в двух совершенно различных районах.

§ 4. Возможность определения мощности коры по записям любых станций в удаленных от них районах представляет несомненную ценность телесеismicической методики.

Уже использование глубинных землетрясений широко раздвигает территорию, доступную для подобных исследований<sup>(1)</sup>, хотя по фазам rP\* и sS\* мощность коры может быть установлена только для эпицентральных районов. Определения же мощности коры по разностям фаз PP и PP\* или SS и SS\* при нормальных землетрясениях в этом отношении еще более перспективны, так как здесь положение точки отражения существенно зависит от географического положения станции, и наблюдения одного и того же землетрясения на далеко отстоящих станциях позволяют определить мощность коры в совершенно различных районах. Существенное значение имеет, конечно, и то обстоятельство, что нормальные землетрясения происходят гораздо чаще, чем глубинные.

Систематическая переработка прежних seismicических наблюдений может привести к установлению достаточно полной картины глубинного рельефа Земли. Наша телесеismicическая сеть, раскинутая на огромном протяжении по долготе ( $100^\circ$ ) и оборудованная однотипными

электродинамическими приборами Б. Б. Голицына (эти приборы установлены и на 41 из зарубежных первоклассных станций), создает своими наблюдениями прочную базу для подобных исследований. Если же телесеismicкая методика определения мощности коры будет использоваться и зарубежными станциями, то можно будет покрыть такими определениями весь земной шар.

Сейсмическая станция „Иркутск“  
Геофизического института  
Академии Наук СССР

Поступило  
3 V 1948

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> А. А. Тресков, ДАН, 58, № 9 (1948). <sup>2</sup> Н. Jeffreys and K. E. Bullen, Seismological Tables, London, 1940. <sup>3</sup> А. А. Тресков, Тр. СИАИ, № 117 (1945). <sup>4</sup> Н. А. Линден, Тр. СИАИ, № 124 (1947). <sup>5</sup> А. А. Тресков, ДАН, 23, № 2 (1939).