

IV. БАЗЫ ДАННЫХ

УДК 550.34

М.Н. Жижин

СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ ПО СИЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЯМ

M.N. Zhizhin

DATA BASE STRUCTURE FOR STRONG MOTIONS

The paper illustrates the structure and information contents of the relational Strong Motion Data Base

В статье изложены общая структура и информационное наполнение базы данных по сильным движениям (БДСД), реализованной автором в Центре изучения компьютерных геофизических данных Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук и Международной программы "Литосфера". Разработанная технология хранения и обработки данных по сильным движениям ориентирована на их использование в инженерных приложениях и научных исследованиях в области вычислительной геофизики.

1. Информационное содержание БДСД. Данные по сильным движениям представляют собой цифровые или оцифрованные аналоговые волновые формы (записи) колебаний грунта, фундаментов зданий, межэтажных перекрытий, мостов, дамб и т.п. в ближней (очаговой) зоне сильных землетрясений. К ним также относятся формализованные описания эпицентров землетрясений, станций регистрации сильных движений, собственно временных рядов (откорректированные акселерограммы, велосигramмы, сейсмограммы, неоткорректированные записи) и процедур их обработки. Источниками такой информации являются материалы экспедиций в очаговой зоне землетрясения, публикации в периодической печати [1-9].

В настоящее время БДСД содержит 4038 волновых форм (компонент) сильных движений от 353 землетрясений и их афтершоков, записанных

на 450 станциях, в том числе на территории СССР - 196 компонент от 59 событий на 10 станциях.

Распределение волновых форм БДСД по регионам мира приведено в табл.1 и на рис.1-3, а гистограммы распределений волновых форм БДСД по параметрам - на рис.4, а-г.

Т а б л и ц а 1

Распределение записей сильных движений БДСД
(компоненты) по регионам мира

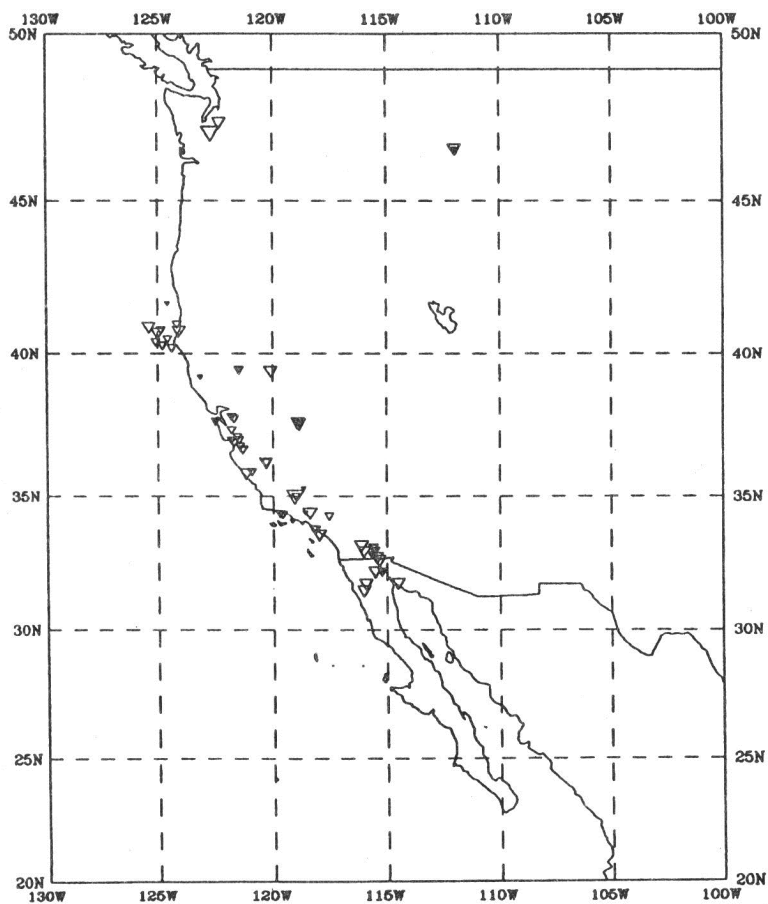
Регион	U	A	V	D	Всего
Япония	-	177	-	-	177
США	522	1236	183	183	2024
Мексика	26	85	85	85	281
Никарагуа	-	24	-	-	24
Перу	-	30	-	-	30
Италия	1132	-	-	-	1132
СССР	196	-	-	-	196
Всего	1873	1629	268	268	4038

П р и м е ч а н и е . U - неоткорректированное ускорение, A - откорректированное ускорение, V - скорость, D - смещение.

Основная часть записей (см. рис.4) получена при землетрясениях с магнитудой 6 на эпицентральных расстояниях до 80 км, максимальные ускорения в большинстве случаев не превышают 0,5 g.

2. Архитектура БДСД. База данных реализована на локальной сети персональных компьютеров, совместимых с IBM PC (рис.5). Минимальная конфигурация для работы программного обеспечения БДСД - компьютер IBM PC/XT с твердым диском 20 Мбайт, оперативной памятью 640 Кбайт и графическим адаптером CGA.

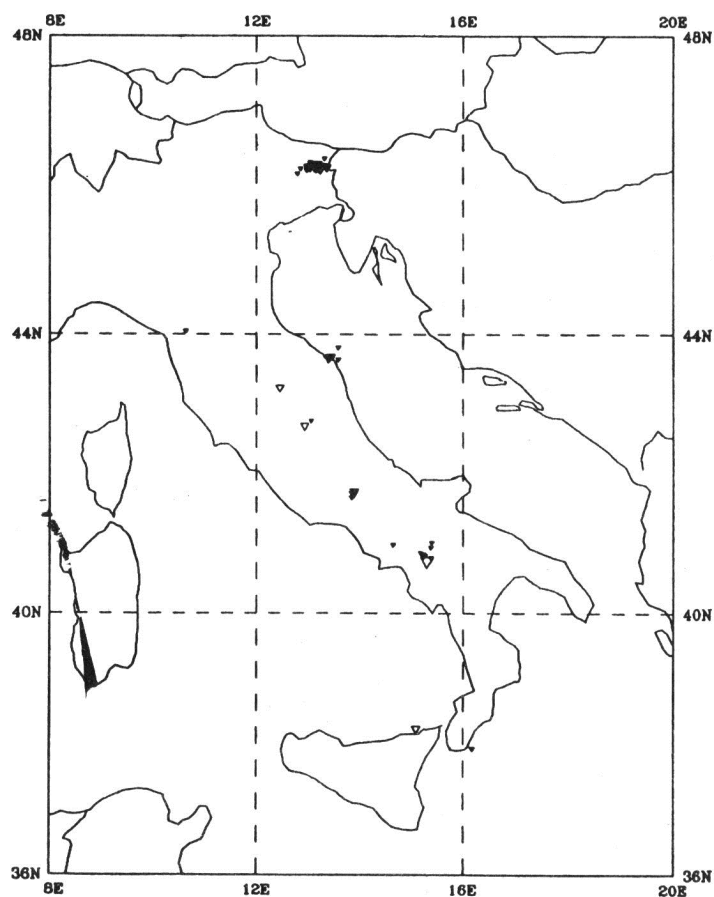
Данные БДСД хранятся в непосредственном доступе на твердом диске файл-сервера емкостью 120 Мбайт. Используемая локальная сеть персональных компьютеров позволяет одновременно с трех рабочих станций осуществлять доступ к данным. Рабочая станция 1 позволяет архивировать данные файл-сервера на устройстве с бегущей лентой (streaming tape) емкостью 60 Мбайт и обычных лентах с плотностью записи 800-1600 байт/дюйм. Рабочая станция 2 оборудована устройством



Магнитуда

<5,0 ▽
 5,0 ▽
 6,0 ▽
 >7,0 ▽

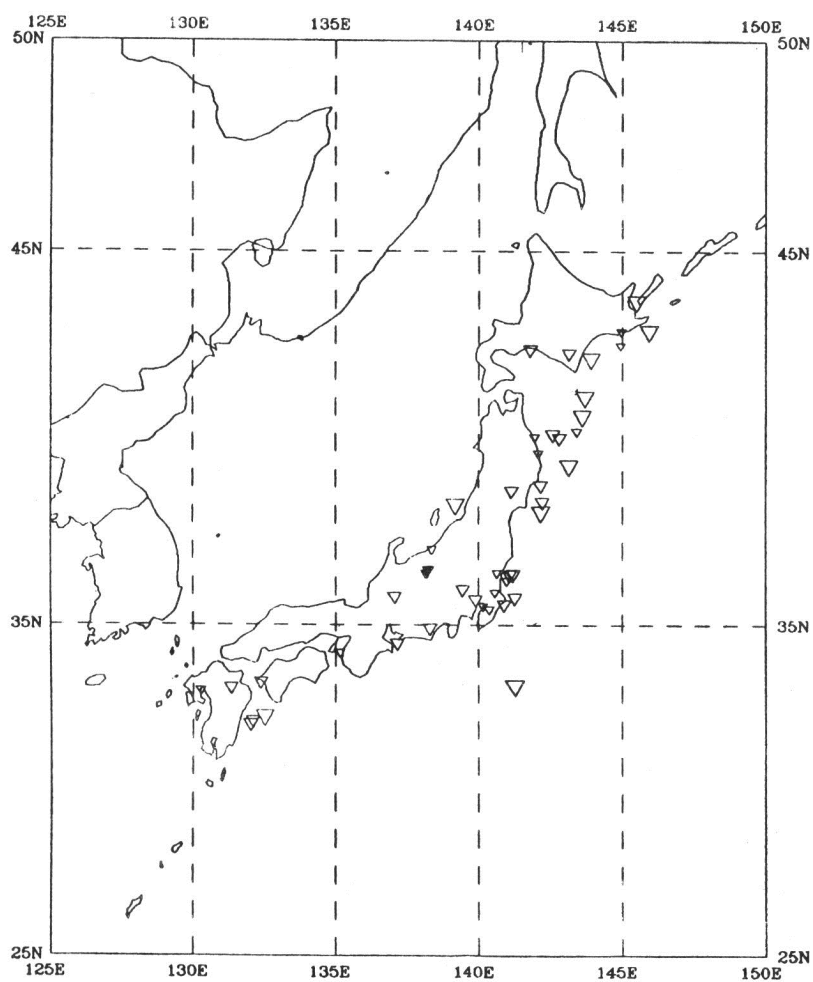
Р и с. 1. Карта эпицентров 86 землетрясений Калифорнии, волновые формы которых содержатся в БДСД



Магнитуда

<5,0 •
 5,0 ▽
 6,0 ▽
 >7,0 ▽

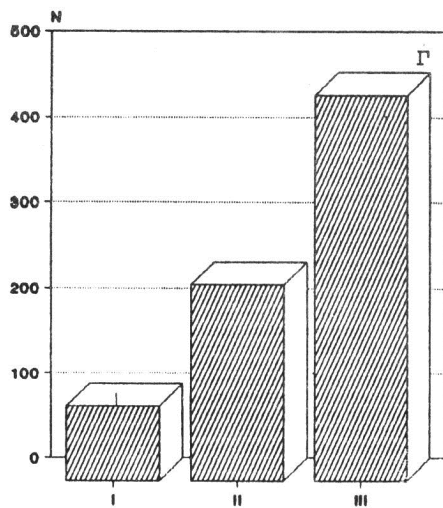
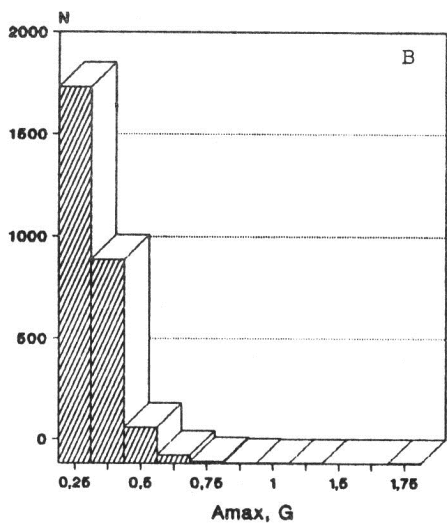
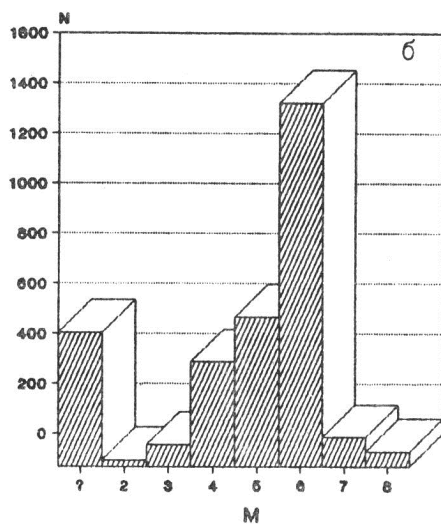
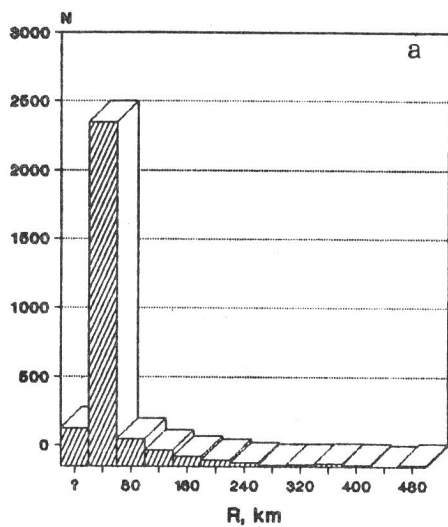
Р и с. 2. Карта эпицентров 50 землетрясений Италии, волновые формы которых содержатся в БДСД



Магнитуда

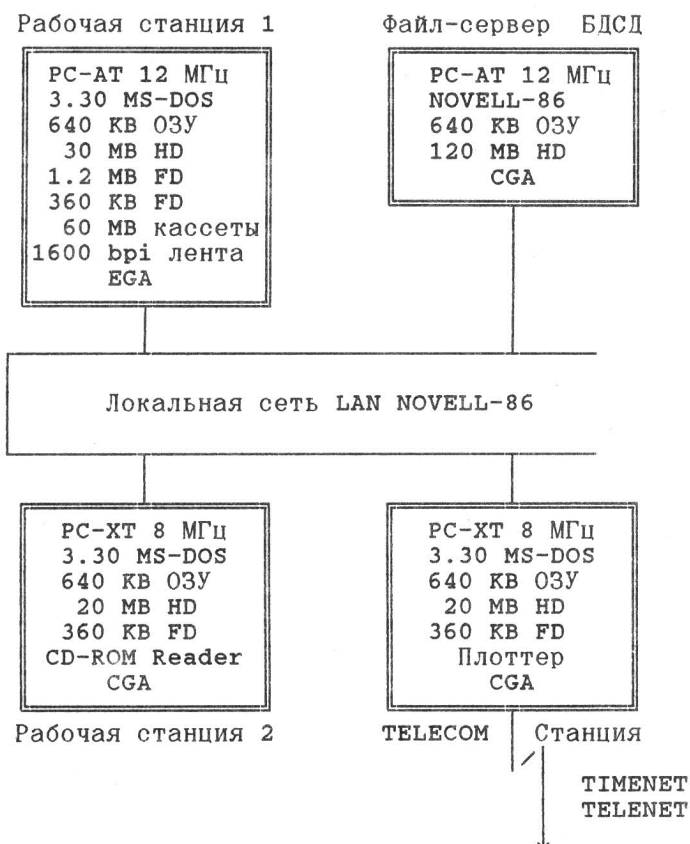
<5,0	•
5,0	▽
6,0	▽
>7,0	▽

Р и с. 3. Карта эпицентров 53 землетрясений Японии, волновые формы которых содержатся в БДСД



Р и с. 4. Распределения записей БДСД (компоненты)

а - по эпицентральному расстоянию; б - по магнитуде;
в - по максимальному ускорению; г - по категориям грунтов



Р и с . 5. Архитектура Б

вом для чтения цифровых лазерных компакт-дисков (CD-ROM). Через эту рабочую станцию в БДСД доступны большинство каталогов землетрясений, картографическая и геофизическая информация, цифровые данные мировой сети сейсмических станций. Рабочая станция 3, оборудованная модемом, позволяет обмен электронной почтой и прямой доступ к банкам данных международных информационных сетей.

Данные, образующие БДСД, разделены на две категории:

а) *волновые формы* – бинарное представление волновых форм записей сильных движений; хранятся в виде отдельных сегментов в файлах прямого доступа.

б) *параметры* – алфавитно-цифровая информация, полученная в результате обработки волновых форм или описывающая их свойства; хранятся в каталоге БДСД.

Физическое разделение описаний сильных движений от собственно волновых форм позволяет осуществлять быструю идентификацию и выбор последних. Каталог БДСД хранится в реляционной базе данных (в настоящее время dBASE III PLUS), что позволяет использовать язык СУБД для обработки запросов по всем параметрам без обращений к волновым формам до момента, пока не требуется их обработка, экспорт или импорт. Такая архитектура позволяет легко пополнять описания сильных движений и повышает надежность хранения информации.

3. Основные отношения БДСД. Данные поступают в БДСД в виде наборов текстовых файлов в различных форматах (рис.6). Каждый файл обычно соответствует одной компоненте сейсмического сигнала и состоит из заголовка и временного ряда. Сопроводительные материалы содержат описание формата данных на магнитном носителе, процедуры сбора данных, станций сильных движений, записывающих приборов, методов цифровки и коррекции за прибор.

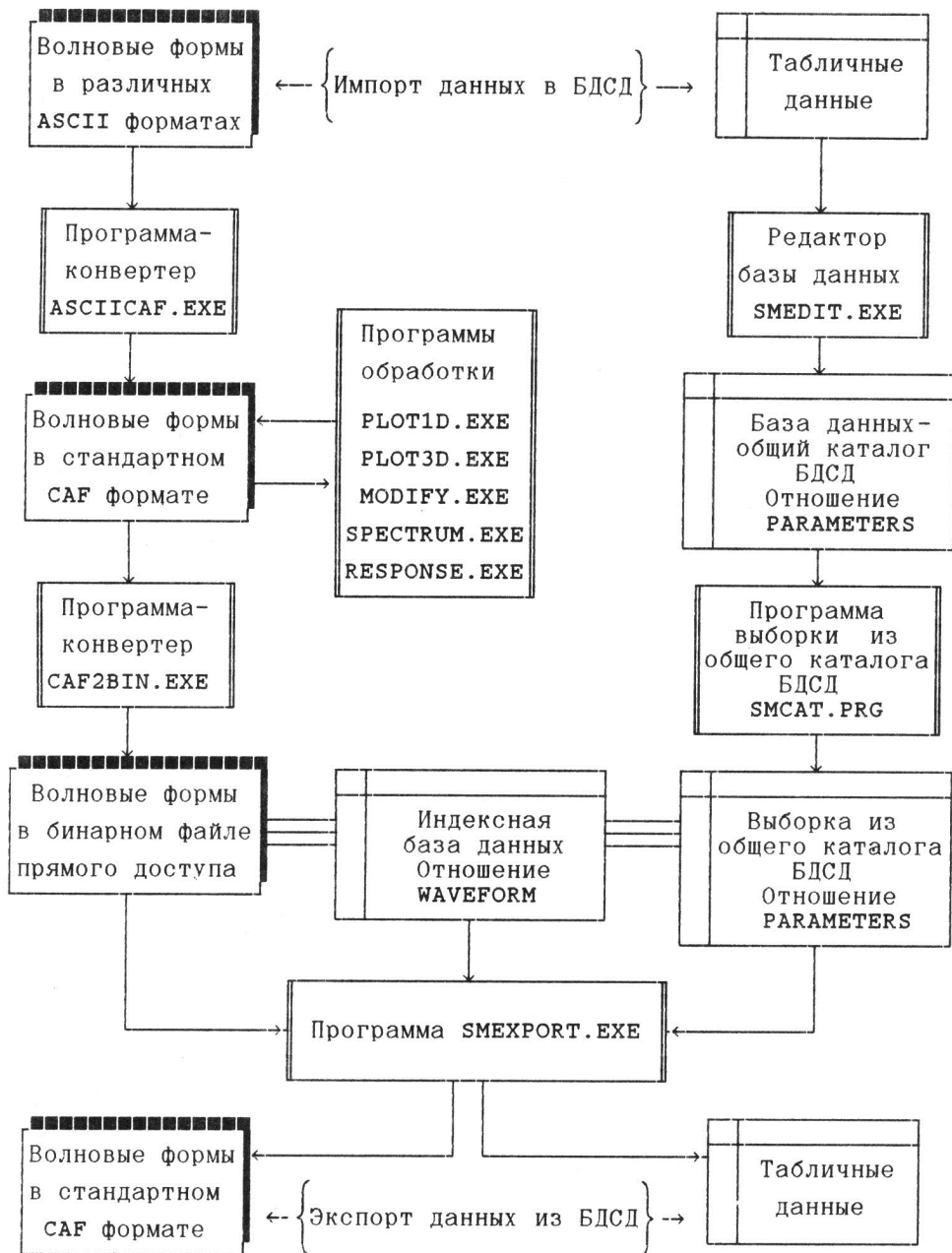
Поступающие наборы сохраняются в архиве БДСД без каких-либо изменений в информационной части. Пользователи могут получить выборку волновых форм как в исходном формате, так и в стандартном формате CAF (Contemporary ASCII Format), разработанном специально для БДСД и доступном для программ обработки и визуализации данных (см. рис.6):

- 1) MODIFY, реализующей детрендрование, вращение горизонтальных компонент, полосовую фильтрацию, коррекцию за АЧХ прибора и интегрирование,
- 2) SPECTRUM и RESPONSE, вычисляющими амплитудный спектр и спектр реакции;
- 3) PLOT1D и PLOT3D отображающими соответственно одну и три компоненты сейсмической записи на графических устройствах.

Описание CAF формата и драйверы для чтения данных на языках C и ФОРТРАН доступны для пользователей БДСД.

В процессе создания архивов исходных наборов формируются *каталоги волновых форм*. Каталог содержит информацию из заголовков файлов с временными рядами, сопроводительной документации и печатных изданий. Из этих каталогов компилируется *общий каталог БДСД*. Все каталоги содержат ссылки на имена файлов в архивах и представляют собой двумерные таблицы параметров волновых форм в едином формате с уточняющей информацией (типы шкал, методы измерения).

Такие таблицы в реляционной СУБД называются *отношениями* (relations), так как они являются конкретным выражением отношений между данными различных типов. Строки таблицы называются *кортежами* (tup-



Р и с. 6. Обработка данных в БДСД

1e). Столбцы называются *атрибутами*. Каталоги волновых форм поддерживаются в БДСД через отношение **PARAMETERS**.

При разработке структуры отношений и форматов полей БДСД было обеспечено корректное определение и обработка пропусков данных.

Общий каталог БДСД (см. рис.6) обрабатывается программой **SMCAT**, написанной на языке СУБД **dBASE III PLUS**. В этой программе реализованы наиболее частые запросы пользователей по параметрам сейсмического события, станции, регистрирующего прибора и волновой формы. Каталог используется также программой **SMEXPOR**T для создания выборок волновых форм в формате **CAF** (через специальный интерфейс на языке C) при экспорте данных.

На основе исходных наборов в БДСД создаются бинарные файлы прямого доступа, содержащие собственно волновые формы записей сильных движений. При этом в одном бинарном файле в виде различных сегментов может быть записано несколько волновых форм. Каждый сегмент содержит цифровые данные одного канала (компоненты) станции (прибора) в едином формате и единицах измерений. По соглашению все имена таких бинарных файлов имеют расширение **.W**, и мы в дальнейшем будем ссылаться на них как на **.W-файлы**.

Информация, идентифицирующая сегменты волновых форм, содержится в кортежах индексной базы в формате СУБД **dBASE III PLUS** и поддерживается в БДСД через отношение **WAVEFORM**.

4. Отношение WAVEFORM и .W-файлы. Кортежи отношения **WAVEFORM**, представленные логическими записями индексной базы данных, содержат информацию о каждой волновой форме, необходимую для доступа к ней в **.W-файле**, ее графического отображения и обработки, и ключи для соединения с другими отношениями БДСД. С точки зрения конечного пользователя отношение **WAVEFORM** прямо или через ссылки на другие отношения описывает волновую форму полностью. Атрибуты отношения **WAVEFORM** приведены в табл.2 (форматы полей логической записи указаны в стандарте языка ФОРТРАН; запросы по значениям атрибутов в текстовых полях базы предполагают выравнивание влево и верхний регистр клавиатуры).

Атрибут **RECID** отношения **WAVEFORM** - это уникальное имя (ключ) волновой формы, которое присваивается ей в процессе ввода в БДСД. В настоящей версии БДСД по этому ключу индексированы и соединены отношения **WAVEFORM** и **PARAMETERS** (см. п.6).

Как правило, записи сильных движений имеют постоянный шаг цифровки по времени, поэтому временные отсчеты для значений волновых

Атрибуты отношения WAVEFORM

Имя атрибута	Формат поля	Описание атрибута	Пропуск данных
RECID	a12	Уникальное имя (ключ) волновой формы (RECOrd IDentifier)	-
EVID	a8	Уникальное имя (ключ) землетрясения (EVEnt IDentifier)	Пустая строка
STID	a8	Уникальное имя (ключ) станции (STation IDentifier)	Пустая строка
INSTRID	a8	Уникальное имя (ключ) прибора (INSTRument IDentifier)	Пустая строка
DATFILE	a12	Имя .W-файла	-
DATDIR	a12	Директория, содержащая .W-файл (DATA DIRectory)	Пустая строка
OFFSET	i10	Адрес начала сегмента в .W-файле, содержащего временной ряд, байты	-
ETIME	f15.3	Вековое время начала записи (Epoch TIME), с	-217745800
NSAMP	i8	Число отсчетов временного ряда (Number of SAMPles)	-
SMPRATE	f11.7	Интервал дискретизации (SaMPle RATE), с	-
HORANG	f6.1	Горизонтальная ориентация сенсора (HORIZontal ANGLE), в градусах по часовой стрелке от направления на север	-1,0
VERANG	f6.1	Вертикальная ориентация сенсора (VERTical ANGLE), градус от направления вверх	-1,0
UNITS	i4	Единицы измерения амплитуды (см.табл.6)	0
CRC	i4	Контрольная сумма	-
COMMENT	a80	Комментарий	Пустая строка

форм в сегментах .W-файлов не хранятся. Вместо этого атрибуты ETIME, NSAMP и SMPRATE содержат информацию о вековом времени начала записи, числе отсчетов временного ряда и интервале дискретизации.

Вековым временем мы называем время в секундах с 0 ч 1 января 1970 г. Отрицательные значения векового времени отвечают событиям до этой даты. Внутреннее представление векового времени как числа с плавающей запятой двойной точности позволяет корректно работать с датами в интервале ± 300 лет от 1970 г. Значение -217745800,0

(0 ч 1 января 1901 г.) зарезервировано для представления пропусков данных в БДСД.

Поле CRC содержит контрольную сумму всех отсчетов волновой формы для проверки целостности информации в .W-файле.

5. Отношение **PARAMETERS**. Атрибуты отношения **PARAMETERS**, представленные полями логических записей базы данных общего каталога БДСД, можно разделить на четыре группы: 1) параметры землетрясения; 2) параметры сейсмической станции; 3) параметры регистрирующего прибора; 4) параметры волновой формы (см. табл.3). По сути это четыре различных отношения, и в рамках БДСД их можно представить в виде отдельных баз данных, связанных с индексной базой, как это предложено в [10], но это еще не реализовано программно (см. п.6).

Время сейсмического события представлено в отношении **PARAMETERS** в виде даты (атрибут **DATE**) и времени (атрибут **TIME**) по Гринвичу. Такое представление позволяет непосредственно интерпретировать значения при просмотре базы и избежать частых переводов из одного формата в другой.

Землетрясение, породившее волновую форму, имеет в БДСД уникальное имя (ключ) **EVID** и представлено координатами и глубиной гипоцентра (атрибуты **EVLAT**, **EVLON**, **EVDEPTH**), магнитудой со ссылкой на шкалу и источник (атрибуты **MO** и **MTYPE**), максимальной макросейсмической интенсивностью со ссылкой на шкалу и источник (атрибуты **INTMAX** и **INTSCL**), а также географическим названием места события (атрибут **EVNAME**). Если известно несколько различных магнитуд, предпочтение отдается локальной магнитуде M_L , так как она определяется по показаниям инструмента с собственной частотой в интересном для инженерной сейсмологии частотном диапазоне [8]. Следующий приоритет имеет магнитуда M_v , определяемая по сейсмическому моменту землетрясения [11]. Дополнительно в атрибуте **MTYPE** могут быть указаны значения и типы магнитуд из других источников.

Механизм землетрясения (атрибут **FAULT**) приводится в БДСД по аналогии с [11,12]; возможные значения **FAULT** сведены в табл.4.

Место расположения записывающего прибора или сейсмической станции имеет большое значение для использования записей сильных движений в инженерной сейсмологии. В связи с этим описание станции в каталоге волновых форм содержит не только географические, но и инженерно-геологические характеристики.

Атрибуты отношения PARAMETERS

Имя атрибута	Формат поля	Описание атрибута	Пропуск данных
Параметры сейсмического события			
EVID*	a8	Уникальное имя (ключ) землетрясения (Event Identifier)	Пустая строка
DATE*	i8	Дата события (YYYYMMDD)	0
TIME*	f10.3	Время начала записи, HHMMSS.SSS)	0,0
EVLAT*	f9.4	Широта эпицентра (запад < 0), градус (Event LATitude)	0,0
EVLON*	f9.4	Долгота эпицентра (юг < 0), градус (Event LONGitude)	0,0
EVDEPTH*	f9.4	Глубина гипоцентра, км (Event DEPTH)	0,0
MO*	f6.2	Магнитуда	0,0
MTYPE	a15	Тип магнитуды/источник (Magnitude TYPE)	Пустая строка
FAULT*	a15	Механизм землетрясения (см. табл.4)	Пустая строка
INTMAX*	i2	Максимальная интенсивность (INTensity MAXimum)	0
INTSCL	a15	Макросейсмическая шкала (INTensity SCaLe)	Пустая строка
EVNAME*	a40	Название сейсмического события (Event NAME)	Пустая строка
Параметры станции			
STID*	a8	Уникальное имя (ключ) станции (Station Identifier)	Пустая строка
STLAT*	f9.4	Широта станции (запад < 0), градус (Station LATitude)	0,0
STLON*	f9.4	Долгота станции (юг < 0), градус (Station LONGitude)	0,0
DIST*	f9.4	Эпицентральное расстояние, км (DISTance)	0,0
DISTTYPE	a15	Код метода определения расстояния (DISTance TYPE)	Пустая строка
STINT*	i2	Интенсивность в месте записи (Station INTensity)	0
STINTSCL	a15	Макросейсмическая шкала / дополнения (Station INTensity SCaLe)	Пустая строка
STRUCT*	a15	Класс расположения станции (STRUCTure)	Пустая строка
FLOOR*	i3	Номер этажа, если прибор в здании (-1-фундамент, 1-первый этаж, 99-крыша)	0
SOIL*	a15	Класс грунтовых условий	Пустая строка
STNAME*	a60	Адрес станции, возможно, с коммент. (Station NAME)	Пустая строка

Т а б л и ц а 3 (продолжение)

Имя атрибута	Формат поля	Описание атрибута	Пропуск данных
Параметры прибора			
INSTRID*	a8	Уникальное имя (ключ) прибора (INSTRument IDentifier)	Пустая строка
FREQ	f6.2	Собственная частота, Гц (FREQuency)	0,0
DAMP	f6.4	Коэффициент демпфирования (DAMPing)	0,0
INSTRTYPE*	a15	Тип регистрирующего прибора (INSTRument type)	Пустая строка
Параметры волновой формы			
RECID*	a12	Уникальное имя (ключ) волновой формы (RECOrd IDentifier)	-
INDFILE	a12	Имя индексной базы (INDEX FILE)	-
INTDIR	a12	Директория, содержащая индексную базу (INDEX DIRectory)	Пустая строка
NSAMP	i8	Число отсчетов временного ряда (Number of SAMPlEs)	-
SMPRATE	f11.7	Интервал дискретизации, с (SaMPle RATE)	-
HORANG*	f6.1	Горизонтальная ориентация сенсора, градус (HORIzontal ANGLE)	-1,0
VERANG*	f6.1	Вертикальная ориентации сенсора, градус (VERTical ANGLE)	-1,0
DATATYPE*	a8	Тип данных (см. табл. 6)	Пустая строка
MAXACC*	f10.4	Максимальное ускорение, см/с ² (MAXimum ACCeleration)	0,0
MAXVEL*	f10.4	Максимальная скорость, см/с (MAXimum VElocity)	0,0
MAXDISP*	f10.4	Максимальное смещение, см (MAXimum DISPlacement)	0,0
RMS	f10.4	Среднеквадратическое ускорение, см/с ²	0,0
COMMENT	a80	Комментарий	Пустая строка

*-Атрибуты, по которым можно делать выборки программой SMCAT.

Т а б л и ц а 4

Значения атрибута FAULT

Код	1	2	3	4	5
Тип механизма	Сдвиг	Сброс	Косой сброс	Взброс	Косой взброс

Уникальное имя (ключ) станции STID соответствует коду станций в каталоге записей сильных движений Мирового Центра Данных А в Болдере, США [5]. Координаты станции приводятся в атрибутах STLAT и STLON.

В инженерной сейсмологии используются различные методы определения эпицентрального расстояния (атрибут DIST). На основе этого параметра определяются зависимости затухания сильных движений с расстоянием при расчете возможных сейсмических воздействий. В БДСД приводятся значения расстояния, которые использовались для определения затухания, если они доступны. Код метода и, возможно, другие определения расстояния приводятся в атрибуте DISTTYPE: расстояние до гипоцентра землетрясения (D1), до эпицентра землетрясения (D2), до центра зоны афтершоков (D3) [13], до выхода разрыва на поверхность (D4) [14].

При использовании записей сильных движений для сейсморайонирования интересна макросейсмическая интенсивность в месте установки прибора [15-17]. Значение интенсивности приводится в атрибуте STINT; ссылка на источник и указание на макросейсмическую шкалу - в атрибуте STINTSCL.

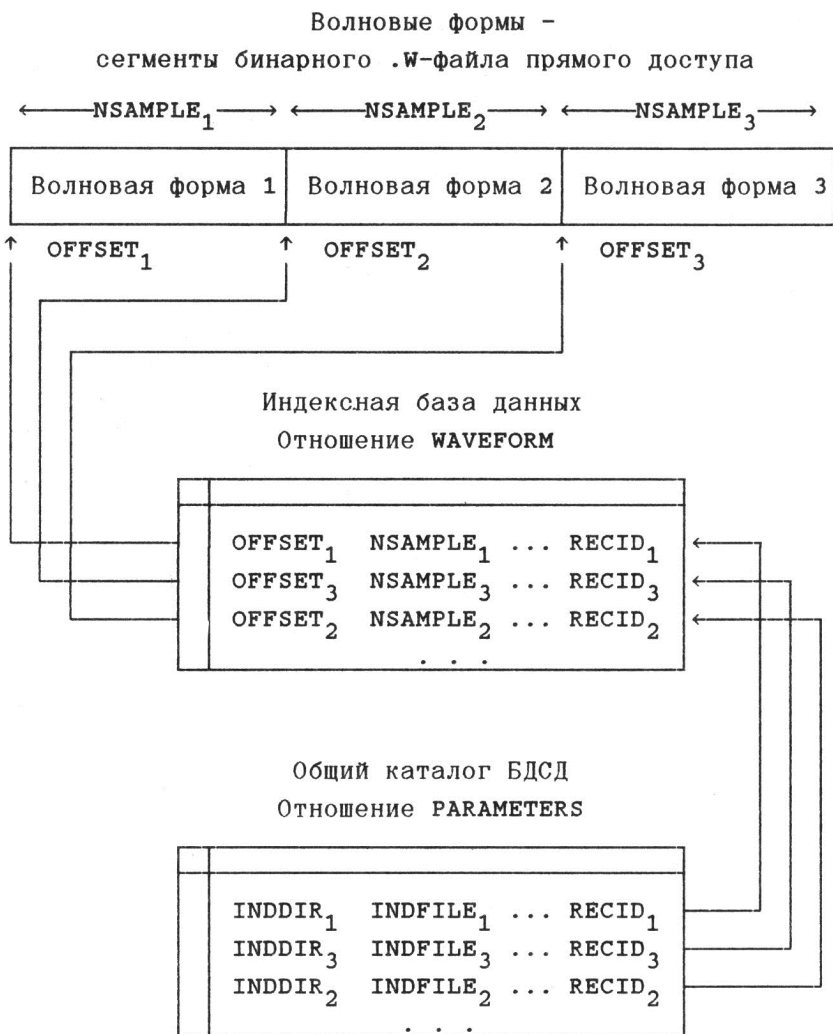
Атрибут STRUCT классифицирует тип сооружения, на котором установлен прибор (табл.5). Если записывающий прибор установлен в здании, в атрибуте FLOOR приводится этаж. Для различных уровней подземных сооружений эти значения могут быть отрицательными.

В соответствии со СНиП [18] класс грунтовых условий (указан в атрибуте SOIL) может принимать значения: 1 - твердое скальное основание, 2 - промежуточные, 3 - мягкие осадочные отложения. Источником данных служат работы [13-15,17,19,20].

Уникальное имя (ключ) прибора, собственная частота, коэффициент демпфирования и тип приводятся в атрибутах INSTRID, FREQ, DAMP и INSTRTYPE соответственно. Эти параметры используются при коррекции акселерограмм [21].

Параметры волновой формы в отношении PARAMETERS по сравнению с отношением WAVEFORM дополнены атрибутами MAXACC, MAXVEL, MAXDISP и RMS, содержащими максимальные ускорение, скорость, смещение и среднеквадратическое ускорение соответственно.

6. Связь отношений в БДСД. Отношения и .W файлы БДСД образуют иерархическую структуру, схематически изображенную на рис.7. В общем каталоге БДСД (отношение PARAMETERS) для каждой волновой формы содержатся имя и директория индексной базы данных (отношение WAVEFORM), в которой в свою очередь указаны имя и директория



Р и с. 7. Связь отношений в БДСД

.W-файла, содержащего сегмент со значениями амплитуды сейсмического сигнала.

Достоинство такой иерархии баз данных и бинарных файлов в том, что:

- волновые формы хранятся в небольшом числе файлов прямого доступа, что сокращает число одновременно открытых файлов при работе с БДСД, ускоряет доступ к данным, в среднем вдвое уменьшает размер файлов по сравнению с текстовыми, упрощает файловую структуру БДСД;

Значения атрибута STRUCT

Код класса	Описание класса сооружений
FR	Открытая поверхность, возможно с защитным чехлом для прибора, но не нулевые отметки сооружений (Free field)
BU	Жилые и общественные здания, складские помещения, гаражи, ангары, все типы железобетонных, кирпичных, стальных, деревянных каркасных сооружений (Building)
DA	Бетонные и насыпные плотины (Dam)
BR	Мосты, все типы строительных пролетных конструкций (Bridge)
UT	Оборудование: электротехническое, нефтяное, ядерно-энергетическое, ирригационное и т.п. (Utilities)
MI	Сооружения, не принадлежащие к первым пяти классам, например, башни, тоннели (Miscellaneous)

Т а б л и ц а 6

Значения атрибутов UNITS и DATATYPE

Атрибут UNITS	Атрибут DATATYPE	Единицы измерения	Сейсмические данные
1	A-UC	см/с ²	Неоткорректированные ускорения
1	A	см/с ²	Откорректированные ускорения
2	V-UC	см/с	Неоткорректированные скорости
2	V	см/с	Откорректированные скорости
3	D-UC	см	Неоткорректированные смещения
3	D	см	Откорректированные смещения

- адрес сегмента в .W-файле и число отсчетов волновой формы хранятся отдельно в индексной базе данных вместе с ключами индексации и параметрами, необходимыми для графического отображения и обработки данных, что позволяет в прикладных программах одновременно позиционирование и доступ к данным в бинарном файле и использование языка СУБД для работы с индексной базой, например, для связи с общим каталогом БДСД по ключу RESID;

- все запросы БДСД по параметрам волновых форм формулируются на языке СУБД dBASE III PLUS, что упрощает доступ к данным;

- таблицы параметров волновых форм в формате СУБД dBASE III PLUS импортируются всеми доступными пакетами статистической обработки (SAS, SPSS, STATGRAF, CSS) и электронными таблицами (EXCEL, QUATTRO), что облегчает статистическую обработку и корректирование данных.

Автор благодарен А.З.Мостинскому, внесшему значительный вклад в создание БДСД.

Литература

1. *McGuir R.K., Barnhard J.A.* Magnitude, distance, and intensity data for C.I.T. strong motion records // *J.Res.U.S.Geol.Surv.* 1977. Vol.5. P.437-443.
2. *Hudson D.E.* Reading and interpreting strong ground motion accelerograms. Earthquake Engineering Research Institute. 1979. 112 p.
3. *Jennings P.C.* Engineering seismology. In: Proc. Intern. School of Physics "Enrico Fermi" Course LXXXV, Earthquakes: Observation, Theory and Interpretation, North-Holland Publishing Co. 1983. P.138-173.
4. *Joyner W.B., Boore D.M.* Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake // *Bull.Seism.Soc. Amer.* 1981. Vol.71. P.2011-2038.
5. *Coffman J.L., Godeaux S.* Catalog of strong-motion accelerometer records. World Data Center A for Solid Earth Geophysics Report SE-38. 1985.
6. *Гвишиани А.Д., Желиговский В.А., Мостинский А.З. и др.* Банк геофизических данных II. База данных по сильным движениям. М.: 1986. 59 с. Деп.в ВИНТИ. N 7941.
7. *Elyutin A., Mostinsky A., Udalova S., Zhizhin M.* Strong motion data management system: present stage and perspective. In: Proc. of 4th Intern. Symp. on the analysis of seismicity and seismic risk, Bechyne Castle, Czechoslovakia, September 4-9. 1989. Vol. 2. P.411-416.
8. *Joyner W.B., Boore D.M.* Measurement, characterization, and prediction of strong ground motion. Preprint, U.S. Geological Survey. 1988. 60 p.
9. *Mohammadioun B.* State of art in the calculation of a reference motion for the anti-seismic design of critical structures. In: Seismic hazard in Mediterranean region, J. Bonnin et al. (eds.), ECSC, EEC, EAEC, Brussels and Luxembourg. 1988. P.173-193.
10. *Brennan M.A.* Center for Seismic Studies Database Structure, Version 2.8. Teledyne Geotech Technical Report C87-04. September 1987. 133 p.
11. *Hanks T.C., Kanamory H.* A moment magnitude scale // *J. Geophys. Res.* 1979. Vol.84. P.2348-2350.
12. *Abrahamson N.A., Litehiser J.J.* Attenuation of vertical peak acceleration//*Bull. Seism. Soc. Amer.* 1989. Vol.79, N3. P.549-580.

13. *Campbell K.W.* Near-source attenuation of peak horizontal acceleration // *Bull. Seism.Soc.Amer.* 1981. Vol.71. P.2039-2070.
14. *Campbell K.W.* The dependence of peak horizontal acceleration on magnitude, distance, and site effects for small magnitude earthquakes in California and Eastern North America // *Bull. Seism.Soc.Amer.* 1989. Vol.79. P.1311-1346.
15. *Trifunac M.D., Brady A.G.* On the correlation of seismic intensity scales with the peaks of recorded strong ground motion // *Bull.Seism.Soc.Amer.* 1975. Vol.65. P.139-162.
16. *Murphy J.R., O'Brien L.J.* Analysis of a worldwide strong motion data sample to develop an improved correlation between peak acceleration, seismic intensity and other physical parameters. Computer Sciences Corporation for U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0402. 1978.
17. *Vanmarcke E.H., Lai S.-S.P.* Strong-motion duration and RMS amplitude of earthquake records // *Bull.Seism.Soc.Amer.* 1980. Vol.70. P.1293-1307.
18. СНиП II-7-81. Строительные нормы и правила. Ч.II. Нормы проектирования. Гл. 7. Строительство в сейсмических районах. М.: Стройиздат, 1982. 49 с.
19. *Duke C.M., Johnsen K.E., Larsen L.E., Engman D.C.* Effects of site classification and distance on instrumental indices in the San Fernando earthquake. University of California, Earthquake Laboratory, UCLA-ENG-7247, 1972. 29 p.
20. *Duke C.M., Johnsen K.E., Larsen L.E., Engman D.C.* Effects of site on ground motions in the San Fernando earthquake. University of California, Earthquake Laboratory, UCLA-ENG-7688, 1976 44 p.
21. *Converse A.* AGRAM: a series of computer programs for processing digitized strong-motion accelerograms. U.S. Department of the Interior, Geological Survey Open-File Report 84-525, 1984.