

## Технологии для геоинформационных Интернет-систем\*

О. Э. ЯКУБАЙЛИК, В. Г. ПОПОВ

*Учреждение Российской академии наук*

*Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск, Россия*

e-mail: oleg@icm.krasn.ru

Рассматриваются архитектура геоинформационных Интернет-систем и особенности их реализации в составе веб-портала: способы администрирования и публикации геопространственных данных, построение развитого пользовательского интерфейса, формирование каталога метаданных и картографических веб-сервисов.

*Ключевые слова:* Интернет-ГИС, веб-картографирование, геоинформационная система, веб-портал.

### Введение

Интенсивное развитие технологий геоинформационных систем и глобальной сети Интернет, наблюдаемое с 1990-х гг., привело к формированию новой парадигмы программного обеспечения для представления, обработки и анализа геопространственных данных. Речь идет о геоинформационных Интернет-системах (ГИИС), которые в отличие от традиционных ГИС могут оперировать с размещаемыми и распределенными в Интернет громадными массивами геопространственной информации и предусматривать удаленную обработку данных на высокопроизводительных компьютерах. Такие системы по определению являются многопользовательскими и в то же время обладают схожей с обычными настольными ГИС базовой функциональностью.

Основой современных ГИИС являются новые веб-технологии, такие как механизмы частичного асинхронного обновления веб-страницы (AJAX) и географические веб-сервисы, целый ряд успешных программных библиотек и продуктов серверного и клиентского уровня — OpenLayers, ExtJS, OGR и GDAL, Jx и Fusion, MapServer и GeoServer, PostgreSQL и PostGIS, Ka-Map и Cartoweb, MapGuide Open Source и мн. др. [1]. Значительный вклад был сделан лидерами рынка геоинформационных систем в свои соответствующие коммерческие продукты: новые возможности для построения Интернет-приложений в линейке программ ESRI (ArcGIS), поддержка пространственных типов данных в Microsoft SQL Server и т. д. Другая составная часть успешного продвижения ГИИС — формирование и поддержка стандартов отрасли на обмен информацией: геопространственные веб-сервисы WMS, WFS, WCS и пр. [2], развитие средств для совместного ввода и обработки картографических данных, например, OpenStreetMap [3].

---

\*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 09-07-98002-р\_сибирь\_a) и гранта Президента РФ для ведущих научных школ № НШ-3431.2008.9.

© ИВТ СО РАН, 2009.

В совокупности с популярными сегодня решениями Web 2.0 типа кооперативного сбора данных о дорожных пробках или публикации геопривязанных фотоснимков в социальных сетях эти технологии обеспечили новое качество массовых информационных услуг. Наконец, отметим еще одну составляющую успешного развития ГИИС — кардинальное изменение ситуации с доступностью данных дистанционного зондирования (ДДЗ) за последние 5 лет. Появление общедоступных веб-ресурсов с ДДЗ высокого разрешения, включающих кроме того детальные топографические карты, а также соответствующие программные интерфейсы для их использования в собственных разработках (API Карт Google [4] и аналоги), вызвали взрывной рост картографических веб-приложений различной направленности — интерактивные карты погоды, городские бизнес-справочники и схемы маршрутов транспорта, туристические атласы, интерактивные социально-экономические, общественно-политические и другие тематические карты и схемы. В результате можно говорить о возникновении нового направления исследований, связанных с построением архитектуры многозвенных геопространственных информационных систем, нового класса программного обеспечения — картографических веб-приложений, или геоинформационных Интернет-систем. Сегодня в Интернете активно обсуждается целесообразность использования термина “неогеография” для обозначения этого нового подхода к работе с геопространственной информацией [5]; введение нового термина подчеркивает отличительные особенности ГИИС по сравнению с традиционными ГИС.

## 1. Архитектура геоинформационной Интернет-системы

Первым картографическим веб-приложением считается созданная в 1993 г. программа Map Viewer Исследовательского центра Пало-Альто компании Xerox (PARC), которая позволяла пользователям в интерактивном режиме отправлять запросы из браузера к серверу и получать фрагменты карт в формате GIF [6]. Именно это приложение и его функциональная концепция стали основой большинства более поздних версий картографических веб-систем. Примерно с 1998 г. в процесс создания систем указанного класса включились крупные компании — производители программного обеспечения ГИС: ESRI, Intergraph и другие начинают разработку коммерческих приложений для веб-картографии. С этого же времени начинает свою историю наиболее успешный из некоммерческих проектов с открытым исходным кодом — MapServer, разработка которого началась в Университете штата Миннесота. В последующие годы и в настоящее время идет интенсивное формирование рынка веб-картографии. Возникают многочисленные программные разработки — от простых средств визуализации заранее подготовленных карт в браузере до сложных распределенных систем обработки корпоративной геопространственной информации.

Сформировавшаяся концепция картографического веб-приложения предполагает создание комплекса программ, выполнение которых осуществляется одновременно на компьютере-сервере и компьютере-клиенте (многозвенная архитектура), а также формирование набора пространственных данных, как правило, в формате популярных ГИС или с использованием специализированной геопространственной СУБД (рис. 1). При этом первоначальная подготовка геоданных для веб-приложения осуществляется чаще всего за рамками ГИИС, для чего сегодня обычно используют стандартные настольные ГИС (MapInfo, ArcGIS и пр.).

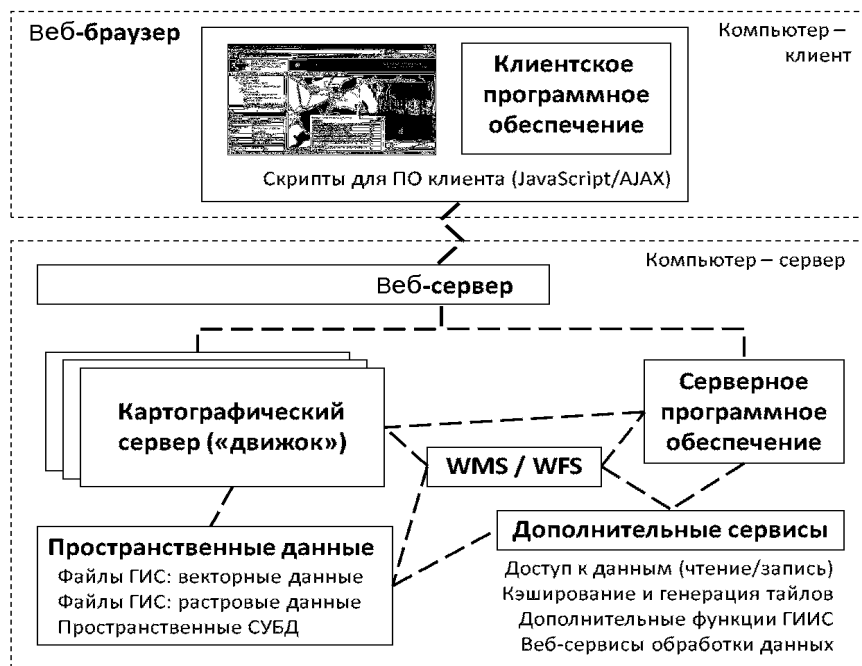


Рис. 1. Основные элементы геоинформационной Интернет-системы

Отличительные особенности геоинформационных Интернет-систем последнего поколения составляют предмет следующих исследований и разработок авторов настоящей статьи [7, 8]:

— интеграция картографического веб-приложения в систему управления веб-контентом, ее средствами управления доступом пользователей, администрирования и настройки интерфейса, формирования информационных блоков веб-портала;

— совершенствование пользовательского интерфейса: создание элементов управления картой и геоданными в стиле традиционных настольных ГИС — плавающие панели с инструментами-кнопками, интерактивные древовидные раскрывающиеся меню со списками слоев карты, контекстная настройка свойств отображения данных и т. д.;

— расширенная поддержка информационного обмена геоданными между элементами картографического веб-приложения и сторонними системами на основе открытых технологических стандартов — веб-сервисов;

— оформление наборов используемых геопространственных данных в виде каталогов с соответствующими метаданными, создание самостоятельных программных средств для навигации и поиска геоинформации в этих каталогах.

Основные результаты исследований, разработанные программно-технологические решения по указанным направлениям рассмотрены ниже.

## 2. Картографическое веб-приложение в системе управления веб-контентом

Рассматриваемая реализация картографического веб-приложения базируется на двух технологических платформах — системе управления веб-порталом 1С-Битрикс и геоинформационной системе MapGuide Open Source. 1С-Битрикс — коммерческая система управления Интернет-порталом с открытым кодом с богатым набором модулей,

с расширенными прикладными программными интерфейсами (API), с удобными инструментами администрирования и широкими возможностями в работе с пользователями и пользовательскими группами [9]. MapGuide Open Source — это основанный на веб-технологиях комплекс программно-технологических решений для хранения и представления картографической информации, построенный в многозвенной архитектуре и позволяющий интегрировать данные из нескольких источников или серверов, а также использовать средства программирования для создания пользовательских приложений [10].

Картографическое веб-приложение строится в технологии ГИС-портала, который интегрирует программное обеспечение упомянутых базовых технологических платформ в единую систему. Слой Битрикс обеспечивает функционал, отвечающий за правила отображения общего контента и взаимодействие с пользовательской средой. Слой MapGuide в свою очередь предоставляет средства для работы с геопространственными данными.

Было проведено исследование возможностей системы Битрикс в задачах загрузки, размещения и использования геоданных. В рамках этого исследования создана структурная основа портала с многопользовательским доступом, добавлены возможности загрузки и фильтрации первичных данных, реализована среда взаимодействия пользователей в виде форума, почтовой рассылки на e-mail и формы обратной связи. Настройка модуля информационных блоков позволила сделать прямое включение каталога слоев и не прямое включение каталога карт MapGuide в систему. Синхронизация прав доступа к данным MapGuide через среду Битрикс была реализована с помощью основного модуля путем установления соответствия: группа Битрикс — пользователь MapGuide. Это позволило избежать дублирования базы данных пользователей и сохранить систему разграничений.

Разработана технология интеграции используемых платформ на основе специально созданного отдельного модуля Битрикс. В модуль вошли классы для работы с сервером MapGuide, различные функции получения и фильтрации данных и шаблоны визуализации каталогов карт, слоев и другой картографической информации. Была усовер-

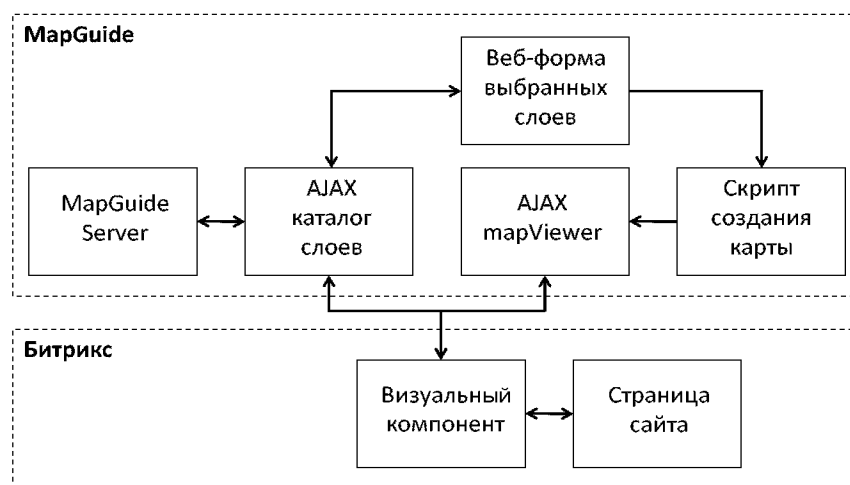


Рис. 2. Модульная структура Конструктора карт для веб-приложения на основе системы управления веб-порталом 1С-Битрикс и ГИС-платформы MapGuide

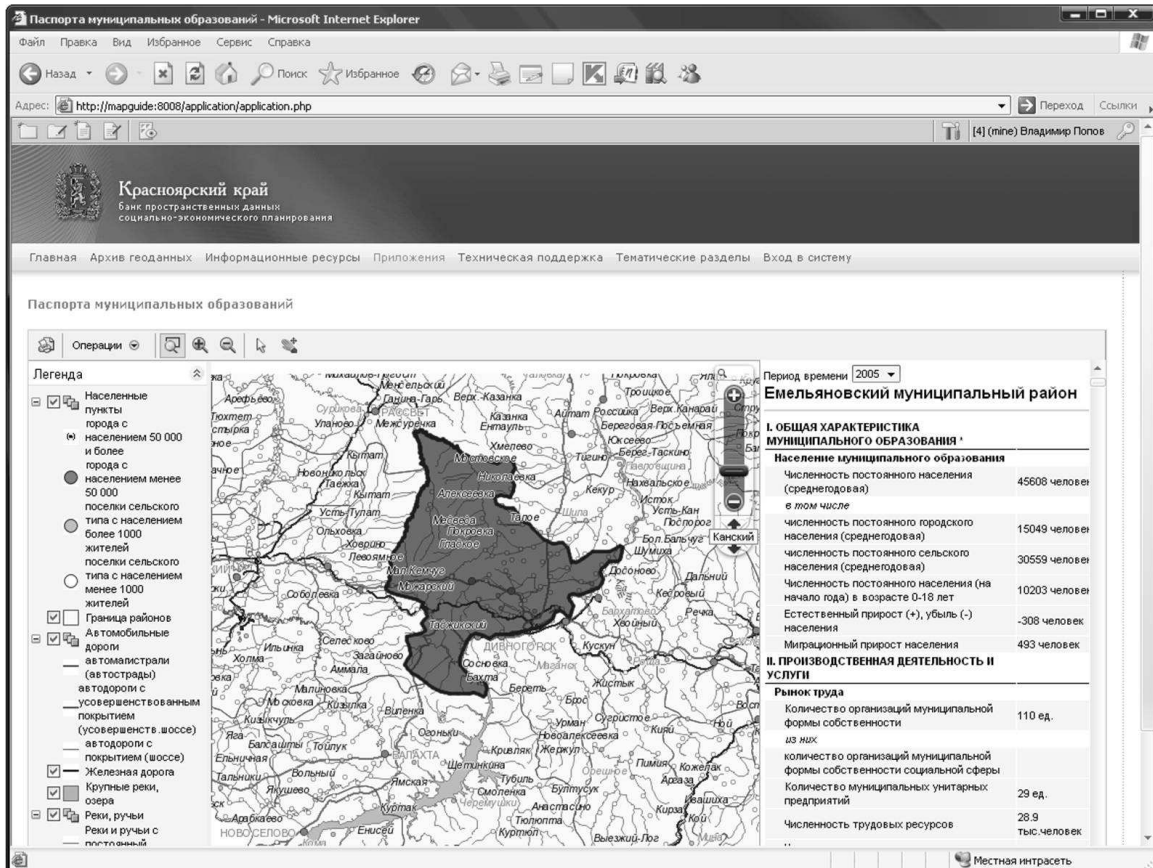


Рис. 3. Интерфейс Банка пространственных данных социально-экономического развития администрации Красноярского края.

шенствована и представлена в виде стандартного компонента визуального редактора системы Битрикс программа для просмотра карт и картографических приложений. Компоненты каталогов объединены с картографическими инструментами таким образом, что просмотр слоев, карт и включенных в карты слоев и их каталогов производился на одном экране без перезагрузки основной страницы. Кроме того был реализован конструктор карт на платформе PHP/AJAX, позволяющий составить свою собственную карту из каталога слоев, хранящегося на сервере (рис. 2).

Примером системы, реализованной по представленной технологии ГИИС, является Банк пространственных данных социально-экономического развития — ГИС-портал Единой краевой информационной системы администрации Красноярского края [11], который предназначен для интеграции и централизации картографических материалов и иных пространственных данных, необходимых для решения межведомственных и общекраевых задач социально-экономического мониторинга, оценки состояния объектов региональной инфраструктуры, земельных и имущественных ресурсов (рис. 3).

### 3. Интерфейс пользователя для публикации геопространственных данных

Классическая схема публикации данных в сети Интернет подразумевает использование дополнительных программных средств для создания графических изображений и/или

html-отчетов. Недостатком такого подхода является невозможность прямого редактирования публикуемых данных, значительные трудозатраты и время на публикацию, зависимость пользователей от стороннего программного обеспечения. При веб-публикации геопространственных данных ситуация становится еще более сложной.

Основная идея рассматриваемого здесь веб-интерфейса для публикации геоданных состоит в способе интерактивного формирования тематической картографической информации без привлечения для решения этой задачи специализированного программного обеспечения геоинформационных систем. Вместо профессиональных ГИС предлагается использовать логику подготовки и модификации данных непосредственно на веб-портале, успешно применяемую в популярных системах управления веб-контентом. В результате получается эффективное и гибкое решение, которое не требует привлечения дорогостоящих коммерческих ГИС и, кроме того, может быть максимально адаптированным к решаемой задаче. Появляется возможность удаленного многопользовательского редактирования стиля отображения пространственных данных, их динамического изменения на основе информации из таблиц соответствующей базы данных.

В технологическом плане предлагаемый веб-интерфейс редактирования геопространственных данных представляет собой HTML/JavaScript-сценарий, который с помощью AJAX-запросов обращается к PHP-обработчику за дополнительными данными и графическими изображениями. PHP-обработчик в свою очередь производит операции на стороне сервера, обращается к базам данных и картографическим серверам и гене-

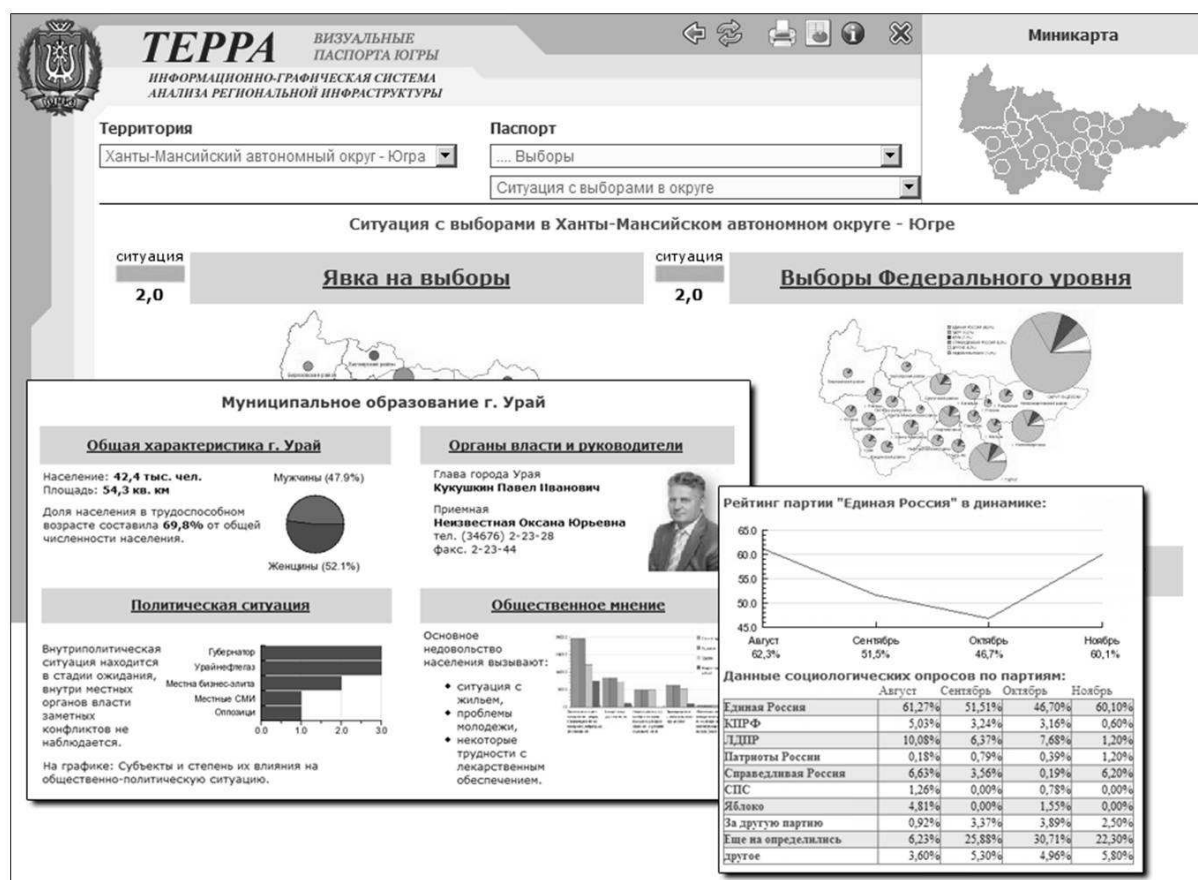


Рис. 4. Пользовательский интерфейс картографического веб-приложения "Терра: Визуальные паспорта Югры"

рирует массивы данных и графические изображения, которые затем возвращаются в HTML/JavaScript-интерфейс в виде ответа на асинхронный запрос. Конечный пользователь этих операций не видит, для него они выражаются в виде визуального редактирования графического объекта в окне редактора системы.

Рассматриваемый интерфейс пользователя применялся при создании информационной системы, которая с технической точки зрения является веб-порталом, содержащим коллекцию типизированных компонентов-фреймов, представляющих информацию в текстовом и графическом виде. Их основная задача — динамическое формирование гипертекстовых веб-страниц с растровыми изображениями, элементами презентационной графики (столбиковые, круговые, пузырьковые диаграммы и пр.), интерактивными таблицами и картодиаграммами на основе базы данных социально-экономических, общественно-политических и других показателей по территориям (муниципальным образованиям) согласно заранее predetermined шаблонам экранных форм — аналогично тому, как работают генераторы отчетов СУБД при подготовке документов для печати [12].

Предложенная модель информационной системы апробирована в рамках работ по развитию информационно-графической системы анализа региональной инфраструктуры “Терра”. Был разработан комплекс программно-технических средств “Терра: Визуальные паспорта Югры”, предназначенный для формирования и представления целостной и структурированной информации об общественно-политической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе — Югре, состоящий из подсистемы администрирования и клиентского веб-приложения (рис. 4). Для реализации проекта использовались следующие информационные технологии и программное обеспечение: операционная система — Windows 2003; Web-сервер — Apache; основные языки для разработки — PHP 5, JavaScript; программная библиотека для доступа к геоданным — MapServer [13]; компонент для визуального редактирования HTML — TinyMCE; система управления базами данных — Firebird 1.5. В качестве картографического формата данных применялся стандартный формат TAB-файлов ГИС MapInfo.

#### 4. Каталог метаданных и картографические веб-сервисы

Большое количество картографических материалов требует организации эффективной классификационной системы. Традиционные Интернет-каталоги (Google, Яндекс и пр.) обладают иерархической системой классификации. Классификационное множество объектов делится по некоторому выбранному признаку (основание деления) на крупные группировки (категории), затем каждая группировка в соответствии с выбранным основанием деления разбивается на ряд последующих группировок (подкатегории), которые в свою очередь распадаются на более мелкие, постепенно конкретизируя объект классификации.

В случае каталогов геопространственных данных (INSPIRE GeoPortal, GEO-DATA.GOV, Gigateway, GeoNetwork Opensource и др.) ситуация в целом аналогичная, однако специфика таких каталогов, связанная с пространственным характером информации, сдерживает их функциональные возможности, которые пока недостаточно широки — новые традиции поиска пространственных данных и представления результатов только формируются.

Практика создания прикладных ГИИС показывает, что количество и разнообразие ресурсов каталога может привести к слишком громоздкой и труднообозримой иерар-

хической классификационной системе. Также следует обратить внимание на то, что развитый интерфейс пользователя способен предусматривать возможность поиска по различным рубрикам данных — такой подход значительно упростит задачи поиска и фильтрации данных.

С учетом указанных замечаний авторами был разработан каталог геопространственных данных, основанный на системе множественной (фасетной) классификации. Фасетная классификация — это совокупность нескольких независимых классификаций, осуществляемых одновременно по различным основаниям. Данный вид классификации предоставляет пользователю многоаспектное (многомерное) описание ресурсов, поэтому пользователь может ориентироваться на частичное знание об объекте.

Основой созданной системы является каталог независимых классификаторов. Каждый классификатор содержит в себе набор категорий, которые могут быть иерархически связаны между собой (внутри одного классификатора). Категории из двух различных классификаторов не связаны ни семантически, ни иерархически. Они также не должны совпадать синтаксически. Каждый ресурс системы описывается одной или несколькими категориями из каждого классификатора. Таким образом, пользователь получает многомерное описание каждого ресурса, что позволяет осуществлять эффективные поиск и фильтрацию по категориям.

В качестве примера приведем следующие категории:

— территориальный классификатор; информация привязана к географическому местоположению: субъект федерации, конкретный район или город, особо охраняемая природная территория (заповедник);

— классификатор по содержательному информационному критерию, например, в разделе природных ресурсов можно выделить подкатегории лесных, земельных, водных ресурсов и т. д.;

— классификатор по авторскому принципу — организация или конкретный исследователь, сформировавшие зарегистрированный в каталоге набор данных;

— пользовательский классификатор, предоставляющий средства формирования персонализированных выборок данных, например, структуризация по выполняемым проектам или отдельным решаемым задачам; такой классификатор хранится в персональном наборе данных портала (аналог папки “Мои документы”).

Важными преимуществами рассматриваемой фасетной системы классификации по сравнению с иерархической являются:

— гибкость — добавление или изменение новых категорий или классификаторов не повлечет за собой пересмотр всей системы классификации;

— обозримость — классификация по различным признакам существенно уменьшает глубину иерархических связей.

Каталог геопространственных данных содержит собственно данные, метаинформацию о них, а также сервисы доступа к ним. Разработанное программное обеспечение создано для веб-портала на основе JavaScript-библиотеки JQuery с использованием серверных скриптов на PHP и базы данных PostgreSQL. Его функции — предоставление средств поиска и фильтрации данных, обеспечение поддержки программных интерфейсов для работы с данными из сторонних приложений.

Основное внимание при создании каталога в составе ГИИС было уделено поддержке веб-серверсов Консорциума OGC — Web Map Service и пр. Веб-интерфейс предоставляет средства формирования пользовательских наборов геопространственных данных, которые можно открывать в картографическом модуле веб-портала или подключать в



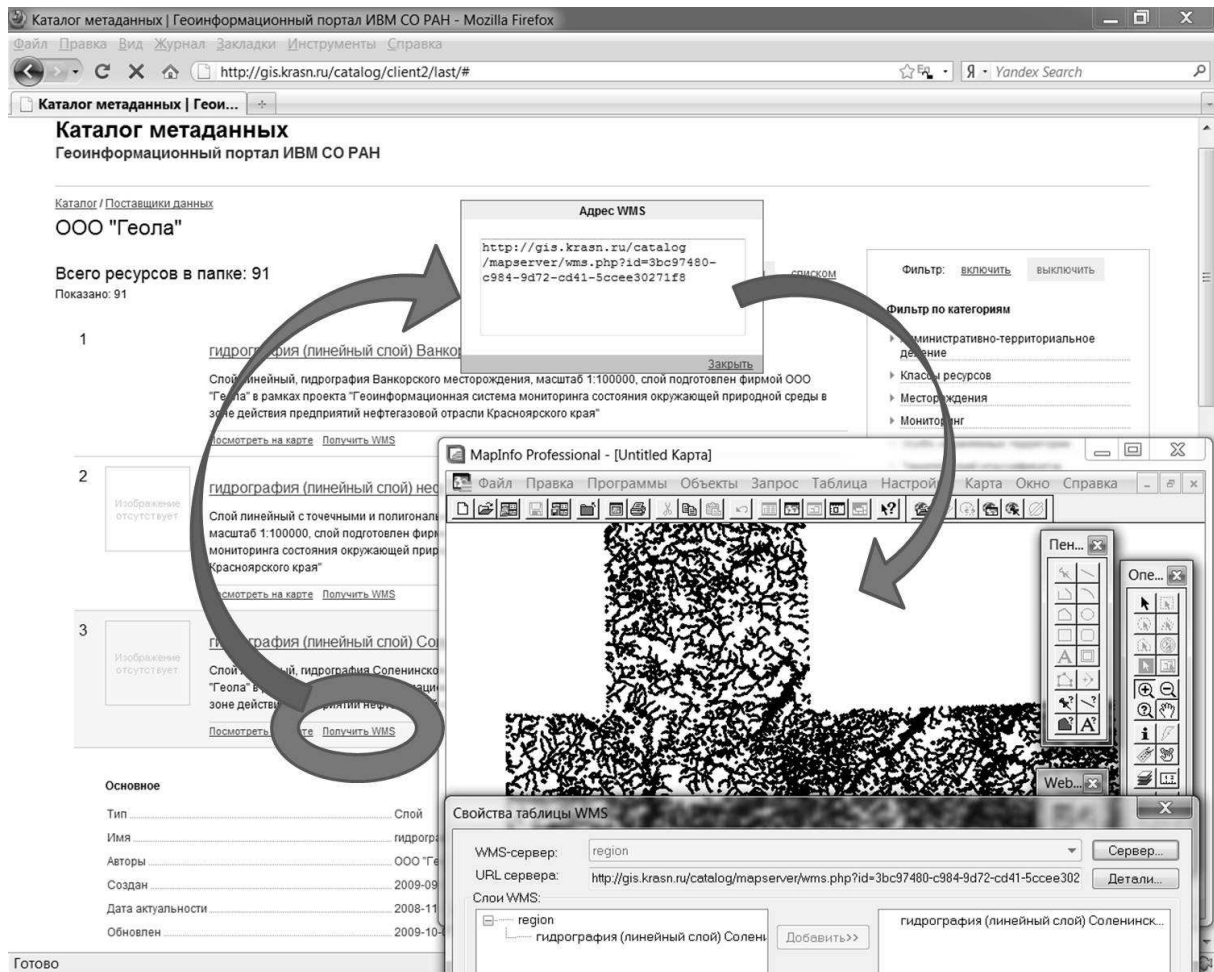


Рис. 5. Подключение слоя гидрографии из каталога метаданных веб-портала в ГИС MapInfo через динамически формируемую ссылку на WMS-ресурс

настольной ГИС, поддерживающей стандарты OGC (рис. 5). Программная поддержка картографических веб-сервисов в текущей версии каталога обеспечивается пакетом MapServer, визуализация карт в клиентской части веб-приложения построена на основе картографической JavaScript-библиотеки OpenLayers [14].

## Заключение

Рассмотренные в статье программно-технологические решения для геоинформационных Интернет-систем показали свою эффективность в следующих реализованных научно-исследовательских и прикладных разработках: «Банк пространственных данных социально-экономического развития Красноярского края», «Информационно-графическая система анализа региональной инфраструктуры ТЕРРА: Визуальные паспорта Югры», «ГИС градостроительной документации Красноярского края (схемы территориального планирования)», «Геоинформационная Интернет-система мониторинга состояния окружающей природной среды в зоне действия предприятий нефтегазовой отрасли Красноярского края», «Территориальная база данных ресурсов здравоохранения Красноярского края», ГИИС «Сеть образовательных учреждений Красноярского края».

Технологии геоинформационного веб-портала могут качественно изменить характер работы с информацией в проектах и системах, задачами которых являются обработка и представление геопространственной информации и эксплуатация которых изначально предполагает сеть распределенных пользователей. Эти технологии особенно эффективны для таких исследований как многоцелевой спутниковый экологический мониторинг с применением данных дистанционного зондирования с его междисциплинарным характером и вовлеченностью различных категорий пользователей и организаций.

## Список литературы

- [1] RAMSEY P. The State of Open Source GIS // Сайт компании Refraction Research Inc. [Электронный ресурс] — <<http://www.refrations.net/expertise/whitepapers/opensourcesurvey/survey-open-source-2007-12.pdf>> (15.10.2009).
- [2] OPENGIS Standards // Сайт Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC). [Электронный ресурс] — <<http://www.opengeospatial.org/standards/>> (15.10.2009).
- [3] СВОБОДНО редактируемая карта всего мира OpenStreetMap // Проект OpenStreetMap. [Электронный ресурс] — <<http://www.openstreetmap.org/>> (15.10.2009).
- [4] API Карт Google // Сайт компании Google Inc. [Электронный ресурс] — <<http://code.google.com/intl/ru/apis/maps/>> (15.10.2009).
- [5] КРЕМЛЬ дает уроки картографии — 2 // Интернет-портал “Исследования и разработки R&D.CNews”, 17 августа 2008 г. [Электронный ресурс] — <[http://rnd.cnews.ru/tech/reviews/index\\_science.shtml?2008/06/17/305404](http://rnd.cnews.ru/tech/reviews/index_science.shtml?2008/06/17/305404)> (15.10.2009).
- [6] STEVE PUTZ. Interactive information services using world-wide web hypertext // Computer Networks and ISDN Systems. 1994. Vol. 27, N 1. P. 273–280 (см. также: <<http://www2.parc.com/istl/projects/www94/iisuwwwh.html>> (15.10.2009)).
- [7] КАДОЧНИКОВ А.А., ПОПОВ В.Г., ТОКАРЕВ А.А., ЯКУБАЙЛИК О.Э. Формирование геоинформационного Интернет-портала для задач мониторинга состояния природной среды и ресурсов // Журн. Сибирского федерального ун-та. Серия: Техника и технологии. 2008. Т. 1, № 4. С. 377–386.
- [8] ЯКУБАЙЛИК О.Э. Геоинформационный Интернет-портал // Вычисл. технологии. 2007. Т. 12. Спецвыпуск 3. С. 116–125.
- [9] СИСТЕМА управления веб-проектами “1С-Битрикс: Управление сайтом” // Сайт компании “1С-Битрикс”. [Электронный ресурс] — <<http://www.1c-bitrix.ru/>> (15.10.2009).
- [10] MAPGUIDE Open Source — геоинформационная веб-платформа для создания картографических приложений и геопространственных веб-сервисов // Сайт проекта MapGuide Open Source. [Электронный ресурс] — <<http://mapguide.osgeo.org/>> (15.10.2009).
- [11] ЯКУБАЙЛИК О.Э., ЗАМАЙ С.С., АРТЕМЬЕВ С.А. и др. Банк пространственных данных администрации Красноярского края // Проблемы информатизации региона. ПИР-2007: Материалы X Всерос. научно-практ. конф. В 2 т. Т. 1 (секции 1–3) / Отв. ред. Л.Ф. Ноженкова. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т; Политехн. ин-т, 2007. С. 188–195.
- [12] ЯКУБАЙЛИК О.Э., ПОПОВ В.Г. Разработка веб-интерфейсов для задач публикации геопространственных данных // Вестник КазНУ им. Аль-Фараби. 2008. № 3(58). Материалы междунар. конф. ВИТ-2008. Ч. III. С. 382–387.

- [13] MAPSERVER — ГИС-платформа для веб-публикации пространственных данных и создания интерактивных картографических веб-приложений // Сайт проекта MapServer. [Электронный ресурс] — <<http://mapserver.org/>> (15.10.2009).
- [14] КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ JavaScript-библиотека OpenLayers // Сайт проекта OpenLayers. [Электронный ресурс] — <<http://www.openlayers.org/>> (15.10.2009).

*Поступила в редакцию 9 ноября 2009 г.*