

МЕТОДИКА РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ ПО ЗАПИСЯМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «СТЕПАНАВАН»

© 2008г. А.А. Саакян

«Северная служба сейсмической защиты» РА
3115, Гюмри, ул. В Саркисяна, 5а, Республика Армения
E-mail: ndnssp@shirak.am

Поступила в редакцию 16.09.2008г.

Разработаны статистические, кинематические и динамические критерии идентификации промышленных взрывов. Показано, что для взрывов огибающие ЧИСС коды быстро затухают по сравнению с землетрясениями. Амплитудные спектры для взрывов, начиная с 5 Гц, P_m больше, чем $S_m \cdot A_{100}$, начиная с 0,6 Гц, монотонно уменьшается, а для землетрясений имеет различный характер. Составлен список взрывов, произведенных в Болнисском районе Грузии за 2007 г.

За последние десятилетия, в связи с расширением и усовершенствованием сейсмологической наблюдательной сети, значительно возросла детальность сейсмологических исследований во всех достаточно сейсмоактивных областях стран СНГ и, в частности, на Кавказе в целом. Это привело к тому, что стали регистрироваться сейсмические события низких энергетических классов. В связи с этим открылась возможность на основе более широкого энергетического диапазона исходного экспериментального материала решать задачи, связанные с сейсмическим режимом, оценкой сейсмической опасности, особенностями пространственно-временных распределений местных землетрясений. Но оказалось, что на Кавказе стремление к детальности исследований таким путем привело к неоправданному увеличению всех параметров сейсмичности и даже к выделению фиктивных очаговых зон за счет попадания в каталог карьерных взрывов в качестве землетрясений, т.к. интенсивное индустриальное развитие привело к увеличению количества промышленных взрывов, которые, в свою очередь, являются источниками упругих волн.

Вопрос очистки каталогов часто возникал в научных кругах, однако до сих пор он остался нерешенным как организационно (нет данных о координатах места и времени взрывов, их мощности), так и научно (отсутствуют исчерпывающие критерии выделения взрывов от землетрясений по их записям), а необходимость детального изучения слабых землетрясений и возможность использования записей взрывов при решении ряда прикладных задач ставят вопрос об их распознавании.

Проблема изучения взрывов, как источников динамических характеристик возбужденных ими волн, и сравнения с теми же характеристиками землетрясений исследована, в основном, для ядерных взрывов (Антикаев, 1969; Годзиковская, 1987; Доцев, Халтурин, 1987; Нерсесов, Николаев, 1962). При этом некоторые из применяемых подходов переносятся после определенной модификации на промышленные взрывы (Пасечник, 1970; Синицын, Киселев, 1986;

Frantii, 1963). Результаты исследований промышленных взрывов изложены в работах (Саакян, 1996; Sahakyan et al., 2007), а более фундаментальный подход по идентификации промышленных химических взрывов предлагается в работах (Христосков и др, 1986; Frantii, 1963; Husebye, Mykkeltreit, 1981; Matsumera, 1985; Press, Dewart, 1963; Weichert, 1971; Wiss et al. 1971).

Если подойти фундаментально, то методы, способы и признаки выделения промышленных взрывов от землетрясений могут быть статистическими, кинематическими и динамическими. Статистические методы дают хороший результат, когда речь идет о пространственно-временном распределении взрывов. Это внутрисуточное распределение, распределение по площади, отклонение от закона повторяемости и др. Применение статистических методов позволило выделить следующие четыре основные зоны на Кавказе, где производятся интенсивные промышленные взрывы: Приэльбрусский район в России, Болнисский – в Грузии, Дашкесанский – в Азербайджане и Каджаранский – в Армении. Но когда речь идет об отдельных событиях, то статистические методы совершенно бессильны, поэтому здесь мы будем рассматривать те признаки и критерии, которые позволили бы выделить единственный искусственный источник от естественного. Это, прежде всего, динамические характеристики.

Так как волновая энергия промышленных взрывов соответствует землетрясениям с $M \sim 1,0 \div 2,5$ и реже $M \sim 3$, то из-за быстрого затухания упругих волн и разрешающей способности регистрирующей аппаратуры сейсмологической станции «Степанаван», кроме взрывов Болнисской зоны невозможно идентифицировать взрывы более удаленных регионов Кавказа.

Динамические признаки могут быть качественными и количественными. Для их выявления нами были рассмотрены и проанализированы записи приборов СКМ-3 и ЧИСС-КП на сейсмической станции «Степанаван». Анализ записей этих событий выявил следующие стличительные качественные характеристики:

1. Первые вступления на вертикальной ком-

плените обязательно имеют знак плюс, т.е. при взрывах всегда первой вступает волна сжатия. На приборах СКМ-3 характерный период $T_p = 0,3 \div 0,4$ с.

2. На приборах СКМ-3, по сравнению с землетрясениями того же класса, на горизонтальных компонентах первые вступления имеют менее четкий характер.

3. Волна S сравнительно интенсивная на составляющих Z и B -3 с преобладающими периодами $0,5 \div 1$ с. Волна S практически поляризована, колебания в волне происходят в близвертикальной плоскости.

4. Вслед за поперечной S волной поступает более интенсивная волна с характерным периодом $T \sim 1,2 \div 1,8$ с, причем при этих взрывах она более интенсивна для составляющих Z и C -Ю. (рис.1) Как показали расчеты, средняя скорость распространения этих волн составляет $2,2$ км/с. Анализ показал, что эти волны по характеру соответствуют Релеевским волнам (L_R), они образуются в самом верхнем слое земной коры, колебания частиц в этих волнах также происходят в близвертикальной плоскости как и колебания S волн, которые происходят вниз и вверх, колебания L_R волны происходят по эллиптической орбите, вытянутой в вертикальной плоскости

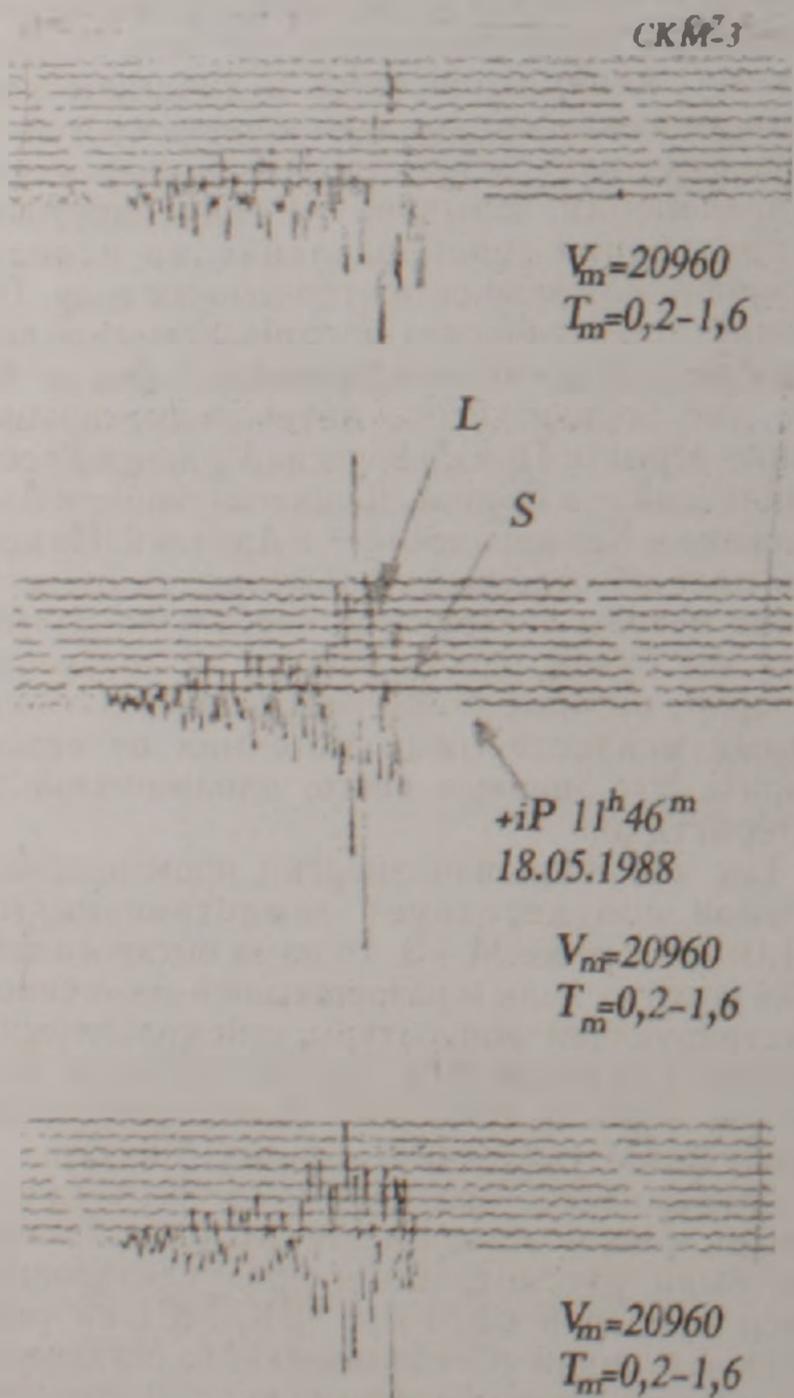


Рис. 1. Пример записи взрыва на сейсмической станции «Степанаван» прибором СКМ-3

5. На приборах ЧИСС-КП на высокочастотных каналах выше 15 Гц для этих взрывов S волна практически не записывается из-за быстрого затухания.

Используя вышеприведенные качественные признаки записей взрывов, нами было отобрано около 300 искусственных и столько же естественных событий, зарегистрированных за 1985-1990 гг. на приборе ЧИСС. На записях ЧИСС для каждого канала измерялись максимальные амплитуды в группах волн P и S , рассчитывались A_{pm}/A_{sm} для каждого канала отдельно. Один пример записи приведен на рис.2. Для взрывов и землетрясений зависимости A_p/A_s от частоты (f) характеризуются линейными уравнениями $A_p/A_s = 0,311 f$ с коэффициентом корреляции $r = 0,9$, где $0,2 < f < 30$ Гц и $A_p/A_s = 0,045 f + 0,3$ с $r = 0,7$ соответственно.

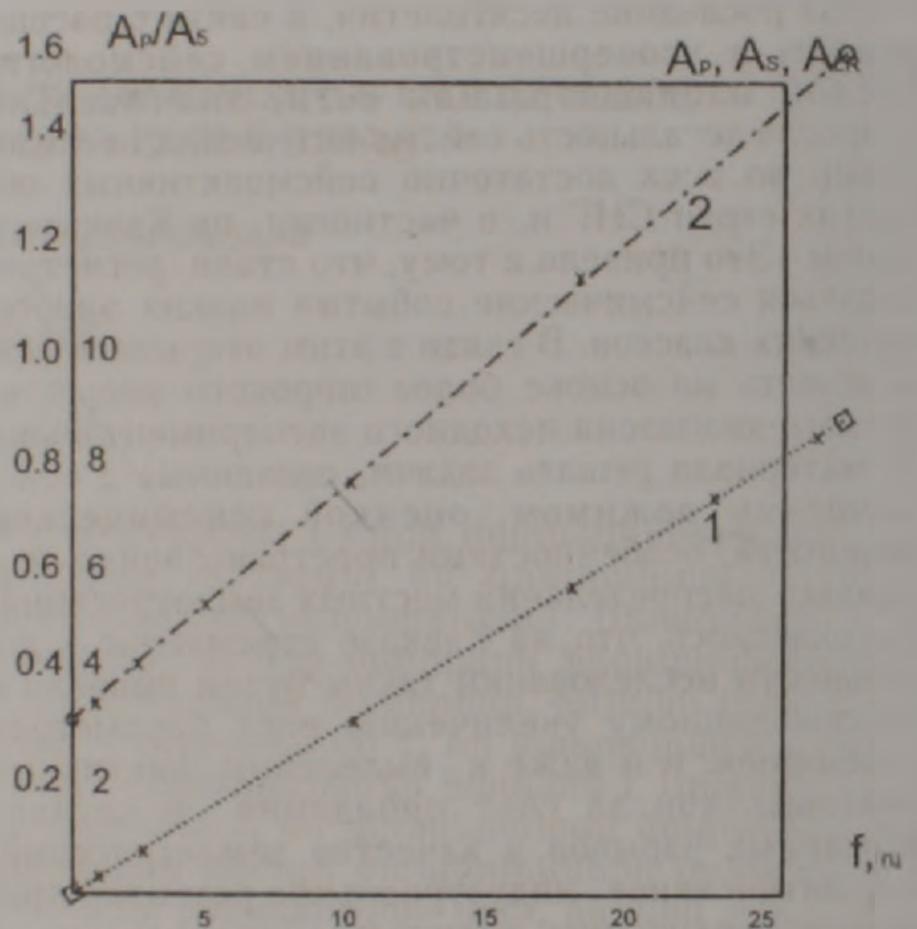


Рис. 2. Отношения A_p/A_s для взрывов (1) и землетрясений (2)

Высокая корреляция для взрывов может быть обусловлена узким азимутальным створом, в отличие от данных использованных землетрясений и, кроме этого, для землетрясений доминирующую роль играет разнообразность очагового излучения.

На рис.3 приведены сводные огибающие ЧИСС коды для взрывов и землетрясений по отдельным каналам. Как видно, на всех каналах для ветвей b и c , кроме $2 \div 3,2$ Гц, взрывы быстрее затухают, чем землетрясения.

На рис. 4 и 5 приведены примеры амплитудных спектров P ; S , L волн, а также значения A_{100} для взрыва и землетрясения соответственно. Землетрясение произошло в северо-западном направлении, а взрыв – в близсеверном, причем оба имеют примерно одинаковое эпицентральное расстояние. Амплитудные спектры показали, что для взрывов, по сравнению с землетрясениями,

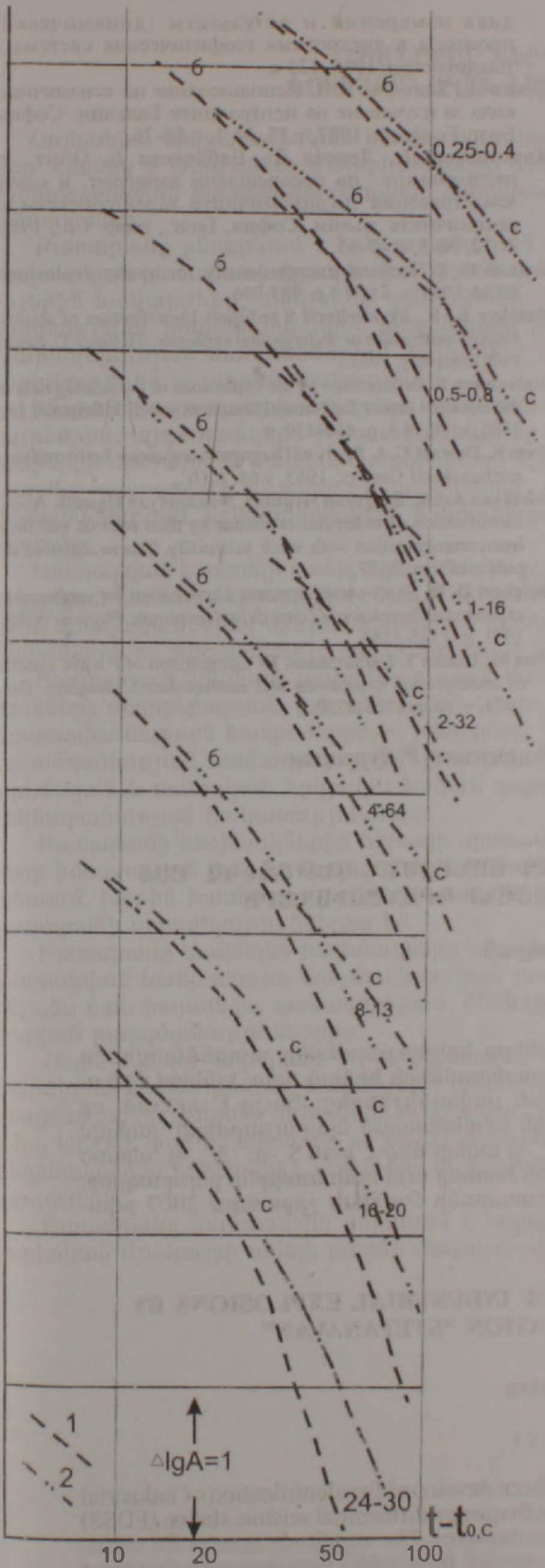


Рис. 3. Огибающие коды по взрывам (1) и землетрясениям (2)

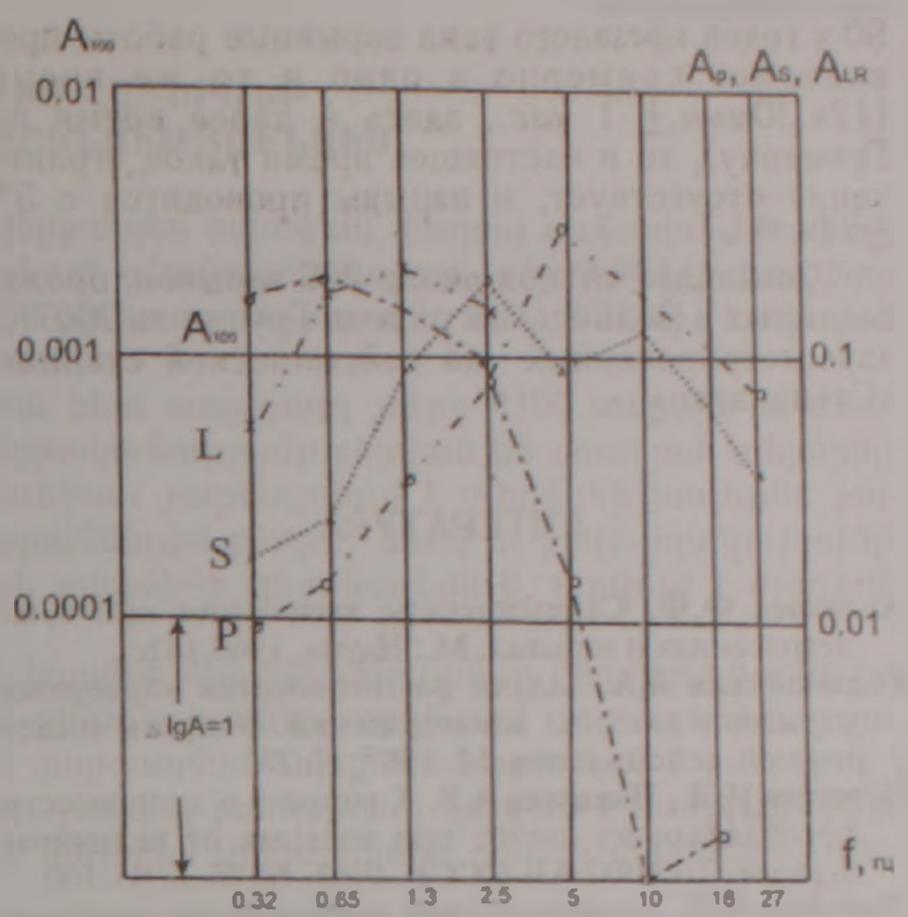


Рис. 4. Амплитудные ЧИСС спектры волн P, S, L, а также величины A_{100} для взрыва 17.11.87г.

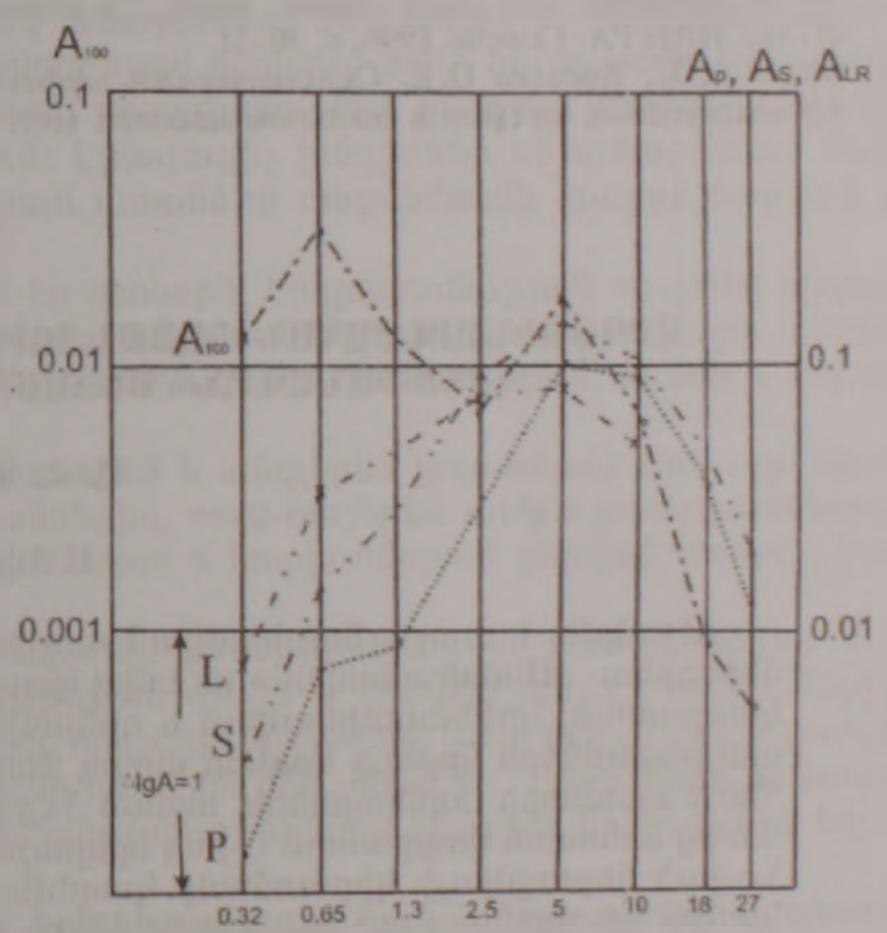


Рис. 5. Амплитудные ЧИСС спектры волн P, S, L, а также величины A_{100} для землетрясения 14.05.86г.

начиная с 5 Гц, P_{100} больше, чем S_{100} , а максимум в общей записи, который мы связываем с волной L_R , начиная с 5 Гц, практически не наблюдается. A_{100} для взрывов, начиная с 0,6 Гц, а иногда и с 0,3 Гц, монотонно уменьшается, а для землетрясений имеет различный характер, что обусловлено различиями очагового излучения.

Используя вышеприведенную методику идентификации промышленных взрывов, в настоящее время на сейсмической станции «Степанаван» ведется мониторинг над взрывами, производимыми в Болнисском районе Грузии. Если до

90-х годов прошлого века взрывные работы проводились примерно в одно и то же время (12ч 30мин. ± 1 час., здесь и далее время по Гринвичу), то в настоящее время такое ограничение отсутствует, и взрывы проводятся с 5⁰⁰ до 14⁰⁰ ч.

Составлен список около 200 взрывов, произведенных в Болнисском районе Грузии за 2007г., зарегистрированных на сейсмической станции «Степанаван».

ЛИТЕРАТУРА

Антикаев Ф.Ф. Сейсмические колебания при землетрясениях и взрывах. М.: Наука, 1969. 142с.
 Годзиковская А.А. Задачи распознавания карьерных взрывов и местных землетрясений. Вопросы инженерной сейсмологии. М. 1987, № 28.
 Нерсесов И.Л., Николаев А.В. К вопросу о зависимости преобладающих частот при взрывах от величины зарядов, Тр.ИФЗ АН СССР, 1962, № 25, с. 95-100.
 Пасечник И.П. Характеристики сейсмических волн при ядерных взрывах и землетрясениях. Изд. Наука, 1970. Т.1, 241с.
 Саакян А.А. Разработка критериев выделения промышленных взрывов от местных слабых землетрясений по их записям. Тез. докл. конф., посв. 35-летию ИГИС НАН РА. Гюмри. 1996, с. 30-31.
 Сянишын А.П., Киселев О.Е. Сейсмический эффект промышленных взрывов в скальном массиве: мето-

дика измерений и результаты (динамические процессы в дискретных геофизических системах). Владивосток. 1986, 135 с.
 Дочев Н., Халтурин В.И. Использование на сейсмичната кода за изучаване на централните Балкани. София, Болг. Геоф. сп. 1987, т.13, № 1, с.66-76.
 Христосков Л., Денева Д., Бабачкова Б. Опит за распознаване на промишлени взривове и слаби землетрясения по динамичните характеристики на сейсмичните вълни. София, Болг., геоф. Сп., 1986, Т. 12, № 3, с.40-45.
 Frantli G. E. Spectral energy density for quarry explosions/ BSSA, 1963, v. 53, N 5, p. 987-996.
 Husebye E., S., Mykkeltreit S (editors) Identification of seismic sources—earthquake or underground explosion. Holland: D, Reidel Pull, company, 1981.
 Matsumera S. Differentiation of the explosions in the catalog data of the National center for Natural Disasters relief/ J. Seismol, Jap. 1985, v. 38, N 3, p. 457-459.
 Press F., Dewart G. A. Study of Diagnostic technique for identifying earthquakes/ J Geopys, 1963, v.68, p.10
 Sahakyan Ashik, Sargsyan Heghine, Nahapetyan Hasmik. About identification of industrial explosions by their records and their intercommunication with weak seismicity. Tehran, Islamic republic of Iran, 2007.
 Weichert D. H. Short-period spectral discriminant for earthquake-explosion differentiation/Zeitshifit fur Geophysik. Physica-Verlag 1971, p. 1545-1556.
 Wiss M, Hanks T. Leibermann R. Comparison of P wave spectra of underground explosions and earthquakes/ J. Geophys. Res 1971, v. 76, p 2716-2729.

Рецензент Р.Дургарян

ԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐԱՎԱՆ ՊԱՅԹԵՑՈՒՄՆԵՐԻ ՃԱՆԱԶՄԱՆ ՍԵԹՈՂԻԿԱ ԸՍՏ «ՍՏԵՓԱՆԱՎԱՆ» ՍԵՅՍՄԻԿ ԿԱՅԱՆԻ ԳՐԱՆՑՈՒՄՆԵՐԻ

Ա. Հ. Սահակյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Մշակվել է արդյունաբերական պայթեցումները երկրաշարժերից առանձնացնելու մեթոդիկա «Ստեփանավան» սեյսմիկ կայանի գրանցումների հիման վրա, ելնելով վիճակագրական, կինեմատիկական և դինամիկական չափանիշներից: Յույց է տրված, որ պայթեցումների կորերի կողերը արագ մարում են համեմատած երկրաշարժերի կողերի: Պայթեցումների սպեկտրների, սկսած 5Հց-ից, P_m -ը ավելի մեծ է քան S_m -ը: A_{100} -ը, սկսած 0,6-ից մոնոտոն փոքրանում է, իսկ երկրաշարժերի համար այն ունի տարբեր բնութագրեր: Նշված մեթոդիկայի կիրառմամբ կազմվել է Վրաստանի Բոլնիսի շրջանում 2007 թվականի իրականացված պայթեցումների ցուցակը:

THE METHODS OF IDENTIFICATION OF INDUSTRIAL EXPLOSIONS BY RECORDS OF A SEISMIC STATION "STEPANAVAN"

A.A.Sahakian

Abstract

Statistical, kinematic and dynamic criteria have been developed for identification of industrial explosions. The article demonstrates that the envelope frequency differential seismic station (FDSS) codes for explosions are rapidly attenuated vs. the earthquakes. The amplitude spectra for explosions starting from 5 Hz, P_m are higher than S_m . A_{100} starting from 0.6Hz monotonously decreases and is of a different character for earthquakes. A list of explosions has been compiled that were made in Bolnisi region, Georgia, in 2007.