

И. Л. НЕРСЕСОВ, Л. С. ЧЕПКУНАС

**СОВОКУПНОСТЬ ПРИЗНАКОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ НАЛИЧИЕ  
ВОЛНОВОДА В ЗЕМНОЙ КОРЕ ГАРМСКОГО РАЙОНА  
СРЕДНЕЙ АЗИИ**

(Представлено академиком М. А. Садовским 4 I 1970)

Впервые вопрос о существовании в земной коре слоев пониженных скоростей — волноводов — был поставлен Гутенбергом. Однако его интуитивные предположения долгое время не находили надежного подтверждения. Лишь в последнее время благодаря широкому развитию методики детальных исследований в сейсмологии и в ГСЗ получены новые данные о присутствии в разрезе коры низкоскоростных слоев (1, 2, 4).

Основная информация о наличии волновода в земной коре Гармского района была получена методом просвечивания среды набором погружающихся источников, аналогичным сейсморазведочному торпедированию. Благодаря высокому уровню сейсмической активности в пределах исследуемого района удалось выбрать две достаточно локализованные в пространстве зоны землетрясений, удаленные между собой на расстоянии ~ 150 км, в каждой из которых имелись очаги с различными глубинами (от 5 до 30 км). Запись сигналов производилась на сейсмических станциях, составляющих с рассматриваемыми эпицентрными зонами почти прямолинейный профиль. Среднее расстояние между сеймостанциями составляло 15—30 км. Интерпретация сейсмологического материала производилась с использованием элементов сейсморазведки — строились системы встречных и нагоняющих годографов. Эпицентры землетрясений определялись с помощью круговых палеток изохрон, построенных по разности времен вступлений поперечных и продольных волн. Точность определения эпицентров в классе А  $\pm 1-2$  км, в классе Б  $\pm 3-5$  км, в классе В  $\pm 10$  км. В данной работе преимущественно использовались землетрясения, определенные с точностью классов А и Б. Обработка экспериментального материала состояла в построении индивидуальных годографов, которые затем объединялись в средние. Среднеквадратичная погрешность построения индивидуальных годографов 0,3—0,4 сек. для  $P$ -волн и 0,4—0,5 сек. для  $S$ -волн, величина среднеквадратичного отклонения среднего годографа от истинного ~ 0,1 сек. для  $P$ -волн и ~ 0,15 сек. для  $S$ -волн; значения доверительных интервалов 0,12—0,15 сек. для  $P$ -волн и 0,2—0,35 сек. для  $S$ -волн при уровне доверия 0,9.

Совокупность средних годографов различных глубин представляет собой семейство, или, как мы будем называть, поле горизонтальных годографов. Поле годографов  $P$ - и  $S$ - волн является основным элементом методики интерпретации, позволяющим судить о характере скоростного разреза изучаемой среды. На рис. 1 изображены экспериментальные семейства годографов продольных и поперечных волн от землетрясений из западной и восточной эпицентральных зон. Рассмотрение рисунка показывает «отрыв» годографов последующих глубин ( $H = 15, 20$  км) от предыдущих до 0,5 сек. для  $P$ -волн и до 0,8—1,0 сек. для  $S$ -волн. Подобный эффект в нарушении регулярности поля мы не можем объяснить ничем иным, как присутствием в разрезе коры слоя пониженных скоростей.



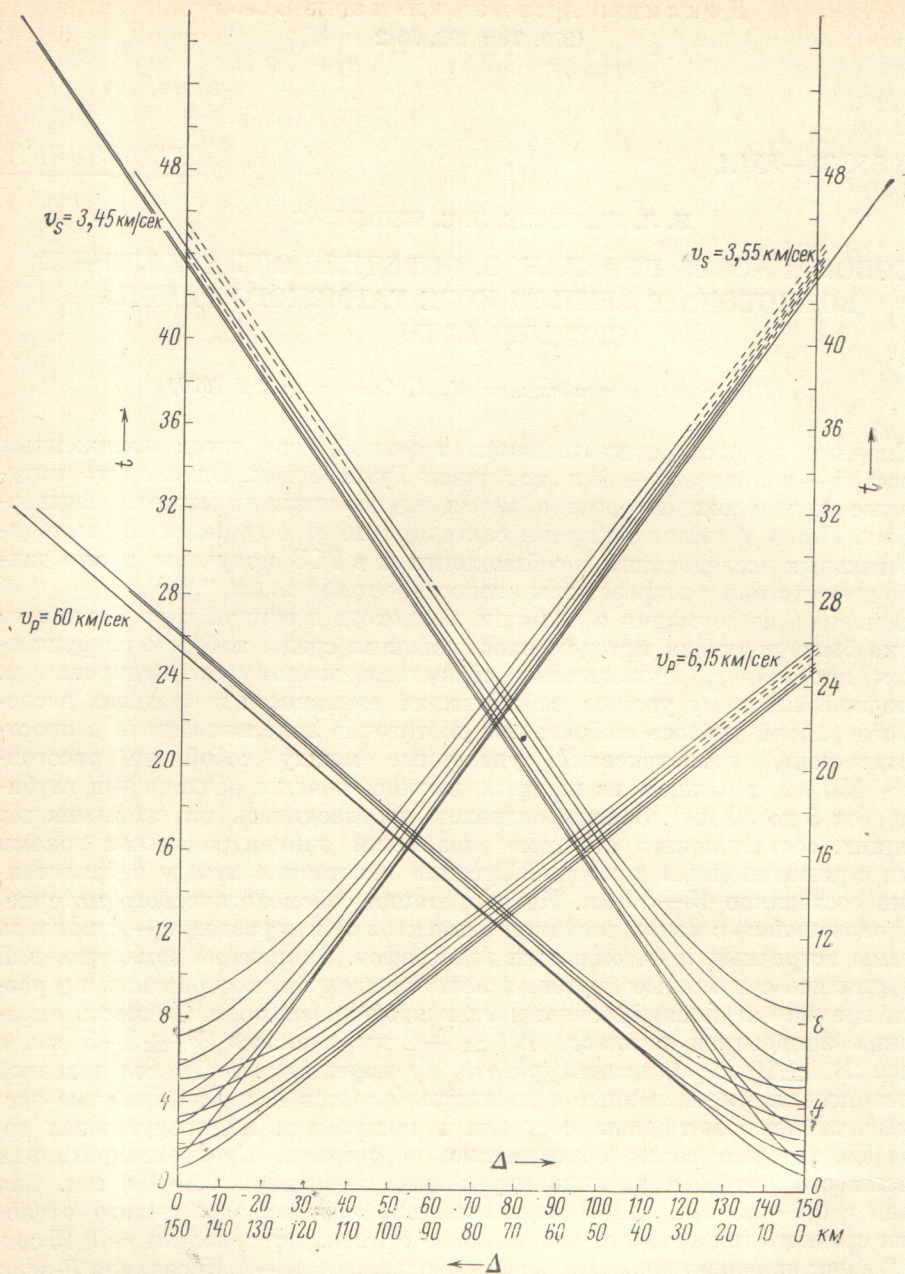


Рис. 1. Семейство средних годографов  $P$ - и  $S$ -волн по наблюдениям землетрясений из западной и восточной очагов зон

Следовательно, выявленная особенность в поведении семейства годографов явилась основным критерием для выделения в земной коре изучаемого района низкоскоростного слоя. С помощью последующих методических операций, включающих непродольные вертикальные годографы, поля времен и изолинии  $\Delta t$  (разности между наблюдаемыми и теоретическими непродольными годографами для однородной коры со скоростью  $V_P = 6,0$  км/сек), были намечены ориентировочно параметры волновода: глубины залегания его границ и значения скоростей  $P$ - и  $S$ -волн в слое <sup>(2)</sup>.



Оптимальный вариант скоростного разреза земной коры отыскивался по системе экспериментальных годографов методом машинного поиска (рис. 2). Как видно из рассмотрения рис. 2, оптимальные варианты содержат понижение скорости продольных волн на 0,4—0,5 км/сек и поперечных волн на 0,25—0,3 км/сек. Верхняя граница волновода на западе залегает на глубине  $(12 \pm 2)$  км, на востоке — на глубине  $(17 \pm 2)$  км; нижняя граница волновода на западе расположена на глубине  $(28 \pm 2)$  км, на востоке  $(26 \pm 2)$  км. Отметим, что в этом же интервале глубин (15—25 км)

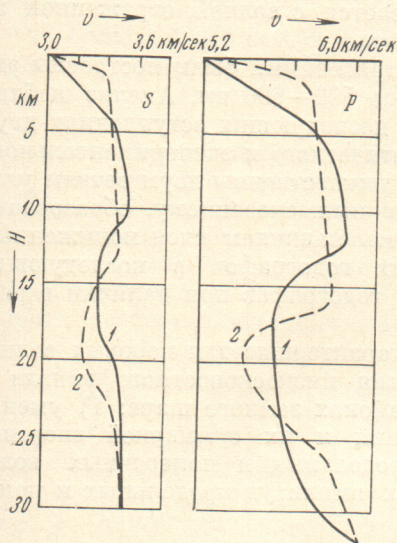


Рис. 2. Оптимальный скоростной разрез земной коры для P- и S-волн

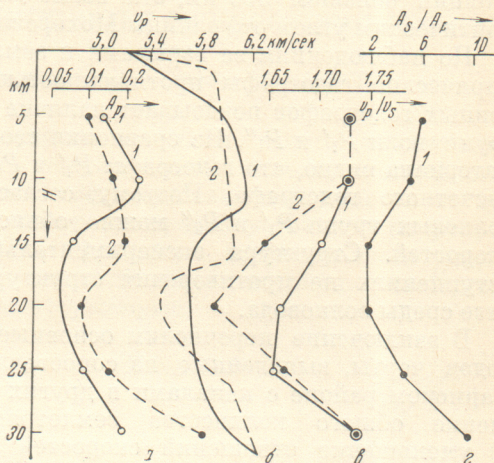


Рис. 3. Кривые отношений  $v_p/v_s(H)$ ;  $A_s/A_p(H)$  и кривые  $A(H)$ ;  $v(H)$ . 1 — для восточной части района, 2 — для западной

А. Н. Семеновым обнаружено понижение отношений скоростей продольных и поперечных волн  $v_p/v_s$  и отношений максимальных амплитуд поперечных и продольных волн  $A_s/A_p$ . Совпадение глубин понижения скоростей P- и S-волн и уменьшения отношений  $v_p/v_s$  и  $A_s/A_p$  (рис. 3) позволяют сделать вывод о корреляции волновода со слоем пониженных отношений  $v_p/v_s$  и  $A_s/A_p$ .

Для получения более детальных представлений о характере волнового поля в среде с включением низкоскоростного канала были рассмотрены динамические характеристики прямых продольных волн. В качестве параметра была выбрана амплитуда первых вступлений P-волны, как наиболее чутко реагирующая на присутствие в коре слоя пониженных скоростей. Динамические признаки, свидетельствующие о наличии в разрезе среды волновода, были сформулированы на модельных исследованиях О. Г. Шаминой<sup>(3)</sup>. Экспериментальные амплитудные кривые  $A_p(\Delta)$  подтвердили выполнение этих условий. На графиках  $A_p(\Delta)$  в интервале эпицентральных расстояний 120—140 км, соответствующих зоне тени, отчетливо выделяется минимум, вероятность существования которого равна 0,95. Отмечается перемещение амплитудного минимума с изменением глубины источника. На кривой  $A(H)$ , построенной для эпицентрального расстояния 120 км, в интервале глубин 15—25 км также отмечается минимум амплитуд (рис. 3).

Дополнительным свидетельством в пользу существования в земной коре волновода явился анализ последующих вступлений волновых групп. Для скоростной модели земной коры с включением в нее слоя пониженных скоростей был рассчитан теоретический годограф рефрагированных волн. В этом случае в последующих вступлениях наблюдаются две ветви



годографов, обязанные своим существованием низкоскоростному слою. Эти годографы имеют общую начальную точку на расстоянии  $\sim 160$  км и далее расходятся под углом в сторону больших эпицентральных расстояний с различными скоростями. Верхняя ветвь годографа соответствует волне, отраженной от нижней границы волновода, она следует до расстояний  $\sim 270$  км со скоростью  $6,0-6,1$  км/сек, соответствующей средней скорости в среде выше канала. Нижняя ветвь годографа представляет собой результат рефракции сейсмических лучей в коре ниже волновода; на расстоянии больше  $300$  км, эта волна сливается с волной, отраженной за критическим углом от границы Мохоровичича.

По наблюдениям за взрывами и землетрясениями были построены эмпирические годографы протяженностью до  $500-600$  км. Анализ наблюдаемых годографов показывает наличие в последующих вступлениях двух групп волн  $P_1'$  и  $P_1''$ . Из сравнения теоретического и экспериментального материала видно, что годографы  $P_1'$  и  $P_1''$  тождественны двум ветвям угла расчетного годографа. Поэтому, согласно вышесказанному, образование волновых групп  $P_1'$  и  $P_2''$  можно объяснить наличием слоя пониженных скоростей. Структура экспериментальных годографов в последующих вступлениях не противоречит структуре годографов при наличии в разрезе среды волновода.

В заключение перечислим основные характерные для коровых волноводов черты, выявленные из сопоставления низкоскоростного канала в Гармском районе с каналами в других районах земного шара: 1) уменьшение общего количества землетрясений и их суммарной энергии, 2) уменьшение отношений скоростей продольных и поперечных волн, 3) уменьшение отношений максимальных амплитуд продольных и поперечных волн.

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

Поступило  
29 XII 1969

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Е. М. Бутовская, М. Г. Фленова, Ю. П. Фленов, Сборн. Сейсмичность Восточной Ферганы, Ташкент, 1966. <sup>2</sup> И. Л. Нерсесов, Л. С. Чепкунас, Сборн. Экспериментальная сейсмология, «Наука», 1970. <sup>3</sup> О. Г. Шамина, Изв. АН СССР, Физ. Земли, № 12 (1966). <sup>4</sup> M. Landisman, S. Müller, Geophys. J. RAS, 10, № 5 (1966).