

УДК 004.9: 55(5.71.6)

© В.В. Наумова, И.Н. Горячев

В.В. Наумова, И.Н. Горячев

ГИС-ПОРТАЛ «ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ»: ИНТЕГРАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ И СЕРВИСОВ



Дальний Восток – один из наиболее богатых полезными ископаемыми регионов России. Здесь выявлено большое количество месторождений различных полезных ископаемых, в том числе уникальных по масштабам. Соответственно своему значению территория региона изучалась на протяжении многих десятилетий, и на данный момент характеризуется весьма высокой степенью геологической изученности. Достижения Российской геологической науки, полученные в ходе этих исследований, являются существенным вкладом в мировой процесс изучения геологического строения, геологической эволюции и металлогении планеты Земля. Многолетние исследования ученых из институтов Дальневосточного отделения РАН позволили собрать огромную информацию по геологии и геофизике Дальнего Востока. В институтах полученные данные систематизируются. Создаются архивы и базы данных, ГИС, информационно-поисковые системы.

Благодаря новым методам сбора данных неуклонно растет их объем, повышается оперативность их получения, завершается переход на качественно новые, цифровые технологии сбора, обработки, распространения и использования данных. Для получения исходных данных используются системы дистанционного зондирования Земли из космоса, цифровые системы наземного и воздушного лазерного сканирования, другие цифровые и электронные геодезические приборы, цифровые аэросъемочные камеры, глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) GPS/ГЛОНАСС. Новая цифровая и электронная среда существования геологических данных создает условия для использования современных информационных технологий.

В институтах Дальневосточного отделения РАН, в других институтах РАН, а также за рубежом созданы многочисленные ГИС по различным аспектам изучения геологии и геофизики Дальнего Востока, в том числе следующие:

1. Геологическими службами США, Канады и Российской академией наук выполнен региональный ГИС-проект «Geographic Information

Systems (GIS) Compilation of Geophysical, Geologic, and Tectonic Data for Circum-North Pacific. Проект разработан на базе ArcView, 3.0 [Greninger et al., 1999]. Созданная ГИС представляет собой информационно-поисковую систему, содержащую набор тематических карт в масштабах 1:10 000 000 и 1:5 000 000 (геофизика, геодинамика и др.), а также краткие атрибутивные описания объектов карт. ГИС, помимо выполнения собственно информационных функций, позволяет строить различные тематические геологические карты, опираясь на исходный картографический и атрибутивный материал.

2. Департаментом Геофизики Стенфордского Университета и Геологической службой США построена ГИС «*Geophysics, Geology and Tectonics of the Bering Shelf, Chukchi Sea, Arctic Margin and Adjacent Landmasses*» [Klemperer et al., 2003]. Публикация ГИС на CD включает следующие тематические слои: топография, гравитационные поля, магнитные поля, сейсмика, вулканы, геология, тектоно-стратиграфические террейны и культурные особенности, в ГИС также включены метаданные всех этих тематических данных. Множества данных могут быть просмотрены, проанализированы и также распечатаны карты. ГИС доступна пользователям программных комплексов ArcView и ARC/Info или ArcExplorer.
3. В ходе Международного проекта «Минеральные ресурсы, металлогения и тектоника Северо-Восточной Азии», который выполняли ученые из Геологических служб США, Японии, Китая, Кореи, а также Российской и Монгольской Академий наук, разработана и создана ГИС «*Минеральные ресурсы, металлогения и тектоника Северо-Восточной Азии*» [Наумова В.В. и др., 2006; Naumova V.V. et al., 2006; Naumova V.V. et al., 2010]. ГИС осуществляет хранение, доступ, обработку, отображение

и распространение картографической и атрибутивной информации о геологических объектах Восточной и Южной Сибири, юга Дальнего Востока России, Монголии, Северо-Восточного Китая, Кореи и Японии. Система позволяет производить анализ взаимосвязей и взаимозависимостей между минерально-ресурсными, геодинамическими и металлогеническими данными. Это дает возможность геологам получать новую информацию о металлогенических и тектонических характеристиках Северо-Востока Азии и их эволюции.

4. *ГИС по геологии Северо-Востока России* [Ворошин и др., 2006]. ГИС создана для обзорных целей, проведения региональных научно-исследовательских работ (в частности – для проведения тектонических и металлогенических исследований) и обучения. Авторы используют данную ГИС как основу для ведения региональных баз данных по аналитике, коллекциям образцов и т.д. ГИС охватывает около 20% территории России и включает территории Камчатского края, Магаданской области, Чукотского АО, а также частично – республики Саха-Якутия и Хабаровского края. Базовой картой послужила Геологическая карта Северо-Востока СССР масштаба 1:1 500 000, изданная под редакцией М.Е. Городинского (1980). Кроме этого использовались карты более крупного масштаба, а также данные из Digital Chart of the World (ESRI, США). Геологическая информация разделена на 14 слоев, включающих около 39 000 объектов.
5. *ГИС «Геология и полезные ископаемые Верхне-Колымского региона»* [Ворошин и др., 2006]. Основой ГИС служат 25 листов государственной геологической карты масштаба 1:200 000, охватывающие крупнейшую золоторудную провинцию России. Атрибутивная информация ГИС включает ряд баз данных: стратифицированные подразделения, интрузивные массивы, дизъюнктивные нарушения, дайки и жилы, рудные месторождения и рудопроявления, россыпные месторождения. Кроме того, ГИС содержит геофизические данные – результаты аэромагнитной съемки территории. При создании региональных геологических ГИС используются программные продукты фирмы ESRI (США) [Наумова, 2008].

В 90-х годах прошлого века для создания систем национального картографирования, систем водных ресурсов, геологических и информационных систем Геологической Службой США выбран базовый программный продукт – ArcInfo. Некоторые

из особых свойств ArcInfo, которые делают это программное обеспечение современным стандартом при создании региональных геологических ГИС:

- мощная и гибкая модель данных (интегрированное управление табличными и географическими данными; векторная топология);
- интеграция данных (интеграция многих сред, например, растровых и сканированных изображений; поддержка стандартных форматов изображений и цифровое изображение; взаимосвязь с системами спутниковой привязки; возможности обмена данными более чем в 30 стандартных форматах);
- автоматическое картирование, составление отчетов и таблиц (отображение стандартных карт и производство таблиц; тематические карты, запросы и виды анализа);
- интеграция баз данных и снабжение стандартами (прямой доступ к базам данных в среде ГИС; поддержка стандартных реляционных баз данных и сетевых функций; функции надежной безопасности баз данных; возможности управления библиотекой карт);
- комплексный пространственный анализ и возможности запроса (перекрытия: точка–точка, линия–линия, полигон–полигон; связи соседства и близости; моделирование по регулярной сетке с применением расширений ARC/INFO; анализ линейных сетей).

На рис. 1 представлено покрытие территории Дальнего Востока России пространственными данными из существующих ГИС-систем.

Одним из мощнейших путей обмена геологической информацией в настоящее время является Интернет. Пространственные геологические данные – один из видов информационных ресурсов, имеющих свои особенности, которые определяют специфику их размещения в Интернете, поиска, отображения, обмена и использования. К этим особенностям относятся: графическое представление пространственных карт в виде цифровых карт, их координатная привязка к земной поверхности и множество характеристик, связанных с графическими объектами. Для работы с этой информацией необходим инструмент, позволяющий оперировать одновременно информацией из различных ГИС-систем на своем ПК, при этом сами ГИС-системы и данные должны оставаться у их создателей – т.е. возникает задача интеграции пространственных данных.

В мире для решения подобных задач выбран путь интеграции на уровне метаданных, геопорталов и *инфраструктур пространственных данных* (ИПД).

Основные мотивы создания ИПД – обеспечение простоты доступа к пространственной

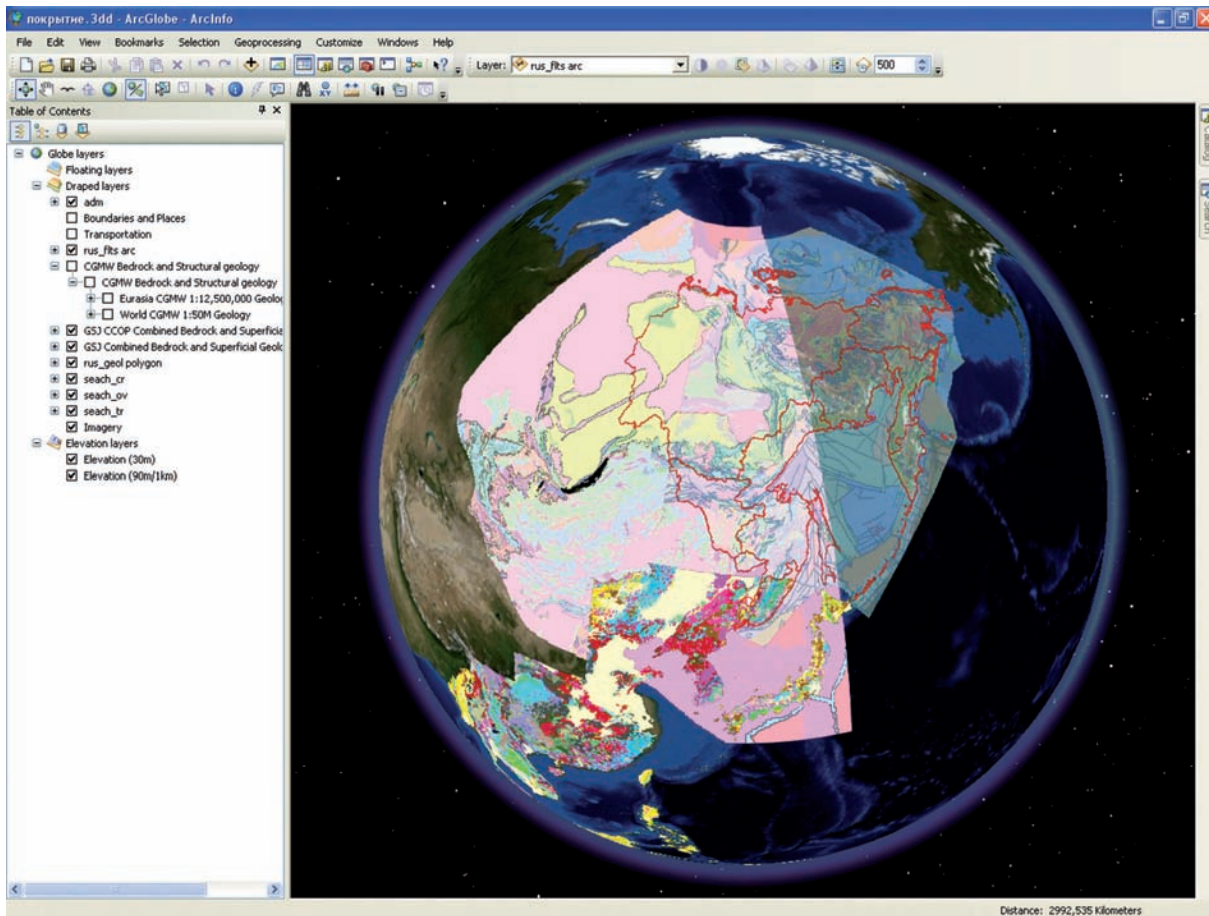


Рис. 1. Покрывание территории Дальнего Востока России пространственными данными из существующих ГИС-систем

информации, а также удобства информационного взаимодействия держателей и потребителей данных; разрушение ведомственных информационных барьеров; устранение дублирования сбора пространственных данных и их эффективное использование. ИПД охватывает информационные ресурсы (в том числе в виде базовых пространственных данных и метаданных), сервисы визуализации, поиска, доступа и обмена, вызова других сервисов и предполагает стандартизацию пространственных данных и каталогов.

В общем виде эта задача встала перед мировым сообществом в начале 1990-х годов. Решением ее стало рождение понятия инфраструктура пространственных данных (ИПД). Нами принято следующее определение инфраструктуры пространственных данных: «Инфраструктура пространственных данных это информационно-телекоммуникационная система поддержки метаданных, наборов пространственных данных и геоинформационных услуг, обеспечивающая доступ пользователей к распределенным ресурсам пространственных данных, их распространение и обмен ими, используя Интернет или иную общедоступную глобальную сеть, в целях повышения

эффективности использования и производства пространственных данных» [Кошкарев..., 2010].

К настоящему времени определены и стандартизированы основные элементы и механизмы ИПД, определены базовые пространственные данные и механизмы их актуализации. Основные элементы ИПД – геопорталы и сервера пространственных данных. Геопортал – это «сайт или его эквивалент, обеспечивающий доступ к поисковым сервисам, позволяющим искать и находить нужные наборы пространственных данных» (Кошкарев..., 2008). Базовые пространственные данные ИПД включают: геодезическую основу, топографические объекты, гидрографическую сеть, населенные пункты, транспортную сеть, политико-административные границы, данные земельного кадастра, ортофотопланы, цифровые модели рельефа, базы данных географических названий и адресные реестры.

Через систему геопорталов, представленных в сети Интернет, ИПД объединяют и связывают территориально распределенных потребителей и производителей пространственных данных, обеспечивая доступ к пространственным данным.

Создание ИПД потребовало принятия ряда стандартов для доступа к данным, а также для их

описания. Стандарты являются одним из ключевых элементов ИПД, так как именно они дают язык и правила взаимодействия отдельных узлов ИПД, обеспечивая их интероперабельность.

На международном уровне разработкой стандартов в сфере ИПД занимается технический комитет ISO/TC 211 «Geographic information/Geomatics». Его стандарты объединены в серию ISO 19100. В 2003 году был принят стандарт ISO 19115:2003 «Geographic information – Metadata». Набор метаданных в стандарте состоит из пакетов, состоящих из классов. В ядро стандарта входит 22 элемента, из которых 7 – обязательны. Этот стандарт описывает общее содержание метаданных и взаимоотношения их элементов, однако он ничего не говорит о представлении метаданных. Для этого был введен стандарт ISO 19139:2007, описывающий создание схемы XML, задающей структуру формата записей метаданных ISO 19115.

Если стандартизация метаданных инициировалась государственными и международными институтами, то стандарты протоколов обмена данными создавались с активным участием компаний-производителей программного обеспечения. В сфере ИПД основным органом, создающим спецификации (фактически – стандарты) является Open Geospatial Consortium (OGC) – объединение коммерческих, правительственных и академических организаций, занимающееся вопросами функциональной совместимости между различным программным обеспечением, работающим с пространственными данными. Этим объединением был разработан ряд спецификаций, играющих ключевую роль в обмене пространственными данными в ИПД, в том числе: WMS – для обмена картографической информацией; WFS – для обмена векторными данными; WCS – для обмена растровыми данными; CSW – для работы с сервисами каталогов; GAZ – географический справочник.

Геопортал является точкой входа в Интернет с инструментами просмотра метаданных, поиска пространственной информации, ее визуализации, загрузки, распространения и геосервисов. Основные задачи геопортала – организация и поддержка распределенных пространственных данных с помощью привычного веб-браузера, предоставление интегрирующего интерфейса для доступа к разнородным массивам информации.

В последнее время в РФ ведутся работы по интеграции пространственных данных и сервисов в области наук о Земле, и в частности в области геологии и геофизики.

Геопортал «ГеоМета» [Вершинин и др., 2008; Динь Ле Дат и др., 2008; Кошкарев и др., 2010] реали-

зован как вариант академического геопортала <http://www.geometa.ru> и представляет собой платформу для создания распределенной среды интеграции неоднородных источников данных и сервисов и представления в этой среде единой точки входа (веб-портала), которая позволит ученым, занятым в сфере наук о Земле:

- легко находить специализированные данные и приложения;
- производить вычислительные эксперименты;
- визуализировать результаты деятельности.

С целью систематизации и интеграции широкого комплекса научной информации и формирования единого информационного пространства с 2010 г. в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН создается тематический геопортал [Романова И.М., 2011] – единая точка доступа к распределенным вулканологическим и сейсмологическим данным (<http://geoportal.kscnet.ru>). Геопортал предоставляет пользовательский веб-интерфейс для доступа к распределенным информационным ресурсам института, включает систему управления метаданными и Каталог метаданных для поиска данных, картографический сервер для публикации слоев пространственных данных на геопортале и создания на их основе интерактивных карт и геосервисов.

В последнее время нами ведутся работы по разработке ГИС-портала «Геология и геофизика Дальнего Востока России» <http://gis.fegi.ru/>, интегрирующего пространственные данные и сервисы по геологии и геофизике Дальнего Востока России (рис. 2).

Основная цель ГИС-портала: интеграция пространственных данных и сервисов по геологии и геофизике Дальнего Востока России с территориально распределенных ресурсов Интернет для создания единой точки к этим ресурсам и тематическим сервисам поиска, анализа и визуализации пространственным данным.

Объекты портала – ГИС-системы, представленные метаданными, которые описаны в одном из стандартных форматов (ISO 19115/19139, FDGC, ГОСТ) и доступны в сети Интернет по стандартным протоколам OGC (WMS, WFS).

Тематические разделы портала: вулканология; география, рельеф; геодинамика и тектоника; геофизика; геохимия; гидрогеология; литология и седиментология; месторождения полезных ископаемых; минерагения; общая и региональная геология; петрология; сейсмология; стратиграфия и палеонтология.

Территориальные границы портала: территория Дальневосточного федерального округа РФ: 42° с.ш., 105° в.д. – 77° с.ш., 170° з.д.

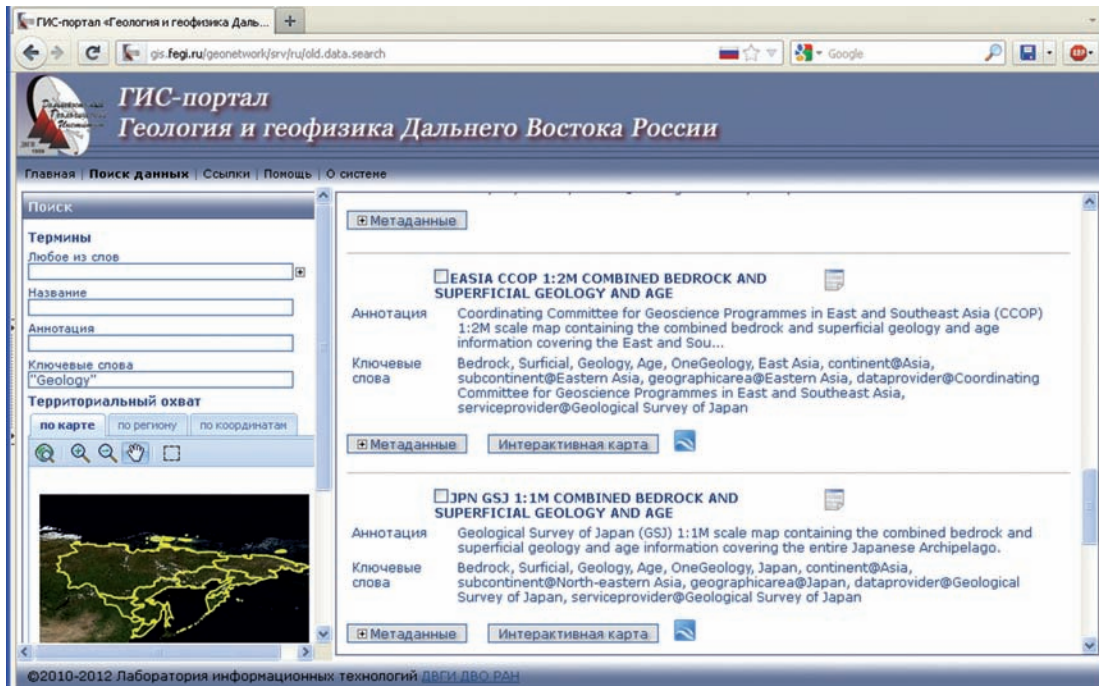


Рис. 2. ГИС-портал «Геология и геофизика Дальнего Востока России»

Технологическая платформа: GeoNetwork (каталог GeoNetwork 2.6.4 и GeoServer 2.1.3).

Функциональная схема портала представлена на рис. 3.

Сервисы портала: сервисы администратора и сервисы пользователя.

Сервисы администратора:

- управление пользователями (обеспечение подсистемы безопасности Системы: авторизация пользователей, контроль доступа и др.);
- управление данными;
- управление сервисами.

Сервис *управления данными* обеспечивает автоматизированную загрузку данных из внешних каталогов и серверов, а также ручное занесение данных в *базу метаданных и пространственных данных* (БД). БД призвана объединить пространственные данные из различных источников, в том числе данные Российской академии наук, Геологических служб США, Японии и др., содержит достаточно полную информацию о пространственной геолого-геофизической информации на территорию Дальнего Востока России.

Сервис *управления сервисами* включает в себя интеграцию с Порталом удаленных тематических сервисов, а также стыковку сервисов между собой.

К *сервисам пользователя* мы относим:

- поиск и представление данных;
- визуализацию;
- доступ к спутниковым данным;
- сопряженный анализ;
- печать.

Поисковые сервисы Системы обеспечивают:

- навигацию пользователей по доступным информационным ресурсам;
- сквозной полнотекстовый поиск по ресурсам Портала;
- поиск по географическому положению объектов: по карте, региону РФ, координатам;
- поиск по стратиграфическому возрасту;
- поиск в пределах заданных границ;
- многокритериальный поиск.

Результаты поиска отображаются в основном окне. Для каждой карточки отображается название ГИС, аннотация и ключевые слова. При дополнительном запросе будет показана полная карточка метаданных, внешний вид и содержание которой зависит от используемого карточкой стандарта. В случае если владельцы ГИС предоставили возможность загрузки данных, под карточкой будет присутствовать кнопка «Загрузить данные», позволяющая пользователю загрузить данные ГИС на свой компьютер. Если же ГИС доступна по стандартным протоколам (WMS, WFS), тогда пользователю будут доступны сервисы обработки данных.

Сервисы визуализации данных.

Сервис *визуализации «ГИС-клиент»* предназначен для визуализации пространственных данных на карте. Основные функции, предоставляемые сервисом:

- скроллинг (сдвиг) карты по всем направлениям;
- увеличение или уменьшение масштаба с помощью мыши (выбранному полигону предоставляется полный экстенд);
- масштабирование к точно заданному масштабу;

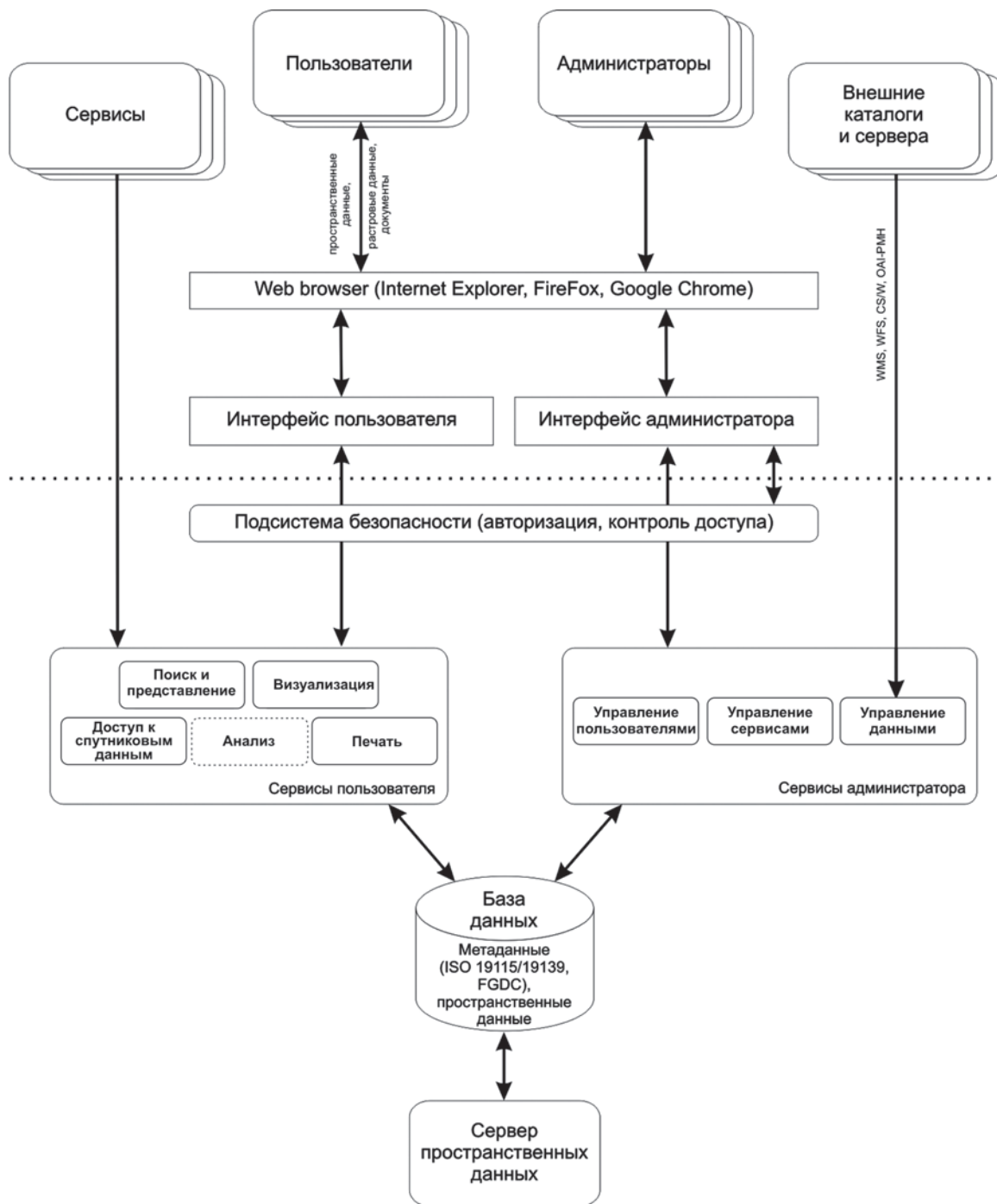


Рис. 3. Функциональная схема ГИС-портала «Геология и геофизика Дальнего Востока России»

- возвращение в режим показа всей карты (целиком) в пределах окна;
 - изменение проекции отображения;
 - управление порядком отображения слоев и их видимостью;
 - изменение прозрачности выбранных слоев;
 - отображение легенды для видимых слоев;
 - выбор варианта легенды для слоев, имеющих несколько легенд;
 - сохранение текущего вида карты (набор слоев, масштаб, экстенд) и восстановление его;
 - совмещение слоев пространственных данных из нескольких различных источников;
 - запрос атрибутивной информации объектов в указанной точке по всем видимым слоям;
 - отображение данных слоя на указанное время (для слоев, содержащих данные с временной привязкой).
- Сервис визуализации на глобусе Google Earth* предназначен для визуализации пространственных данных на псевдотрехмерном глобусе. Основные функции сервиса:

- вращение глобуса по всем направлениям;
- увеличение или уменьшение масштаба с помощью мыши;
- возвращение в режим показа всего региона Дальнего Востока России в пределах окна;
- совмещение слоев пространственных данных из нескольких различных источников.

В ГИС-портал интегрирован ряд сервисов для обработки пространственных данных от различных производителей. В настоящее время Система предоставляет пользователю следующие возможности в области обработки пространственных данных:

Сервисы доступа к спутниковым данным Геологической службы США. Сервис работы со спутниковыми снимками USGS Global Visualization Viewer (GloVis) [USGS Global Visualization Viewer, 2012] (рис. 4) предназначен для быстрого поиска и получения спутниковых снимков на заданную территорию. Основные возможности сервиса:

- выбор территории, на которую требуются снимки (на карте, по широте/долготе);
- выбор спутника (LandSat, MODIS Aqua, MODIS Terra, ASTER и др.);
- выбор пространственного разрешения снимка;
- указание даты получения снимка;
- просмотр метаданных выбранного снимка;
- сохранение выбранного снимка на компьютер;
- совмещение снимков с рядом определенных слоев (границы, населенные пункты, водные объекты, охраняемые природные территории и др.);

- совмещение снимков с данными пользователя (загружаются с локального компьютера в виде shp-файлов).

В этом сервисе Геологическая служба США предоставляет пользователям спутниковые снимки следующих разрешений:

- EO-1 ALI, Landsat 7 ETM+, L7 ETM+ SLC-офф, Landsat 4-5 TM, Landsat MSS 1-5, L4-7 комбинация, MRLC 2001 Radianc, MRLC 2001 отражения, Три-десятилетнее ETM+ и PanSharp ETM+ (1000 метров в формате GIF, 240 метров в формате JPEG);
- EO-1 Hyperion (1000 метров в формате GIF, 120 метров в формате JPEG);
- NALC Triplicates, Три-десятилетнее TM, и Три-десятилетнее 1-5 MSS (1000 метров в формате GIF, 480 метров в формате JPEG);
- ETM+ Пан мозаики (1000 метров в формате GIF, 285 метров в формате JPEG);
- TM Мозаика (2000 метров в формате GIF, 700 метров в формате JPEG);
- ASTER (1000 метров в формате GIF, 400 метров в формате GIF, 90 метров в формате JPEG);
- MODIS (10 000 метров в формате JPEG, 5000 метров в формате JPEG);
- NAPP (в географической проекции, низкая (0,00045 градусов) в формате JPEG, высокая (0,00015 градусов) в формате JPEG);
- NHAP (в географической проекции, низкая (0,00090 градусов) в формате JPEG, высокая (0,00030 градусов) в формате JPEG).

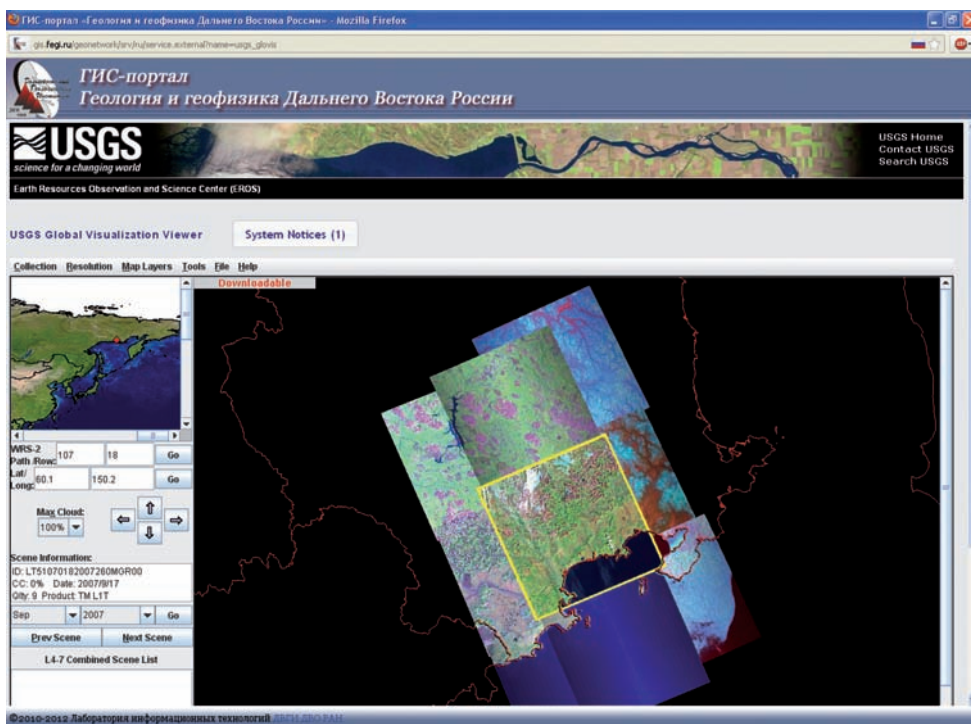


Рис. 4. Сервис USGS GloVis предоставляет собой дружелюбный пользовательский интерфейс для просмотра спутниковых снимков.

В эту группу сервисов также входят: USGS EarthExplorer, USGS Global Data Explorer, NASA Echo|Reverb.

На Портале реализована *возможность интеграции на пользовательскую карту слоев пространственных объектов из различных источников* (цифровые топографические карты, различные тематические карты и др.), т.е. возможность конструировать произвольный пользовательский картографический контент, комбинируя доступные слои.

Сервисы сопряженного картографического анализа находятся на стадии разработки. Предполагается, что пользователь будет иметь возможность конструирования пакета сервисов сопряженного пространственного анализа информации из предлагаемых Порталом функций, в число которых будут входить как стандартные ГИС-функции анализа, так и нестандартные методы сопряженного анализа.

Предполагается, что *пользователями ГИС-портала* будут научные сотрудники, которым необходимо использовать интегрированные пространственные ресурсы и сервисы Портала при решении научных задач по геологии и геофизике Дальнего Востока, а также преподаватели университетов для использования в образовательном процессе.

Работа выполняется при финансовой поддержке Проекта ДВО РАН №12-Ш-О-ОНЗ-05 «Интеграция пространственных геолого-геофизических данных и сервисов на примере разработки ГИС-портала «Геология и геофизика Дальнего Востока России» в рамках Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 7 «Геофизические данные: анализ и интерпретация».

Ключевые слова: геоинформатика, инфраструктура пространственных данных, ИПД, ГИС-портал, геология и геофизика Дальнего Востока России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вершинин А.В., Серебряков В.А., Ряховский В.М., Дьяконов И.А., Динь Ле Дат, Шкотин А.В., Шульга Н.Ю. Создание среды интеграции пространственных данных и приложений // Открытое образование. – 2008. – № 4. – С. 9-16.
2. Ворошин С.В., Зинкевич А.С., Тюкова Е.Э. Региональные геоинформационные системы для геологических исследований: опыт создания и анализа // Тихоокеанская геология. – 2006. – Т. 25. – № 5. – С. 22-38.
3. Динь Ле Дат, Серебряков В.А. Разработка и реализация формальных онтологий геопро пространственных данных и сервисов // Радиотехника. – 2008. – Вып. 2. – С. 85-89.

4. Кошкарёв А.В., Ряховский В.М., Серебряков В.А. Инфраструктура распределенной среды хранения, поиска и преобразования пространственных данных // Открытое образование. – 2010. – № 5. – С. 61-73.

5. Наумова В.В. Концепция создания региональных геологических ГИС (на примере ГИС «Минеральные ресурсы, металлогенезис и геодинамика Северо-Восточной Азии»). – Владивосток : Дальнаука, 2008. – 138 с.

6. Романова И.М. Геопортал ИВиС ДВО РАН для интеграции вулканологических и сейсмологических данных // ИнтерКарто-ИнтерГИС 17. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт : мат-лы междунар. конф., Барнаул – Денпасар, 14-19 декабря 2011 г. – URL: <http://conf.nsc.ru/intercarto17/reportview/84266;jsessionid=BCBC3158A7CB7A7D52D796AA64565D5B> (дата обращения 05.04.1012).

7. Greninger M.L., Klemperer S.L., Nokleberg W.J. Geographic information systems (GIS) compilation of geophysical, geological, and tectonic data for the Circum-North Pacific region [abs.] : Geological Society of America Abstracts with Programs, 1999. – V. 31. – P. A-59.

8. Greninger M.L., Klemperer S., Nokleberg W.J., Geographic Information Systems (GIS) Compilation of Geophysical, Geologic, and Tectonic Data for Circum-North Pacific, 1999, USGS. Open-File Report 99-422, Version 1,0 (CD-ROM) ; URL: <http://geopubs.wr.usgs.gov/open-file/of99-422/> (date of access 22.02.2012).

9. Klemperer S.L., Greninger M.L., Nokleberg W.J. Geographic Information Systems (GIS) Compilation of Geophysical, Geologic, and Tectonic Data for the Bering Shelf, Chukchi Sea, Arctic Margin and Adjacent Landmasses (CD). – GSA Special Paper 360, 2003.

10. Naumova V.V., Miller R.M., Patuk M.I., Kapitanchuk M.Yu., Nokleberg W.J., Khanchuk A.I., Parfenov L.M., Rodionov S.M. Geographic Information Systems (GIS) Spatial Data Compilation of Geodynamic, Tectonic, Metallogenic, Mineral Deposit, and Geophysical Maps and Associated Descriptive Data for Northeast Asia. U.S.G.S. Open-File Report of 2006-1150.

11. Naumova V.V., Miller R.M., Patuk M.I., Kapitanchuk M.Yu., Nokleberg W.J., Khanchuk A.I., Parfenov L.M., Rodionov S.M. Peculiarities in creation of transnational GIS (using GIS «Mineral Resources, Metallogenesis and Tectonics of Northeast Asia» as an example) // Russian journal of earth sciences. – V. 11, ES3003, doi:10.2205/2009ES000435, 2010.

12. USGS Global Visualization Viewer: User Guide. – URL: <http://glovis.usgs.gov/ImgViewerHelp.shtml#SiteDescription> (date of access 22.02.2012).