

УДК 550.344.6(479.25)

И. Б. ОСИПОВА

## О РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ СТАНЦИЯМИ «ЧЕРЕПАХА» В АРМЕНИИ

В статье приводятся результаты исследований станциями «Черепиха» в пределах Центрального прогиба Армении. Используя данные промышленных взрывов, построены графики средних скоростей и рассчитаны глубины залегания границ обмена по далеким землетрясениям. Исследованы глубины до поверхности Мохоровичича. Построена схема строения поверхности фундамента, по которой фундамент имеет весьма сложное строение и расчленен на ряд блоков, разграниченных разломами глубокого заложения. В статье приводится описание отдельных структурно-тектонических элементов.

В последние годы широкое развитие получили региональные сейсмические исследования по изучению глубинного строения земной коры с использованием естественного поля Земли. На территории Армянской ССР ВНИИ Геофизикой за период 1967—1973 гг. выполнены значительные исследования с аппаратурой «Земля», в результате которых показана геологическая эффективность методики изучения глубинного строения путем интерпретации волн, возбуждаемых землетрясениями. Одновременно в процессе наблюдений были выработаны основные черты методики наблюдения и интерпретации материалов в сложных горных условиях Армении.

Работы со станциями «Черепиха», проводимые Геолого-геофизической экспедицией УГ Армянской ССР с 1975 г., являются закономерным продолжением исследований со станциями «Земля». Наблюдения со станциями «Черепиха» также позволяют использовать для интерпретации комплекс различных волн, получаемых от далеких, близких землетрясений и взрывов. Совместная интерпретация волн различных типов используется для изучения глубинного строения земной коры.

*Аппаратура «Черепиха»*—АСС-3 и ВСС-12, предназначенная для проведения региональных исследований путем регистрации землетрясений и взрывов, состоит из двух комплексов: полевого и лабораторного; оба комплекса выполнены на транзисторах и интегральных системах.

*Полевой комплекс* представляет собой автономную сейсмическую станцию записи АСС-3, предназначенную для автономной непрерывной регистрации на магнитную ленту землетрясений и взрывов. Способ регистрации—прямая запись с высокочастотным подмагничиванием. Запись трехкомпонентная, число каналов магнитной записи—8, число трактов регистрации—3 (на двух уровнях каждый). Число служебных каналов для записи марок—2. Динамический диапазон одного канала магнитной

записи 40 дБ, каждого тракта на двух уровнях—70 дБ, диапазон регистрируемых частот 1—20 гц. Скорость движения магнитной ленты 0,5 мм/сек. Ширина магнитной ленты—254 мм. Автономность работы станции 10 суток, погрешность точного времени за 10 суток не более 0,1 сек. Диапазон рабочих температур—10°—+40°. Потребляемая мощность 10—12 Вт. Вес станции без источников 25 кг. Датчики информации—сейсмоприемники НСП—3, датчики времени—кварцевые часы.

Лабораторный комплекс предназначен для воспроизведения магнитограмм автономных станций и ввода полученных магнитограмм в ЭВМ типа БЭСМ—6. Способ регистрации—фотозапись. Воспроизведение одного тракта ведется одновременно на нескольких фильтрациях. Лентопротяжной механизм магнитофона имеет 6 скоростей для воспроизведения сигналов различной частоты. Скорость протяжки бумаги фоторегистратора меняется от 1 см до 5 см на одну секунду времени записи в зависимости от воспроизводимой частоты. Система отсчета времени обеспечивает информацию о времени записи с указанием суток, часов, минут и секунд. Аппаратура обеспечивает фазовую идентичность и постоянство скорости воспроизведения для одной станции записи или разных экземпляров станций записи в пределах 5—10%. Комплект аппаратуры состоит из 10 станций записи и одной станции воспроизведения. Эффективность работы с этой аппаратурой приводится на примере исследований в пределах Центрального прогиба и юго-восточной части Армении (рис. 1).

Методики полевых работ заключалась в следующем: 10 станций записи расставлялись по профилям и рассечкам с расстоянием между ними 3—5 км, реже 7—10 км. К каждой станции придается 3 сейсмографа типа НСП-3, один из которых регистрирует вертикальную, а два других—горизонтальную составляющую смещения. Один из горизонтальных приборов ориентируется по линии север—юг, а другой по линии восток—запад. Станции записи и сейсмографы устанавливались по возможности в подвалах зданий на цементном и хорошо утрамбованном земляном полу. В ряде случаев сейсмографы устанавливались в ямах глубиной до 2-х метров, длиной 1,6 м, шириной 1,5 м и закрывались защитными щитами, причем сейсмографы устанавливались на бетонные плиты размером 80×80×20 см, обеспечивающие монолитность площадки. Продолжительность стоянки зависит от количества зарегистрированных далеких землетрясений, по которым выделялись надежные обменные волны от фундамента. Принято, что 12—15 хороших далеких землетрясений на стоянке достаточны для того, чтобы считать стоянку законченной. Кроме записей далеких и близких землетрясений, регистрировались и промышленные взрывы для изучения скоростной характеристики разреза, графики кото-

рых  $\bar{V}_{p,s} = f(H)$ ,  $\bar{K} = \frac{\bar{V}_p}{\bar{V}_s}$  задавались на ЭВМ для расчета глубинных разрезов.

Информация, получаемая в каждой точке наблюдения с аппаратурой «Черепаша», состоит из:

- 1) записи продольных и обменных волн от далеких землетрясений;
- 2) записи продольных, обменных и поперечных волн от близких землетрясений;
- 3) записи продольных и поперечных волн от взрывов. Обработка всей информации в совокупности дает возможность получить глубинный



Рис. 1. Сейсмологические профили станции «Черепаша».

разрез земной коры, скоростные характеристики разреза, распределение очагов землетрясений по площади и по глубине, местоположение разломов и их вероятную глубину, а также изучить характер напряженно-го состояния земной коры и режим сейсмичности региона.

Запись, получаемая по далеким землетрясениям, зарегистрирована трехкомпонентной установкой и состоит из продольной волны Р (компонента) и образованных ею обменных волн PS (X, Y — компоненты).

За период исследований 1975—76 гг. в пределах Центрального про-

прогиба и юго-восточной части Армении зарегистрировано 648 далеких землетрясений, характеризующихся различными азимутами подхода ( $\alpha = 7-356^\circ$ ), эпицентрными расстояниями ( $\Delta = 1,5-150^\circ$ ), магнитудами ( $M = 4,5-8$ ), глубинами очагов ( $h = 20-600$  м). Эти землетрясения зарегистрированы из различных сейсмоактивных зон земного шара: Курильских островов, Камчатки, Японии, Алеутской дуги, полуострова Аляска, островов Нампо и Фиджи, Индонезии, Чили, Бирмы, Филиппин, Пакистана, Афганистана, Японского моря, Камандорских островов, Китая, Турции, Кавказа, Ирана, Средиземного моря и др. Основной процент далеких землетрясений, по которым выделяются четкие обменные волны, приходится на Японские, Курильские землетрясения; за ними следуют землетрясения из Кермадека, Филиппин, Камчатки, Индонезии, о-ва Хонсю. Почти все эти землетрясения характеризуются достаточно четкой формой продольной волны, состоящей из 3—5 фаз; землетрясения из Турции, Ирана, Китая, Кавказа характеризуются более многофазной записью продольной волны.

Основная полезная информация по обменным волнам получена от землетрясений с четкой немногofазной формой (3—7 фаз) продольной волны Р. Качество материала весьма разнообразное и увязать его с определенными азимутами подхода землетрясений не удастся, т. к. из одного и того же азимута приходят землетрясения хорошего и низкого качества и землетрясения с почти полным отсутствием обменных волн. Так, встречается хорошего и низкого качества материал как среди курило—камчатских и японских, так и среди индонезийских и филиппинских землетрясений.

Относительно определенно увязывается качество материала с глубиной очага: у глубокофокусных землетрясений с глубиной очага порядка 300—600 км на островах Нампо, Кермадек, Японии, Охотского моря отмечена четкая запись продольной волны и четкая обменная волна.

Отмечено изменение характера материала по обменным волнам на соседних станциях, удаленных на небольшие расстояния до 3—5 км. в частности на одной станции от одного и того же землетрясения может в первых вступлениях следиться волна, обменявшаяся на поверхности фундамента, а на соседней станции—волна, обменявшаяся на границе в осадочной толще, а иногда выходят волны, обменявшиеся на более глубоких границах. Граница в осадочной толще—верхнемеловые образования, в общем следится довольно четко, в основном на участках, где фундамент залегает на большой глубине; иногда в первых вступлениях выделяются обменные волны от границы в базальтовом слое и поверхности Мохоровичича. Наиболее выдержанной границей является поверхность фундамента; обменная волна от поверхности фундамента динамически выражена и довольно уверенно коррелируется от станции к станции.

В целом можно сделать вывод, что разнообразие материала связано со сложным геологическим строением районов работ: большое коли-

часто нарушений, резкое фациальное замещение пород, крутые углы наклона, наличие интрузивных внедрений.

Таким образом, землетрясения дают самый разнообразный материал, зависящий как от особенностей самого землетрясения, так и от геологического строения участков, на которых установлены станции записи.

Выделение и корреляция обменных волн на сейсмограммах далеких землетрясений проводилось с использованием известных в литературе [3, 4, 5] критериев. Наиболее четко и выдержанно по площади выделены обменные волны от поверхности фундамента  $PS\phi$ , которые в основном, регистрируются в первых вступлениях. В этом случае выделение обменной волны  $PS\phi$  не представляет трудности. Затруднения в выделении волны  $PS\phi$  возникали при наличии составляющей продольной волны и волны  $PSoc$ —от границ в осадочной толще. Иногда эти волны не препятствуют выделению обменных волн от фундамента. Время запаздывания обменных волн в условиях спокойного залегания границы  $\Delta t_{ps-p}$ , полученная по различным землетрясениям, определилось довольно стабильно с небольшим разбросом отсчетов  $\pm 0,05$  сек. При увеличении угла наклона и в условиях расчлененного рельефа фундамента корреляция обменных волн затруднялась. Но при наличии записи 20—30 далеких землетрясений под каждым пунктом наблюдения удавалось выделить до 10—15 обменов и прокоррелировать границу обмена. Значительный разброс времен  $\Delta t_{ps-p}$  наблюдался на станциях, установленных непосредственно над разломом. При расположении станций по обе стороны от разлома наблюдается резкое изменение значений  $\Delta t_{ps-p}$ ; в ряде случаев при таком расположении станций форма обменной волны от фундамента на этих станциях сохраняется. Характерный участок профиля с резким перепадом положения границы обмена от фундамента представлен на рис. 2.

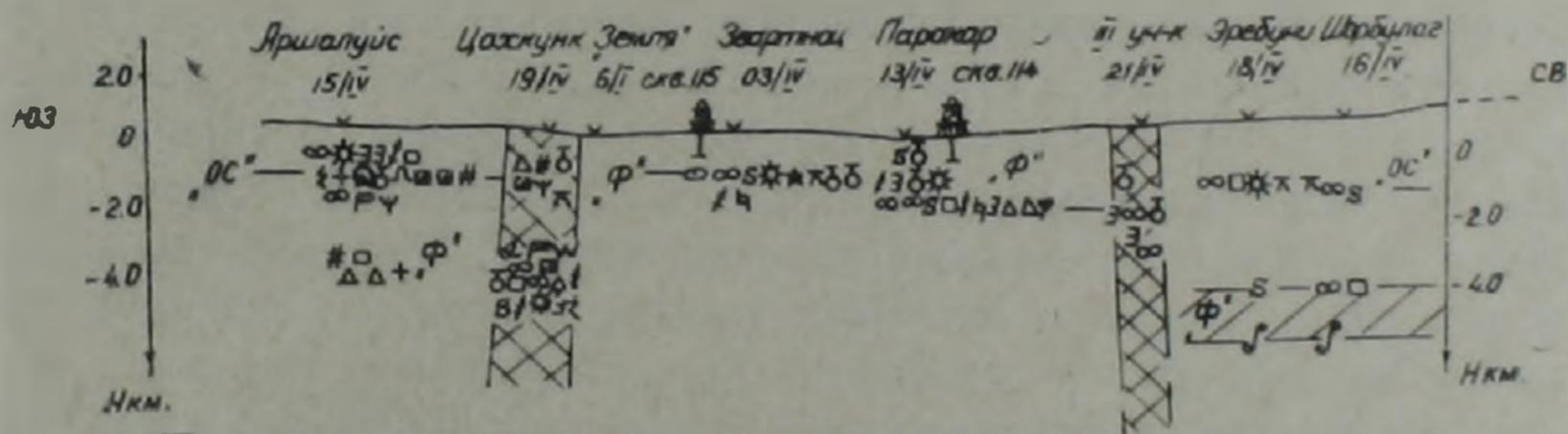


Рис. 2. Характер записи продольной волны от далеких землетрясений.

Обменные волны от поверхности фундамента были получены от определенных землетрясений, зарегистрированных, в основном, из Филиппин, Японии, Индонезии, Кермадека, Алеутской дуги, Турции и др. От горизонтов в осадочной толще обменные волны зарегистрированы на участках, где поверхность фундамента залегает на большой глубине.

По выделенным обменным волнам по профилям строились временные разрезы, на которых выделены от пяти до семи довольно устойчивых

вых границ обмена, соответственно приуроченных к поверхности фундамента ( $\Delta t_{ps-p}$  изменяется от 0,2—1,6 сек); границе в «гранитном» слое ( $\Delta t_{ps-p}=1,8—2,2$  сек); поверхности «базальтового» слоя ( $\Delta t_{ps-p}=2,6—3,4$  сек), границе внутри «базальтового» слоя ( $\Delta t_{ps-p}=3,8—5,4$  сек), поверхности Мохоровичича ( $\Delta t_{ps-p}=5,4—6,4$  сек) и границы в мантии. Характерный временной разрез представлен на рис. 3.

Наиболее четкой границей обмена является поверхность фундамента. Обменные волны от границ в земной коре располагаются, обычно, в последующих вступлениях, реже они регистрируются в первых вступлениях, т. е. перед ними нет других записей обменных волн. Корреляция границ по обменным волнам от одного и того же землетрясения в нескольких пунктах наблюдения не всегда осуществлялась, чаще граница строилась по скоплению обменных волн с примерно одинаковыми временами запаздывания от разных землетрясений. Разброс наблюдаемых времен для границ в коре увеличивается до  $\pm 0,15—\pm 0,2$  сек и растет по мере увеличения глубинности границ, что связано как с погрешностями определения  $\Delta t_{ps-p}$ , обусловленными интерпретацией, так и разными  $\Delta t_{ps-p}$  в зависимости от угла выхода волн.

Стратиграфическая привязка границ обмена осуществлялась на участках, где пробурены скважины или имелись выходы на поверхность. Зоны глубинных нарушений проявляют себя так же, как и при записи волн от поверхности фундамента. Прослеживание нарушений на глубину проводилось до появления глубинной границы, для которой признаки нарушения отсутствуют, т. е. не наблюдается вертикального распределения времени запаздывания  $\Delta t_{ps-p}$ , частотных искажений записи обменных волн, разрыва в прослеживании границ.

Временные разрезы по профилям, проходящим в пределах сложного тектонического строения фундамента Центрального прогиба, характеризуются обильным распространением обменных волн от осадков, поверхности фундамента и границ земной коры. Времена запаздывания изменялись от 0,2—0,6 сек на участках неглубокого залегания фундамента (Арзакан, Паракар, Звартноц) до 1,0—1,6 сек в пределах наиболее погруженного фундамента (Фонтан, Арамус, Алапарс); также резкие перепады связаны с крупными тектоническими нарушениями. На большей части профилей выделяются обменные волны от границы в осадочной толще, отнесенной к меловым отложениям: эти волны хотя и обладают иногда слабой интенсивностью, все же уверенно и довольно протяженно прокоррелированы почти по всему району. На основе всего материала по Центральному прогибу выделены следующие границы с временами запаздывания равными: «ОС» = 0,2—0,6 сек; «Ф» = 0,2—1,6 сек; «Г» = 1,8—2,3 сек; «Б<sub>1</sub> Б<sub>2</sub> Б<sub>3</sub>» = 2,8—5 сек; «Мох» = 5,4—6 сек; «М<sub>1</sub> М<sub>2</sub> М<sub>3</sub>» = 7 сек.

На временных разрезах Урц-Айоцдзорского поднятия и Севанского прогиба довольно четко выделяются различные границы обмена по скоплению точек, особенно большое скопление обменов от станции к станции наблюдается на первых трех границах: в осадках, «Ф», «Г».

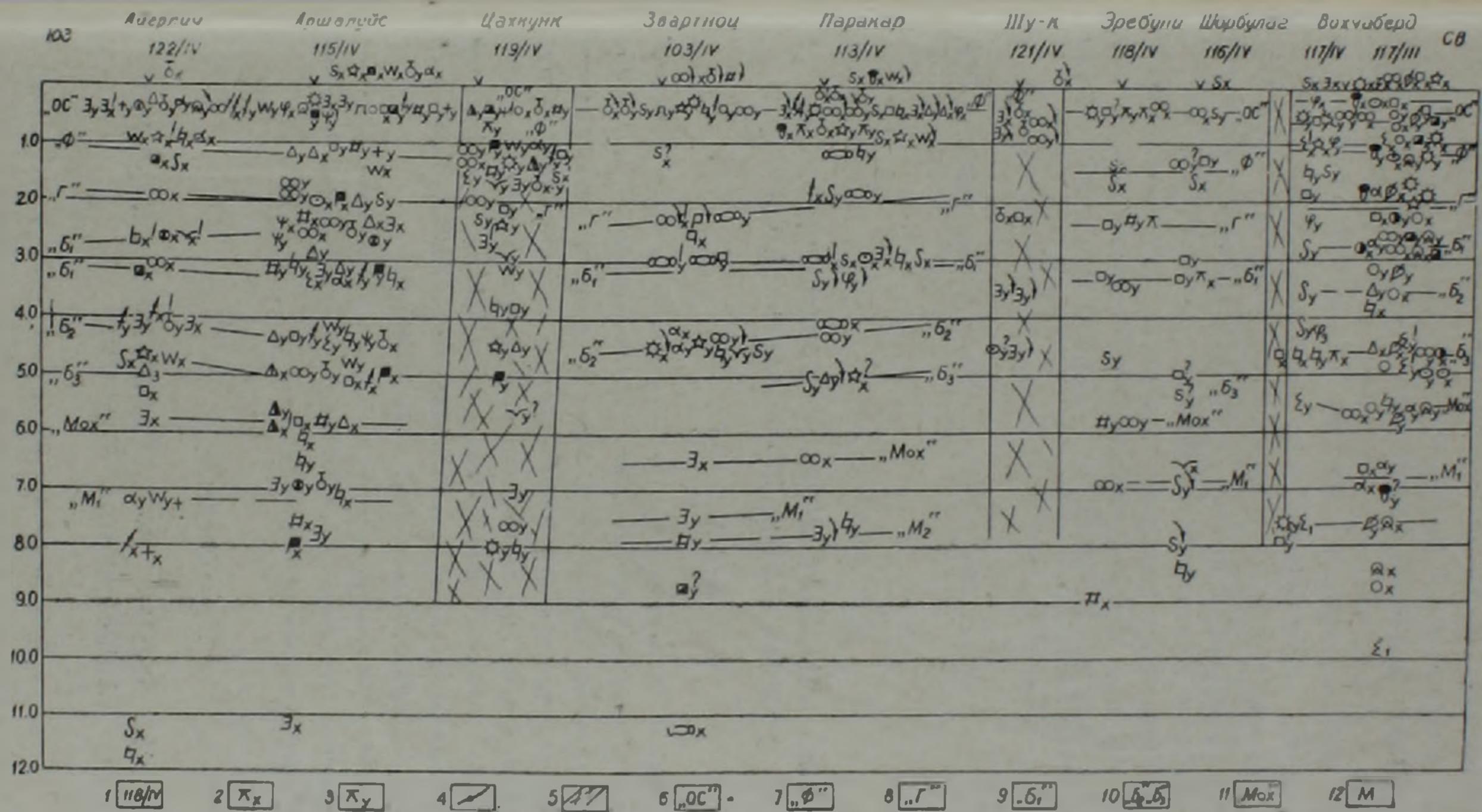


Рис. 3. Временной разрез по профилю Айгерлич—Звартноц—Вохчаберд.  
 1. Номер станции в числителе, номер станции в знаменателе. 2. Значение  $\Delta t_{ps} \times p$ . 3. Значение  $\Delta t_{pSy-p}$ . 4. Знак вступления обменной волны, соответствующий подходу. 5. Зоны тектонических нарушений. 6. Граница в осадочной толще. 7. Поверхность кристаллического фундамента. 8. Граница в гранитном слое. 9. Поверхность базальтового слоя. 10. Граница в базальтовом слое. 11. Поверхность Мохоровичича. 12. Границы в мантии.

ниже количество обменов уменьшается, но тем не менее границы следуют от станции к станции. По принципу отсутствия обменов, распределения их по вертикали, в случае расположения станций над разломом или при больших перепадах в  $\Delta t_{ps-p}$  от фундамента и других границ, проведены разломы в Варденисе, Кошабулаге и др.

Почти повсеместно выделяются границы в осадочной толще с  $\Delta t_{ps-p}=0,4-0,8$  сек; «Ф» с  $\Delta t_{ps-p}=0,8-1,6$  сек; «Г» с  $\Delta t_{ps-p}=1,8-2,4$  сек; Б<sub>1,2,3</sub> с  $\Delta t_{ps-p}=2,8-5,4$  сек; «Мох» с  $\Delta t_{ps-p}=5,8-6,4$  сек. Границы в мантии прослеживаются менее уверенно и не протяженно с  $\Delta t_{ps-p} \geq 7-9$  сек. Полученное волновое поле дало возможность получить представление о тектоническом строении района, выделить области наличия и отсутствия обменных волн и установить переход от одной зоны к другой.

Таким образом, для этих довольно сложных в геолого-тектоническом отношении участков Армении зарегистрированы довольно четкие обменные волны, корреляция которых позволила выделить границы обмена и построить глубинные разрезы.

Управление геологии  
Армянской ССР

Поступила 8.X.1978.

Ի. Ր. ՕՍԻՊՈՎԱ

«ՉԵՐԵՊԱԿԻԱ» ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ ՀԱՅԱՍՏԱՆՈՒՄ  
ՌԵԳԻՈՆԱԿԱ ՍԵՅՍՄԻԿ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոգվածում բերվում է Հայաստանի երկրաբանական պայմաններում սեյսմոլոգիական ուսումնասիրության մեթոդիկական «Չերեպակիա» սարքավորումների համալիրի միջոցով: Տրվում են երկրազնդի տարբեր սեյսմոակտիվ գոտիներում գրանցված երկրաշարժերի բնութագիրը և փոխանակային ալիքների սահմանները՝ կառուցված նույնատիպ ալիքներով: Նստվածքային ծածկոցում և բյուրեղային հիմքում փոխանակային ալիքների սահմանների առանձնացման հետ մեկտեղ, նման սահմաններ են առանձնացված նաև երկրի կեղևում՝ ընդհուպ մինչև Մոխորովիչիչի մակերևույթը:

Ստացված տվյալները հնարավորություն են տալիս Հայաստանի երկրաբանական պայմաններում խորքային սահմանների ուսումնասիրման բնագավառում այս մեթոդը արդյունավետ համարել:

I. B. OSIPOVA

ON THE REGIONAL SEISMIC INVESTIGATIONS IN ARMENIA  
BY „CHEREPAKHA“ STATIONS

S u m m a r y

The results of investigations by „Cherepakha“ stations in the Central depression of Armenia are listed in this paper. Using the industrial

explosions data the diagrams of average velocities are plotted and the depths of exchange boundaries occurrences are calculated according to data of distant earthquakes. The depths up to the Mohorovicic discontinuity are investigated. The scheme of fundament surface structure is drawn up according to which the fundament has a very complicated structure and is dissected to several blocks demarcated by abyssal fractures. The description of individual structural-tectonic elements is brought.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Изд «Анастан», 1958.
2. Егоркина Г. В., Соколова И. А. и др. Строение земной коры северо-западной части Армении. Советская геология, № 6, 1973.
3. Косминская И. П. Метод глубинного сейсмического зондирования земной коры и верхов мантии. «Недра», М., 1958.
4. Померанцева И. В., Мозженко А. Н. Методика и основные результаты изучения глубинного строения земной коры и верхней мантии с помощью станций «Земля». В кн. «Методика и результаты комплексных геофизических исследований» «Недра», Л., 1969.
5. Померанцева И. В., Мозженко А. Н. Сейсмические исследования с аппаратурой «Земля». «Недра», М., 1977.