

УДК [621.039.9+550.348]: 007(511)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СЕЙСМИЧЕСКОМУ РАСПОЗНАВАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ПОЛИГОНАХ ИНДИИ И ПАКИСТАНА

¹⁾Копничев Ю.Ф., ¹⁾Шепелев О.М., ²⁾Соколова И.Н.

¹⁾Комплексная сейсмологическая экспедиция ОИФЗ РАН, г. Талгар

²⁾Институт геофизических исследований ИЯЦ РК, г. Курчатов

По данным сейсмической станции Талгар, расположенной в Северном Тянь-Шане, изучена структура короткопериодных сейсмических полей подземных ядерных взрывов, произведенных на полигонах Похаран и Чагай, а так же землетрясений с эпицентрами, близкими к этим полигонам. Рассмотрены записи 37 событий, имеющих магнитуды 4.1-5.9, на эпицентральных расстояниях 1600-2290 км от станции. Анализировались отношения амплитуд различных фаз продольных и поперечных волн при узкополосных фильтрах с центральными частотами 0.3, 0.6, 1.25, 2.5 Гц. Определены параметры, обеспечивающие наиболее эффективное разделение взрывов и землетрясений для каждого из двух полигонов.

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к решению задач распознавания сейсмических событий в Индии и Пакистане очень велик, так как эти регионы еще мало изучены. Сейсмическая станция Талгар является одной из немногих станций в мире, расположенных на региональных расстояниях относительно испытательных полигонов Индии, Пакистана и Китая, одновременно. При таких расстояниях на динамических характеристиках регулярных сейсмических волн сильно отражаются неоднородности поля поглощения в литосфере и астеносфере. На наш взгляд недостаточно использовать корректирующие параметры, зависящие только от расстояния. Поэтому для более корректного решения задач распознавания необходимо сопоставлять записи взрывов и землетрясений из сравнительно небольших районов. С целью получения представительной выборки данных авторами использованы записи сейсмического архива КСЭ, накопленные за длительный срок наблюдений. Для того чтобы исключить эффекты, связанные с различием частотных характеристик регистрирующих приборов, при обработке записей, полученных разнородной аппаратурой, применялась узкополосная частотная фильтрация.

Ниже описываются результаты исследований по распознаванию ядерных взрывов на полигонах Похаран, расположенном в западной части Индии, Чагай, расположенном на юго-западе Пакистана, и близких к ним землетрясений. В отличие от некоторых публикаций последних лет [4, 14, 15], в статье использованы данные по взрывам и землетрясениям за значительно более длительный период времени (1973-1999 г.г.), рассмотрены как отношения основных сейсмических фаз к R_p , так и отношения этих фаз к R , для исследований использовались события только из сравнительно небольших районов Азии, в пределах которых находятся полигоны.

СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для исследований использовались записи, полученные на станции Талгар (TLG) Комплексной сейсмологической экспедиции Объединенного института физики Земли РАН. Координаты станции Талгар (TLG) - 43.249° северной широты и 77.223° восточной долготы, высота над уровнем моря - 1120 м. На рис. 1. приведено расположение эпицентров исследуемых событий. Это - два района, прилегающих соответственно к испытательным полигонам в Индии и Пакистане.

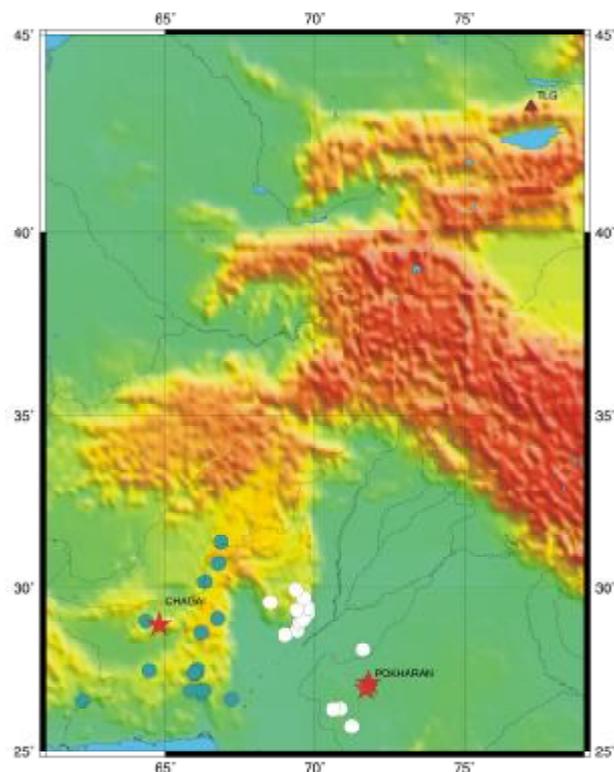


Рис. 1. Расположение сейсмических станций и эпицентров сейсмических событий

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СЕЙСМИЧЕСКОМУ РАСПОЗНАВАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ
ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ПОЛИгонаХ ИНДИИ И ПАКИСТАНА**

Табл. 1. Параметры событий из района испытательного полигона Похаран

Дата	Время	Широта	Долгота	Глубина, км	Тип	mb
11/15/1973	17:10:22.2	29.261	69.773	33	землетрясение	5.1
2/09/1974	4:07:37.7	28.729	69.405	33	землетрясение	4.9
5/18/1974	2:34:55.3	26.949	71.704	0	ПЯВ	5.0
12/30/1977	23:22:39.3	28.972	69.480	17	землетрясение	4.8
1/02/1978	23:49:55.2	29.069	69.611	32	землетрясение	4.6
5/19/1985	1:29:07.5	29.345	69.393	33	землетрясение	4.7
11/03/1985	19:41:08.2	25.788	71.236	33	землетрясение	4.8
11/08/1991	15:13:44.1	26.323	70.607	22	землетрясение	5.6
11/20/1991	12:10:31.6	26.335	70.861	19	землетрясение	4.5
4/04/1995	15:29:52.6	28.148	71.604	21	землетрясение	4.8
6/16/1995	21:11:08.4	29.419	69.292	33	землетрясение	4.1
7/11/1995	23:45:44.0	29.704	69.625	23	землетрясение	4.6
6/21/1996	00:32:52.4	28.612	68.999	33	землетрясение	4.8
3/03/1997	2:28:33.2	29.578	68.511	33	землетрясение	4.7
5/11/1998	10:13:41.7	27.105	71.802	0	ПЯВ	5.2
6/26/1998	1:23:52.6	29.949	69.359	33	землетрясение	4.9
6/26/1999	21:54:10.9	30.098	69.444	33	землетрясение	5.3
6/29/1999	00:57:56.9	30.01	69.372	33	землетрясение	4.9
7/12/1999	03:42:16.9	30.069	69.419	33	землетрясение	5.4

Табл. 2. Параметры событий из района испытательного полигона Чагай

Дата	Время	Широта	Долгота	Глубина, км	тип	mb
4/28/1980	7:04:41.7	27.492	64.462	34	землетрясение	5.4
10/02/1984	2:23:43.7	26.782	66.205	33	землетрясение	4.8
10/02/1984	3:19:40.2	26.889	66.209	7	землетрясение	5.2
8/08/1991	11:12:38.4	26.879	65.848	53	землетрясение	5.3
9/15/1991	2:12:24.9	30.724	66.763	26	землетрясение	4.6
1/20/1992	8:58:22.5	27.398	65.994	27	землетрясение	5.2
1/21/1992	22:07:58.9	26.632	67.198	26	землетрясение	5.4
2/05/1992	23:41:36.8	31.365	66.858	33	землетрясение	5.0
3/09/1992	16:59:28.6	27.424	66.044	19	землетрясение	4.9
4/24/1992	7:07:23.9	27.55	66.065	25	землетрясение	5.9
7/14/1992	4:24:28.2	30.181	66.32	33	землетрясение	4.6
8/23/1992	21:32:48.7	27.43	65.956	33	землетрясение	4.6
8/28/1992	0:50:50.4	29.087	66.74	9	землетрясение	5.5
9/18/1992	23:52:35.7	28.669	66.193	24	землетрясение	4.9
6/25/1997	7:13:13.2	26.897	66.276	33	землетрясение	4.7
1/05/1998	16:58:35.2	29.013	64.352	19	землетрясение	4.9
5/28/1998	10:16:15.2	28.902	64.789	0	ПЯВ	4.8
5/28/1998	20:32:46.5	26.576	62.23	47	землетрясение	4.7

Примечание: ПЯВ - подземный ядерный взрыв.

Применительно к Индийскому испытательному полигону рассматривался район, ограниченный координатами 25.5°-30.5° северной широты и 68.8°-71.8° восточной долготы. Было обработано 19 записей событий с эпицентрными расстояниями от 1600 до 2000 км и магнитудами mb от 4.1 до 5.4. Также было обработано 18 записей событий из района, прилегающего к Пакистанскому испытательному полигону и ограниченного координатами 26.5°-31.5° северной широты и 62.2°-67.2° восточной долготы. Диапазон магнитуд mb – 4.1-5.9. Диапазон эпицентральных расстояний – 1670-2290 км. Параметры обработанных событий приведены в табл. 1 и 2.

В настоящей работе использовались данные, полученные аппаратурой разных типов:

- СКМ-3 с полосой пропускания - 0.5-9 Гц [1];
- аппаратура ЧИСС, имеющая несколько каналов в частотном диапазоне 0.022-45 Гц [3];
- сейсмометры СМГ-3 с полосой пропускания 0.03-80 Гц [2].

Таким образом, использование разнородных данных позволило охватить достаточно большой период времени (с 1973 года по 1999).

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Методика обработки данных, использованная в данной работе, в целом аналогична методике, описанной в [5]. Использовались фильтры с центральными частотами 0.3 Гц, 0.6 Гц, 1.25 Гц и 2.5 Гц, фильтр с центральной частотой 5 Гц не использовался. Измерялись максимальные амплитуды в волнах P, Pn, Sn, S, Sm, Lg, а также в коде Lg. Времена вступлений фаз Pn, Sn, S, Lg определялись по годографу КСЭ [9]. Sm – условное обозначение волны, приходящей после вступления Sn до вступления Lg и имеющей максимальную амплитуду в этом временном интервале. Если амплитуда Sn превышала все амплитуды в этом интервале, то считалось, что Sm совпадает с Sn. Время вступления волны Sm для разных компонент определялось независимо, то есть фактически на каждой компоненте определялись различные волны, условно названные Sm. В коде Lg измерения проводились в интервалах времени $600 \pm \Delta t$, где величины Δt были равны 10 с для частот 0.3, 0.6 и 1.25 Гц и 5 с для частоты 2.5 Гц (время t отсчитывается от начала излучения в очаге). Эта фаза обозначалась с600. Волновая фаза Pn опреде-

лялась как первое видимое вступление, что соответствует годографу. Фаза P обозначена условно. Время ее вступления определялось в частотных диапазонах с центральными частотами 1.25 Гц и 2.5 Гц как волнового цуга, вступающего через 3-5 с после Pn. Амплитуда Pn определялась как максимум во временном интервале от начала вступления Pn до вступления P. Амплитуда P замерялась во временном окне около 5 с. от начала вступления фазы. В тех случаях, когда волновые фазы не выделялись или выделялись очень слабо, замеры амплитуды соответствующей волны не проводились.

Для анализа были использованы логарифмы отношения амплитуд Sn, S, Sm, Lg и с600 к амплитудам Pn и P, измеренным на той же компоненте (вертикальной или горизонтальной). Так как на записях ЧИСС была представлена только вертикальная компонента, то замеры на горизонтальных компонентах использовались как вспомогательная информация. Для распознавания событий рассматривались следующие характеристики логарифмов амплитудных отношений: средние выборочные значения для взрывов и землетрясений; дисперсии по выборке; коэффициент качества разделения; пороговое значение, при котором происходит разделение взрывов и землетрясений; ошибки типа «ложная тревога» и «пропуск цели» [5].

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Индийский испытательный полигон. Было обработано 19 записей событий с эпицентрными расстояниями от 1600 до 2000 км, из них 17 записей землетрясений и 2 записи ядерных испытаний (18 мая 1974 г. и 11 мая 1998г.). Ядерное испытание 13 мая 1998 г., заявленное индийским правительством, обна-

ружить не удалось, несмотря на то, что были просмотрены сейсмограммы за 24 часа (по 12 часов до и после заявленного времени). Это не удалось сделать и некоторым другим исследователям [12,17].

По описанной выше методике проводились измерения по всем перечисленным волновым фазам: P, Pn, S, Sn, Sm, Lg и с600 - Рис.2. На количество замеров существенно повлияло отношение сигнал/шум в рассматриваемых частотных диапазонах. В диапазоне с центральной частотой 0.6 Гц было обработано 18 событий, в диапазоне с центральной частотой 1.25 Гц – 19 событий, в диапазоне с центральной частотой 2.5 Гц – 9 событий. Во всех трех частотных диапазонах наблюдается безошибочное разделение подземных ядерных взрывов и землетрясений для параметров S/P, Sn/P, Sm/P и Lg/P, измеренных на вертикальной компоненте. Наиболее высокие коэффициенты качества разделения оказались в частотном диапазоне около 2.5 Гц. Самым эффективным параметром в этом частотном диапазоне оказался параметр Sm/P, коэффициент качества разделения для него равен 4.95. Однако на частоте 2.5 Гц существенное влияние оказывает уровень шумов, что ограничивает количество пригодных для изучения записей. Более оптимальным является частотный диапазон около 0.6 Гц. Для параметра Sm/P коэффициент качества разделения на этой частоте равен 3.14. Для параметра Sn/P этот коэффициент выше, но волновую фазу Sn часто не удается выделить. Параметры S/Pn, Sn/Pn, Sm/Pn, Lg/Pn и с600/Pn оказались неэффективными во всех рассмотренных частотных диапазонах. Данные по эффективности распознавания приведены в табл. 3 и на рис. 3.

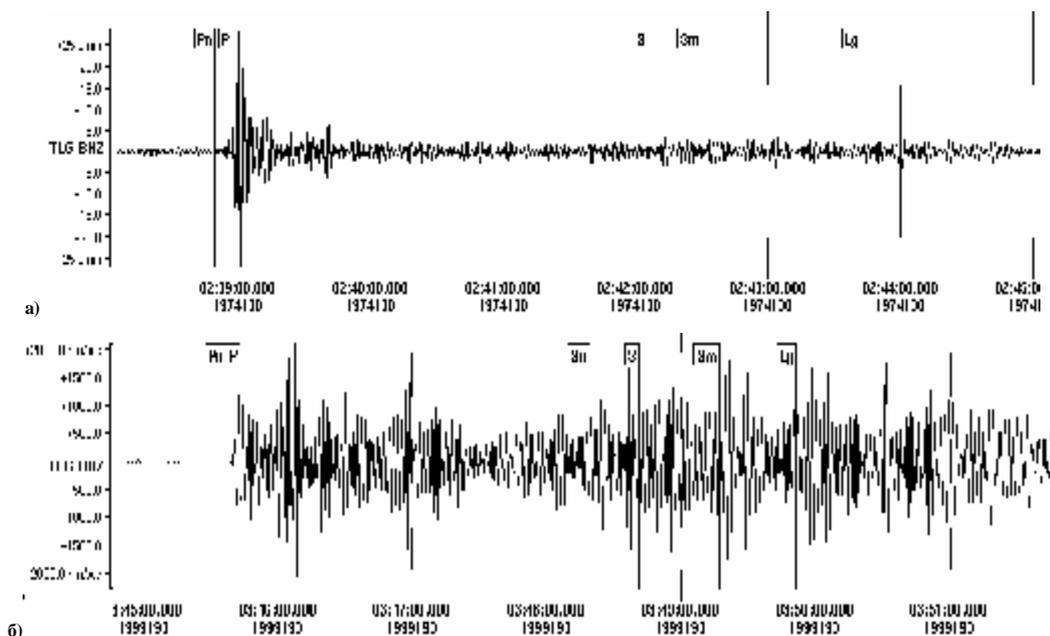


Рис. 2 Сейсмограммы подземного ядерного взрыва на полигоне Похаран 18 мая 1974 г., $D = 1875$ км (а) и землетрясения 12 июля 1999 г., $D = 1620$ км (б). Станция TLG, фильтр с центральной частотой 0.6 Гц

Табл. 3. Ошибки распознавания событий из района полигона Похаран. Станция TLG, канал Z

Фильтр, Гц	Параметр	S/P	Sn/P	Sm/P	Lg/P	c600/P	S/Pn	Sn/Pn	Sm/Pn	Lg/Pn	c600/Pn
0.6	Пороговое значение	-0.568	-0.735	-0.480	-0.480	-0.685	-0.202	-0.286	-0.1101	-0.0249	-0.4028
	пропуск цели	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	1.000	0.5	0.5	0.5
	ложная тревога	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.667	1.000	0.5	0.5	0.5
1.25	Пороговое значение	-0.827	-0.926	-0.763	-0.908	-1.267	-0.351	-0.535	-0.2563	-0.4438	-0.9986
	пропуск цели	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0	0.5	0
	ложная тревога	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0	0.6667	0
2.5	Пороговое значение	-0.906	-0.804	-0.906	-0.984	-	-0.344	-0.326	-0.3444	-0.4408	-
	пропуск цели	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.167	0.000	0.5	0.5	-
	ложная тревога	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.444	0.000	0.6667	0.5	-

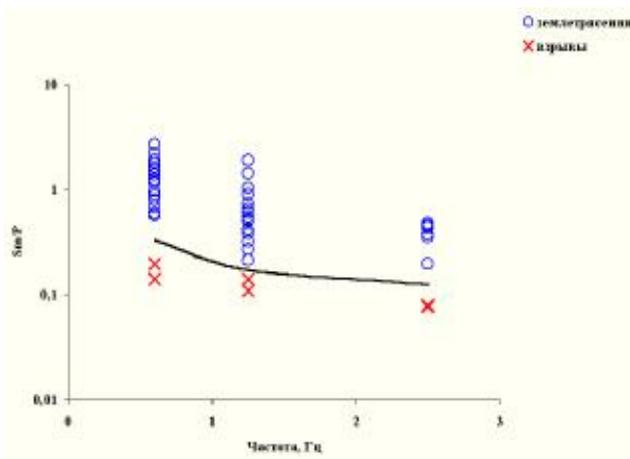


Рис. 3. Распределение отношений Sm/P для взрывов и землетрясений из района испытательного полигона Похаран. Станция Талгар, канал Z

Пакистанский испытательный полигон. Было обработано 18 записей событий с эпицентрными расстояниями от 1670 до 2290 км, в том числе запись подземного ядерного взрыва 28 мая 1998г. Сигнал от испытания 30 мая 1998 г. на сейсмограмме обработать не удалось из-за наложения сигнала от предше-

ствовавшего ему сильного землетрясения в Афганистане (30 мая 1998 г. 06:22, Mb = 5.9) [8,17].

Проводились измерения по всем перечисленным волновым фазам: P, Pn, S, Sn, Sm, Lg и c600 (рис.4). В диапазоне с центральной частотой 0.3 Гц было обработано 15 записей, в диапазоне с центральной частотой 0.6 Гц – 17 записей, в диапазоне с центральной частотой 1.25 Гц – 15 записей. Использование отношений типа X/Pn во всех частотных диапазонах оказалось менее эффективным, чем использование отношений типа X/P. Для параметров S/P, Sn/P, Sm/P, Lg/P и c600/P, замеренных на вертикальной компоненте, наилучшее выделение взрыва наблюдается в диапазоне частот около 1.25 Гц. В диапазоне около 0.6 Гц для этих параметров, кроме S/P, разделение также достаточно эффективное. Однако в диапазоне частот около 0.3 Гц для тех же параметров не наблюдается никакого разделения (рис.5). Самым эффективным оказался параметр Sm/P, замеряемый на вертикальной компоненте в диапазоне частот около 1.25 Гц. Коэффициент качества разделения для этого параметра равен 3.4. Данные по эффективности распознавания приведены в табл. 4 и на рис.5.

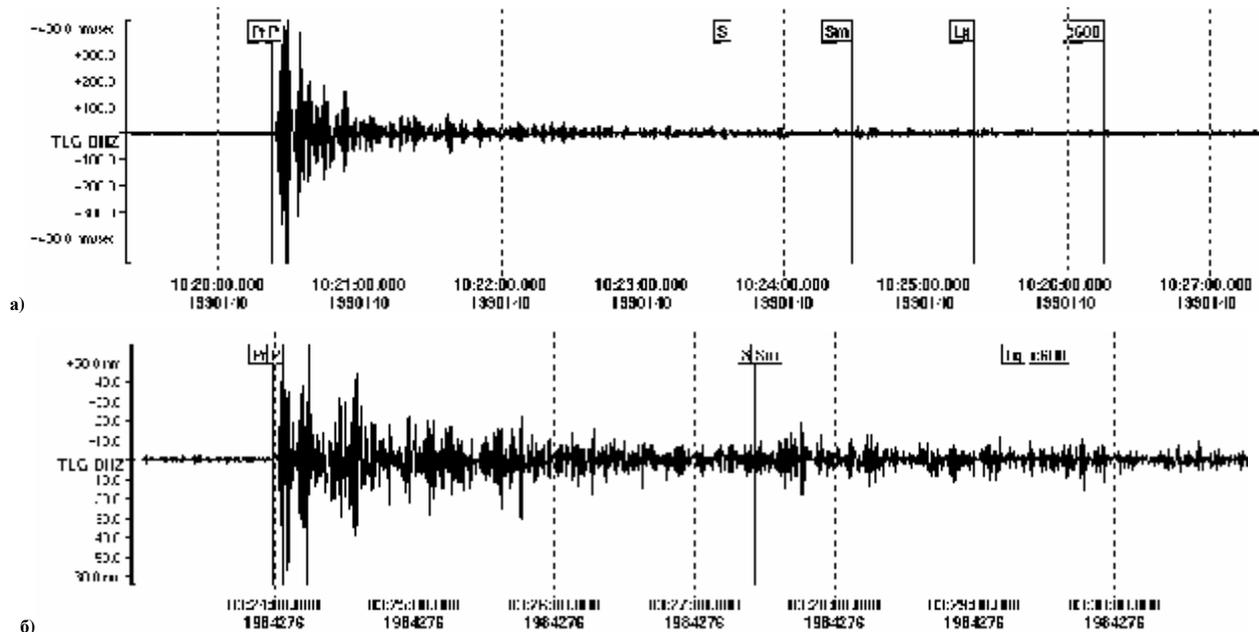


Рис. 4. Сейсмограммы подземного ядерного взрыва на полигоне Чагай 28 мая 1998 г., D = 1940 км (а) и землетрясения 2 октября 1984 г., D = 2070 км(б). Станция TLG, фильтр с центральной частотой 1.25 Гц

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СЕЙСМИЧЕСКОМУ РАСПОЗНАВАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ
ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ПОЛИгонаХ ИНДИИ И ПАКИСТАНА**

Табл. 4. Ошибки распознавания событий из района испытательного полигона Чагай. Станция TLG, канал Z

Фильтр, Гц	Параметр	S/P	Sm/P	Lg/P	c600/P	S/Pn	Sm/Pn	Lg/Pn	c600/Pn
0.3	Пороговое значение	-0.015	0.055	-0.234	-0.193	-	-	-	-
	пропуск цели	0.500	1.000	1.000	0.000	-	-	-	-
	ложная тревога	0.750	1.000	1.000	0.000	-	-	-	-
0.6	Пороговое значение	-0.973	-0.905	-1.071	-1.215	-0.798	-0.798	-0.735	-1.174
	пропуск цели	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000
	ложная тревога	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000
1.25	Пороговое значение	-1.239	-1.140	-1.276	-1.353	-1.040	-1.062	-1.277	-1.314
	пропуск цели	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
	ложная тревога	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000

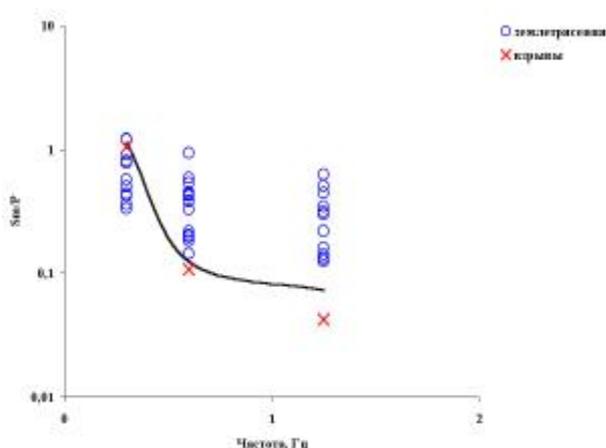


Рис. 5. Распределение отношений Sm/P для взрывов и землетрясений из района испытательного полигона Чагай. Станция Таггар, канал Z

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В целом авторы придерживались методики, описанной ранее [5]. Однако в данной работе существенная роль была отведена использованию двух фаз, характеризующих продольные волны: Pn и P. Использование фазы Pn показало, как правило, ее низкую эффективность для распознавания событий как в районе полигона Чагай, так и полигона Похаран. В то же время, параметры типа X/P оказались значительно лучше, чем параметры X/Pn, по величине

коэффициента качества разделения и количеству ошибок (Табл. 3 - 4). Так, для полигона Похаран наиболее эффективный параметр типа X/Pn - Sm/Pn, в диапазоне 1.25 Гц имеет величину коэффициента качества разделения 1.2, а параметр Sm/P в частотном диапазоне 2.5 Гц имеет значение 4.95. Аналогичная картина наблюдается и для полигона Чагай.

Самым эффективным для распознавания событий на обоих полигонах оказался параметр Sm/P, замеренный на вертикальной компоненте. Полученный результат хорошо согласуется с данными, полученными ранее для полигона Лобнор [5,6,7,10], где использование волновой фазы Sm, замеренной на вертикальной компоненте, также показало её высокую эффективность. Частотные диапазоны, наилучшие в смысле распознавания, также хорошо согласуются для всех трех полигонов. Коэффициенты качества разделения увеличиваются при приближении к диапазону с центральной частотой 5 Гц. Однако в этом диапазоне не всегда удается провести замеры из-за влияния эпицентральных расстояний и частотных характеристик аппаратуры. Согласованность результатов позволяет продолжать исследования по систематизации критериев распознавания подземных ядерных взрывов для других полигонов Центральной и Южной Азии с целью создания методики обнаружения ядерных испытаний в реальном времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аранович З.И., Кирнос Д.П., Токмаков В.А. и др. Основные типы сейсмометрических приборов. // Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР. М.: Наука, 1974, с. 43-117.
2. Беляшова Н.Н., Малахова М.Н. Сейсмологическая сеть национального ядерного центра Республики Казахстан как составная часть международной системы мониторинга ядерных испытаний. // Вестник НЯЦ РК Геофизика и проблемы нераспространения. Курчатова, 2000, с. 13-16.
3. Запольский К.К. Частотно-избирательные сейсмические станции ЧИСС. // Экспериментальная сейсмология. М.: Наука, 1971, с. 20-36.
4. Кедров О.К., Люкэ Е.И. Распознавание ядерных взрывов и землетрясений в Евразии по сейсмическим данным на региональных расстояниях. // Физика Земли. 1999, № 9, с. 52-75.
5. Копничев Ю.Ф., Шепелев О.М., Соколова И.Н. Распознавание ядерных взрывов и землетрясений на региональных расстояниях для полигона Лобнор. Геофизика и проблемы нераспространения. Вестник НЯЦ РК, вып.2, 2000, с.65-77
6. Копничев Ю.Ф., Шепелев О.М., Соколова И.Н. Исследования по сейсмическому распознаванию подземных ядерных взрывов на полигоне Лобнор. Мониторинг ядерных испытаний и их последствий. Тезисы докладов. Международная конференция. 21-25 августа 2000 г. Боровое. Казахстан. С.27.
7. Копничев Ю.Ф., Шепелев О.М., Соколова И.Н. Исследования по сейсмическому распознаванию подземных ядерных взрывов на индийском полигоне Похаран. Мониторинг ядерных испытаний и их последствий. Тезисы докладов. Международная конференция, Боровое. Казахстан. с.26.

8. Михайлова Н.Н., Комаров И.И., Синева З.И. Индийский и Пакистанский подземные ядерные взрывы 1998 г. по данным Казахстанской сейсмической сети наблюдений. Геофизика и проблемы нераспространения. Вестник НИЦ РК, вып.2, 2000, с. 53-64.
9. Нерсесов И.Л., Раутиан Т.Г. Кинематика и динамика сейсмических волн на расстояниях до 3500 км от эпицентра. // В кн. Экспериментальная сейсмика. Труды ИФЗ АН СССР. Наука, Москва, 1964, с.63-87.
10. Шепелев О.М., Соколова И.Н. Методика идентификации подземных ядерных взрывов из района полигона Лобнор по Казахстанским сейсмическим станциям. Международный семинар "Технологии ядерной энергетики.", Астана, 2000, с.102.
11. Bernard M., Reiter D., Rieven S., et al. Development of a 3-D model for improved seismic event location in the Pakistan/India region. // 21st Seismic Research Symposium, Las Vegas, 1999, 374-382.
12. Canty M. J., Schlittenhardt J., Satellite data Used to Locate Site of 1998 Indian Nuclear Test. EOS, 2001, v. 82, N3.
13. Gupta, V., and F. Pabian, Investigating allegations of Indian nuclear test preparations in the Rajasthan Desert, 1996.
14. Fisk M., Bootone S., et al. Event characterization using regional seismic data. // 21st Seismic Research Symposium, Las Vegas, 1999, 427-437.
15. Murphy J., Sultanov J., et al. Application of Soviet PNE data to the improvement of seismic monitoring capability. // 21st Seismic Research Symposium, Las Vegas, 1999, 534-541.
16. Rogers A.J., Lay T., Walter W.R. and Mayeda K.M. A comparison of regional phase amplitude ratio measurement techniques. // Bull. Seism. Soc. Amer., 1997, Vol. 87, № 6.
17. Wallace, T.C., The May 1998 India and Pakistan nuclear tests, Seism. Res. Lett., 69, 386-393, 1998.

ИНДИЯ МЕН ПАКИСТАН ПОЛИГОНДАРЫНДА ЖЕР СІЛКІНІСІ МЕН ЖЕР АСТЫНДАҒЫ ЯДРОЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТАРДЫ СЕЙСМИКАЛЫҚ АЙЫРЫП ТАҢУЫ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУЛЕР

^{1)Ю.Ф. Копничев ^{1)О.М. Шепелев, ^{2)И.Н. Соколова}}}

<sup>1)РҒА ЖФБИ Кешенді сейсмологиялық экспедициясы
^{2)ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты}</sup>

Солтүстік Тянь-Шаньда орналасқан Талғар сейсмикалық станциясының деректері бойынша Похаран және Чагай полигондарында өткізілген жер астындағы ядролық жарылыстардың, сондай-ақ эпиорталықтары осы полигондарға жақын жер сілкіністердің қысқапериодты сейсмикалық өрістердің құрылымы зерттеліп білінген. Станциядан 1600-2290 км. эпиорталықтық қашықтықтағы, 4,1-5,9 магнитудасымен 37 оқиғалардың жазбасы қаралған. 0,3; 0,6; 1,25; 2,5 Гц. орталықтық жиіліктерімен таржолалық сүзгіде кума және көлденең толқындардың әр түрлі фазалардың амплитудаларының қатынасы талданған. Екі полигонның әрқайсысына жарылыстар мен жер сілкіністерді тиімді айыруын қамтамасыз ететін параметрлері анықталды.

A STUDY OF SEISMIC DISCRIMINATION BETWEEN UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSIONS AND EARTHQUAKES AT INDIAN AND PAKISTAN TEST SITES

^{1)Yu.F. Kopnichev, ^{1)O.M. Shepelev, ^{2)I.N. Sokolova}}}

<sup>1)Complex Seismological Expedition of the Joint Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Talgar
^{2)Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov}</sup>

Using data from Talgar seismic station located in the Northern Tien-Shan, we have studied the structure of short-period seismic fields for underground nuclear explosions (conducted at Pokharan and Chagai Hills test sites) and earthquakes with epicenters close to these test sites. The records of 37 seismic events with the magnitudes between 4.1 and 5.9 and epicenters 1600–2290 km away from the station have been studied. Amplitude ratios have been analyzed for different phases of longitudinal and shear waves and narrow-band filters with the central frequencies of 0.3, 0.6, 1.25, and 2.5 Hz. The optimal parameters have been determined for each test site, thus allowing the most effective discrimination between explosions and earthquakes.