

ЎЗБЕКИСТОН ССР ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
ЎЗБЕКИСТОН ССР ГЕОЛОГИЯ МИНИСТРЛИГИ
АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР
МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ УЗБЕКСКОЙ ССР

ЎЗБЕКИСТОН
ГЕОЛОГИЯ
ЖУРНАЛИ

1957 йилдан чиқа бошлаган

4

1977

УЗБЕКСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с 1957 года



100
1977

УДК 550.344.094

М. С. ЗАКИРОВ, В. И. ХАЛТУРИН

**ВЛИЯНИЕ РЕГИОНА ОЧАГА И РЕГИОНА НАБЛЮДЕНИЯ
 НА ФОРМУ ОГИБАЮЩЕЙ КОДА-ВОЛН**

Хвостовая часть сейсмограммы — кода, начинающаяся заметно позже вступления детерминированных объемных или поверхностных волн в последнее время все больше и больше привлекает внимание сейсмологов, как источник информации о строении среды и свойствах очага. Количественные характеристики коды различные авторы используют для определения сейсмического момента или магнитуды землетрясения (1—3, 8, 7), спектра очагового излучения (4, 5, 7), для оценки размеров неоднородностей или региональных различий строения среды (6—9).

В перечисленных работах экспериментально установлены основные свойства коды, главное из которых — постоянство формы, огибающей для всех землетрясений определенного региона, и совпадение уровня коды одного землетрясения на разных станциях независимо от эпицентрального расстояния.

Однако региональная устойчивость коды, изменчивость ее характеристик в зависимости от региона очага или наблюдений изучена слабо. В настоящей работе на сейсмограммном материале землетрясений Узбекистана и сопредельных территорий поставлена задача проверить и детально обосновать основные свойства ее, выявить различия в уровне и форме связанные с регионом очага или региона наблюдения.

Мы измерили более 300 записей огибающей 62 землетрясений с магнитудой от 3,5 до 7,2 и при эпицентральных расстояниях от 70 до 1000 км. Расположение эпицентров и станций показано на рис. 1. Мы использовали сейсмограммы 11 сейсмостанций Узбекистана и 3 — Таджикистана (Гармский район), оборудованных короткопериодной аппаратурой типа ВЕГИК или СКМ—111 с полосой пропускания 0,1—0,8 и 0,2—1,4 сек. соответственно. Форма огибающей коды прослежена при t_c 50—1000 сек, отсчитываемой от t_0 в очаге.

В результате обработки полученных данных выявили следующие свойства коды-волн, подтверждающие данные, полученные другими исследователями: а) время выхода огибающей на устойчивую асимптоту равно 3÷5 времени пробега продольной волны, причем к первой цифре ближе наблюдения при расстояниях больше 100—150 км, ко второй — при меньших расстояниях; б) уровень и форма коды на трех компонентах одной станции совпадают хорошо; в) форма огибающей коды не зависит от эпицентрального расстояния; г) огибающие коды одного землетрясения на разных станциях (особенно в пределах одного региона наблюдений) близки по форме (рис. 2, а), а после введения станционной поправки (одинаковой для всех землетрясений) и по уровню; д) огибающие разных землетрясений в пределах одного региона практически не различаются по форме, а с ростом магнитуды уровень коды уверенно

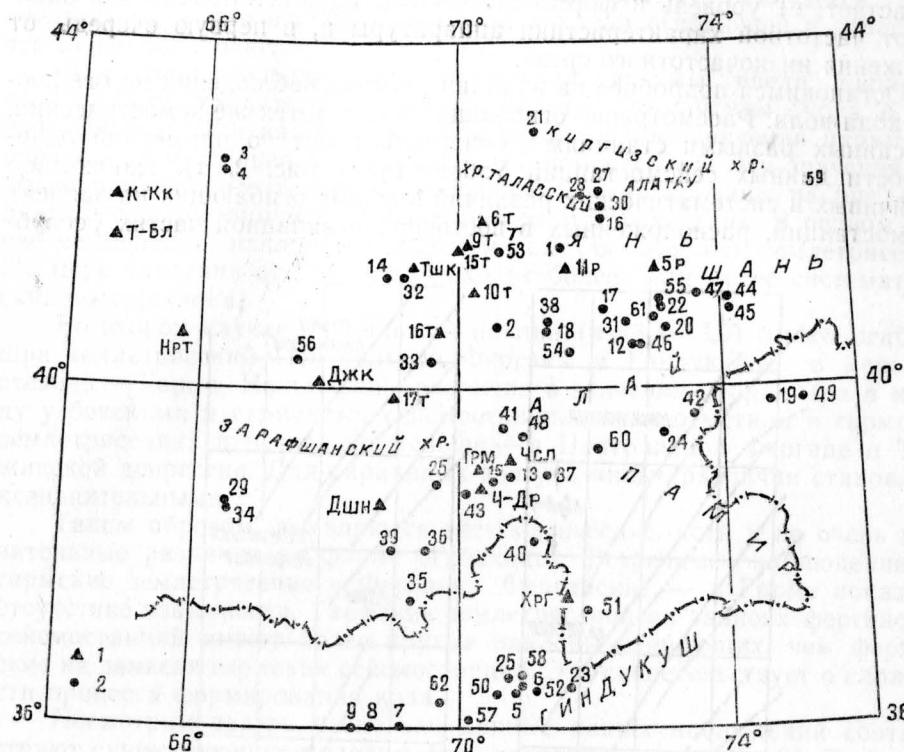


Рис. 1. Карта расположения сейсмостанций и эпицентров обработанных землетрясений.

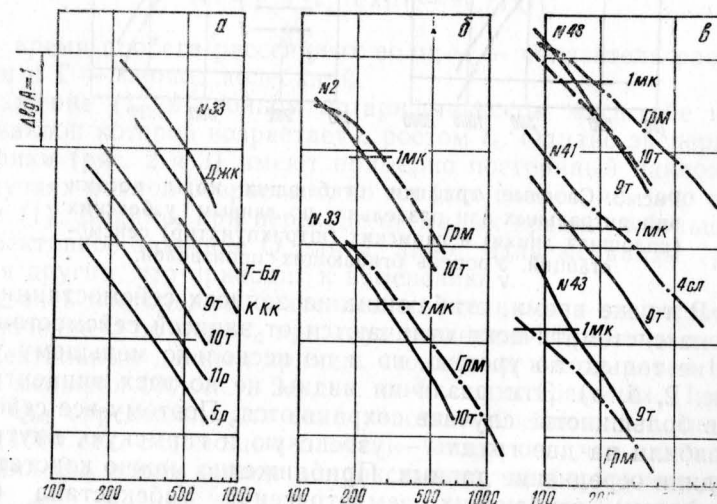


Рис. 2. Примеры огибающих коды-волн отдельных землетрясений:

а — сравнение формы огибающих одного землетрясения на разных сейсмостанциях; б — огибающие землетрясений ферганской зоны; в — огибающие землетрясений гармской зоны. Номера землетрясений и индексы сейсмостанций (см. рис. 1). Огибающие одного землетрясения (б и в), записанные одновременно одной из гармских (штрихпунктир) и узбекских (сплошная линия) сейсмостанций, нанесены с соблюдением их уровня.

возрастает; е) уровень и форма огибающей кода-волн несколько зависит от частотной характеристики аппаратуры и, в первую очередь, от положения низкочастотного среза.

Остановимся подробнее на влиянии региона наблюдений на огибающие кода-волн. Рассмотрение огибающих одних и тех же землетрясений, записанных разными станциями, свидетельствуют о примерной однородности данных сейсмостанций Узбекистана (рис. 2, а). Каких-либо устойчивых и систематических различий в форме огибающих на записях сейсмостанций, расположенных в восточной и западной частях республи-

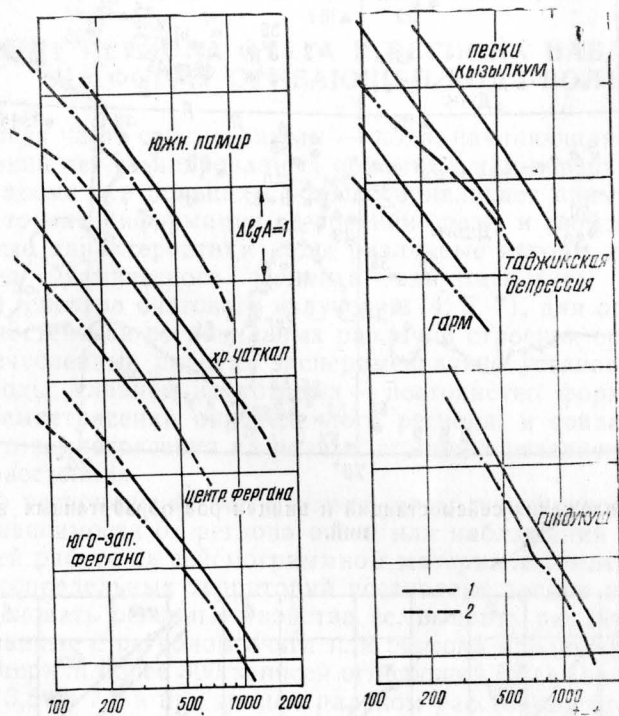


Рис. 3. Сводные графики огибающих кода восьми эпицентральных зон отдельно по данным узбекских (сплошная линия) и гармских (штрихпунктир) сейсмостанций. Уровень огибающих произволен.

лики, нет. В то же время, огибающие на записях сейсмостанций Гармского района систематически отличаются от записей сейсмостанций Узбекистана не только по уровню, но и по несколько меньшему углу наклона (рис. 2, б, в). Эти различия видны не во всех эпицентральных зонах, но в большинстве случаев сохраняются. Поэтому все сейсмостанции мы разбили на две группы — узбекскую и гармскую, внутри которых проводили осреднение данных. Приблизительно можно констатировать похожесть формы огибающих землетрясений Узбекистана (рис. 3). Только для землетрясений Центральной Ферганы и Гиндукуша огибающие проходят круче, чем для остальных.

В Памиро-Гиндукушской зоне огибающие отличаются большой устойчивостью и равномерным спаданием вдоль записи. Огибающие одного землетрясения на разных сейсмостанциях по уровню и форме лучше совпадают между собой, чем в коровых. Для этих землетрясений разли-

чий в показаниях двух групп сейсмостанций нет. Не отмечается также сколько-нибудь устойчивых изменений наклона огибающей в зависимости от глубины очага.

Для сопоставления наклона огибающих мы ввели параметр $n = \Delta \lg A / \Delta \lg t$, характеризующий уменьшение амплитуды кода A при 200—500 сек. Для каждой очаговой зоны средние значения параметра определили отдельно для двух групп сейсмостанций. Эти значения, условно приписанные только очаговой зоне, откартированы на рис. 4 по данным сейсмостанций Гармского района и Узбекистана. В первом случае наименьший наклон ($n=2,2$) отмечен для гармских землетрясений. По мере удаления от Гарма происходит более или менее систематический рост наклона.

Во втором случае наибольший наклон ($n=3,4-3,5$) имеют огибающие землетрясений Центральной Ферганы и Гиндукуша, в меньшей степени — Гарма. Наибольшие различия в значениях параметра n между узбекскими и гармскими сейсмостанциями мы отметили в гармских землетрясениях и несколько меньше — в Центральной Фергане и Таджикской депрессии. Для окраинных зон указанные различия становятся незначительными.

Таким образом, выявляются систематические, хотя и не очень значительные различия в форме огибающих. Встречные наблюдения — гармские землетрясения в Фергане, Ферганские — в Гарме показали отсутствие взаимности. Гармские землетрясения на записях ферганских сейсмостанций имеют более крутые наклоны огибающих, чем ферганские на записях гармских сейсмостанций. Это свидетельствует о сложности процесса формирования кода.

Посмотрим теперь насколько данные наших наблюдений соответствуют существующим моделям формирования кода (3,5—9). Если среда является однородной по параметрам рассеяния α и добротности Q , то огибающие коды аппроксимируются формулой вида

$$A \sim \sqrt{\alpha} \cdot t_c^{-\nu} \exp(-\pi t_c / TQ), \quad (1)$$

где t_c — время пробега рассеянных волн; ν — показатель расхождения этих волн и T — период колебаний.

Выражение (1) в двойном логарифмическом масштабе имеет вид кривой, наклон которой возрастает с ростом t_c . Однако экспериментальные графики (рис. 2 и 3) имеют примерно постоянный наклон. В некоторых случаях наклон возрастает, но гораздо слабее, чем это следует из формулы (1). Видимо, при переходе от малых времен к большим меняется эффективное значение Q или α , либо один механизм рассеяния сменяется другим, что приводит к изменению ν .

Задаваясь постоянным значением α , оценим как возрастает эффективное значение Q по мере t_c при двух значениях параметра ν . Согласно экспериментальным данным примем, что период в коде равен 1,7 сек. на временах меньших 400 сек. и 2,0 сек. на больших временах. Практически значение $Q_{эф}$ определили для семи участков огибающей в диапазоне t_c от 50 до 1000 сек. с помощью палетки. Оказалось, что закономерность возрастания $Q_{эф}$ вдоль записи аппроксимируется формулами вида

$$Q_{эф} \approx 15 t_c^{0,5} \text{ (при } \nu = 1) \text{ и } Q_{эф} = 7 t_c^{0,6} \text{ (при } \nu = 0,5).$$

Однозначная интерпретация результата невозможна. Можно высказать только некоторые соображения. Допустим, что кода формируется диффузионным механизмом (7), а среда построена так, что α одинакова во всем объеме, а Q растет с глубиной H . Тогда с ростом t_c доля

глубинных высокодобротных пород в общем эффективном объеме, формирующем коду, будет возрастать и проявится в виде роста эффектив-

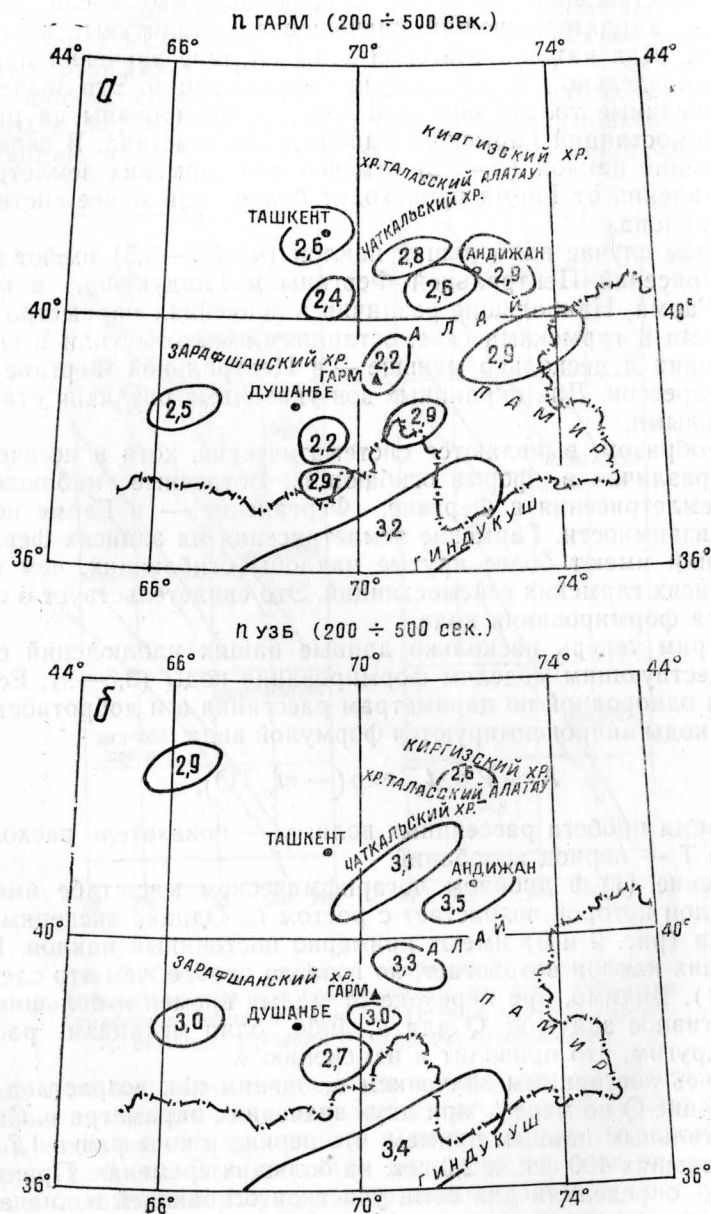


Рис. 4. Карта значений параметра n -логарифмической крутизны огибающей в диапазоне от времени от 200 до 500 сек: а — по данным гармских сейсмостанций; б — по данным узбекских сейсмостанций.

ного Q с t_c . Если же кода формируется за счет однократного рассеяния (3), то роль глубинных слоев также возрастает по мере увеличения t_c , но соответствие между $Q(H)$ и $Q_{эф}$ будет неоднозначным, зависящим от

того, происходят ли отражения от горизонтальных или от хаотично ориентированных границ.

Наконец, если допустить, что Q с глубиной не меняется, но на глубине существует слой с повышенными рассеивающими свойствами, то по мере увеличения t_c доля сильно рассеивающих пород в эффективном объеме будет возрастать. Это приведет к формированию более пологой огибающей, чем это следует из формулы (1) при постоянном значении α .

Таким образом, обратная задача неоднозначна. Существенное уменьшение этой неоднозначности возможно лишь при совместном использовании данных прямых и рассеянных волн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Востриков Г. А. Определение сейсмического момента местных землетрясений по характеристикам коды. «Изв. АН СССР», Физика Земли, 1975, № 11.
2. Нерсесов И. Л., Копничев Ю. Ф., Востриков Г. А. Магнитудная калибровка землетрясений по кода-волнам на расстояниях до 3000 км, ДАН СССР, т. 222, № 1.
3. Копничев Ю. Ф. Некоторые характеристики кода-волн, Авторефер. канд дисс., М., 1976.
4. Раутиан Т. Г., Халтурин В. И. Спектральные свойства коды местных землетрясений как инструмент исследования очагового излучения, ДАН СССР, т. 226, № 3.
5. Раутиан Т. Г. Роль очага и среды в формировании сейсмических колебаний, В сб. «Исследования по физике землетрясений», М., «Наука», 1976.
6. Akl K. Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scattered waves. J. Geophys. Res., 74, 1969.
7. Akl K., Chouet B. Origin of coda waves: source, attenuation, and scattering effects. J. Geophys. Res., 80, 1975.
8. Berkheimer H. A possible scattering mechanism for lunar seismic waves. Z. für Geophys., 36, 1970.
9. Dainty A. M. et al. Seismic scattering and shallow structure of the Moon in Oceanus Procellarum. Moon, 9, 1974.
10. Westley J. P. Diffusion of seismic energy in the near range. J. Geophys. Res., 70, 1965.

Институт сейсмологии
АН УзССР
Институт физики Земли
АН СССР

Поступило
21. III 1977 г.

М. С. Зокиров, В. И. Халтурин

ЗИЛЗИЛА УЧОҒИ РЕГИОНИ ВА КУЗАТИШ РЕГИОНИНИНГ КОДА-ТУЛҚИН
УРАМАСИНИНГ ШАКЛИГА ТАЪСИРИ

Ушбу мақолада сеймик коданинг асосий хусусиятлари ва унинг ўрамаси Ўзбекистон ва Тожикистон (Гарм райони) территорияларида ўрнатилган сеймик станцияларда қайд қилинган Ўрта Осиё зилзилалари тимсолида текширилган.