

А.А. Гладков, О.В. Лунина, А.В. Андреев

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ПО АКТИВНОЙ ТЕКТОНИКЕ

Введение

Современные информационные системы, включающие базы данных геологических объектов и прикладные приложения для работы с ними, являются удобными инструментами для хранения, обработки, анализа и визуализации информации. При проектировании и реализации данных информационных систем в большинстве случаев используются современные ГИС-технологии, позволяющие не просто осуществлять географическую привязку объектов и создавать реляционные или объектно-реляционные базы данных связанной с ними информации, но и разрабатывать прикладные компьютерные программы, необходимым образом обрабатывающие эту информацию. Анализ мирового опыта по разработке описанных информационных систем позволяет сделать вывод, что данный подход к хранению и обработке информации предоставляет заинтересованным пользователям удобный инструмент для создания современных электронных карт, содержащих широкий набор данных по активной тектонике территорий. Описанные информационные системы создаются и развиваются для территории таких стран, как Италия [10, 11], США [20], Греция [13], Япония [9], Новая Зеландия [16] и Китай [22]. Для территории России и бывшего СССР известны электронные карты активных разломов и соответствующие базы данных [14, 15, 18, 19]. В открытом доступе зарубежные системы представляют собой веб-приложения, содержащие интерактивные карты с отмеченными на них объектами – разломами, индивидуальными и композитными сейсмогенными источниками и т.п. Выбрав на этой карте интересный объект, пользователь может получить по нему информационный отчет, представленный html-страницей или их набором.

При разработке этих систем применяются различные ГИС-платформы и технологии. К примеру, для создания итальянской DISS 3.0 и греческой GreDaSS баз данных сейсмогенных источников используются ГИС-система MapInfo Professional, язык программирования MapBasic и система управления

базами данных MapInfo [12, 13]. При разработке американской базы данных четвертичных разломов (Quaternary Fault and Fold Database of the United States) использовались инструменты разработки ГИС-систем GenericMappingTools [17, 21]. База данных активных разломов Японии (Active fault database of Japan) доступна в форматах ArcGIS и GoogleEarth, что позволяет предположить, что именно эти программы использовались для ее создания.

Нами предпринята попытка разработки информационной системы «ActiveTectonics», интегрирующей данные по активной тектонике для территории юга Восточной Сибири и позволяющей производить разносторонний анализ и обработку информации, хранящейся в базах данных системы. В составе «ActiveTectonics» предполагается несколько реляционных баз данных формата ГИС-платформы MapInfo и приложение, реализуемое на языке программирования MapBasic, являющемся внутренним языком для указанной платформы (рис. 1).

В настоящее время «ActiveTectonics» реализуется как desktop-приложение, способное работать в локальной сети с локальными и удаленными базами данных.

Разрабатываемая система должна объединить в едином информационном пространстве данные по таким объектам, как активные разломы, косейсмические эффекты, индивидуальные и композитные сейсмогенные источники с возможностью добавления фотографий, иллюстраций, текстовых документов и публикаций, связанных с объектом. В настоящий момент спроектированы и реализованы базы данных активных в плиоцен-четвертичное время разломов [4] и косейсмических эффектов [3], разработаны модули прикладного приложения, позволяющего эффективно работать с этими базами данных. Также ведется работа над определением методов и подходов, позволяющих обоснованно выделять индивидуальные и композитные сейсмогенные источники на изучаемой территории, а также создавать модели данных для этих объектов и реализовывать их в разрабатываемой системе.

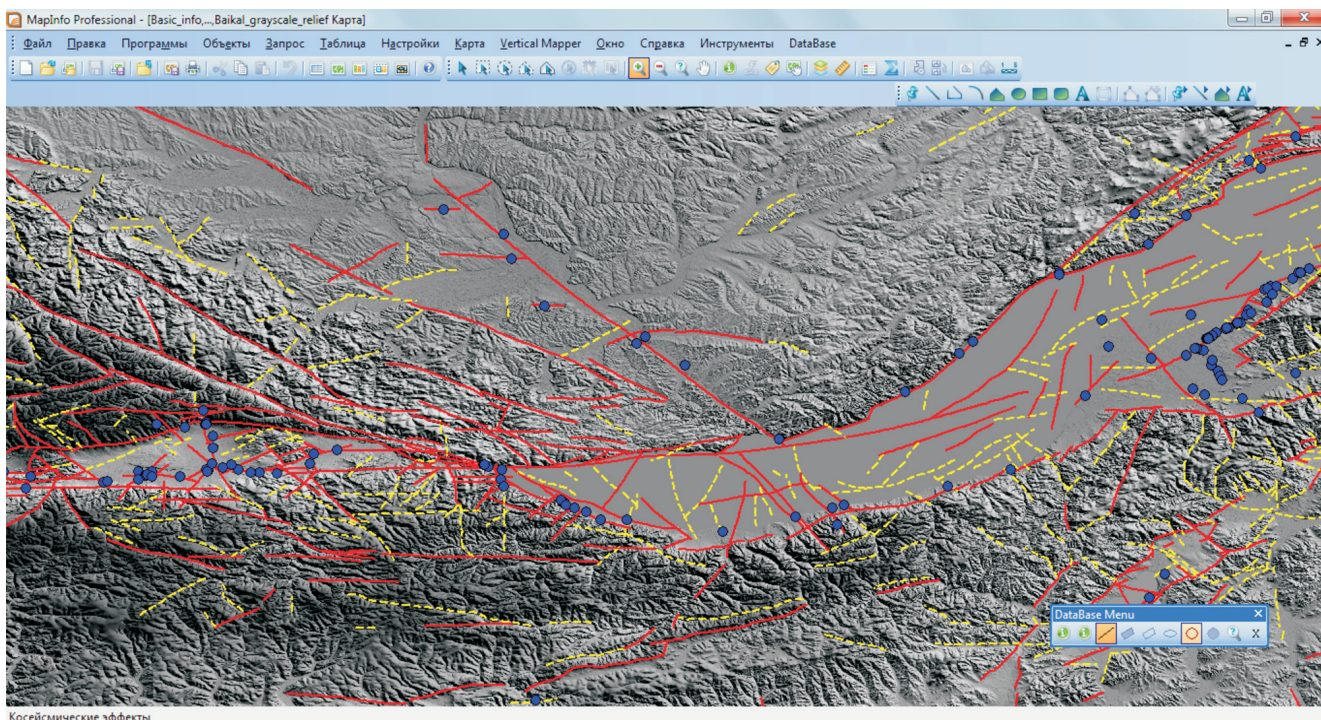


Рис. 1. Главное рабочее окно системы – интерактивная карта Юга Восточной Сибири в окне MapInfo; красными линиями обозначены достоверные разломы (активные в плиоцен-четвертичное время), желтыми – предполагаемые; синими окружностями – места проявления косейсмических эффектов. Карта имеет возможность масштабирования, все объекты строго привязаны к географическим координатам

Подобные модели созданы и используются, к примеру, для территории Италии и Греции [10, 13].

Цель данной работы – представить информационные основы функционирования системы «ActiveTectonics» и разработанные модели данных, положенные в основу созданных баз данных, описать структуру прикладных программных модулей системы и их назначение, а также показать некоторые результаты разработки системы и ее применения.

Информационные основы функционирования системы «ActiveTectonics»

Проектирование баз данных системы началось с разработки логической модели данных для активных в плиоцен-четвертичное время разломов Юга Восточной Сибири. Эта модель основана на систематизации активных разломов, впервые опубликованной в журнале «Геоинформатика» [4] и в дальнейшем модернизированной [6]. Физическая реализация названной модели была выполнена в формате таблиц MapInfo и в дальнейшем, с использованием принципов реляционных баз данных, развита в базу данных разломов, содержащую не только параметрические сведения, но и связанные с разломом изображения, публикации и текстовые комментарии специалистов [4]. Предложенная модель данных для активных разломов представлена в нотации IDEF0 на рис. 2.

Следующим шагом в создании комплекса баз данных информационной системы стали проектирование и реализация модели данных для косейсмических эффектов землетрясений [3]. Она также включает параметрические сведения об объектах и различные текстовые и графические документы, характеризующие объект. Модель данных для косейсмических эффектов на физическом уровне представлена на рис. 3.

В настоящее время авторами статьи ведется работа над определением методов и подходов, которые позволят обоснованно выделить на изучаемой территории индивидуальные и композитные сейсмогенные источники и создать для них модели данных, чтобы в дальнейшем реализовать их в виде следующего информационного блока разрабатываемой системы.

Принципы работы системы «ActiveTectonics» могут быть проиллюстрированы схемой основных информационных потоков, связывающих базы данных с прикладным приложением (рис. 4).

Добавление объекта в базу данных системы происходит по следующей схеме: пользователь добавляет необходимый объект на карту и вводит имеющиеся данные в систему с использованием специальных экранных форм, позволяющих получить информацию об объекте в формализованном виде, пригодном для обработки системой (1); система

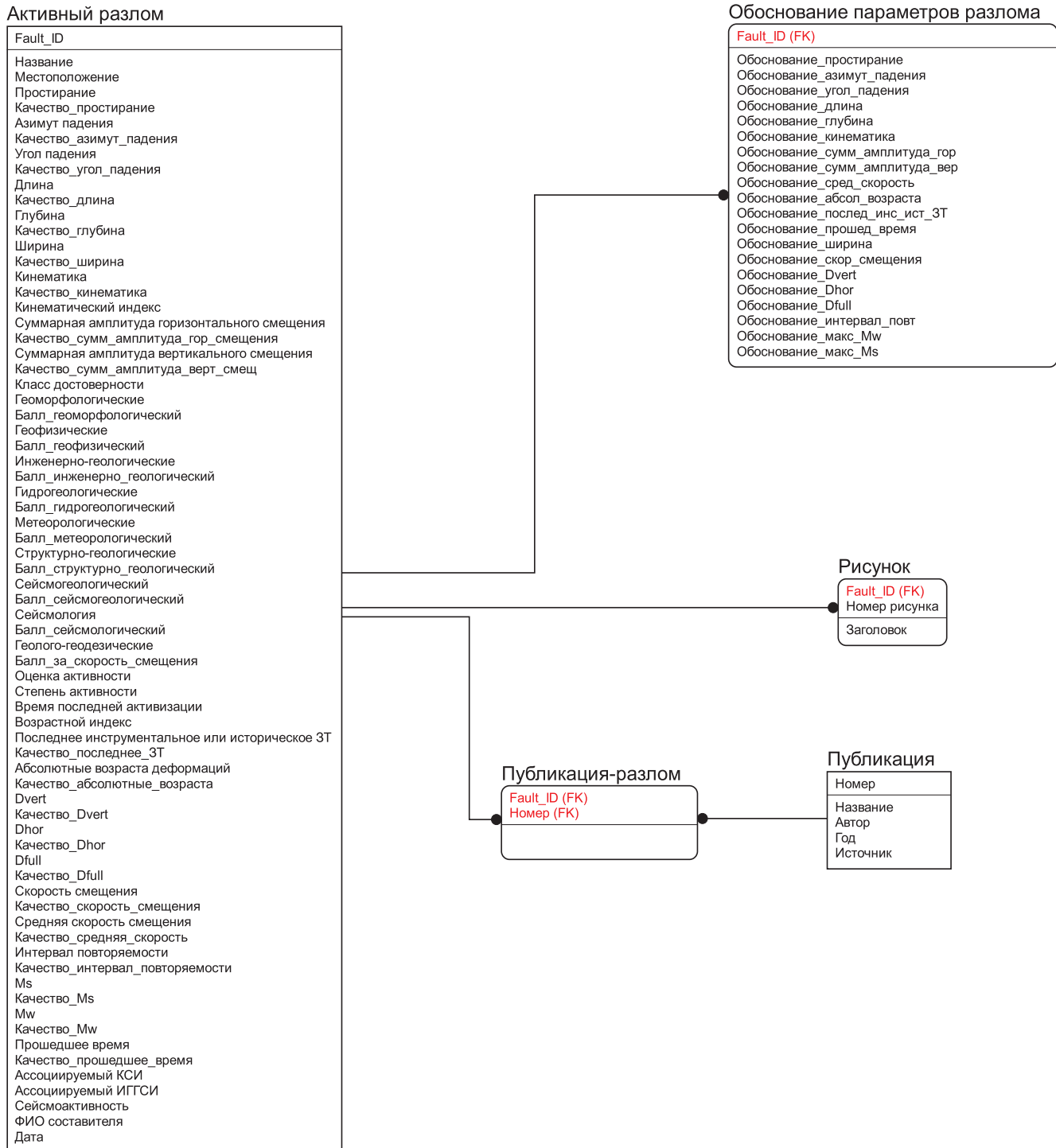


Рис. 2. Модель данных для активных разломов на логическом уровне в нотации IDEF0



Рис. 3. Модель данных для косейсмических эффектов на логическом уровне в нотации IDEF0

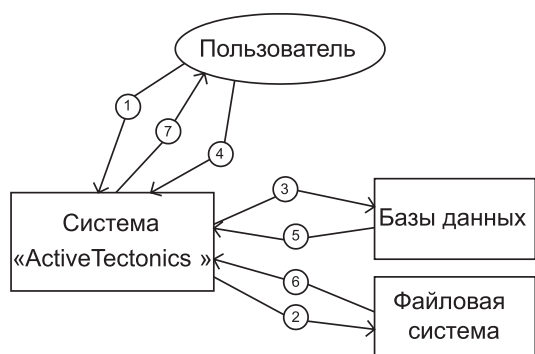


Рис. 4. Схема основных информационных потоков

копирует связанные литературные и иллюстративные материалы в специально созданные каталоги (2). Далее основная и связанная информация записывается в базы данных (3). При редактировании введенной информации используется тот же пользовательский интерфейс, что и при добавлении нового объекта.

Вывод информации по запросу пользователя происходит следующим образом: пользователь указывает идентификатор объекта, выбрав его на карте (4), система запрашивает необходимую информацию из баз данных (5) и файловой системы (6) и генерирует отчет, который отправляется пользователю (7).

При проектировании информационной системы целевой ГИС-платформой по ряду объективных причин была выбрана MapInfo Professional 10+. Выбор данной технологии был обусловлен следующими факторами:

- все имеющиеся на момент начала разработки результаты и данные были представлены в формате MapInfo;
- встроенная реляционная система управления базами данных (СУБД) позволяет объединить преимущества использования классических средств картографии и реляционных баз данных;
- наличие встроенного языка программирования, разработанного специально для данной предметной области, позволяет существенно облегчить разработку приложений;
- широкий выбор средств картографии и геоинформационного анализа (поддержка создания буферных зон, формирование производных объектов, создание тематических карт);
- оптимизированный набор функций для пользователя, удобная и понятная концепция работы, как с картографическими, так и с семантическими данными.

В качестве СУБД в «ActiveTectonics» нами используется встроенная СУБД MapInfo, осуществляющая все принципы построения реляционных баз данных и включающая упрощенную реализацию языка запросов SQL. Названная СУБД создана специально для решения географических и геологических задач и в совокупности с применяемым для разработки языком программирования MapBasic является очень мощным и удобным инструментом для создания и развития современных ГИС-систем и проектов.

Немаловажной является также поддержка СУБД MapInfo работы с удаленными базами данных, что позволяет сравнительно легко сделать разрабатываемую систему распределенной и имеющей архитектуру «активный сервер баз данных», что позволит при дальнейшем развитии информационной системы сделать хранящиеся в ней данные доступными широкому кругу заинтересованных пользователей посредством разработки специального веб-приложения [2].

Структура информационной системы

Функционально систему «ActiveTectonics» можно условно разделить на несколько подсистем:

1. *Подсистема ввода и редактирования данных* по активным разломам, косейсмическим эффектам и, в дальнейшем, сейсмогенным источникам. Данная подсистема предоставляет пользователю удобный интуитивно понятный пользовательский интерфейс для ввода и редактирования всей необходимой информации в базах данных. Методы указанной подсистемы вызываются после того, как пользователь добавляет новый объект на карту и выбирает имеющийся в базе данных объект для редактирования. Интерфейс ввода представлен набором диалогов MapInfo, созданных с использованием языка программирования MapBasic, которые пользователь должен последовательно заполнить для добавления объекта в базу данных системы. После заполнения всех диалогов ему предлагается добавить к объекту связанные материалы, такие как научные публикации, иллюстрации и текстовые комментарии специалистов. Данные материалы добавляются с использованием диалога выбора файлов MapInfo и после их выбора копируются в системные каталоги в соответствии с принятой схемой хранения данных (рис. 5). Текстовые комментарии хранятся в файлах формата *.txt, иллюстрации в формате *.jpg, публикации в формате *.pdf. После ввода всех необходимых сведений и подтверждения пользователя, происходит запись объекта в базу данных. Вся информация записывается в соответствующие таблицы, а необходимые файлы копируются в системные каталоги.

2. *Подсистема визуализации и вывода данных в виде HTML-страниц* генерирует подробные отчеты в формате *.htm. Для плиоцен-четвертичных разломов отчет включает разделы «Общая информация», в котором содержатся общие сведения, параметрическая информация, информация о сейсмическом поведении и данные об активности разлома; «Комментарии» – представляет текстовые комментарии специалистов, добавляемые в отчет из имеющихся в базе данных файлов формата *.txt; «Иллюстрации», содержащий список фотографий и иллюстраций,

ассоциированных с разломом, каждую из которых можно просмотреть на отдельной странице; «Литература» – данный раздел содержит список публикаций, ассоциированных с разломом и ссылки на те из них, которые добавлены в информационную базу.

Отчет по косейсмическому эффекту включает все описанные выше разделы, а также следующие страницы: «Геологическое строение», «Абсолютный возраст», «Полевые записи», «Характеристика пункта», «Ассоциируемое землетрясение» и «статистические замеры». Отчеты по объектам генерируются на компьютере пользователя в режиме off-line и открываются в окне веб-браузера (рис. 9).

3. Подсистема управления приложением.

Данная подсистема определяет реакцию системы на все действия пользователя, выводит необходимые сообщения и подсказки, обрабатывает системные события, генерируемые элементами интерфейса пользователя системы. Включает реализацию следующих стандартных процедур MapBasic (подробное описание этих процедур дано в официальной документации к среде разработки MapBasic 8.0 [1]): *WinCloseHandler*; *WinChangedHandler*; *EndHandler*, а также все процедуры, являющиеся обработчиками для кнопок панели инструментов и строки меню системы «ActiveTectonics».

4. *Подсистема обработки и анализа данных* позволяет производить автоматический расчет некоторых параметров разломов и степени их активности согласно методике [7].

Все описанные функциональные подсистемы не могут быть определены конкретными фрагментами программного кода, так как пересекаются между собой и одна процедура или функция может частично описывать разные подсистемы, поэтому общую функциональную структуру системы можно представить следующим образом (рис. 6): программная часть системы работает на базе платформы MapInfo, для хранения данных используется СУБД MapInfo и файловая система компьютера, на котором хранятся базы данных, а взаимодействие с пользователем осуществляется с помощью интерфейса MapInfo, специально созданных экранных форм и браузера компьютера.

Заключение

Информационная основа разрабатываемой системы и реализованные схемы данных базируются на современных представлениях о таких объектах, как активные в плиоцен-четвертичное время разломы и их сегменты, косейсмические эффекты, индивидуальные и композитные сейсмогенные источники.

Некоторые достигнутые результаты разработки и внедрения системы «ActiveTectonics» опубли-

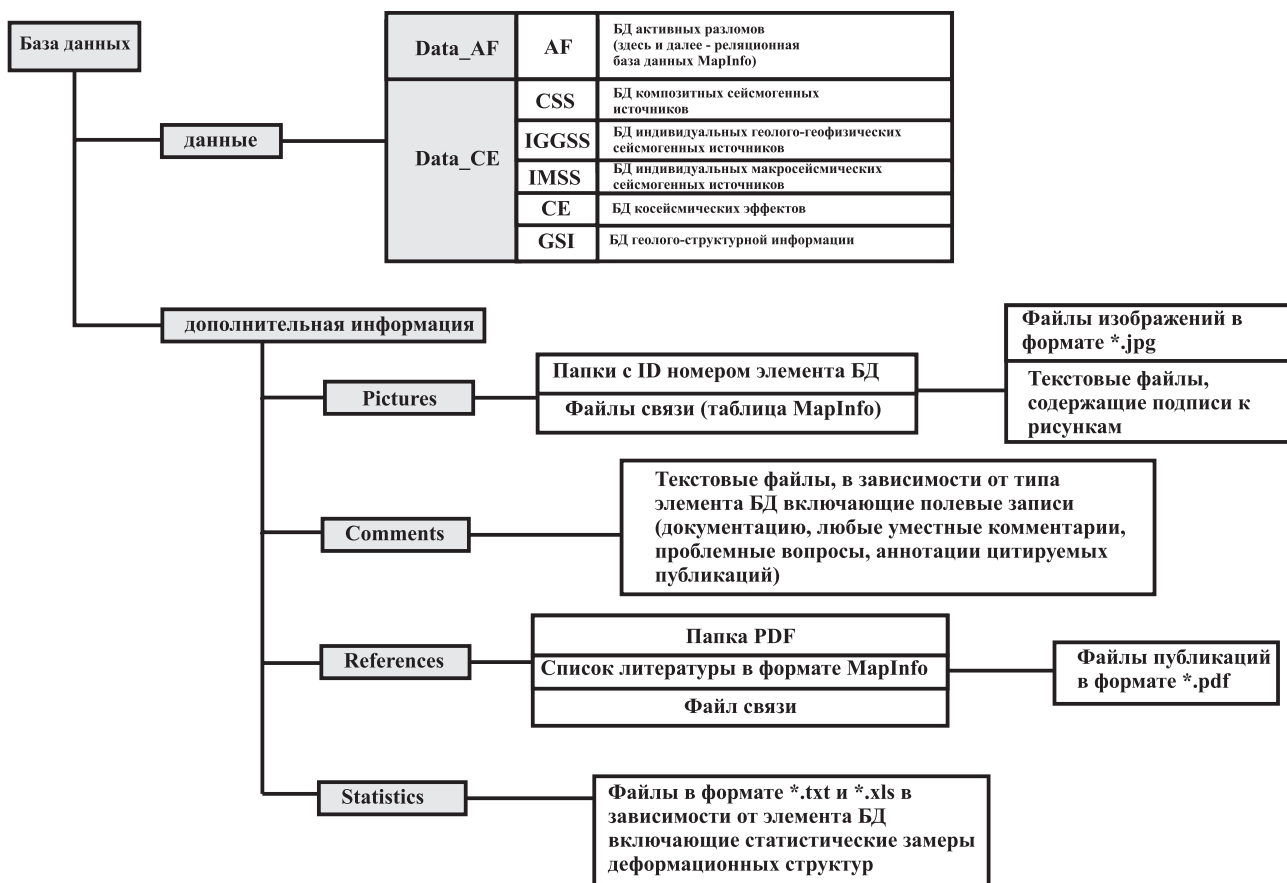


Рис. 5. Структура хранения информации в системе

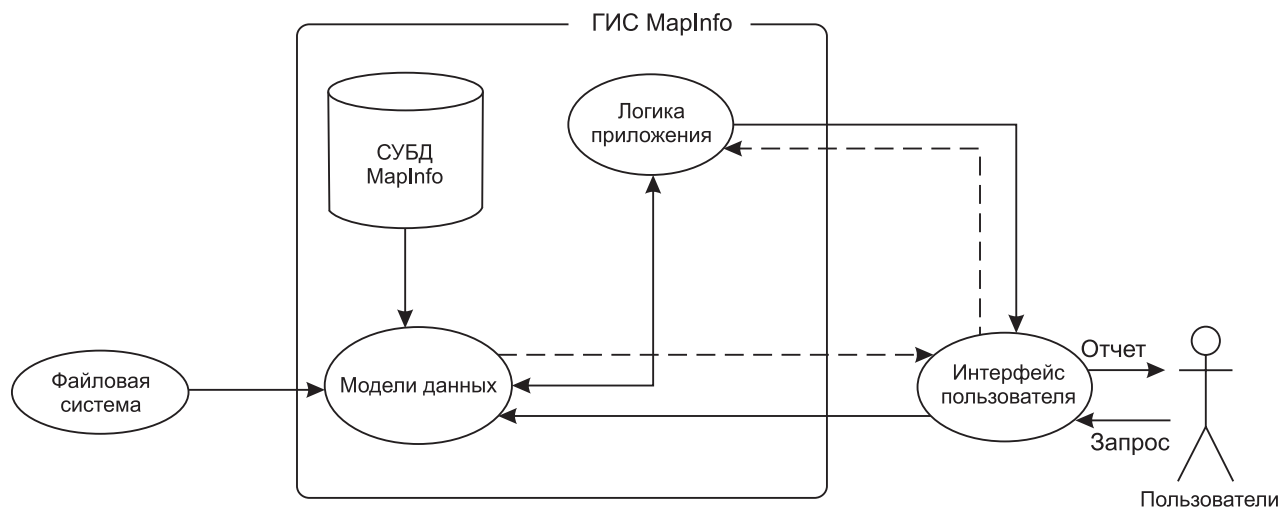


Рис. 6. Общая функциональная структура системы

кованы ранее [3, 4, 5, 6], однако авторами постоянно ведется работа не только над разработкой новых информационных и программных блоков, но и над усовершенствованием уже существующих. В будущем планируется разработка веб-приложения, которое сделает накопленную информацию доступной для широкого круга заинтересованных пользователей.

На момент написания статьи реализованы следующие этапы создания системы:

- 1) для юга Сибири создана и заполняется база данных активных в плиоцен-четвертичное время разломов с возможностью их визуализации на электронной карте;
- 2) впервые в России разработана, реализована и заполняется реляционная база данных косейсмических эффектов, данные о которых визуализируются в текстовом и графическом виде;

- 3) полностью реализован пользовательский интерфейс системы, включающий интерактивную карту, меню системы и набор экранных форм, позволяющих добавлять объекты в БД разломов и косейсмических эффектов и редактировать данные о них (рис. 7). Интерфейс пользователя доступен на 2 языках – русском и английском;
- 4) реализован блок вывода информации по разломам и косейсмическим эффектам, позволяющий генерировать отчеты по интересующим объектам в виде набора связанных html-страниц одним кликом, просто выбрав объект на карте (рис. 8);
- 5) создан блок автоматического расчета значений некоторых параметров и атрибутов, реализующий алгоритмы, разработанные специалистами в области геотектоники и геодинамики.

Дальнейшее развитие и внедрение системы «ActiveTectonics» позволит автоматизировать операции сбора, хранения, структуризации и анализа данных. Это значительно облегчит процессы создания сеймотектонических карт, получения детализированных отчетов по объектам активной тектоники юга Восточной Сибири, поиск интересующей информации по ним.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-91161-ГФЕН) и Министерства образования и науки РФ (соглашения № 8316 и 8357).

Ключевые слова: активная тектоника, база данных, активные разломы, косейсмические эффекты, сейсмогенные источники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев В., Колотов А. Руководство пользователя MapBasic. Среда разработки. – М. : ООО ЭСТИ МЭП, 2005. – 284 с.
2. Кренке Д. Теория и практика построения баз данных. – СПб. : Питер, 2005. – 864 с.
3. Лунина О.В., Андреев А.В., Гладков А.А. Косейсмические эффекты в природной среде: новый подход к организации данных для их анализа и визуализации // Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе : мат-лы Всерос. совещ. и молодежн. школы по соврем. геодинамике, г. Иркутск, 23-29 сентября 2012 г. – Иркутск : ИЗК СО РАН, 2012. – Т. 2. – С. 42-44.
4. Лунина О.В., Гладков А.А., Капуто Р., Гладков А.С. Разработка реляционной базы данных для сеймотектонического анализа и оценки сейсмической опасности юга Восточной Сибири // Геоинформатика. – 2011. – № 2. – С. 26-35.
5. Лунина О.В., Гладков А.А. Реляционная база данных для прогноза активных процессов в геологической среде: концептуальные основы и некоторые результаты ее разработки // Проблемы сеймотектоники : мат-лы XVII Междунар. конф. 20-24 сентября 2011 года / под ред. акад. А.О. Глико, д.г.-м.н. Е.А. Рогожина, д.г.-м.н. Ю.К. Шукина, к.г.-м.н. Л.И. Надежка [Электронный ресурс]. – Москва, 2011. – С. 314-317. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
6. Лунина О.В., Гладков А.С., Гладков А.А. Систематизация активных разломов для оценки сейсмической опасности // Тихоокеанская геология. – 2012. – Т. 31. – № 1. – С. 49-60.
7. Лунина О.В. Формализованная оценка степени активности разломов в плиоцен-четвертичное время (на примере Байкальской рифтовой зоны) // Геология и геофизика. – 2010. – № 4. – С. 525-539.
8. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Восстриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. – М. : ГЕОС, 2002. – 225 с.
9. AIST: RIO-DB. Active fault database of Japan [Electronic resource]. – URL: http://riodb02.ibase.aist.go.jp/activefault/index_e.html (date of access 20.04.2013).
10. Basili R., Bordon P., Burrato P. et al. Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy / Eds.: G. Valensise, D. Pantosti // Annali di Geofisica. – 2001. – Suppl. to V. 44. – N 4. – 180 p.
11. Basili R., Kastelic V., Valensise G. and DISS Working Group. Database of Individual Seis-mogenic Sources (DISS), version 3.1.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas [Electronic resource] // Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Sezione Romal. – 2009. – 16 p. – URL: <http://diss.rm.ingv.it/diss> (date of access 20.04.2013).
12. Basili R., Valensise G., Vannoli P. et al. The Database of Individual Seismogenic Source (DISS), Version 3: Summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology // Tectonophysics. – 2008. – V. 453. – P. 20-43.
13. Caputo R., Chatzipetros A., Pavlides S., Sboras S. The Greek Database of Seismogenic Sources (Gre-DaSS): state-of-the-art for northern Greece // Annals of geophysics. – 2012. – V. 55.
14. Ioffe A., Govorova N., Volchkova G., Trifonov R. Data base of active faults for the USSR area // Geoinformatics. – 1993. – N 4. – P. 289-290.
15. Ioffe A.I., Kozhurin A.I. Database of active faults of Eurasia // Earthquake Predict. – 1996. – Res. 5. – P. 431-435.
16. New Zealand Active Faults Database [Electronic resource]. – URL: <http://data.gns.cri.nz/af> (date of access 20.04.2013).

17. Petersen M., Harmsen S., Rukstales K., Mueller C., McNamara D., Luco N., Walling M. Seismic Hazard of American Samoa and Neighboring South Pacific Islands – Data, Methods, Parameters, and Results : U.S. Geological Survey, 2012. –98 p.
 18. Trifonov V.G. Active faults in Eurasia: general remarks // Tectonophysics. – 2004. – V. 380. – P. 123-130.
 19. Trifonov V.G., Machette M.N. The world map of major active faults project // Ann. Geofis. – 1993. – N 36. – P. 225-236.
 20. U.S. Geological Survey (and supporting agency if appropriate-see list below). Quaternary fault and fold

database for the United States [Electronic resource]. – URL: <http://earthquakes.usgs.gov/regional/qfaults/> (date of access 20.04.2013).
 21. Wessel P., Smith W.H.F. The Generic Mapping Tools (GMT), Version 4. Technical Reference and Cookbook. The Generic Mapping Tools, 2004.
 22. Yu Gui-hua, Du Ke-ping, Xu Xi-wei, Wu Xi-yan, Wang Yin. Research on Active fault database construction related issue // Seismology and Geology. – 2012. – V. 4. – P. 713-725.

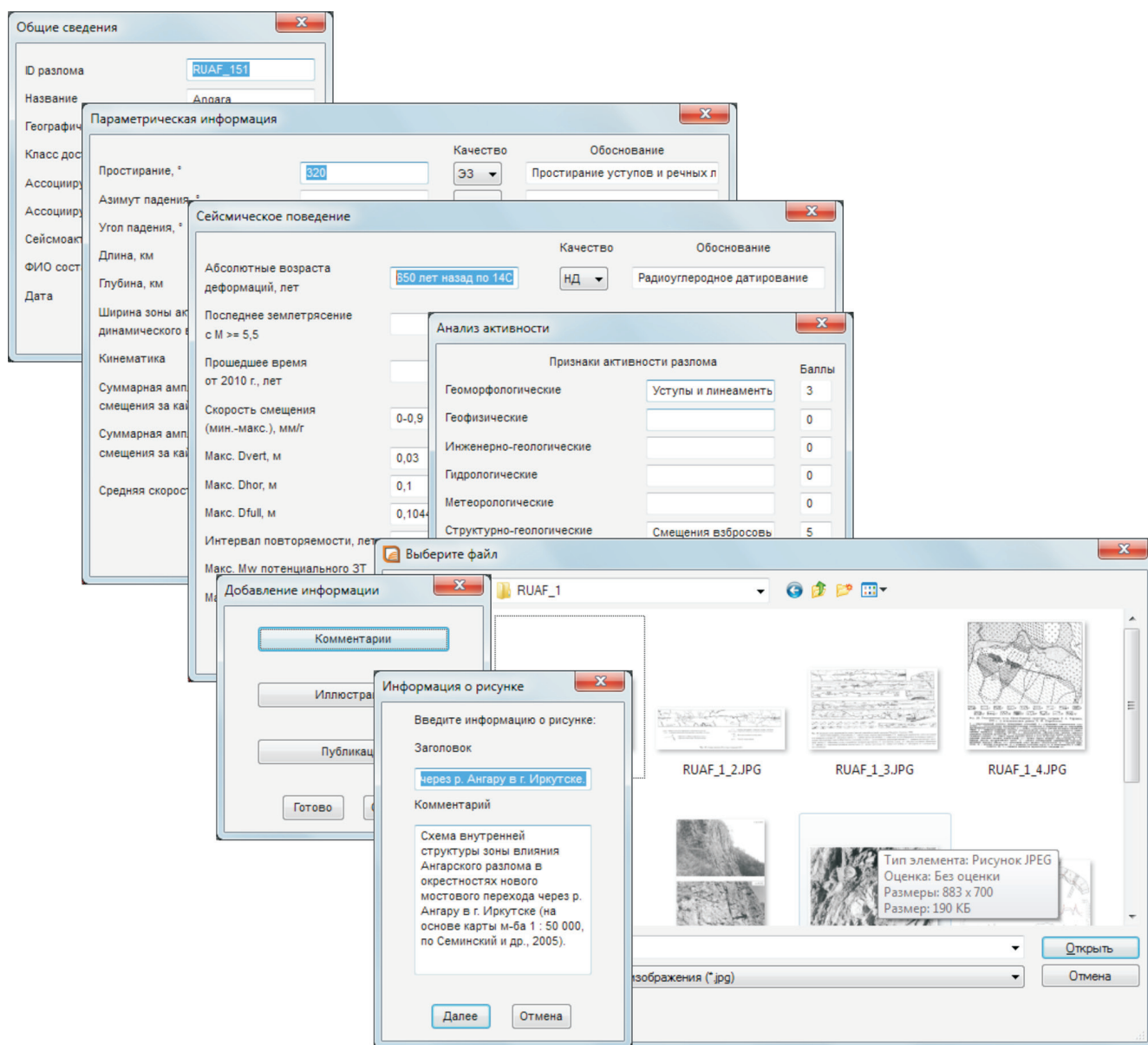


Рис. 7. Пользовательский интерфейс ввода и редактирования данных по разломам

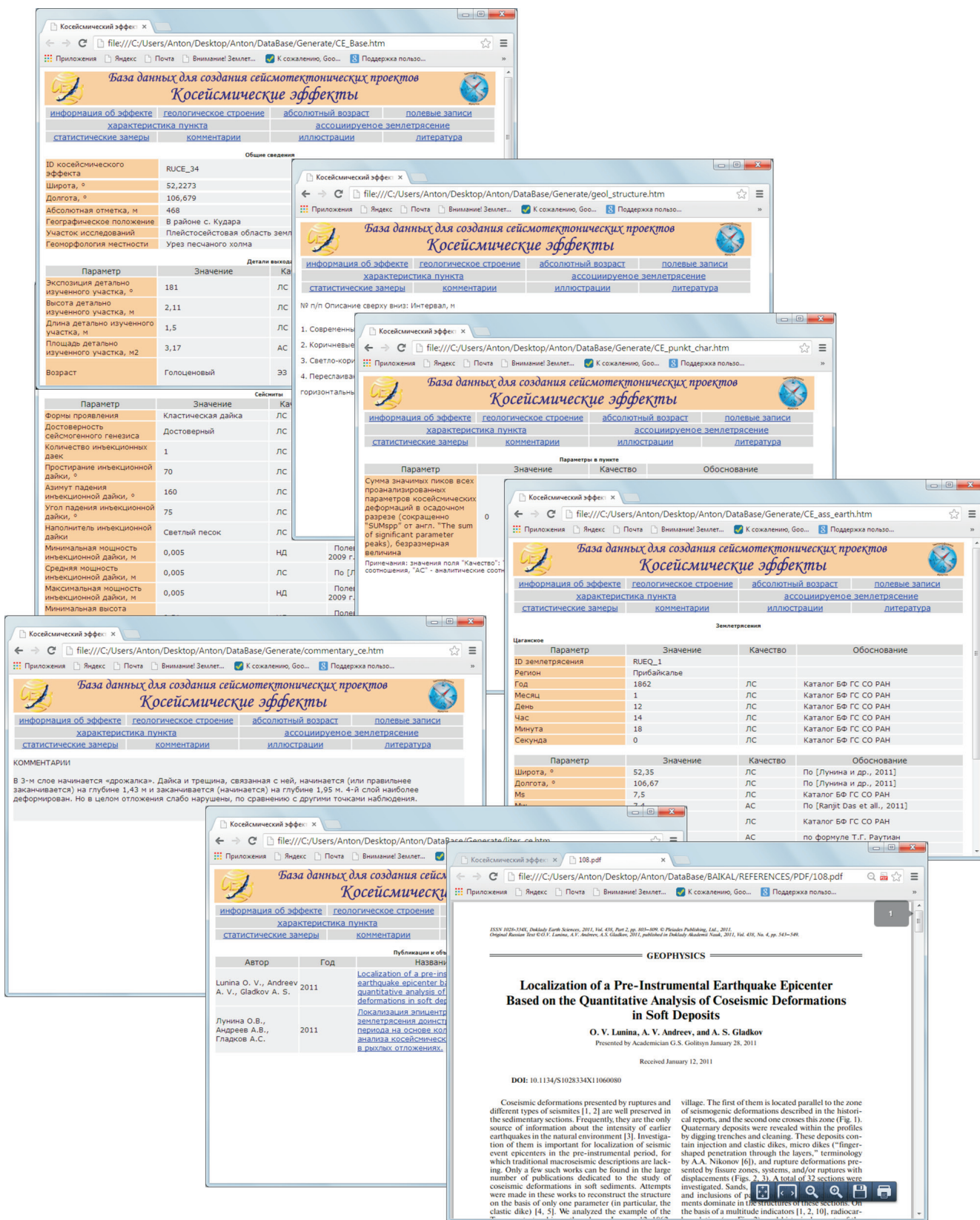


Рис. 8. Пример сгенерированного системой отчета по косейсмическому эффекту