

Березина А.В., Соколова И.Н., Алещенко И.Б., Першина Е.В.

**ОЦИФРОВКА ИСТОРИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ
СЕЙСМИЧЕСКОЙ СЕТИ КЫРГЫЗСТАНА**

A.V. Berezina, I.N. Sokolova, I.B. Aleshchenko, E.V. Pershina

**DIGITIZING OF THE HISTORICAL SEISMOGRAMS OF NUCLEAR EXPLOSIONS
RECORDED BY THE KYRGYZ SEISMIC NETWORK**

УДК:550.34

В статье представлены первые результаты работ по оцифровке исторических аналоговых сейсмограмм ядерных взрывов, произведенных на полигонах Азии, зарегистрированных сейсмическими станциями Кыргызстана. Создана и постоянно пополняется уникальная база данных оцифрованных сейсмограмм ядерных взрывов в формате CSS3.0, которая используется для решения различных исследовательских задач сейсмологии.

The first results of digitizing of the historical analogue seismograms of the nuclear explosions conducted at the Asian Test Sites, and registered by seismic stations of the Kyrgyzstan are presented in the paper. It is created and constantly replenishes the unique database of the digitized seismogram of nuclear explosions in the CSS3.0 format which is used for the decision of various research problems of seismology.

В последние годы у исследователей в области сейсмологии значительно возрос интерес к историческим аналоговым сейсмограммам ядерных взрывов, накопленным в различных сейсмологических архивах по всему миру. Прежде всего, это связано с тем, что исторические сейсмограммы могут с успехом использоваться для различных задач мониторинга ядерных испытаний, таких как распознавание сейсмических событий различной природы, изучения геодинамических процессов в районах испытательных полигонов, для калибровки станций Международной сети мониторинга ОДВЗЯИ, уточнения региональных годографов, а также для восстановления параметров слабых исторических ядерных взрывов. В связи с этим, работы по сканированию и оцифровке исторических сейсмограмм в настоящее время актуальны. Такие работы проводятся в ИГИ НЯЦ РК с 2005 г., за это время была создана база данных исторических сейсмограмм, содержащая более 55000 записей, которая с успехом используется для различных задач мониторинга [1]. Оцифровка сейсмограмм из архива Института сейсмологии Кыргызстана, в котором содержатся сотни тысяч сейсмограмм за период времени 1927 до 2000 гг., была начата сравнительно недавно. В настоящей статье описываются первые результаты работы над созданием базы данных оцифрованных записей.

Первая станция в Киргизской ССР была открыта в городе Фрунзе в 1927 году. В 1950 году начали работу станции Нарын, Пржевальск и Рыбачье. Станции Фрунзе, Нарын и Пржевальск были включены в сеть ЕССН. В 1969 году в Кыргызстане начинается создание собственной региональной сети, которое было завершено к началу 80х годов (рисунок 2). Сеть состояла из 31 стационарной станции, равномерно распределенных по территории Кыргызстана (рисунок 1) [2]. На всех станциях была установлена

стандартная аппаратура Кирноса СКМ-3 с увеличением 25000 и СКД с увеличением 1000. Большинство из этих станций расположены на выходах коренных пород, в штольнях, что позволило регистрировать слабые подземные ядерные взрывы.

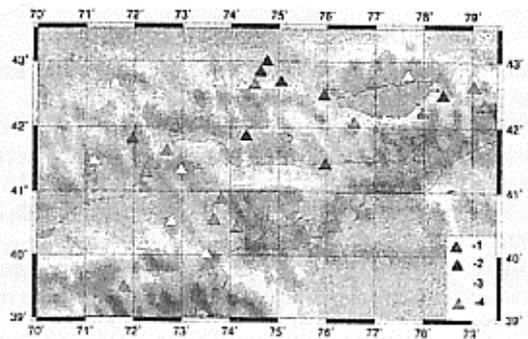


Рис.1. Сеть аналоговых станций ИС НАН КР. 1- станции открытые до 1960 г. 2 - станции открытые 1960-1969 гг., 3 - станции открытые в период времени 1970-1979 гг., 4 - станции открытые после 1980 г.

Преимущество сейсмических станций, расположенных на территории Кыргызстана, состоит в том, что они расположены на региональных расстояниях относительно всех испытательных полигонов Центральной Азии (Семипалатинский испытательный полигон, Лобнор, Похаран, Чагай, мирные ядерные взрывы на территории СССР) (рисунок 2). Кроме того, на территории Центральной Азии было проведено большое количество мощных промышленных и исследовательских химических взрывов, которые также представляют большой интерес для задач мониторинга.

В качестве программного обеспечения для оцифровки аналоговых сейсмограмм в настоящее время используется программный комплекс "NXSCAN" [3], который в полуавтоматическом режиме позволяет оцифровывать предварительно отсканированные сейсмограммы. Частота оцифровки составляет 40 Гц. Фрагменты аналоговых сейсмограмм, оцифрованных программой NXSCAN, сохраняются в формате SAC (Seismic Analysis Code) [4], после чего они преобразуются в формат CSS 3.0 (Center for Seismic Studies v.3.0) [5]. Из оцифрованного материала создается база данных, каждая запись в которой содержит следующие таблицы CSS 3.0: wfdisc, site, sitechan, network, affiliation, sensor, instrument, assoc, origin. На рисунке 3 представлена технологическая схема оцифровки сейсмограмм.

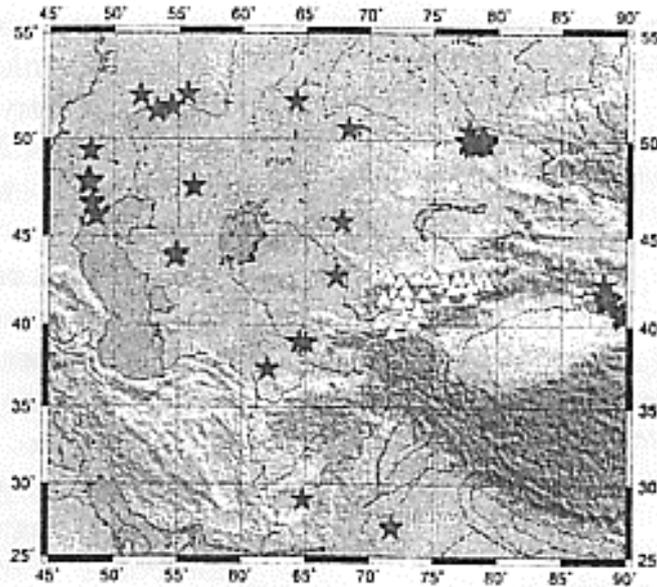


Рис.2. Карта расположения сейсмических станций на территории Кыргызстана (треугольники) и эпицентров ядерных взрывов на региональных расстояниях (звездочки).

На рисунке 4 приведён пример аналоговой (а) и оцифрованной (б) сейсмограммы подземного ядерного взрыва, произведённого на полигоне Лобнор 16 августа 1990 г., $\text{sr}=41.514$, $\text{f.}=88.739$, станция Каджи-Сай (KDJ), на расстоянии 958 км.

В настоящее время база данных в формате CSS3.0 содержит около 1300 сейсмических записей ядерных и химических калибровочных взрывов, произведенных на различных испытательных полигонах Центральной Азии, с 1965 года (таблица 2). База данных позволяет осуществлять быстрый поиск по координатам, магнитуде, типу источника и др.

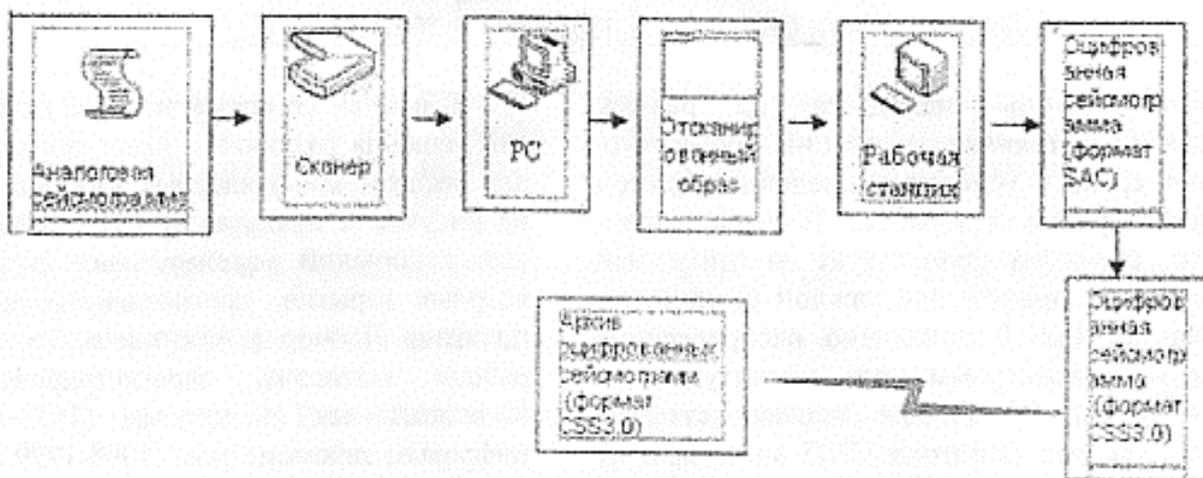


Рис.3. Схема процесса оцифровки аналоговых сейсмограмм.

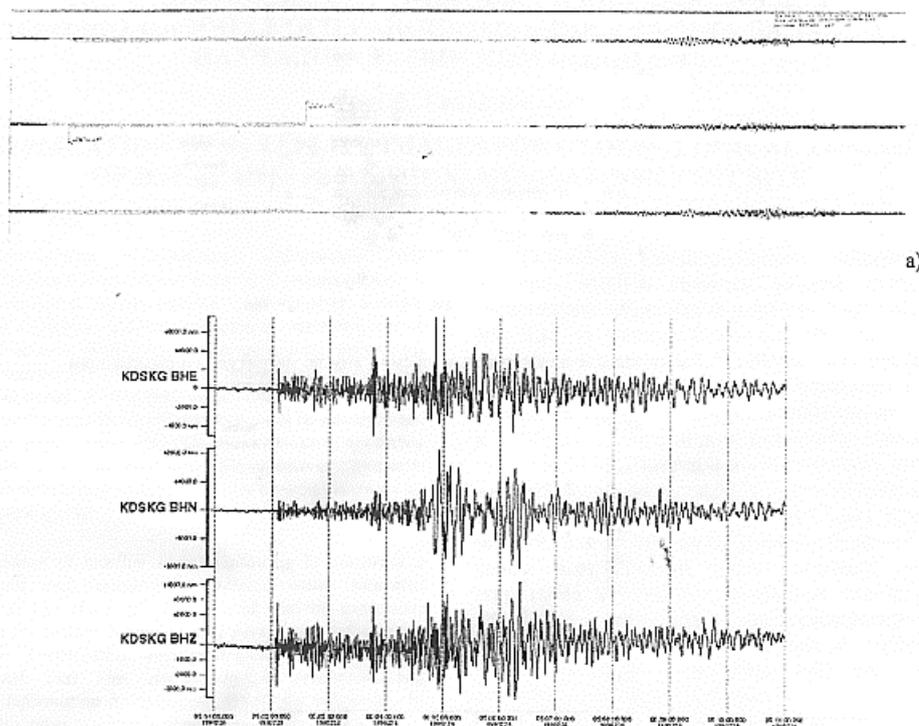


Рис.4. Аналоговая (а) и оцифрованная сейсмограмма (б) подземного ядерного взрыва, полигон Лобнор, 16 августа 1990 г., ($p=41.514$, $L=88.739$, станция Каджи-Сай (KDJ).

Таблица 2

Характеристика оцифрованных сейсмограмм по полигонам.

Тип источника, район	Период	расстояния	количество
Калибровочные химические взрывы ЦА	1966-1989	44-1467	146
Ядерные взрывы Лобнор	1967-1996	756-1520	169
мирные ядерные взрывы	1965-1988	520-3663	248
Ядерные взрывы СИП	1965-1989	709-1117	725

Ядерные полигоны находятся на разных эпицентральных расстояниях от станций, кроме того, геофизическая среда и условия проведения взрывов существенно образом отличаются. В связи с этим, для каждого полигона существует магнитудный порог регистрации, причём для каждой станции он различен. На рисунке 5 приведено распределение оцифрованных сейсмограмм по магнитудам и расстояниям по оцифрованным записям станций Кыргызстана. Так для полигона СИП минимальная $m_b=4.1$, для полигона Лобнор минимальная $m_b=3.7$, для мирных ядерных взрывов на территории СССР минимальная $m_b=4.3$, калибровочных химических взрывов $m_b=4.2$.

В настоящее время эта база данных используется для решения различных задач сейсмологии, например для распознавания ядерных взрывов и землетрясений, на рисунке 6 представлено распределение спектральных отношений максимальных амплитуд Lg/Pg для ядерных взрывов, произведенных на испытательном полигоне Лобнор и тектонических землетрясений из района полигона, зарегистрированных станцией Каджисай, как аналоговым (1973-1995 гг.) так и цифровым сейсмометром (1998-1999 гг.). Наблюдается разделение параметров для фильтров с центральными частотами 2.5 и 5 Гц. Таким образом, оцифрованные сейсмограммы могут эффективно использоваться совместно с цифровыми, для исследований.

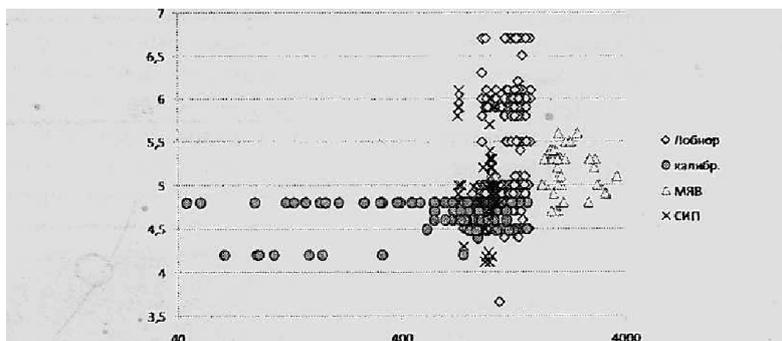


Рис. 5. Распределение оцифрованных сейсмограмм по магнитудам и расстояниям по оцифрованным записям станций Кыргызстана.

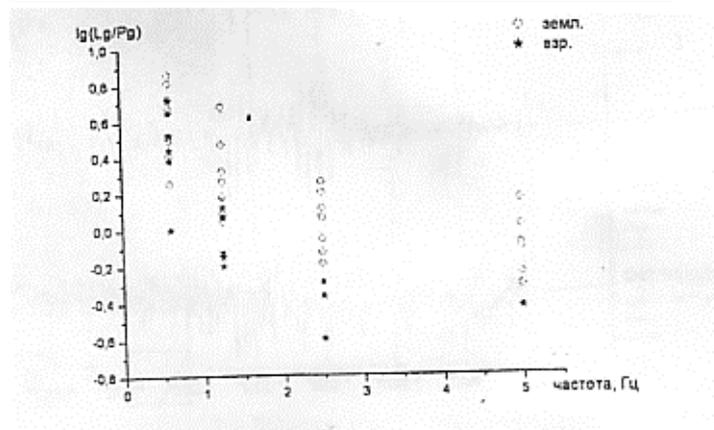


Рис. 6. Спектральные отношения максимальных амплитуд Lg/Pg, для ПЯВ (звездочки) за 1973- 1995 гг. и землетрясений (кружки) за 1998- 1999 гг. из района полигона Лобнор. Станция Каджи-Сай, Z-компонента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создана и постоянно пополняется уникальная база данных оцифрованных сейсмограмм ядерных взрывов в формате CSS3.0 с использованием архивных записей сейсмической сети Кыргызстана. В настоящее время эта база данных активно используется для решения различных исследовательских задач сейсмологии: для сейсмического распознавания ядерных взрывов и землетрясений; изучения пространственно-временных вариаций поля поглощения поперечных волн; построения региональных годографов сейсмических волн; изучения последствий влияния мощных взрывов на среду, а также для калибровки станций Международной Системы Мониторинга ОДВЗЯИ.

Литература:

1. I. Sokolova, I. Aleschenko, A. Uzbekov Database of digitized historical seismograms for nuclear tests monitoring tasks//Book of Abstracts Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty: Science and Technology 2011, 8-10 June Vienna, Austria. P.
2. Кальметьева З.А. Микольчук А.В., Молдобеков Б.Д. и др. Атлас землетрясений Кыргызстана//Бишкек: ЦАИИЗ- 2009.-232 с.
3. NXSCAN. Manual. IRIS, 1992.
4. J. Anderson, W.E. Farrell [et al.] Center for seismic studies. Version 3 Database: Schema reference manual. // Technical Report C90-01, Arlington. - 1990.
5. C. William, Tapley and Joseph E. Tull Seismic analysis cod // LLNL. - Livermore - 1993.

Рецензент: д.г.-м.н. Абдрахматов К.Е.