Доклады Академии наук СССР
1955. Том 101, № 4

ГЕОФИЗИКА

С. Д. КОГАН

О ПРИМЕНЕНИИ ПРИНЦИПА ФАЗОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ К УДАЛЕННЫМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМ

(Представлено академиком Г. А. Гамбурцевым 24 V 1954)

В настоящей работе излагается опыт фазовой корреляции удаленных землетрясений.

Общая постановка и основные пути решения задачи о фазовой корреляции землетрясений сформулированы в работах школы Г. А. Гамбурцева ([1-5]). Для местных землетрясений эти работы позволили существенно повысить точность определения координат очага и выявить ряд особенностей сейсмических волн ([3-5]).

При изучении удаленных землетрясений обычно ограничиваются волновой корреляцией, предполагая, что первые вступления каждой волны на всех станциях соответствуют одним и тем же фазам колебаний, идущих от очага.

Такая идентификация фаз основывается на удовлетворительном пересечении засечек (или совпадении времени в очаге при известном эпицентре). Однако точность определения эпицентра ± 50 км соответствует ошибке в определении $S-P$ от ± 5 до ± 2 сек.; поэтому при корреляции фаз по временам вступлений можно не заметить „потери" одного (при $\Delta > 50°$) или двух (при $\Delta < 50°$) экстремумов в волнах P или S с обычным периодом 4—6 сек. Отсюда следует, в частности, что без более надежной идентификации фаз нельзя существенно повысить точность определения координат очага, как бы точно ни отсчитывались моменты вступлений и абсолютное время.

При определении угла выхода и азимута на эпицентр также необходимо проводить фазовую корреляцию различных компонент смещений на данной станции. Наконец, при определении динамических параметров очага фазовую корреляцию необходимо проводить для всех волн на всех используемых станциях, чтобы быть уверенным, что наблюдаемое распределение знаков и отношения смещений определяются именно механизмом землетрясения.

Несмотря на большое удаление станций друг от друга, идентичность формы смещений на различных станциях заранее не представляется невероятной, так как бо́льшая часть пути изучаемых волн лежит в сравнительно однородных глубинных частях земли, а влияние неоднородности земной коры ослабляется благодаря большой длине волны (20—40 км.).

Для сопоставления коррелируемых записей составлялись, как это предложено в ([1]), „многоканальные" сейсмограммы (см. рис. 1 и 2). Около каждой записи указан тип волны, компонента смещения и (в обычных сокращениях) название станции; вертикальные линии проведены везде через 1 сек. Записи расположены сверху вниз в порядке возрастания эпицентрального расстояния.

Проведение корреляции осложнялось недостаточной идентификацией приборов на различных станциях.

Прежде всего следует отметить, что одноименные компоненты смещения в одних и тех же волнах коррелируются между различными станциями сравнительно хорошо — даже лучше, чем разные компоненты смещения в одной волне на одной станции; однако корреляция между последними также довольно отчетлива (рис. 1 *А*). Иногда удается установить корреляцию одноименных компонент смещения на большом интервале эпицентральных расстояний; так, на рис. 2 *А* форма записи на станции Нарын ($\Delta = 5{,}9°$) подобна записи остальных станций с $\Delta > 10°$ (если учесть уменьшение периода волн в Нарыне, связанное с уменьшением Δ).

При сравнении записи волн различных типов (особенно продольных и поперечных) оказывается, что не все они коррелируются, хотя в большинстве случаев имеет место определенное подобие формы (см. рис. 1 *Б*).

Иногда наблюдается отсутствие фазовой корреляции на отдельных станциях (см. рис. 2 *Б*).

В ряде случаев при помощи фазовой корреляции удается уверенно определить первое вступление волны в случае нечеткой записи. Так,

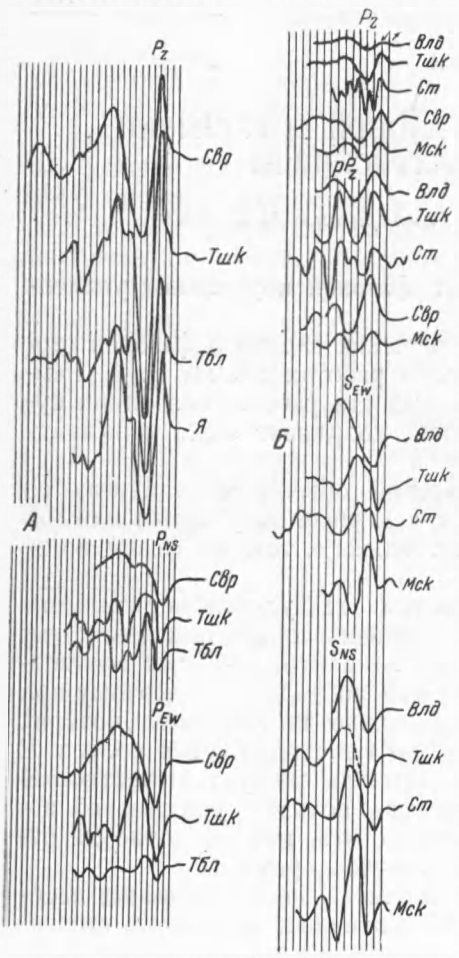


Рис. 1. *А* — „многоканальная" сейсмограмма землетрясения 3 XI 1949 г. 1 час, 48,5°N, 156,0° E, h =180 км. *Б* — «многоканальная» сейсмограмма землетрясения 6 II 1948 г., 1 час, 19,0° N, 147,0° E, h = 200 км

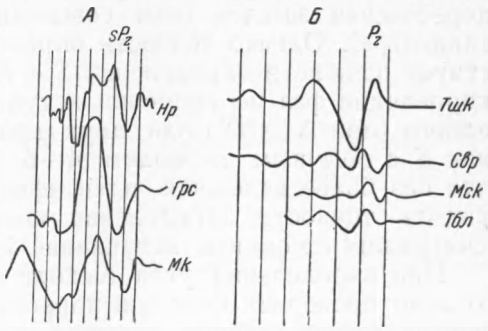


Рис. 2. *А* — корреляция при большом интервале эпицентральных расстояний 28 V 1952 г., 7 час., 37,0° N, 70,8° E, h = 230 км. *Б* — отсутствие фазовой корреляции на станции Ташкент, 11 VII 1949 г., 16 час., 35,0° N, 135,0° E, h = 45 км

например, на сейсмограмме станции Владивосток за первое было принято вступление в волне *P*, отмеченное на рис. 1 *Б* стрелкой ↙. Проведение корреляции показывает, что первым является вступление, отмеченное на рис. 1 *Б* стрелкой ↗.

При сопоставлении записей следует иметь в виду, что некоторые характерные особенности смещений могут быть обусловлены не формой первоначальной волны, а вступлением слабых, обычно не выделяемых волн, возникших на границах земной коры близ станций. Такие особенности могут примерно одинаково проявляться на некоторых станциях, нарушая корреляцию или, наоборот, создавая видимость

хорошей корреляции. Чтобы избежать ошибок, связанных с вступлением вторичных волн, корреляцию следует строить на основных, наиболее сильно выраженных особенностях смещений. Для выделения участков, где возможно вступление вторичных волн, были рассчитаны интервалы времени между приходом волны P и вступлениями основных вторичных волн (см. рис. 3).

С другой стороны, только при помощи фазовой корреляции можно рассчитывать на надежное прослеживание вторичных волн, что открывает новые возможности в изучении строения земной коры.

Результаты работы, конечно, не решают полностью проблемы введения фазовой корреляции в практику обработки каждого землетрясения, однако они показывают, что корреляция удаленных землетрясений возможна, повышает обоснованность интерпретации и позволяет отбирать надежные исходные данные не только среди отчетливых, но и среди слабых вступлений.

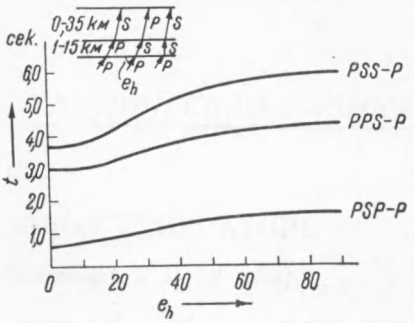


Рис. 3. Зависимость разности между временем прихода волны P и временами прихода основных вторичных волн от угла выхода волны P

Геофизический институт
Академии наук СССР

Поступило
19 V 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Г. А. Гамбурцев, ДАН, **92**, № 4 (1953). [2] Г. А. Гамбурцев, Ю. В. Ризниченко и др., Корреляционный метод преломленных волн, 1952. [3] Г. А. Гамбурцев, ДАН, **87**, № 1 (1952). [4] Г. А. Гамбурцев, ДАН, **87**, № 2 (1952). [5] Г. А. Гамбурцев, Е. И. Гальперин, Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 1 (1954).