

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ «БАНК ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ»

*А.А. Кадочников**

**Институт вычислительного моделирования СО РАН
Красноярск, Россия, scorant@icm.krasn.ru*

GEOINFORMATIONAL TECHNOLOGY IN THE SYSTEM 'BANK OF SPATIAL DATA KRASNOYARSK REGION'

*A.A. Kadochnikov**

**Institute of Computational Modeling SB RAS
Krasnoyarsk, Russia, scorant@icm.krasn.ru*

Abstract. Formation and effective use of geospatial data is today one of the most pressing problems facing the scientific community and public authorities. Are posed the task of technological and organizational support geographically distributed systems for collecting, processing, storing and providing spatial data and metadata. These systems must provide its users with remote access to digital geographic information, provide them with information interaction.

Consider the stages and features of the creation of the state information system, the 'Bank of spatial data' for interagency cooperation and integration projects of Krasnoyarsk region along line cataloging, storage, analytical processing and publishing of geospatial data. Considerable attention is given to web services, software interfaces and generally accepted standards. In developing the software many different software libraries and components were used. Web mapping user interface was created using a number of open source libraries. To create a server-side web application author used GIS platforms MapGuide Open Source and Minnesota MapServer. GeoWebCache was another essential component of distributed web mapping environmental monitoring applications.

Keywords: GIS, catalog of resources, metadata, web-services, GIS Internet server, web cartography, geospatial data.

Формирование и эффективное использование геопространственных данных является сегодня одной из актуальных проблем, стоящих перед научным сообществом и органами государственной власти. Ставятся задачи технологического и организационного обеспечения территориально-распределенных систем сбора, обработки, хранения и предоставления пространственных данных и метаданных. Эти системы должны предоставлять своим пользователям средства удаленного доступа к цифровой геоинформации, обеспечивать их информационное взаимодействие.

В настоящей работе рассматривается задача формирования банка пространственных данных для территориально-ориентированной информационной системы поддержки принятия решений уровня субъекта федерации на примере Красноярского края. Решение этой задачи с технологической точки зрения обеспечивается построением комплекса взаимоувязанных программных элементов, среди которых присутствуют как настроенные должным образом «коробочные» программные продукты, так и оригинальные авторские разработки. С организационной точки зрения – решение задачи копируется на технологические регламенты информационного взаимодействия и нормативные документы. Банк пространственных данных – государственная информационная система, предназначенная для межведомственного взаимодействия и интеграционных проектов Красноярского края по линии каталогизации, хранения, аналитической обработки и публикации геопространственных данных (<http://24bpd.ru/>). Разрабатывалась по заказу Министерства информатизации и связи Красноярского края.

Функционально назначение банка пространственных данных – создание распределенной системы идентификации, адресации и позиционирования объектов управления на территории края с использованием средств цифровой картографии и геоинформатики в виде банка пространственных данных, состоящего из тематических электронных карт и космических снимков высокого разрешения. Он призван обеспечить оперативное решение следующих задач:

- навигация по информационным картографическим ресурсам, визуализация и анализ пространственно-ориентированных данных на унифицированных цифровых картах;
- ведение, хранение цифровых картографических материалов, растровых снимков территории;
- предоставление картографических веб-сервисов и ресурсов для сторонних прикладных информационных систем.

Структура, масштабный ряд, функциональное назначение и полнота пространственных данных определяются постановками конкретных задач, формируемых органами власти, предусматривается постоянное наполнение банка пространственных данных.

В первой версии банка пространственных данных использовался комплекс программных средств MapGuide Open Source, предназначенный для обеспечения доступа через Интернет к интерактивным картам, различной пространственно увязанной информации. MapGuide Open Source позволяет интегрировать дан-

ные из нескольких источников или серверов, а также использовать средства программирования для создания пользовательских приложений, обеспечивает прямой доступ к файлам различных форматов систем автоматизированного проектирования и разработки геоинформационных систем, включая форматы *dwg*, *shp*, *vision* и *Oracle Spatial*. *MapGuide Open Source* – это открытая программа, распространяемая по лицензии *GNU Lesser General Public License*. Сегодня *MapGuide Open Source* является проектом *Open Source Geospatial Foundation*. Ряд недостатков прошлой версии банка пространственных данных, новые требования, развитие технологий, а также накопленный опыт повлиял на выбор платформы для создания новой версии системы. В качестве основы использовались разработанные программные средства для анализа пространственных данных в среде геопортала Института вычислительного моделирования СО РАН с использованием технологий, предлагаемых международным консорциумом *Open Geospatial Consortium* и программного обеспечения *MapServer* и *GeoWebCache*. Программные инструменты содержат средства для хранения цифровых картографических материалов, растровых снимков территории, сервисы для навигации по распределенному каталогу пространственных данных, сервисы для пространственного анализа и математического моделирования на унифицированных цифровых картах. Основным элементом геопортала является каталог метаданных о пространственных данных.

Каталог метаданных содержит информацию по доступным слоям и картам. Основной особенностью каталога пространственных данных является возможность использования различных форматов пространственных данных и организация доступа для пользователя к этим данным с помощью современных стандартов и технологий. Для оформления карт и картографических слоев применяется *Styled Layer Descriptor* – язык описания стилей, используемый для отображения объектов на карте в *WMS*, *WFS* и *WCS* серверах, а также собственный формат описания стилей, разработанный для геопортала [3, 4].

Пользовательский интерфейс для каталога метаданных, для систем мониторинга тематических показателей и для информационно-аналитических систем в региональном управлении решено выполнить в виде геоинформационного веб-приложения. Несмотря на некоторые недостатки, этот подход имеет существенные преимущества, как для пользователя, так и для разработчика, в том числе: независимость от платформы, отсутствие необходимости устанавливать дополнительное программное обеспечение, отсутствие проблем с поддержкой старых версий программ и обратной совместимостью, и др.

Для построения клиентской части веб-приложения, использующего карту региона, подходят несколько технологий – *DHTML*, *Adobe Flash*, *SVG* (*Scalable Vector Graphics* – масштабируемая векторная графика), *WebGL* (*Web-based Graphics Library*). Их возможностей достаточно для реализации клиентской логики картографического веб-интерфейса. Одним из интересных решений и популярных на сегодняшний день является применение технологии динамического *HTML* с методами асинхронного обмена данными без перезагрузки страницы (*Remote Scripting*, *AJAX*) [3]. Практически все современные веб-браузеры поддерживают эти технологии без использования дополнительных модулей. Суть асинхронного обмена данными заключается в том, что некоторые данные динамически загружаются с сервера и встраиваются в основную *HTML* страницу без ее перезагрузки. Это позволяет уменьшить объем передаваемой информации по сети и улучшить «качество» пользовательского интерфейса. В результате, можно говорить, что пользовательская часть системы является клиентским приложением, а не набором динамических страниц, генерируемых сервером. Использование такого подхода дает возможность частично разделить логику клиентской и серверной частей, что приводит к более высокой гибкости всей системы.

При разработке картографического компонента веб-интерфейса были проанализированы два способа представления картографической информации для пользователя. Первый способ – карта отображается с использованием растровых фрагментов (тайлов). Основным преимуществом такого способа является скорость получения визуальной информации пользователем и малая нагрузка на сервер при отображении статической информации. Процесс формирования карты на клиентском компьютере состоит из нескольких этапов, с использованием дополнительных программных потоков, механизма кэширования, очереди загрузки фрагментов и др. При таком способе отображения карты пользователю процесс построения композиции карты позволяет оптимизировать процесс загрузки, снизить нагрузку на веб-браузер и более равномерно ее распределить по времени. Однако при отображении меняющихся тематических данных, необходимых для информационно-аналитических систем, такой способ снижает скорость доступа пользователя к пространственным данным и увеличивает нагрузку на сервер. Для решения этой проблемы используется второй способ отображения информации – по запросу пользователя генерируется одно растровое изображение, либо формируется слой с векторными объектами. В зависимости от типа представляемой информации пользователю в программном интерфейсе системы используется комбинация этих двух способов.

Сегодня существует большое число библиотек с открытым исходным кодом для создания готового пользовательского интерфейса с картографическим интерфейсом. Однако функционала существующих библиотек было недостаточно для решения поставленной задачи и было разработано веб-приложение с использованием библиотеки *OpenLayers*. *OpenLayers* – это *JavaScript* библиотека с открытым исходным кодом, предназначенная для создания карт на основе программного интерфейса, подобного *API Яндекс.Карт* (<http://api.yandex.ru/maps/>), *GoogleMap API* (<http://code.google.com/intl/ru/apis/maps/>) или *Virtual Earth API* (<http://www.microsoft.com/maps/isdk/ajax/>), поддерживает технологию *AJAX* и анимацию.

При разработке серверной части веб-приложения для работы с картой Красноярского края используется программное обеспечение *MapServer*, предназначенное для обеспечения доступа через Интернет к

интерактивным картам. MapServer представляет собой открытую и свободно распространяемую среду разработки Интернет-приложений для работы с электронными картами широко распространенных среди множества геоинформационных систем векторных и растровых форматов, обладающую большим числом функциональных возможностей.

Для создания карты из фрагментов использовалось программное обеспечение GeoWebCache. GeoWebCache использует спецификацию WMS Tile Caching (WMS-C), которая явилась результатом конференции FOSS4G в 2006 г [6]. Сервисы WMS (Web Map Service) разрабатывались с учетом большой гибкости и богатого функционала [OpenGIS Consortium, 2013]. Но это оборачивается высокими требованиями к вычислительной мощности сервера. Серверы WMS-C по протоколам совместимы с OGC WMS (OpenGIS consortium), поэтому их можно встроить между клиентом и сервером WMS, что позволяет существенно увеличить скорость реакции и разгрузить сервер. Рассмотрены альтернативные решения для создания каталога фрагментов, такие как ka-Map Cache (<http://ka-map.omniverdi.org>), TileCache (<http://tilecache.org>), MapCache (<http://mapserver.org>) и др. Источником пространственных данных для сервера с программным обеспечением GeoWebCache послужил WMS сервер с картой Красноярского края на основе программного обеспечения MapServer. Реализована система сервисов, которые поддерживают кэш растровых изображений на сервере с GeoWebCache в актуальном состоянии при обновлении исходных данных на WMS сервере.

В результате объединения различных технологий представления карты пользователю на стороне клиента реализован вариант, в котором карта состоит из двух слоев: подложка и тематический слой.

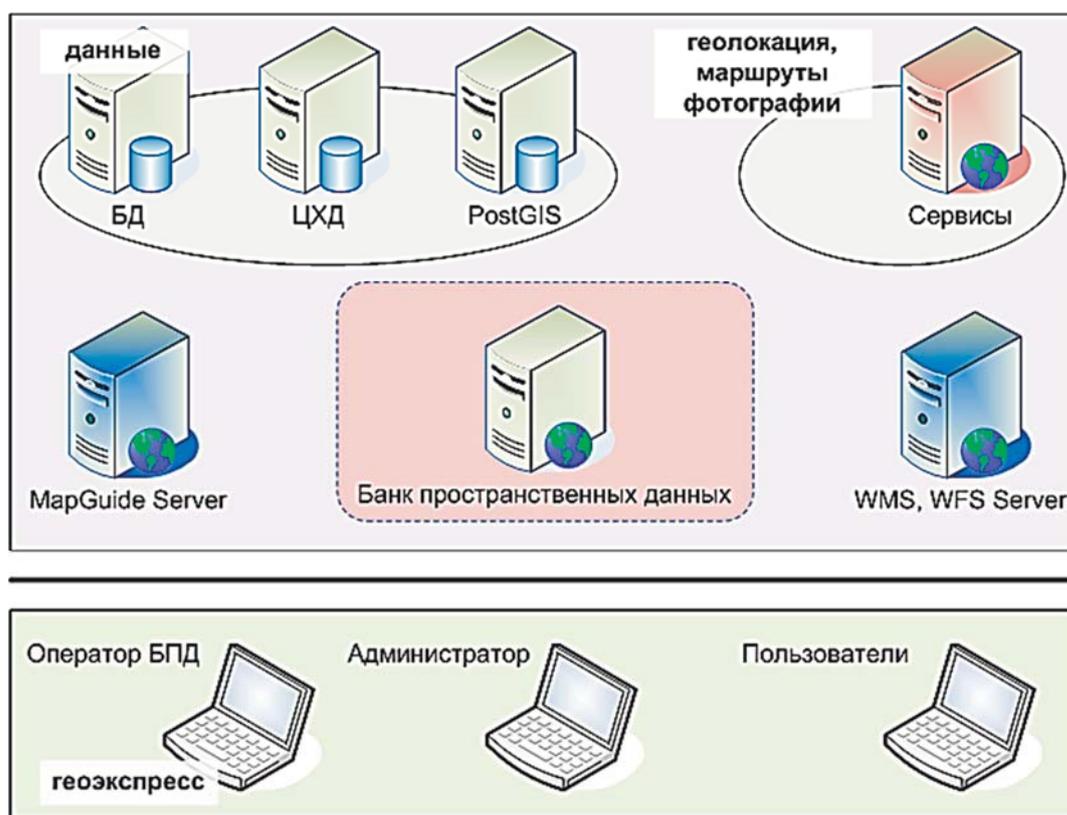


Рис. 1. Структурная схема системы

Разработанный банк пространственных данных включает в себя программные средства, предоставляющие пользователям различный набор инструментов для работы с системой посредством различных клиентов (веб-клиент на основе веб-браузера, windows-клиенты), а также ряд средств администрирования самой системы и базы данных. Хотя в общем случае в Интранет-системе могут использоваться все возможные службы Интернет. При этом доступ к различным компонентам системы можно осуществлять через:

- прямое подключение к базе данных. Используется в основном для ввода и редактирования данных;
- предоставление различных сервисов для доступа к отдельным элементам системы. Например, доступ к табличной информации с использованием определенных запросов, доступ к картографическим данным с использованием WMS;
- доступ посредством веб-клиента с использованием стандартного веб-браузера.

При разработке информационной системы предусмотрено разделение прав доступа пользователей системы (администратор, оператор, обычный пользователь и т.п.), позволяя одновременно работать нескольким пользователям с различных мест. В качестве основы для такой системы может быть сеть несколь-

ких серверов, функции которых могут быть похожими (для снижения нагрузки на всю систему), либо могут различаться. Один сервер организует доступ к базе данных, другой обеспечивает доступ к хранилищу картографической информации, при этом в качестве хранилища такой информации могут выступать множество серверов распределенных по всему миру. Взаимодействие между ними можно организовывать с использованием встроенных возможностей программного обеспечения MapServer, а также с помощью WMS и WFS технологий. Доступ ко всем сервисам системы осуществляется различными клиентами, каждый из которых выполняет свои определенные функции. Структурная схема такой системы приведена на рисунке 1.



Рис. 2. Форматы данных

При разработке информационной системы использовались современные программные решения и технологии, что обеспечило доступ к различным форматам пространственных данных (рис. 2). Банк пространственных данных предусматривает возможность хранения следующих типов пространственной информации:

- электронные карты и слои. Набор карт и слоев, созданных с помощью программного обеспечения AutodeskMapGuideStudio и MapGuideWebStudio. AutodeskMapGuideStudio представляет собой коммерческую среду разработки компании для MapGuideOpenSource, которая управляет всеми аспектами сбора информации, подготовки, проверки и публикации карт и геопространственных данных с целью распространения через Интернет. Базовыми форматами для программного обеспечения MapGuide являются sdf и shp. С помощью библиотек GDAL и OGR появляется возможность для загрузки огромного числа различных растровых и векторных форматов (OGR – PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, MySQL, MapInfo и др., GDAL – TIFF/GeoTIFF, EPPL7, MrSID и др.). Однако при загрузке векторных данных необходимо учитывать проблемы связанные с кодировкой текстовых подписей на карте. В некоторых случаях эта проблема решается конвертированием загружаемых данных в sdf формат. Необходимо отметить, что возможности программного обеспечения MapGuide позволяют разрабатывать собственные приложения для создания карт, которые будут использоваться сервером MapGuideOpenSource;
- предусмотрена возможность загрузки файловых архивов, содержащих картографический материал. Такая возможность позволяет хранить рабочие наборы и картографические слои подготовленных в сторонних программных пакетах (например, ГИС MapInfo или ГИС ESRIArcInfo);
- набор различных ссылок на внешние электронные ресурсы (например, атласы в Интернет, различные Интернет-ГИС ресурсы и т.п.);
- набор различных ссылок на архивы картографической информации (бумажные карты, компакт диски и т.п.);
- Для единого описания различной пространственной информации используется общий шаблон метаданных, подготовленный на основе проекта ГОСТа «Географическая информация. Метаданные» [ГОСТ Р 52573-2006]. Каждый элемент хранения содержит следующую информацию:
 - название – короткое название ресурса (имя слоя, карты, Интернет-сайта и т.п.), позволяющее уникальным образом идентифицировать хранимый ресурс;
 - описание – описание картографического ресурса для пользователя;
 - имя файла – имя файла, ссылка на Интернет-ресурс, ссылка на внешнее хранилище пространственных данных и т.п.;

- источник – физическое расположение картографического ресурса (масштаб, источник, система координат, проекция исходных данных, на основе которых подготовлен картографический ресурс);
- авторские права – исключительное авторское право, создавшее объекты авторского права;
- система координат – проекция пространственных данных хранимого ресурса. Используется в конструкторе карт на основе электронных картографических данных;
- способ приобретения – описание способа создания картографического ресурса (например, оцифровано, куплено и т.п.);
- масштаб первоисточника – масштаб источника карт. Используется в конструкторе карт на основе электронных картографических данных;
- топология – типы пространственных данных (точка, линия, полигон и т.п.)
- информация о пространственно-временных характеристиках – географические координаты области, занимаемой объектами картографического ресурса;
- информация об ограничениях – права доступа к картографическому ресурсу, ограничение доступа на уровне пользователей и ограничения на доступ и использование набора данных или метаданных с целью соблюдения требований законодательства Российской Федерации в отношении государственной тайны и коммерческой тайны.

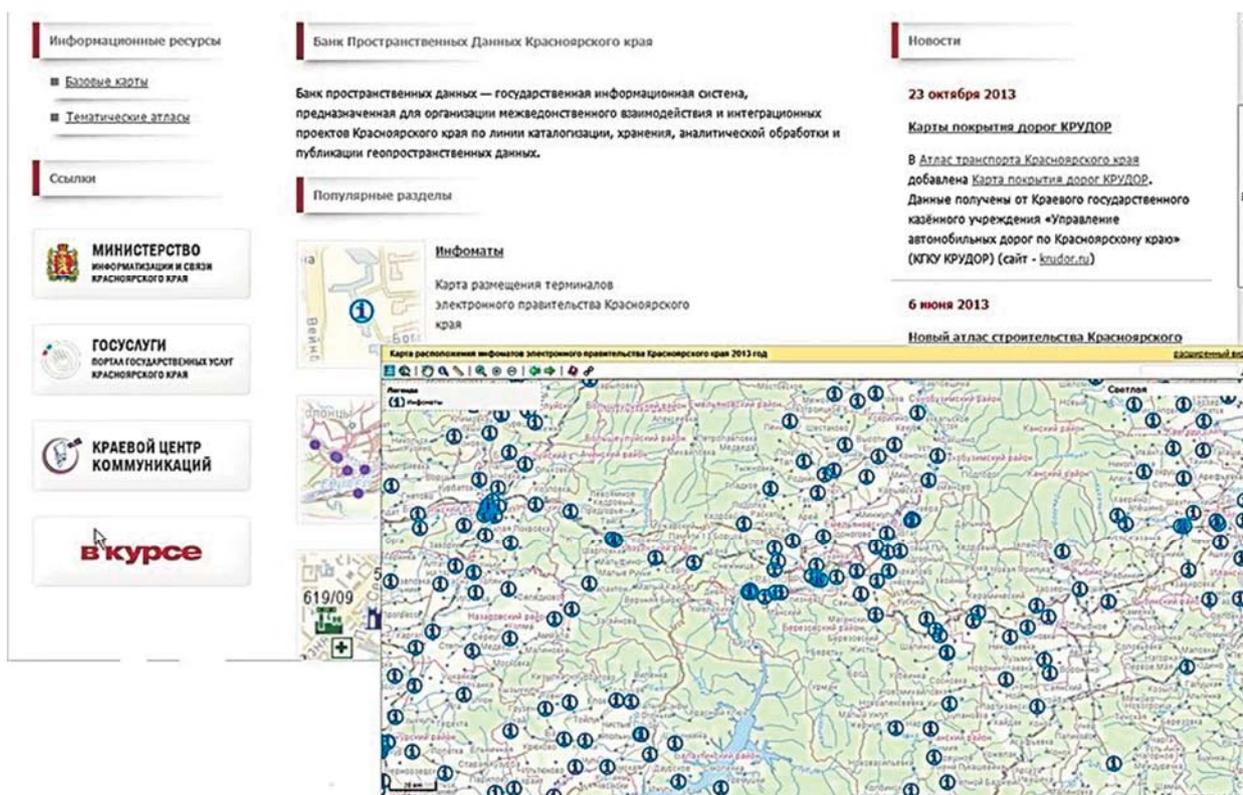


Рис. 3. Пользовательский интерфейс

Банк пространственных данных позволяет использовать различные источники внешних атрибутивных данных. Дополнительные возможности программного обеспечения: одновременное подключение к нескольким удаленным базам данных с пространственной информацией и базам данных с атрибутивной информацией. Связь картографических объектов с отчетами, документами и другими Интернет-приложениями. Встроенная поддержка стандартов WMS и WFS. На рисунке 3 представлен пример с экранными копиями интерфейсов разработанной системы.

Данные каталога могут быть представлены в растровом и векторном формате в зависимости от их объема и структуры. Наиболее универсальным способом является представление в виде тайловых хранилищ. В качестве расширения созданной технологии для работы каталога тайловых хранилищ была создана библиотека, позволяющая управлять не только процессами обновления тайлового кэша, но и набором тайловых карт и их настройкой. Такая библиотека позволила создать инструмент на базе геопортала, расширяющий возможности отображения картографической информации. А именно, для карт, содержащих большое число слоев и объектов скорость создания растрового изображения «на лету» низкая и пользователю приходилось ждать, пока сформируется изображение выделенного фрагмента и затем будет загружено в виде картинки в его веб-приложение. Просмотр карты в тайловом формате позволяет значительно ускорить процесс отображения карты на стороне клиента и одновременно с этим понизить нагрузку на сервер геопортала. В результате в рамках геопортала появилась возможность создавать тайловые подложки, на основе WMS-сервисов,

которые в дальнейшем могут использоваться как отдельные ресурсы геопортала, а некоторые из них могут применяться в качестве подложек для других ресурсов портала.

Решение строилось на основе свободно распространяемых технологий и программного обеспечения:

- платформа для публикации картографических данных – MapServer 5+ (<http://www.mapserver.org>);
- система кэширования картографических данных – GeoWebCache (<http://www.geowebcache.org>);
- основной язык разработки – PHP 5.3+ (<http://www.php.net>);
- СУБД – PostgreSQL 9.3+ (<http://www.postgresql.org>) + PostGIS 2.0+ (<http://www.postgis.org>).

Сегодня в результате развития технологий и программного обеспечения получены новые результаты, которые позволили значительно усовершенствовать существующую программно-технологическую платформу Банка пространственных данных Красноярского края. Программно-технологическая платформа для организации распределенного доступа к электронной карте Красноярского края позволит усовершенствовать процессы разработки систем мониторинга для региона, повысит качество предоставляемых услуг для населения края и качество принимаемых управленческих решений. Рассмотренное решение может быть использовано не только для территории Красноярского края, а ресурсы и инструменты разработанной программно-технологической платформы могут быть использованы при разработке других систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК REFERENCES

1. ГОСТ Р 52573-2006. Географическая информация. Метаданные. GOST R 52573-2006. Geograficheskaia informacija. Metadannye. [Geographic information. Metadata.] (in Russian).
2. *Кадочников А.А.* Веб-сервисы и приложения для геоинформационного Интернет-портала ИВМ СО РАН. Материалы Международной конференции «ИнтерКарто-ИнтерГИС-17». Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Белокуриха, Россия, 14–19 декабря 2011. С. 93–97.
Kadochnikov A.A. Veb-servisy i prilozhenija dlja geoinformacionnogo Internet-portala IVM SO RAN [Web services and applications for geoinformation Internet portal ICM SB RAS]. Reports of the International Conference 'InterCarto-InterGIS-17'. Ustainable development of territories: GIS theory and practice. Belokurikha, Russia, 14–19 December 2011. pp. 93–97 (in Russian).
3. *Кадочников А.А.* Организация доступа к электронной карте Красноярского края для информационно-аналитических систем с помощью веб-сервисов. Материалы Международной конференции «ИнтерКарто-ИнтерГИС-18». Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Смоленск, Россия, 26–28 июня 2012. С. 136–140.
Kadochnikov A.A. Organizacija dostupa k jelektronnoj karte Krasnojarskogo kraja dlja informacionno-analiticheskikh sistem s pomoshh'ju veb-servisov [Organization of access to an electronic map of the Krasnoyarsk region for the information and analytical systems using web-services]. Reports of the International Conference 'InterCarto-InterGIS-18'. Ustainable development of territories: GIS theory and practice. Smolensk, Russia, 26–28 June 2012. pp. 136–140 (in Russian).
4. *Пятаев А.С., Якубайлик О.Э.* Средства автоматизации подготовки и веб-публикации данных в технологии MapServer. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции Проблемы информатизации региона. ПИР-2009. Красноярск, СФУ 2009. С. 148–150.
Pjataev A.S., Jakubajlik O.E. Sredstva avtomatizacii podgotovki i veb-publikacii dannyh v tehnologii MapServer [Automation training and Web publishing of data in MapServer technology] // Reports of the XI All-Russian scientific-practical conference 'Problemy informatizacii regiona. PIR-2009'. Krasnoyarsk, SFU 2009. pp. 148–150 (in Russian).
5. OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification. / Open GIS consortium. – URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms> (14.11.2014).
6. Tile Map Service Specification. / The Open Source Geospatial Foundation. – URL: http://wiki.osgeo.org/wiki/Tile_Map_Service_Specification (14.11.2014).