

# Информационная поддержка научных исследований в области активной сейсмологии\*

В.В. Ковалевский, Л.П. Брагинская, А.П. Григорюк

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН  
kovalevsky@sscc.ru, ludmila@opg.sscc.ru, and@opg.sscc.ru

## Аннотация

Рассмотрены вопросы информационной поддержки научных исследований в области активной сейсмологии — направления экспериментальной геофизики, активно развивающегося в последние десятилетия. Представлена web-ориентированная информационно-аналитическая система с функциями социальной сети, которая обеспечивает пользователей многопараметрическим поисковым, вычислительно-аналитическим и ГИС сервисами для работы в режиме on-line с данными вибросейсмического мониторинга, а также включает в себя пополняемые пользователями базу данных научных работ — электронную библиотеку и библиографический каталог по тематике активной сейсмологии и смежных дисциплин. В настоящее время ресурс доступен по адресу <http://opg.sscc.ru>.

## 1. Введение

В настоящее время все большее развитие получают специализированные для определенной предметной области информационные системы, обеспечивающие доступ к научным знаниям, включая научные публикации, научные отчеты, базы данных, вычислительные ресурсы, нормативные и другие документы. Эти системы предназначены для таких категорий пользователей, как ученые и эксперты (доступ к научным результатам, научные коммуникации), преподаватели и студенты (образовательный процесс). Как отмечается в [4], процессы развития таких информационных систем создают особую виртуальную среду для научных исследований. Инициатива исследовательских организаций по организации открытого доступа к результатам исследований активно поддерживается международным научным сообществом [5].

Современные информационные системы базируются на технологиях Web 2.0, благодаря которым пользователи имеют возможность быть не только потребителями знаний, но и активно сотрудничать в их формировании.

В данной работе рассмотрены вопросы организации эффективного взаимодействия и доступа к научной информации пользователей, работающих в области активной сейсмологии. Представлены архитектура, интерфейс и основные пользовательские сервисы информационной системы (ИС) «Активная сейсмология», которая охватывает все этапы исследований: эксперимент, анализ экспериментальных данных, публикацию результатов научных исследований и возможность их обсуждения профессиональным сообществом, а также предоставляет возможность формирования виртуальных исследовательских коллективов.

## 2. Предметная область

Последние 30 лет в экспериментальной геофизике активно развивается новое направление — активная сейсмология, в котором для изучения строения земной коры и верхней мантии, а также исследования геодинамических процессов в зонах землетрясений и вулканов используются управляемые источники сейсмических волн — мощные сейсмические вибраторы, гидромеханические и электромагнитные импульсные источники [1]. Это направление сформировалось в рамках научной программы «Вибрационное просвечивание Земли», выполнявшейся в Сибирском отделении РАН в 1970–90 гг. под руководством академика А.С. Алексеева. За эти годы была создана экспериментальная база метода — мощные сейсмические вибраторы, системы регистрации вибрационных сигналов и системы компьютерной обработки вибросейсмических данных, а также выполнен большой объем экспериментов по вибрационному зондированию Земли в различных регионах России [6].

В настоящее время работы по активной сейсмологии проводятся в России, Японии, Китае, США, европейских странах. В Японии с вибросейсмической системой ACCROSS проводится мониторинг сейсмоопасных и разломных зон земной коры. В США в зоне разлома Сан-Андреас проводится мониторинг напряженного состояния разлома с использованием сейсморазведочных вибраторов. С участием ИВМиМГ СО РАН в рамках экспериментальных исследований проводился вибросейсмический мониторинг литосферы в Алтае-Саянском регионе, Байкальской рифтовой зоне, Таманской гря-

---

Интернет и современное общество: сборник научных статей XVI Всероссийской объединенной конференции IMS-2013, Санкт-Петербург, 9 - 11 октября 2013 г.

зевулканической провинции, на профиле Улан-Удэ – Улан-Батор.

В сейсмологии основным источником волн является землетрясение — природный процесс, не управляемый ни по времени, ни по месту возникновения, ни по энергетике. С применением мощных сейсмических вибраторов были разработаны новые геотехнологии, которые позволяют избежать ряда ограничительных обстоятельств сейсмологии землетрясений и больших взрывов. В то же время, несколько десятков минут работы 100-тонного сейсмического вибратора по энергетической эффективности эквивалентны среднему землетрясению. Вибрационные геотехнологии имеют следующие преимущества [1]:

- точно определенные координаты источника и времени его работы;
- повторяемость эксперимента;
- возможность возбуждения колебаний с заданными параметрами;
- возможность автоматизации управления экспериментом;
- повсеместность применения;
- экологическая безопасность, т.к. регистрируемый сигнал находится под микросейсмами, а необходимые соотношения сигнал/шум обеспечиваются накоплением.

К методам активной сейсмологии также относят экспериментальные работы, в которых регистрируется сейсмическое поле природных источников по технологии, определенной конкретной задачей геофизики, например сейсмоэмиссионная томография вулканических структур с регистрацией микросейсмических событий из активной области вулкана. К таким работам можно отнести уникальный эксперимент по регистрации низкоэнергетических сейсмических событий в районе Эльбрусского вулканического центра, проведенный ИВМиМГ СО РАН в 2010 г. с использованием впервые созданной 2,5-километровой сейсмической антенны в штольне Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН.

### 3. Постановка задачи

В области активной сейсмологии накоплен большой объем информации по всем составляющим метода, включая вопросы теории метода, создания управляемых источников, результатов экспериментальных работ, методов математического моделирования, который представлен в разрозненных источниках — статьях, монографиях, отчетах, на сайтах научных организаций и др.

С целью интеграции тематических информационных и вычислительных ресурсов авторами данной статьи была разработана информационная система (ИС) «Активная сейсмология», представляющая собой интернет-ресурс, основанный на принципах Web 2.0. Основной задачей ИС «Активная сейсмология» является получение, интеграция и предоставление данных и знаний в интересах фундаментальных научных исследований глубинного строе-

ния геологической среды, физики сейсмического процесса, изучения пространственного распределения очагов сейсмических событий, уточнения формы и размеров локальных магматических структур. Также задачей ИС является развитие методов обработки и интерпретации многопараметрических геофизических данных с использованием новых информационных технологий.

### 4. Структура и пользовательские сервисы ИС «Активная сейсмология»

Для создания ИС была использована CMS Joomla. Данная CMS распространяется по лицензии GNU/GPL (свободное программное обеспечение) и ориентирована в первую очередь на создание сайтов электронных публикаций. Для работы Joomla требуется PHP-интерпретатор и СУБД MySQL — также свободное программное обеспечение.

Наличие большого количества дополнительных Joomla-компонентов и тонкая настройка системы под задачи разработчика позволяют расширять функциональность в соответствии со спецификой интернет-ресурса.

Информационная система «Активная сейсмология» предоставляет пользователям перечисленные ниже основные сервисы.

*База данных научных работ* — электронная библиотека, содержащая тезисы и полные тексты статей, комментарии, информацию об авторах и научных организациях. Пользователи интернет-ресурса «Активная сейсмология» имеют возможность в интерактивном режиме публиковать статьи и другие материалы в одном из следующих разделов:

- Вибросейсмические технологии;
- Математическое моделирование;
- Экспериментальная геофизика;
- Вулканология и сейсмология;
- Технические средства вибросейсмического мониторинга;
- Информационные технологии.

*Тематический библиографический каталог* публикаций с возможностью поиска по авторам, названию, году издания.

*Сервис комментариев* для обсуждения размещенных на сайте статей.

*Специализированная социальная сеть* для установления личных контактов между пользователями и организации виртуальных рабочих групп.

*Сервисы доступа к экспериментальным данным* в режиме on-line (информационно-вычислительные системы).

Также на страницах сайта представлена информация об организациях, занимающихся научными исследованиями в области активной сейсмологии с применением мощных вибрационных источников, конференциях по данной тематике и проектах с участием ИВМиМГ СО РАН.

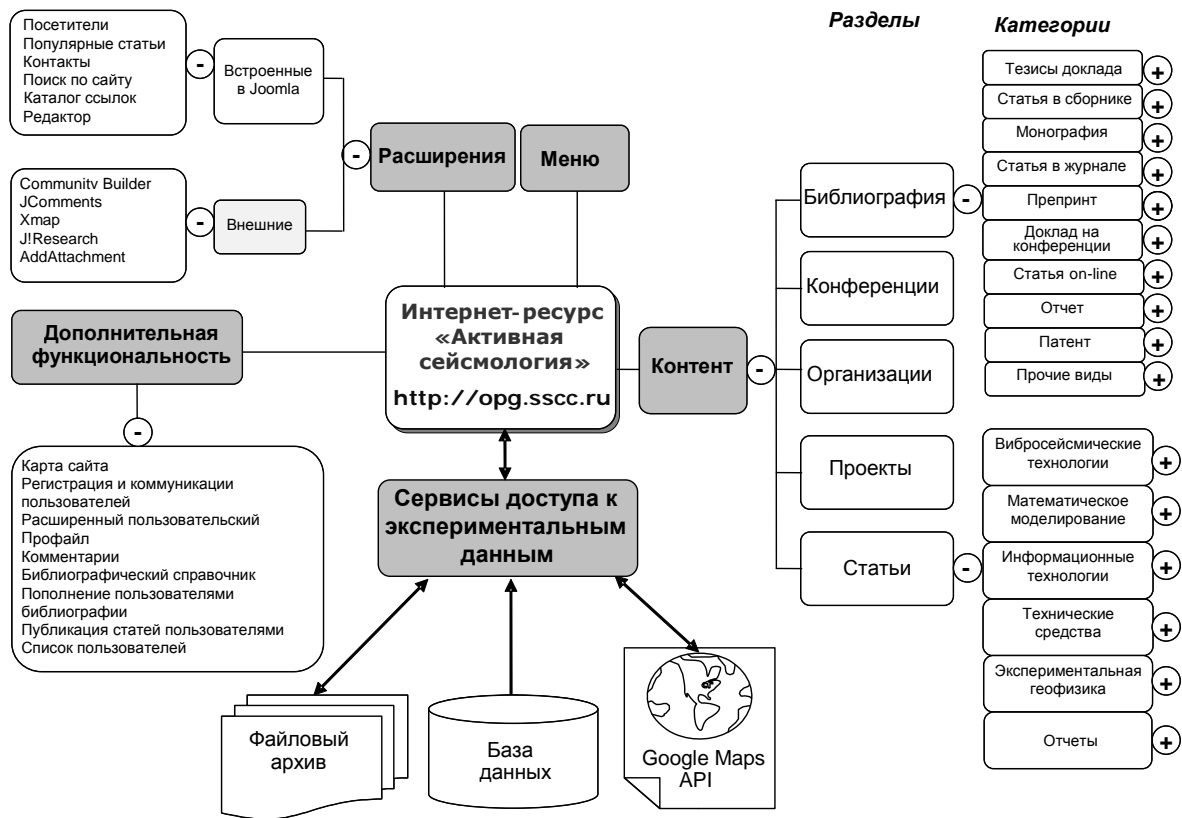


Рис. 1. Структурная схема Информационной системы «Активная сейсмология»

На рис 1. Представлена структурная схема интернет-ресурса.

#### 4. Информационно-вычислительная система

Интернет-ресурс включает в себя две информационно-вычислительные системы (ИВС): «Вибросейсмическое просвещение Земли» [2] и «Землетрясения Камчатки» [3]. Обе ИВС построены на основе архитектуры клиент-сервер и состоят из файлового архив зарегистрированных сейсмических сигналов, базы метаданных экспериментов и Web приложения.

Файловый архив ИВС «Вибросейсмическое просвещение Земли» содержит порядка 50000 сейсмотрасс, полученных в ходе экспериментов по вибропросвечиванию, проводимых ИВМиМГ СО РАН на протяжении 1996–2012 гг. Справочная информация по этим экспериментам и метаданные хранятся в базе данных системы.

Файловый архив ИВС «Землетрясения Камчатки» содержит более 80000 волновых форм землетрясений, зарегистрированных сетью цифровых сейсмических станций Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) в ходе сейсмического мониторинга Камчатки за 1996–2006 гг. Каталог землетрясений,

информация о сейсмостанциях и параметры сейсмометрических каналов хранятся в базе данных.

Web-приложение обеих ИВС обеспечивает формирование параметрических и индексных запросов к базе данных, извлечение соответствующих файлов из архива, анализ и визуализацию сейсмических сигналов в соответствии с заданными параметрами. Полученные результаты в графической и символьной форме возвращаются пользователю. Обе ИВС имеют подсистему ГИС для формирования по результатам запроса интерактивных карт с обозначенными на них источниками и регистраторами сейсмических сигналов.

По мнению авторов, именно предоставление в режиме on-line экспериментальных данных и предлагаемые сервисы ИВС являются привлекательной особенностью интернет-ресурса «Активная сейсмология». Немаловажно также, что для работы с системой пользователю требуется только стандартный web-браузер.

Основными пользователями интернет-ресурса «Активная сейсмология» являются специалисты, работающие в вибросейсмической тематике или смежных областях. Можно отметить, что пользователи представляют все основные российские научные учреждения, работающие в данном направлении, что позволяет обеспечить полноту и актуальность информации. Особенно важным представля-

ется участие в работе ресурса ученых, которые являются основателями метода активной сейсмологии. Опубликованные ими статьи дают полное представление о теоретических основах виброрейсмического метода.

## 5. Заключение

В работе представлены архитектура, интерфейс и основные пользовательские сервисы ИС «Активная сейсмология», предназначенной для информационной поддержки теоретических и экспериментальных исследований в области активной сейсмологии.

Информационная система «Активная сейсмология» охватывает все этапы исследований в области активной сейсмологии: предоставление доступа к экспериментальным данным, вычислительный анализ экспериментальных данных, публикация результатов научных исследований и возможность их обсуждения профессиональным сообществом.

Предоставленные в открытом доступе экспериментальные данные и предлагаемые пользователям сервисы ИС существенно расширили географию и число исследователей, использующих экспериментальные данные для развития методов обработки и интерпретации виброрейсмических данных, математического моделирования и т.п.

На сегодняшний день более 50 зарегистрированных участников публикуют свои статьи и участвуют в обсуждении работ коллег.

Соблюдение принципа технологической открытости ИС позволяют подключать новые базы данных, оперативно актуализировать имеющиеся базы данных, наращивать производительность вычислительно-аналитического модуля.

На сайте представлены все Российские научные организации, работающие в данной проблематике. В настоящее время ресурс доступен по адресу <http://opg.sssc.ru>.

## Литература

- [1] Активная сейсмология с мощными вибрационными источниками // Отв.ред. Г.М. Цибульчик. Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, Филиал «Гео» Издательства СО РАН, 2004.
- [2] Григорюк А.П., Брагинская Л.П. Интернет-ресурс по виброрейсмическому мониторингу. Современное состояние и перспективы развития // Кузбасс-3: Сборник статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). М.: Горная книга, 2009. № 0В18. С. 34—38.
- [3] Брагинская Л.П. и др. Информационно-вычислительная система «Землетрясения Камчатки», доступная в сети интернет / Григорюк А.П., Кратов С.В., Чебров В.Н., Бахтиярова Г.М., Сергеев В.А., Пантюхин Е.А. // Труды

региональной научно-технической конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России». Петропавловск-Камчатский, 11–17 ноября 2007. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2008. С. 139—141.

- [4] Лопатенко А.С. Современные научные информационные системы. Перспективы использования. URL:<http://derpi.tuwien.ac.at/~andrei/papers/dl2001-1.htm>.
- [5] Паринов С.И. Онлайн-будущее науки // Труды X Всероссийской объединенной конференции «Интернет и современное общество». СПб.: Факультет филологии и искусств СПбГУ, 2007.
- [6] Методы активной сейсмологии в задачах мониторинга глубинного строения Земли / Б. Г. Михайленко [и др.] // Экстремальные природные явления и катастрофы. М., 2010. Т. 1: Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений. С. 89—130.

## Informational support of research in active seismology

V.V. Kovalevsky L.P. Braginskaya, A.P. Grigoriuk

The paper discusses the issues of information support vibroseismic research — areas of Experimental Geophysics actively developed in recent decades. The presented information-analytical system with the functions of the social network provides users with a multi-variable search, computational and analytical and GIS services for use in on-line mode with the data vibroseismic monitoring, and includes reloadable users of a database of scientific publications — an electronic library and bibliographic catalog by subject of active seismology and related disciplines.

At present, the resource is available at <http://opg.sssc.ru>.

---

\* Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 09-07-00515, 12-05-00786, проектов СО РАН № 54, № 4.9-5