

УДК 550.34

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ В КАМЧАТСКОМ
ФИЛИАЛЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РАН

Токарев А.В., Чемарёв А.С., Матвеев Е.А., Чеброва А.Ю.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН

Научный руководитель: к.ф.-м.н. А.Ю. Чеброва

В Камчатском филиале Геофизической службы РАН с 2010 г. ведется разработка информационной системы сейсмологических данных (ИССД). Работа посвящена принципам функционирования и логического устройства разрабатываемой ИССД. Представлены краткие описания разработанных и введенных в эксплуатацию компонентов ИССД, по состоянию на текущий момент.

Ключевые слова: сейсмология, информационная система, база данных, каталог землетрясений, макросейсмический интернет-опросник

ВВЕДЕНИЕ

Система сбора, систематизации и доступа к сейсмологической информации в Камчатском филиале Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) [1], организованная в начале 90-х гг. прошлого столетия, не соответствует современным представлениям об эффективно функционирующей информационной системе. В 2010 г. в КФ ГС РАН началась разработка новой современной Информационной системы Сейсмологических данных (ИССД) [5].

Основной целью создания ИССД является объединение в интегрированное информационное пространство всей сейсмологической информации, в первую очередь получаемой при проведении наблюдений на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей КФ ГС РАН (результаты наблюдений, обработки и анализа данных). Основными принципами организации хранения данных в создаваемой ИССД является обеспечение максимальной целостности, корректности и безошибочности информации предоставляемой пользователю, что достигается двумя способами: 1) путем разнообразных автоматических проверок уже поступивших в БД данных, и возможностью переработки некорректной информации,

2) путем максимальной автоматизации процесса пополнения БД на этапе ее поступления (сокращение влияния человеческого фактора).

Для этих целей создается комплекс автоматических и автоматизированных технических средств, обеспечивающих сбор, систематизацию и доступ к сейсмологическим данным, а также возможность управления ресурсами, находящимися в зоне ответственности того или иного подразделения КФ ГС РАН. Важнейшей составной частью ИССД является создание информационного Web-ресурса, предоставляющего удобный доступ к данным ИССД пользователей, не знакомых с внутренним устройством самой системы.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИССД

Общая концепция организации и структура БД ИССД была представлена в [5]. В данной работе описываются четыре основных этапа функционирования ИССД: 1) сбор, 2) систематизация, 3) управление данными, 4) доступ к данным. Предлагаемое описание носит обобщенный характер.

Общая схема структуры БД ИССД представлена на рис. 1. Схема иллюстрирует наличие в ИССД двух основных информационных сущностей – Событие и Инструмент. Событие – состоит из набора сейсмических проявлений. Инструмент – любой датчик, с помощью которого можно производить измерения (в данном случае сейсмологические). Вся сейсмологическая информация, содержащаяся в БД, привязывается к этим двум сущностям, или к одной из них. Далее под систематизацией данных будет пониматься привязка информации к одной из двух основных сущностей БД ИССД.

В зависимости от того в какой момент происходит систематизация информации, поступающей в БД ИССД, сейсмологические данные КФ ГС РАН делятся на три типа:



Рис. 1. Общая схема структуры БД

1) исходные сейсмологические данные (непрерывные сейсмологические записи, информация о сейсмических станциях, сообщения о макросейсмических проявлениях землетрясений и т.д.);

2) результаты обработки исходных сейсмологических данных (каталоги и бюллетени землетрясений, уровень сейсмического шума на сейсмостанциях и т.д.);

3) результаты анализа ранее обработанных сейсмологических данных (уровень надежной регистрации, активность A_{10} , тензоры сейсмического момента и т.д.).

Исходные сейсмологические данные сначала поступают на сервер и сохраняются в БД ИССД, затем специально написанные программы обрабатывают (систематизируют) полученную информацию. Сбор и систематизация *результатов обработки исходных сейсмологических данных* неразрывно связаны и происходят одновременно в БД ИССД. Собранные и систематизированные данные можно анализировать и проводить с их помощью исследования, *результаты* которых также могут быть сохранены в БД ИССД. Особенности процесса сбора и систематизации данных для ка-

ждого типа сейсмологической информации поясняются на примерах в таблице 1.

Таблица 1. Пояснение на примерах особенностей процесса сбора и систематизации сейсмологических данных (СД) в зависимости от их типа

Тип СД	Схема процесса	Пример СД	Описание процесса
Исходные СД	Сначала сбор, потом систематизация	Сообщения о макросейсмических проявлениях землетрясений	Сообщения о макросейсмических проявлениях землетрясений собираются автоматически через интерфейс http://www.emsd.ru/lsopool/poll.php . Данные систематизируются с помощью программы The Poll Viewer [2]. В результате для отдельных событий ИССД в БД добавляется информация о макросейсмических проявлениях.
Результаты обработки исходных СД	Сбор и систематизация одновременно	Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов	Обработчики землетрясений с помощью программы расчета гипоцентрии получают Решения ¹ . Решения поступают в БД ИССД и систематизируются ядром ИССД: формируются События ² с помощью алгоритма "TrueEvent", определяется принадлежность События к одной из зон сейсмичности и типу с помощью программы "Territoria". При этом алгоритм "TrueEvent" выявляет ошибки в данных окончательных решений и при их наличии информация не систематизируется, а перенаправляется в программу "Elman". Далее оператор, работая в программе "Elman", анализирует найденные ошибки и принимает решение о возможности их исправления или о необходимости пересчета Решения источником данных (обработчиком).
Результаты анализа ранее обработанных СД	Систематизация предшествует анализу данных	Расчет тензора сейсмического момента (ТСМ)	Программа "MT_Data" извлекает из БД ИССД необходимые для расчета ТСМ данные (основные параметры и волновую форму землетрясения, информацию по станциям. С помощью приложения "MT_Calc" специалист определяет ТСМ. Программа "MT_Save" сохраняет все данные работы "MT_Calc" в БД ИССД.

Примечание. ¹Решение – основные параметры землетрясения, полученные в результате работы программы расчета гипоцентрии. ²Сейсмическое событие (Событие) – тектоническое или вулканическое землетрясение, взрыв и т.п. Событие может иметь несколько Решений, одно из которых для заданного каталога является окончательным.

Доступ к данным ИССД определяется действующими соглашениями и по запросу. В системе реализованы четыре уровня доступа:

- администратор (полный доступ с определенных компьютеров локальной сети КФ ГС РАН);
- специалист (полный доступ на получение данных, возможность управления данными в рамках специализации; предоставляется по предварительной регистрации или для компьютеров локальной сети КФ ГС РАН);
- пользователь (доступ к ограниченному набору данных за весь период детальных сейсмологических наблюдений; предоставляется по предварительной регистрации);
- гость (возможность просмотра данных открытого доступа за ограниченный отрезок времени; предоставляется без регистрации).

Доступ к данным ИССД возможно осуществить одним из трех способов (в первых двух случаях возможен доступ и управление данными):

- средствами СУБД с помощью приложения “SQL Manager for PostgreSQL” (уровень доступа = администратор, специалист);
- с помощью обеспечивающих подсистем ИССД, которые представляют собой приложения для комплексной работы с информацией в определенном логическом сегменте данных: станции, макросейсмика и т.п. (уровень доступа = специалист);
- через web-ресурс, который обеспечивает доступ к определенному набору данных ИССД и позволяет просматривать информацию в табличном виде, визуализировать ее на карте и сохранять в заданном формате (уровень доступа = специалист, пользователь, гость с разной степенью ограничений).

ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПОДСИСТЕМЫ ИССД

Разрабатываемая ИССД нацелена на обеспечение информационной поддержки и автоматизации процессов, связанных с управлением данных, в различных подразделениях КФ ГС РАН. В связи с этим структуру ИССД можно представить в виде совокупности обеспечивающих подсистем.

Обеспечивающая подсистема – набор отдельных программ и приложений (программ, рассчитанных на взаимодействие с пользователем), предназначенных для выполнения определенного направления деятельности КФ ГС РАН.

Разработка ИССД осуществляется поэтапно. Каждый этап включает в себя создание одной обеспечивающей подсистемы. К концу 2014 г. внедрены и успешно функционируют две подсистемы:

- 1) подсистема ИССД для контроля корректности данных и создания уникальных событий;
- 2) подсистема ИССД для сбора, хранения и обработки макросейсмических данных.

Набор программ и приложений, обеспечивающих функционирование этих подсистем представлены в табл. 2. Две другие подсистемы (подсистема ИССД для сбора и хранения информации о сейсмических станциях; подсистема ИССД для формирования и хранения волновых форм землетрясений) находятся на начальном этапе разработки.

Таблица 2. Набор программ и приложений, обеспечивающих все функции действующих к концу 2014 г. подсистем ИССД КФ ГС РАН

Функция	Подсистема ИССД для контроля корректности данных и создания уникальных событий	Подсистема ИССД для сбора, хранения и обработки макросейсмических данных
Сбор данных	DIMAS + Программа "Write Solution" для обработки SSD-файлов (Perl)	Анкета «Сообщение о землетрясении» http://www.emsd.ru/lsopool/poll.php (PHP)
Систематизация данных	Алгоритм "True Event" (СУБД PostgreSQL), программа "Territoria"* (Fortran)	Алгоритм "Automatic Intensity" (СУБД PostgreSQL)
Управление данными	Локальное приложение "Error Log Manager" (Delphi)	Локальное приложение "The Poll Viewer" (Delphi)
Доступ к данным	Информационный Web-ресурс (http://arc10)	

Примечание. * В отличие от других программ и приложений, представленных в таблице, программа "Territoria" написана сторонним разработчиком и внедрена в работу ИССД (автор программы А.В. Ландер)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ИССД ПО СОСТОЯНИЮ НА КОНЕЦ 2014 г.

Результатами разработки ИССД являются структура базы данных, а также программы и приложения, обеспечивающие функционирование подсистем. Подробному описанию некоторых компонентов ИССД были посвящены отдельные работы [2–5]. Здесь представлены краткие описания основных разработанных программ.

База данных ИССД объединяет сейсмологическую информацию КФ ГС РАН в интегрированное информационное пространство. На текущий момент БД состоит из ≈ 100 таблиц и содержит информацию более чем по 230 000 событиям, количество которых постоянно растет. Структура БД схематично представлена на рис. 1.

Программа "Write Solution" обеспечивает автоматическое внесение результатов обработки землетрясений операторами в БД в режиме реального времени.

Алгоритм "True Event" – элемент ИССД, объединяющий поступающие в БД решения гипоцентров в группы по событиям и осуществляющий контроль корректности данных, полученных в результате обработки землетрясений, и контроль соответствия одному событию единственного окончательного решения. Работу алгоритма "True Event" можно представить в виде схемы (рис. 2).

Приложение "Elman" ("Error Log Manager") [4] – приложение для просмотра и обработки ошибок, выявленных алгоритмом "True Event", позволяет:

- осуществлять ручную привязку решений к событиям, если по каким-то причинам алгоритм "True Event" с этим не справился;
- вручную исправлять ошибки, не требующие пересмотра землетрясения;
- формировать список ошибок, для исправления которых требуется пересмотр землетрясения обработчиком.

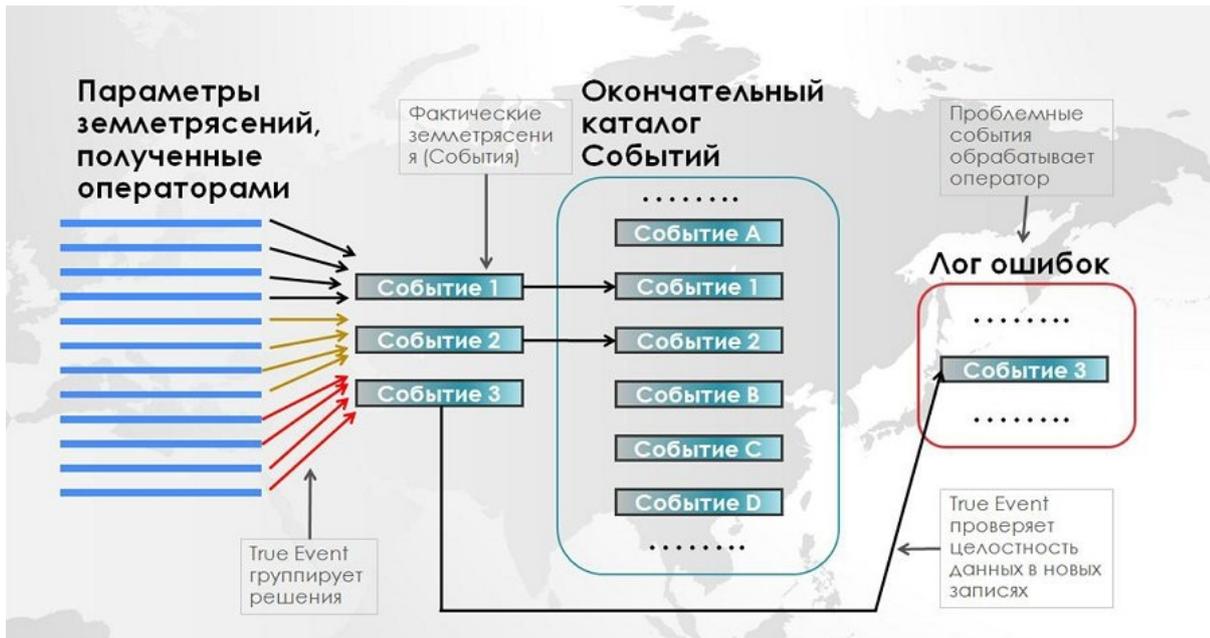


Рис. 2. Схема работы алгоритма "True Event"

Интерфейс программы "Elman" (рис. 3) позволяет пользователю видеть комплексную информацию по каждой конкретной ошибке и предоставляет удобный функционал для их исправления (подсказки, выделение цветом, вспомогательный каталог ISC, карты, и др.). Возможно исправление «вручную» разнообразных типов ошибок:

- ошибки формата данных (записи с недопустимыми значениями каких-либо полей); методологические (недопустимые эмуляции или фильтрации при определении вступлений фаз или взятия амплитуд);
- наличие не единственного окончательного Решения в Событии;
- ошибки, связанные с тем, что подсистема не смогла однозначно отнести Решение к тому или иному Событию.

Анкета «Сообщение о землетрясении» представляет собой web-страницу (рис. 4) для сбора макросейсмической информации. В настоящее время, вся информация о проявлениях землетрясений на Камчатке и прилегающих территориях поступает в БД с помощью этой web-страницы. Собранные таким образом данные однородны. Анкету может заполнить любой респондент через интернет на сайте КФ ГС РАН (<http://www.emsd.ru/lsoopool/poll.php>).

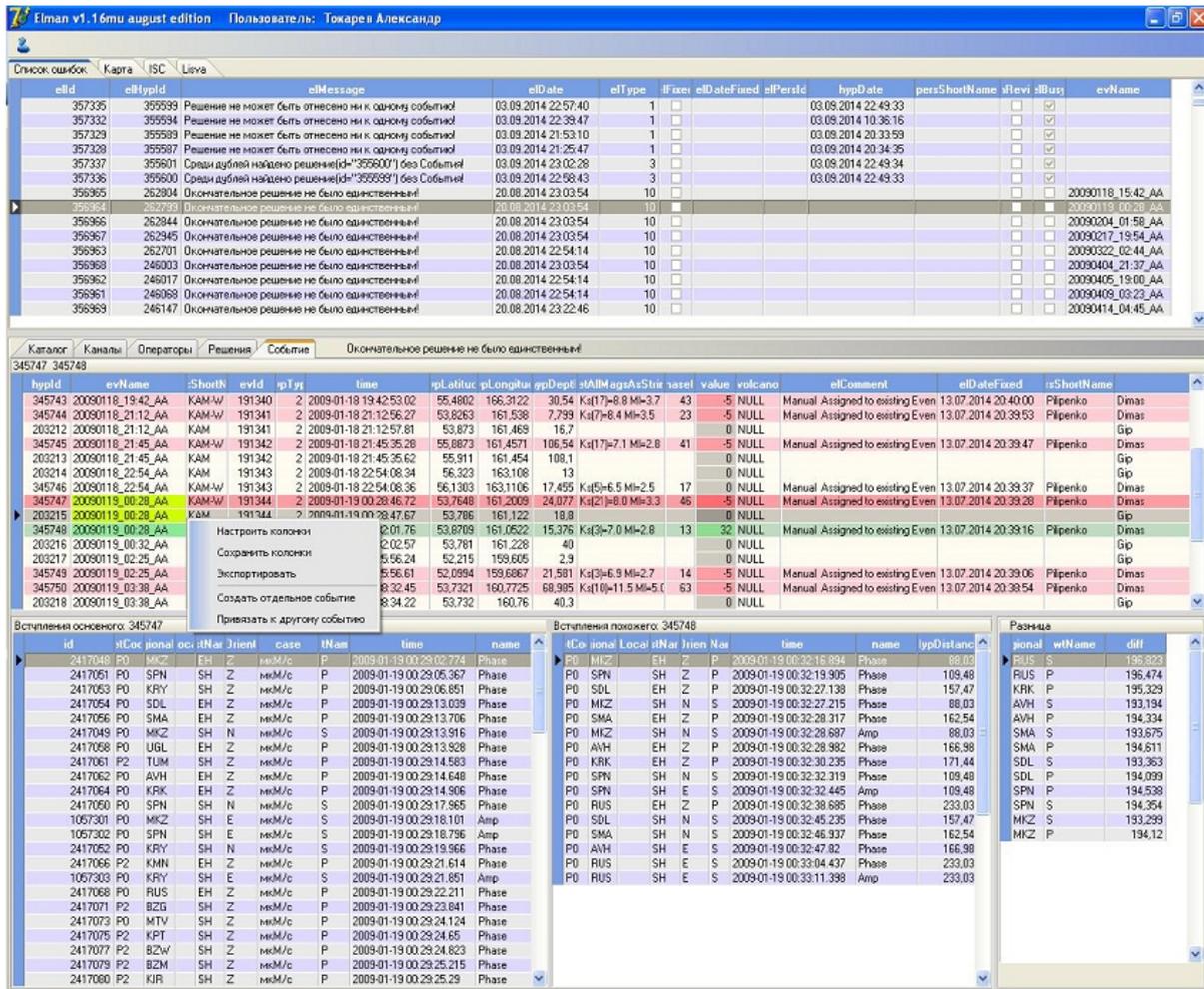


Рис. 3. Интерфейс программы "Elman"

Алгоритм "Automatic Intensity" – программа, осуществляющая автоматическую обработку данных заполненной анкеты «Сообщение о землетрясении». Результатом обработки является попадание данных в БД ИССД, а также автоматическая оценка макросейсмической интенсивности I_{AUTO} в пункте (подробнее см. [2, 3]). Автоматическая оценка интенсивности землетрясения производится с помощью алгоритма, заложенного в сейсмической шкале интенсивности землетрясений MMSK-92 (проект) [6].

Приложение "The Poll Viewer" – рабочее место специалиста по макросейсмике [2], позволяет:

- работать с полученными анкетами «Сообщение о землетрясении» (просматривать, редактировать, распечатывать, удалять ошибочные или одинаковые);

- работать с информацией о пунктах, для которых собираются макросейсмические данные (редактировать, создавать новые, просматривать расположение на карте);
- работать с данными макросейсмического каталога (связывать поступившие анкеты с событиями из Каталога землетрясений Камчатки и Командорских островов, давать экспертную оценку интенсивности в пункте по всем полученным анкетам просматривать карты «пункт-балл» по данным макросейсмического каталога создавать выборки и т.д.).

Камчатский филиал Геофизической службы РАН

Сообщение о землетрясении
Если Вы заметили землетрясение, даже самое слабое, заполните, пожалуйста, наш опросник. Выберите замеченные Вами проявления и опишите свои ощущения, затем отправьте это сообщение.

Землетрясение произошло (по местному времени)
(Обязательно укажите дату и время)

Дата: 03 12 2014 Время: 00 : 00 Приблизительно
(день, месяц, год) (часы : минуты) Точно

Продолжительность землетрясения: Выберите подходящее

Я не ощущал(а) землетрясения

Во время землетрясения Вы находились
(Обязательно укажите и опишите место, где Вы находились)

Город, поселок: Выберите из списка
(Если Вы находились в каком-то другом месте, выберите "Другой" в конце списка)

Другой: _____
(Напишите точное место, где Вы находились, если выбрали "Другой".
Например: сот Кадрин, турбаза Фламинго, 45 км Елизаветского шоссе, река Быстрая у Яснового моста и т.п.
Если Вы знаете координаты (широту, долготу), укажите их.)

Если Вы находились в здании, выберите:

в помещении по адресу: _____ Тип здания: Выберите подходящее
(Укажите улицу, дом) Количество этажей: 05

на открытом воздухе

в движущемся транспорте Выберите в каком _____ На каком этаже Вы находились: _____

в стоящем транспорте Выберите в каком _____ Функция здания: Выберите подходящее

Другое: _____
(Заполните, если у здания другая функция)

Воздействие землетрясения на людей:
(Выберите или отметьте соответствующее Вашим ощущениям)

Что Вы делали: Выберите подходящее

Как сильно Вы ощущали землетрясение: Выберите подходящее

Характер ощущавшихся колебаний: Выберите подходящее
(Если нет соответствия, выберите "Другое")

Другое: _____
(Заполните, если ощутили по-другому)

Рис. 4. Web-страница анкеты «Сообщение о землетрясении»

Приложение "The Poll Viewer" ускоряет и облегчает работу специалистов, занимающихся сбором макросейсмической информации, дает возможность просмотра всей имеющейся макросейсмической информации и быстрого реагирования на поступление сообщений об ощутимых землетрясениях от независимых респондентов в режиме «он-лайн» (см. рис. 5).

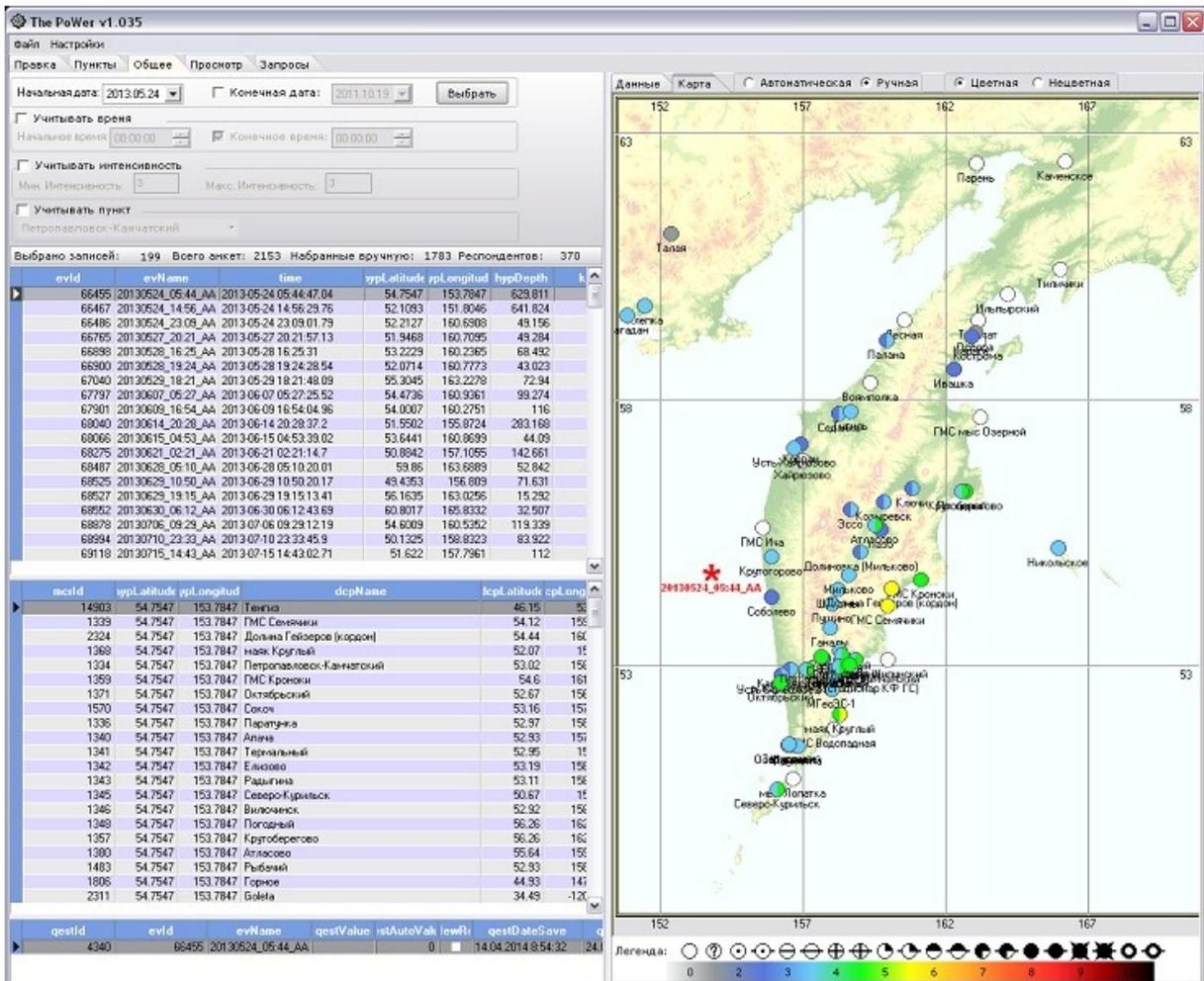


Рис. 5. Интерфейс программы "The Poll Viewer"

Информационный Web-ресурс (работает в тестовом режиме по локальной сети <http://arc10>) – обеспечивает доступ к содержащимся в ИССД данным. В настоящее время разработаны страницы доступа к нескольким каталогам:

- каталогу землетрясений Камчатки и Командорских островов;
- Каталог сильных землетрясений (по данным РИОЦ «Петропавловск» и РИОЦ «Южно-Сахалинск»);

- макросейсмическому каталогу землетрясений Камчатки и Командорских островов.

Поиск на страницах осуществляется по стандартным (временной отрезок, географическое положение, энергетические оценки землетрясений) и дополнительным (характерные для выбранного раздела) параметрам. Для всех каталогов обеспечен вывод информации на экран, а для каталога региональных землетрясений также в файл и на карту (рис. 6).

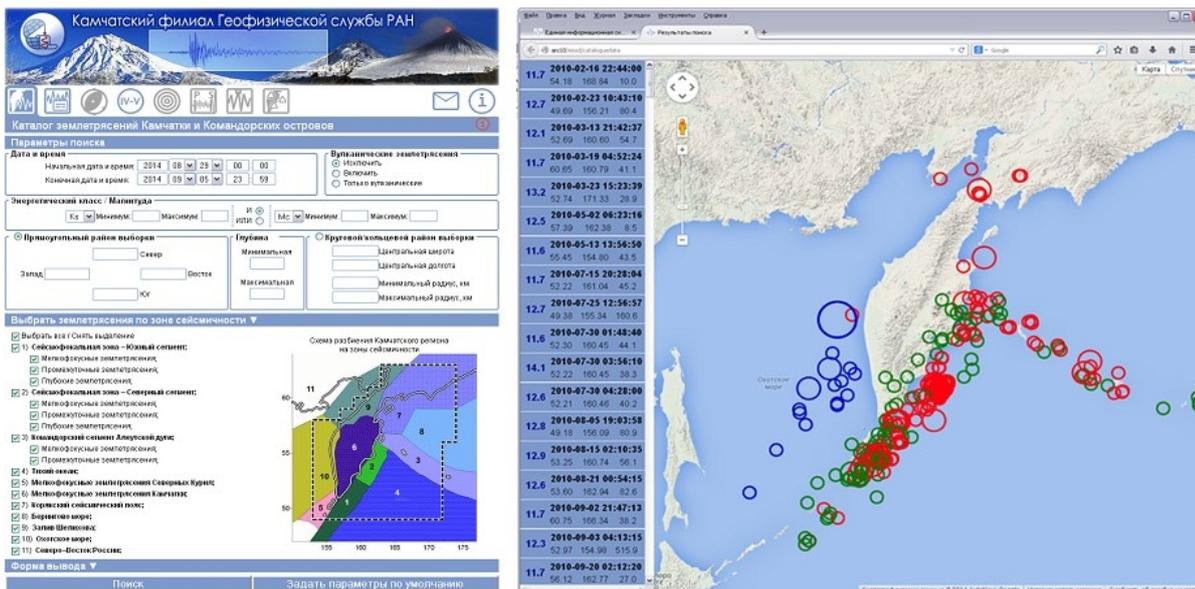


Рис. 6. Примеры страниц информационного Web-ресурса

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С 2010 г., момента начала разработки ИССД в КФ ГС РАН, прошло четыре года. За это время был завершён самый сложный этап – этап становления процесса разработки: разработана концепция ИССД, архитектура БД, установлены основные принципы функционирования и логического деления ИССД на обеспечивающие подсистемы.

Основными результатами разработки ИССД, которые уже успешно и эффективно функционируют в рамках службы КФ ГС РАН, являются подсистема ИССД для контроля корректности данных и создания уникальных событий; подсистема ИССД для сбора, хранения и обработки макросейсмических данных. Кроме того, в тестовом режиме запущен и проходит по-

следнюю корректировку Web-ресурс для доступа к данным ИССД. Планируется открыть доступ через интернет с сайта КФ ГС РАН к этому ресурсу с начала 2015 г.

До сих пор можно считать, что разработка ИССД находится на самом своем начальном этапе, поскольку впереди еще создание множества разнообразных функционирующих подсистем: «Сеть сейсмических станций», «Волновые формы землетрясений», «Сильнейшие землетрясения Камчатки», «Мониторинг работы сети сейсмических станций», «Интерактивная карта сейсмичности Камчатки» и много других.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Дрознин Д.В., Козырева Н.П., Левина В.И., Сергеев В.А., Сеньюков С.Л., Ящук В.В. Сбор, обработка и хранение сейсмологической информации // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. К 25-летию Камчатской опытно-методической сейсмологической партии ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский, 2004 – С. 43–61.

2. Митюшкина С.В., Раевская А.А., Токарев А.В., Чеброва А.Ю., Чемарев А.С. Программа для автоматизированной обработки макросейсмической информации: возможности и результаты использования. // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Четвертой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 29 сентября – 5 октября 2013 г. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 347–351.

3. Митюшкина С.В., Токарев А.В., Раевская А.А., Чеброва А.Ю. Автоматическая обработка макросейсмической информации по камчатским землетрясениям на базе Интернет-опросника // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды третьей научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 9–15 октября 2011 г. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 376–380.

4. Токарев А.В., Чемарёв А.С. Подсистема ЕИС для поиска и исправления ошибок в результатах обработки землетрясений // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Четвертой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 29 сентября – 5 октября 2013 г. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 356–358.

5. Токарев А.В., Бахтиарова Г.М., Чеброва А.Ю., Митюшкина С.В. Современный взгляд на устаревшую систему хранения сейсмологических данных КФ ГС РАН // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды третьей научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 9–15 октября 2011 г. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 401–405.

6. Шебалин Н.В., Аптикаев Ф.Ф. Развитие шкалы MSK // Проблемы макросеймики. Вычислительная сейсмология. – Вып.34. М.: ГЕОС, 2003. – С.210–253.

DEVELOPING SEISMOLOGICAL DATA INFORMATION SYSTEM IN
KAMCHATKA BRANCH OF GEOPHYSICAL SURVEY OF RAS

Tokarev A.V., Chemarev A. S., Matveenko E.A., Chebrova A.Yu.

Kamchatka branch of Geophysical Survey of RAS

Seismological data information system (SDIS) in Kamchatka branch of Geophysical Survey of RAS is being developed since 2010. The paper describes the operation principles and logical organization of developing SDIS. A brief description of the developed and operating SDIS components are presented. The report introduces researches with results of ISSD development at the moment.

Keywords: seismology, information system, database, earthquake catalog, macro-seismic online questionnaire.