

УДК 550.343

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

©2005 А. О. Щербина, М. А. Мищенко, И. А. Ларионов

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН
684034, с. Паратунка, Камчатская обл., Елизовский р-н., ул. Мирная, 7
Тел./Fax: (415-31)31-7-18, ikir@ikir.kamchatka.ru*

В ИКИР ДВО РАН на двух измерительных пунктах («Карымшино» и «Микижа») в период с 1999 г. по настоящее время производится мониторинг геоакустической эмиссии. За время работы было выявлено, что многим сейсмическим событиям предшествуют некоторые изменения в характере акустической эмиссии, которые выражались в виде резкого продолжительного повышения амплитуды или периодически появляющихся импульсов. Для дальнейшего изучения геоакустического сигнала авторами был создан программно-аппаратный комплекс, который состоит из двух персональных компьютеров и программного обеспечения для них.

ВВЕДЕНИЕ

Особенность сейсмических процессов в районе полуострова Камчатка состоит в том, что гипоцентры большинства землетрясений располагаются в прибрежной зоне под дном Тихого океана. Предполагалось, что в этих условиях контроль сейсмического режима прибрежных районов Тихого океана вблизи очагов землетрясений возможен посредством гидроакустических систем, включающих гидроакустические датчики, установленные на дне океана и соединенные кабелем с наземным центром обработки данных или автономных донных станций.

Исходя из этого, в России с 1986 по 1991 гг. на гидроакустических системах, установленных на побережье Камчатки, проводились эксперименты по исследованию шумовых сигналов океана сейсмического происхождения. Они показали, что для регистрации и последующего исследования сейсмических сигналов гидроакустические системы по своим характеристикам достаточно эффективны, однако их применению в этих целях препятствуют помехи от приобья, судоходства и широкого спектра других океанических шумов. Поэтому следующим этапом исследований явилось использование гидроакустических приемных систем, на суше в искусственных и естественных водоемах, где естественные шумы стали значительно меньше.

Данная работа посвящена разработке аппаратно-программного комплекса, необходимого для мониторинга геоакустической эмиссии на Камчатке.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Для регистрации сигналов использовались две приемные системы, установленные в небольших водоемах. Каждая система состояла из 4-х направленных гидрофонов, три из которых ориентированы по сторонам света (кроме запада) и один направленный вертикально вниз. Одна из таких систем размещена на дне укрытого бассейна в пункте комплексных геофизических наблюдений на р. Карымшина, а другая — на удалении 20 км к северу на дне оз. Микижа (Купцов, 2005; Купцов и др., 2004).

Обработка большого объема данных может быть осуществлена только с помощью электронно-вычислительной техники, при этом весь звуковой поток оцифровывается, записывается и обрабатывается в цифровом виде. Аппаратная часть комплекса состоит из 2-х персональных ЭВМ, соединенных по локальной сети. Задачей первой ЭВМ является регистрация геоакустических сигналов по всем направлениям в режиме реального времени, на второй ЭВМ производится частотная фильтрация и усреднение сигналов. Общая схема измерений изображена на рис. 1. Сигналы



Рис. 1. Общая схема измерительного комплекса.

с выходов 4 гидрофонов после предварительного усиления поступают на входы звуковых карт, установленных в первом персональном компьютере. Далее, после преобразования в цифровой вид, сигналы раздельно по 4-м каналам записываются на жесткий диск компьютера в моно режиме. Вся обработка (масштабирование, фильтрация и т.д.) осуществляется программно.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Для реализации системы мониторинга геоакустической эмиссии разработано специальное программное обеспечение, позволяющее записывать всю информацию с любого числа звуковых карт на жесткий диск. Программа записи сигналов установлена на первом персональном компьютере (рис. 2) и работает под операционной системой Microsoft Windows 2000.

В программу были включены следующие функции:

1. Организован захват звуковых данных одновременно с любого количества звуковых карт. Параметры оцифровки могут изменяться оператором.

2. Отображение данных.

3. Запись данных на диск.

4. Вычисление и запись на диск усредненного уровня для оперативного контроля состояния геоакустического фона.

5. Была предусмотрена максимальная гибкость для последующего увеличения функциональности программы.

Захват данных осуществляется с помощью системы DirectSound, входящей в состав Microsoft DirectX. Запись данных производится в несжатом виде в звуковые файлы формата RIFF. Длина файлов выбирается оператором. Отсутствие сжатия данных обеспечивает максимальную достоверность данных за счет исключения потерь при сжатии.

Одной из основных задач программы является точная временная синхронизация данных с различных звуковых карт. Это вызвано небольшим расхождением их тактовых генераторов, что приводит к расхождению времени записи данных. Для этого каждому записанному буферу добавляются метки точного времени записи (с точностью до 100 нс), которые записываются в отдельный файл. Эти метки могут использоваться при последующей обработке полученных данных, например, при расчете пеленгов на источники сигналов. Таким образом, устраняется вторая проблема записи данных с различных устройств – асинхронный старт захвата, который имеет случайный характер и не может быть компенсирован заранее. Синхронизация точного времени системы производится с помощью GPS, подключенной непосредственно к компьютеру.

Запись данных производится посуточно в отдельные директории. Так как объем данных,

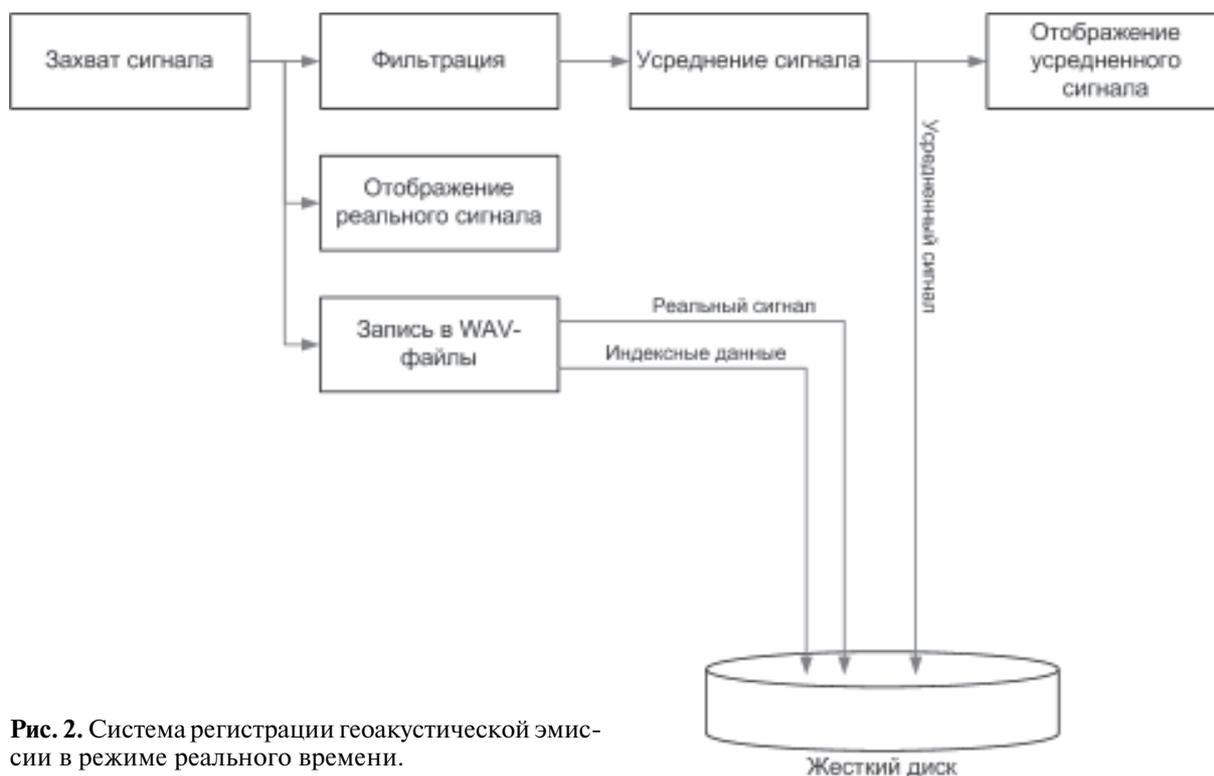


Рис. 2. Система регистрации геоакустической эмиссии в режиме реального времени.

получаемых за сутки, очень большой (свыше 30 Гбайт дискового пространства), то для исключения переполнения дисков и, соответственно,

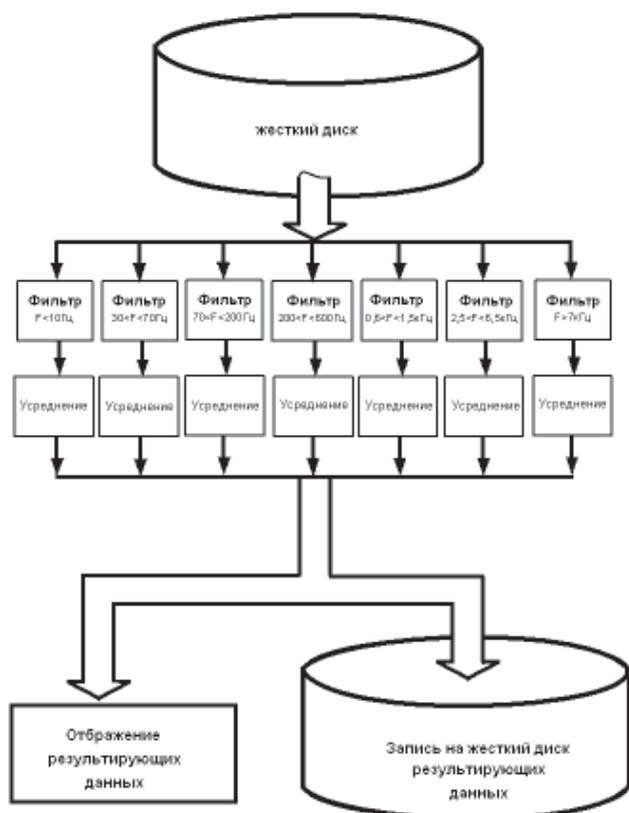


Рис. 3. Принципиальная схема программы обработки записанных данных.

потерь данных в программу была включена возможность автоматического удаления устаревших данных. Таким образом, на жестком диске хранятся только данные нескольких предыдущих суток. Число сохраняемых суток выбирается оператором, исходя из емкости накопителя. Решение о сохранении данных выносится, исходя из показаний усредненного уровня геоакустического фона, при этом нужные данные копируются на специальный носитель.

Дальнейшая обработка записанных данных производится на втором персональном компьютере при помощи специализированной среды для научно-технических вычислений – MATLAB, где разработано специализированное программное обеспечение. Система обработки (рис. 3), обеспечивает:

- 1) фильтрацию записанного сигнала в семи частотных диапазонах (0-10 Гц; 30-60 Гц; 70-200 Гц; 200-600 Гц; 0.6-1.5 кГц; 2.5-6.5 кГц; 7-22 кГц);
- 2) обработку нескольких потоков данных большого объема в режиме реального времени;
- 3) наглядное графическое представление результирующих данных за последние сутки;
- 4) сохранение результирующих данных для их дальнейшего анализа.

Выбор среды MATLAB обусловлен наличием полного набора методов для создания цифровых фильтров с разнообразными характеристиками, что позволяет быстро разрабатывать цифровые фильтры существующих типов и классов. Также MATLAB содержит большой инструментарий для обработки и визуализации цифровых данных,

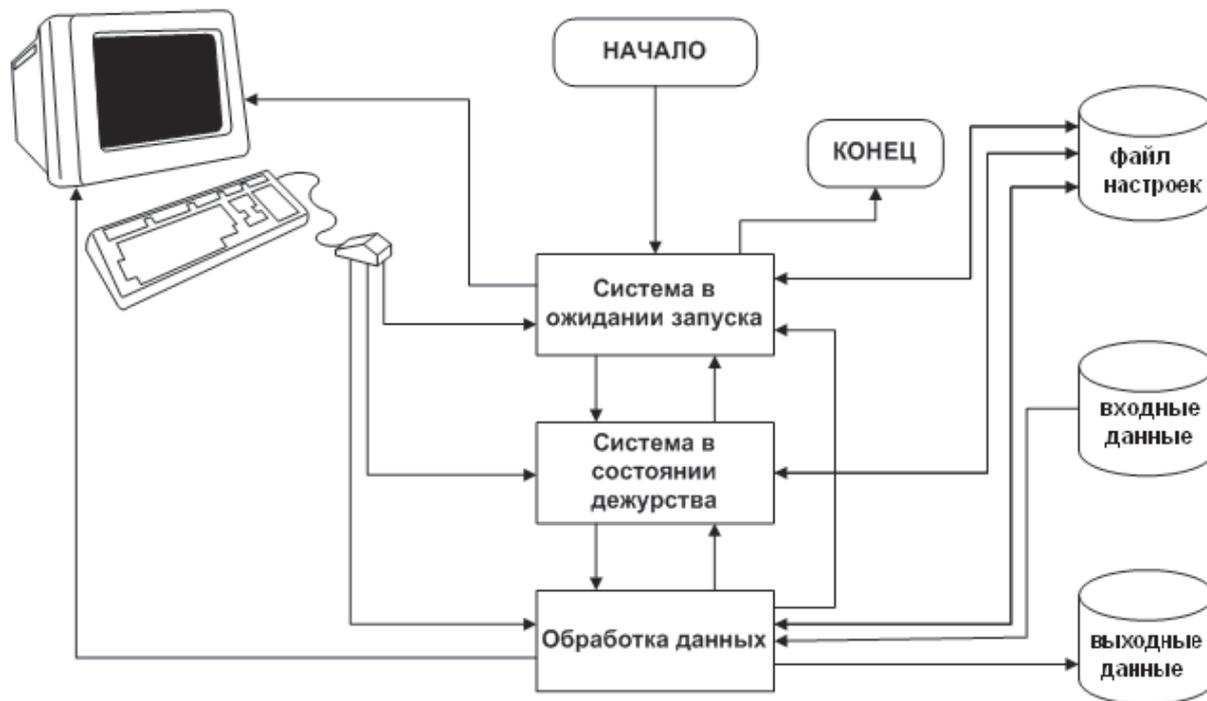


Рис. 4. Основные этапы работы программы.

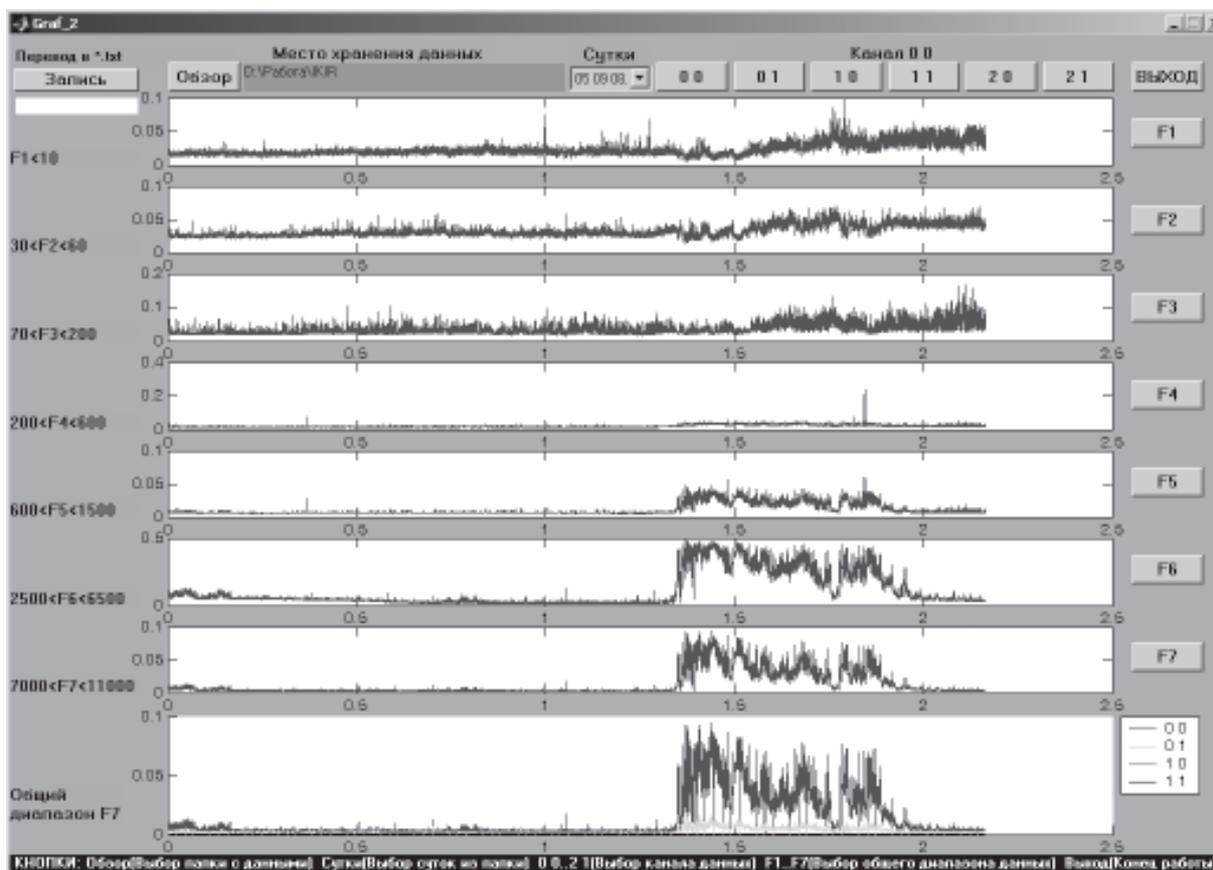


Рис. 5. Суточная реализация геоакустических данных за 8 сентября 2005 года.

позволяющий разрабатывать методы обработки и манипулировать данными.

Для обеспечения фильтрации входного сигнала из наиболее известных классов фильтров (Баттерворта, Чебышева, инверсные Чебышева и эллиптические) был выбран класс эллиптических фильтров. Он дает возможность создать наименее ресурсоемкий цифровой фильтр с заданными характеристиками.

Работу программы можно разбить на три основных этапа, на схеме они обозначены прямоугольниками (рис. 4):

- 1) режим настройки и запуска;
- 2) режим дежурства;
- 3) режим обработки данных.

На первом этапе происходит изменение настроек системы, описание и запуск системы таймеров.

На втором этапе, в зависимости от системного времени компьютера, управление программой передается от одного таймера другому. Для организации нормальной работы программы был разработан специальный алгоритм. Данный алгоритм работы таймеров нужен для преодоления трудностей работы программы, связанных с ее переходом через начало суток. Он запускает процесс обработки данных в начале каждого часа и обеспечивает работу программы в режиме реального времени.

Третий этап является основным. Здесь, в соответствии с настройками системы, происходит обработка данных (фильтрация и усреднение). Результат отображается на дисплее компьютера, а также записывается в результирующий файл. Далее управление передается системе таймеров, т.е. происходит возвращение к этапу номер два. Выходные данные предназначены для последующего их анализа и нахождения предвестников землетрясений. Для визуального анализа и преобразования выходных данных в текстовый формат также используется среда MATLAB.

В настоящий момент комплекс установлен и работает в режиме реального времени на станциях

геофизических наблюдений «Микижа» и «Карамшина». На рис. 5 изображен пример суточной реализации геоакустических данных за 8 сентября 2005 г. за сутки до землетрясения, произошедшего 09.09.2005 в 11:42 UT, широта 50.53 N, долгота 157.46 E, энергетический класс – 11.4. Семь верхних графиков отображают семь частотных диапазонов расфильтрованного сигнала с усреднением за четыре секунды. На нижнем (восьмом) графике изображен общий диапазон всех обработанных каналов. Из данного рисунка следует, что в высокочастотных каналах наблюдаются аномальные возмущения, продолжительностью более 8 часов.

ВЫВОДЫ

В результате проделанной работы:

- Создан аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий синхронную регистрацию геоакустической эмиссии в режиме реального времени.
- Реализована возможность записи усредненного значения амплитуды сигнала за требуемый период (раз в 4 секунды).
- Реализована возможность оперативного контроля.
- Разработаны инструменты для подробного лабораторного анализа полученных данных.

Список литературы

- Купцов А.В.* Изменение характера геоакустической эмиссии в связи с землетрясением на Камчатке // *Физика Земли*. 2005. № 10. С. 59-65.
- Купцов А.В., Маранулец Ю.В., Шевицов Б.М.* Анализ изменений геоакустической эмиссии в процессе подготовки сильных землетрясений на Камчатке // *Электронный журнал "Исследовано в России"*, 262/041229, с. 2809-2818 <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/262.pdf>.

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF THE MONITORING GEOACOUSTICAL EMISSION

A. O. Zherbina, M. A. Mizhenko, I. A. Larionov

*The Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (IKIR FEB RAS), 684034 Kamchatka region, Elizovskiy district, Paratunka, Mirnaya str., 7
Tel/Fax: (41531) 33718. ikir@ikir.kamchatka.ru*

In IKIR FEB RAS on two measuring points ("Karymshino" and "Mikizha") at period since 1999 on present time is produced monitoring geoacoustic emissions. For time of the work was revealed that many seismic event precede some changes to nature of the acoustic emission, which were expressed in the manner of cutting of long-lasting increasing of the amplitude or seasonally appearing pulse. For the further study geoacoustic signal author was created fireware complex, which consists of two personal computers and software for them.