

Интеллектуальная ГИС

А. Березко,¹ А. Рыбкина,¹ А. Соловьев,¹ и Р. Красноперов¹

Получено 10 ноября 2009; опубликовано 20 ноября 2009.

В работе рассматривается новая технология, соединяющая географическую информационную систему (ГИС) и ГИС-ориентированные методы искусственного интеллекта (ИИ). Основными целями исследований являются разработка новых и адаптация уже созданных участниками проекта методов ИИ и их интеграция в единой геоинформационной среде с базами данных по наукам о Земле, природным процессам, явлениям и объектам техносферы для решения фундаментальных задач, связанных с анализом природных опасностей и рисков. Важнейшей задачей проекта является создание для территории Российской Федерации и смежных территорий логической модели и действующего прототипа системы оценки природного и техногенного риска. **КЛЮЧЕВЫЕ**

СЛОВА: геоинформационные системы, науки о Земле, метаданные, слой данных, базы данных.

Ссылка: Березко, А., А. Рыбкина, А. Соловьев, и Р. Красноперов (2009), Интеллектуальная ГИС, *Вестник ОНЗ РАН*, 1, NZ3002, doi:10.2205/2009NZ000006.

Геоинформационные системы (ГИС) – системы, предназначенные для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах. ГИС является инструментом для работы с цифровыми картами.

Технология ГИС объединяет традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа [4], которые предоставляет карта.

Эти возможности отличают ГИС от других информационных систем и обеспечивают уникальные возможности для ее применения в широком спектре задач, связанных с анализом и прогнозом явлений и событий окружающего мира, с осмыслением и выделением главных факторов и причин, а также их возможных последствий, с планированием стратегических решений и текущих последствий предпринимаемых действий.

Создание карт и географический анализ не являются чем-то абсолютно новым. Однако технология ГИС представляет новый, более соответствующий современности, более эффективный, удобный и быстрый подход к анализу проблем и решению задач, стоящих перед организацией или группой людей. Посредством обобщения и полноценного анализа географической информации, основанных на современных подходах и средствах, ГИС позволяет автоматизировать процедуру анализа и прогноза с целью обоснованного принятия оптимальных решений.

ГИС хранит информацию о реальном мире в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе географического положения.

Любая географическая информация содержит сведения о пространственном положении, будь то привязка к географическим или другим координатам, или ссылки на адрес, почтовый индекс, избирательный округ или округ переписи населения, идентификатор земельного или лесного участка, название дороги и т.п. При использовании подобных ссылок для автоматического определения местоположения или местоположений объекта (объектов) применяется процедура, называемая геокодированием. С ее помощью можно быстро определить и посмотреть на карте, где находится какой-либо объект или явление, где произошло землетрясение или наводнение, и т.д.

ГИС может работать с двумя существенно отличающимися типами данных – векторными и растровыми. В векторной модели информация о точках, линиях и полигонах кодируется и хранится в виде набора координат X,Y. Местоположение точки (точечного объекта) описывается парой координат (X,Y). Линейные объекты сохраняются как наборы координат X,Y. Полигональные объекты хранятся в виде замкнутого набора координат. Векторная модель особенно удобна для описания дискретных объектов и меньше подходит для описания непрерывно меняющихся свойств, таких как типы почв или доступность объектов. Растровая модель оптимальна для работы с непрерывными свойствами. Растровое изображение представляет собой набор значений для отдельных элементарных составляющих (ячеек). Обе модели имеют свои преимущества и недостатки. Современные ГИС могут работать как с векторными, так и с растровыми моделями.

¹Геофизический центр РАН, Москва, Россия

В настоящее время в России существует целый ряд разработок в области ГИС, которые являются исключительно проблемно-ориентированными. В качестве примера можно привести ГИС Министерства природных ресурсов РФ (МПР). Основная цель создания такой системы – обеспечение непрерывного цикла подготовки и представления данных для информационной поддержки планирования и принятия управленческих решений руководством МПР России в сфере природопользования. Кроме того, по заказу Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) разработана специализированная ГИС. Несколько характерных примеров решения задач с помощью данной системы: моделирование развития и последствий ЧС; космический мониторинг; совместное использование Территориального страхового фонда документации и территориальной ГИС в условиях ЧС.

Однако до сих пор по территории Российской Федерации не создана интегрированная геоинформационная система, которая включала бы в себя БД с комплексным набором данных по РФ в области наук о Земле (геология, геофизика, геоэкология, экономическая география, дистанционное зондирование Земли из космоса и др.). Разрабатываемая в проекте ГИС является уникальной в связи с наличием в ней геоинформации различных тематик для решения задач в науках о Земле для подготовки и принятия решений в различных областях [2].

В качестве фундамента интегрированной геоинформационной среды используется семейство программных продуктов нового поколения ArcGIS 9, разработанного компанией Environmental Systems Research Institute (ESRI, США). В настоящий момент используется новейшая версия ArcGIS 9.3.1, в которой повышена скорость публикации динамических карт и улучшен обмен географической информацией.

Одной из важнейших черт современной ГИС является актуальность информации и источников данных. Для информационного обеспечения ГИС “Данные наук о Земле по территории России” использовались интернет-ресурсы различных научных организаций, включая Мировые Центры Данных (МЦД).

В мировых центрах по наукам о Земле, в частности, в системе МЦД, за 50 лет накоплены огромные массивы информации, измеряемые в терабайтах. Российские МЦД обладают уникальной и представительной коллекцией отечественных данных по сейсмологии, современным движениям земной коры, геоэкологии, тепловому потоку, батиметрии, альтиметрии, гравиметрии, постоянному и переменному магнитным полям Земли, палеомагнитным исследованиям, по вертикальному зондированию ионосферы, данных о межпланетной среде, космическим лучам и солнечной активности. Эта информация получена в результате наблюдений на российских обсерваториях и станциях, в экспедиционных работах и различных экспериментах, проводимых российскими научно-исследовательскими организациями.

Геофизический центр Российской Академии наук, имеющий в своем составе Мировые Центры Данных по физике твердой Земли (МЦД ФТЗ) и солнечно-земной фи-

зике (МЦД СЗФ), владеет обширными архивами данных по сейсмологии, гравиметрии, геомагнетизму, геотермике, современным движениям, морской геологии и геофизике, топографии и т.д.

В созданную ГИС были включены также данные, собранные в рамках международного проекта “Земельные ресурсы России” (Land Resources of Russia), участниками которого являлся Международный институт прикладного системного анализа (Австрия) (International Institute for Applied Systems Analysis) и Российская Академия Наук (Россия). Собранные в рамках проекта база данных охватывает практически все области экономики и хозяйства России, содержит данные о ее географии, минеральных и земельных ресурсах.

Данные о почвенном покрове России были взяты из Европейской базы данных по почвам, созданной Институтом окружающей среды и экологической устойчивости (Institute for Environment and Sustainability) под эгидой Центра объединенных исследований Европейской комиссии (European Commission Joint Research Centre).

Кроме того, в ГИС были включены данные, собранные Институтом растительного покрова Геологической службы США (The USGS Land Cover Institute).

Одним из ключевых этапов разработки ГИС “Данные наук о Земле по территории России” является составление метаданных, описывающих тематические слои [2]. Основное назначение составляемых метаданных – дать общую информацию о слое, его назначении и содержании. Для решения этой задачи была разработана единая унифицированная форма, в соответствии с которой выполняется описание всех слоев и дополнительных данных. Данная форма включает в себя следующие строки содержания:

1. Название
2. Дата внесения в систему
3. Проекция
4. Тип данных
5. Масштаб/разрешение
6. Покрываемая территория
7. Источник данных
8. Ссылка
9. Период сбора данных
10. Краткое описание

Последний пункт наиболее информативен – в нем могут быть указаны дополнительные характеристики слоя, информация о способе его составления, могут быть даны рекомендации по использованию и визуализации данных. Это наиболее значимый элемент описания слоя. В соответствии с этой формой для каждого слоя вне зависимости от данных, содержащихся в нем, создается один файл метаданных. Файлы метаданных представляют собой простые текстовые файлы в формате XML (eXtensible Markup Language). Слой может представлять собой shape-файл, растровый файл, файл с векторными или grid-данными. Все метаданные хранятся в отдельной

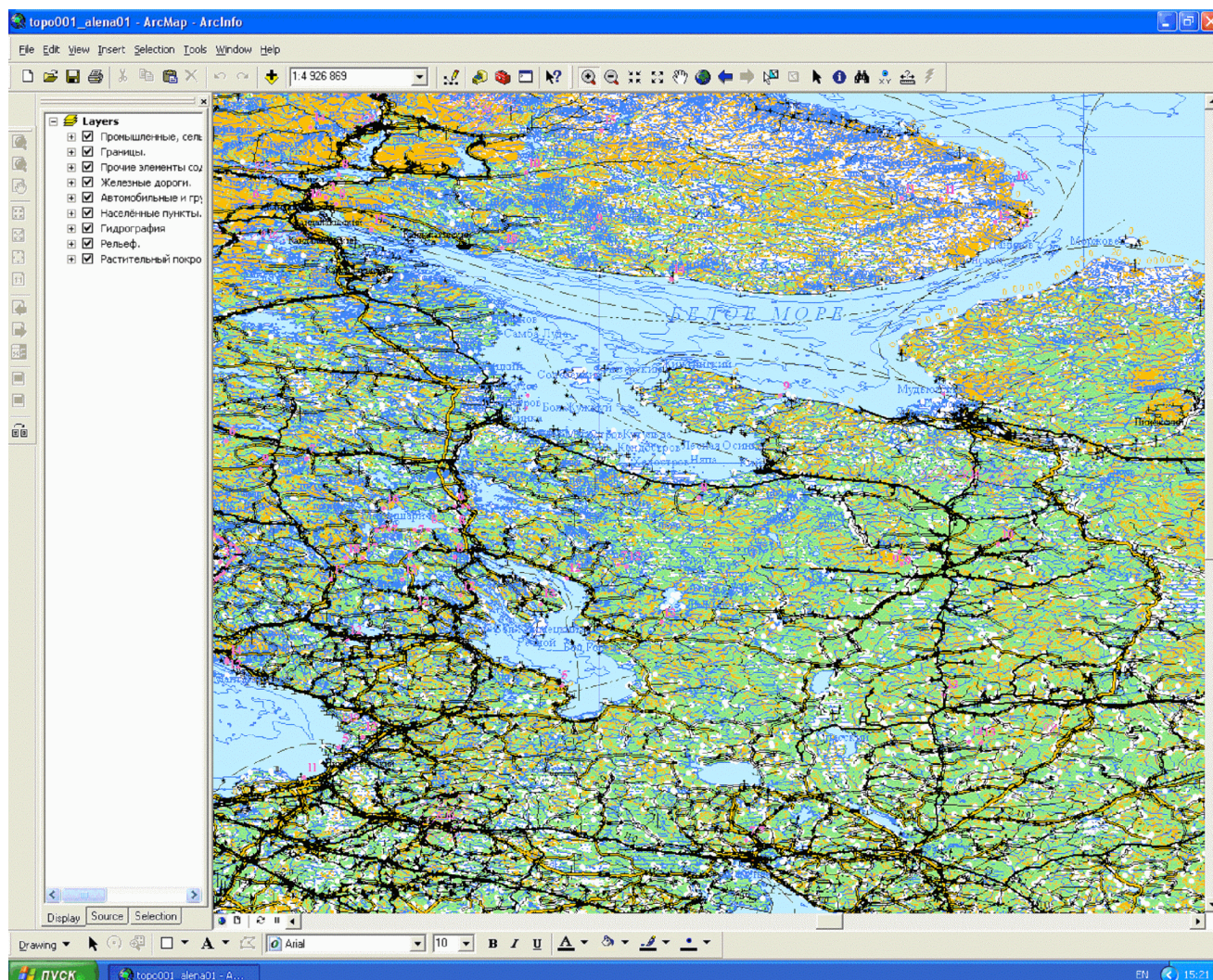


Рис. 1. Пример оформления топографической карты.

файловой базе данных. Они распределены по каталогам в соответствии с тематическими категориями.

Картографической основой ГИС была принята цифровая топографическая карта (ЦТК) масштаба 1:1000000, предоставленная государственным научно-внедренческим центром геоинформационных систем и технологий ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР».

ЦТК включает в себя 9 групп слоев (71 слой):

- Рельеф
- Растительный покров и грунты
- Прочие элементы содержания
- Промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты
- Железные дороги
- Границы
- Автомобильные и грунтовые дороги, тропы

- Населенные пункты
- Гидрография

Пример оформления топографической карты представлен на Рис. 1.

Помимо метаданных категории Геодезия и картография – Топографическая карта, в данной системе выделено еще 17 категорий:

- I. Биogeография – География организмов
- II. Биogeография – География растительного покрова
- III. Вечная мерзлота
- IV. Геодезия и картография – Рельеф
- V. Геология
- VI. Гидрология
- VII. Глобальные навигационные спутниковые системы
- VIII. Дистанционное зондирование Земли

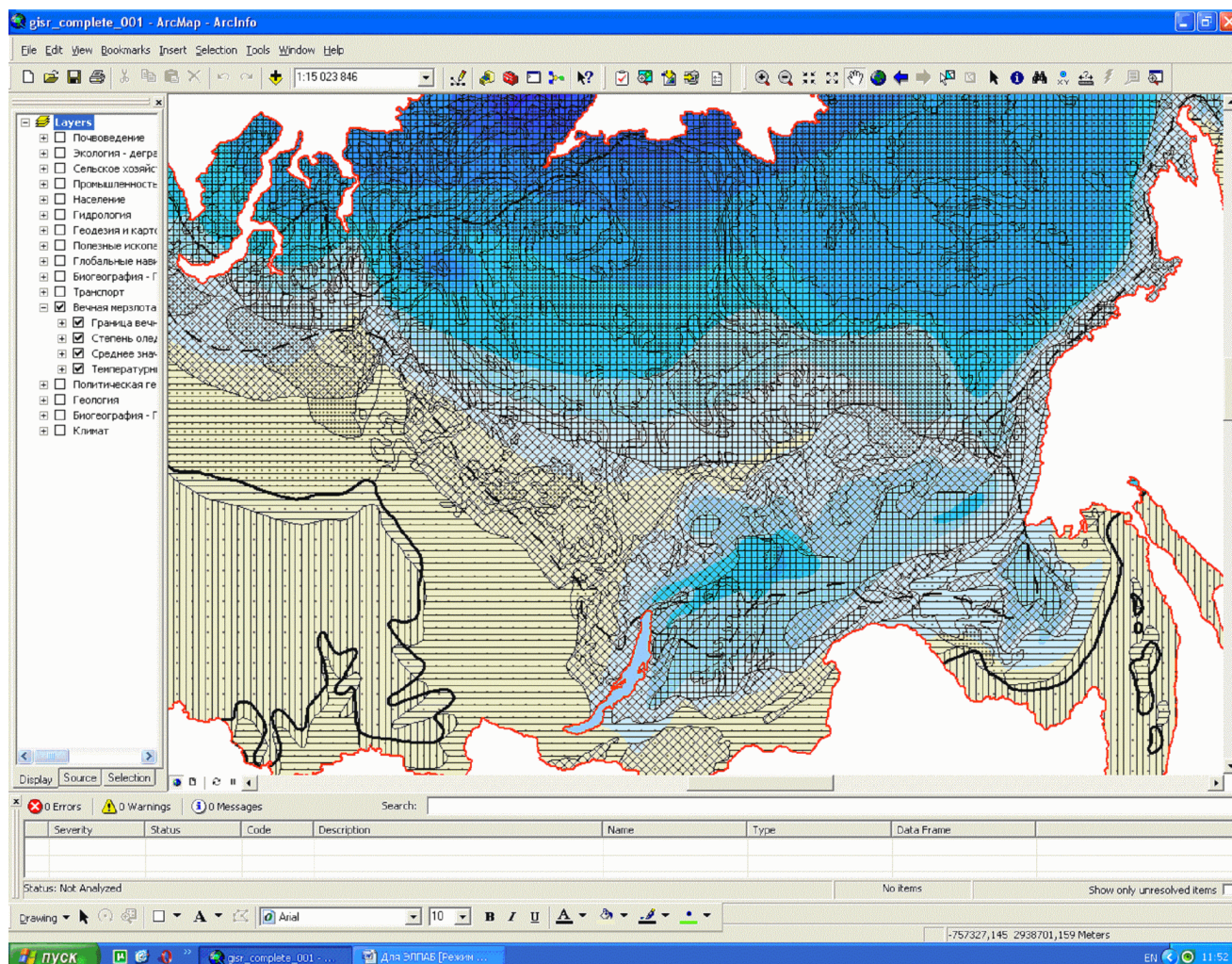


Рис. 2. Пример оформления категории “Вечная мерзлота”.

- IX. Климат
- X. Население
- XI. Полезные ископаемые
- XII. Политическая география
- XIII. Почвоведение
- XIV. Промышленность
- XV. Сельское хозяйство
- XVI. Транспорт
- XVII. Экология – Деградация земельных ресурсов

Каждая категория представляет собой группу слоев, объединенных по тематическому признаку. К примеру, категория “Вечная мерзлота” подразделяется на четыре слоя: граница вечной мерзлоты, степень оледенения территории, среднее значение толщины льда и температурный режим в зоне вечной мерзлоты (в градусах Цельсия) (Рис. 2).

В сумме 17 категорий подразделяются на 69 слоев.

Общий объем данных по ГИС Россия составляет более 400 Гб и база данных постоянно расширяется.

Следующий этап – это визуализация данных. Каж-

дый слой должен быть оформлен в соответствии с принятой системой условных обозначений. Существуют определенные нормативные документы Федерального агентства геодезии и картографии (Роскартография), регламентирующие оформление бумажных и, соответственно, цифровых карт. Используемая в ГИС “Данные наук о Земле по территории России” система условных обозначений была максимально приближена к требованиям этих документов, но соблюсти это соответствие в полном объеме оказалось невозможным.

Специализированная нормативная документация существует в первую очередь для топографической, геологической и географической карт. Обработываемая ГИС “Данные наук о Земле по территории России” информация выходит за эти рамки. Помимо вышеперечисленных, имеются данные по картам климатическим, геодезическим, политическим и др. В этом случае оформление данных производилось по принципу наибольшей представительности.

Основное отличие (и в то же время преимущество) цифровых карт от бумажных заключается в разномас-

Г И С
Россия

Интеллектуальная ГИС
"Данные наук о Земле
по территории России"

Имя:
Пароль:

21 Ноября, 2008

Задачи портала
Описание данных
Сервисы
Метаданные

Интеллектуальная ГИС "Данные наук о Земле по территории России"

Категории

- Биогеография - География организмов
- Биогеография - География растительного покрова
- Вечная мерзлота
- Геодезия и картография - Рельеф
- Геодезия и картография - Топографическая карта**
- Геология
- Гидрология
- Глобальные навигационные спутниковые системы
- Климат

Слой:
Топографическая карта - Кварталы (полигон)

Название: Топографическая карта - Кварталы (полигон)
Дата внесения в систему: ..., 2008
Проекция: Географическая
Тип данных: Векторный (полигон)
Масштаб/разрешение: 1:1 000 000
Покрываемая территория: Российская Федерация
Источник данных: ФГУП "ГОСГИСЦЕНТР"
Ссылка: Цифровая топографическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000
Период сбора данных: 1980-2000
Краткое описание: В данном слое содержится информация о кварталах в населенных пунктах.

Поля атрибутивной таблицы:

Название	Описание
NOMENCLATURA	Номенклатура
WOOD_VEGETATION_OBJ	Наличие сопутствующей древесной растительности. Возможные значения...
FIRE	Характеристики огнестойкости кварталов и строений. Возможные значения...
NAME	Собственное название объекта
CODE_OBJECT	Ссылка на код объекта для подписи
STATE	Состояние объекта. Возможные значения...
OBJECT_POINT	Наличие ж/д станции, пристани порта в населенном пункте. Возможные значения...
NAME_2	Второе (неофициальное, местное) название объекта

© 2008 «ГЦ РАН»

Рис. 3. Интерфейс раздела "Метаданные" на веб-портале ГИС "Россия". Метаданные слоя "Кварталы" из категории "Топографическая карта".

штабности. Если бумажные карты и, соответственно, принятые правила оформления существуют только в строго определенном масштабе, то цифровые карты с помощью панели инструментов ArcMap меняют масштаб при увеличении/уменьшении. Т.е., использование правил и стандартов при оформлении цифровых карт, с одной стороны, невозможно в полной мере, с другой, не является абсолютной необходимостью.

Таким образом, все слои данных собраны в один ГИС-проект, в котором создан и оформлен соответственно свод условных знаков.

Для организации интерактивного доступа к базе метаданных через Интернет, были использованы технологии JavaServer Pages (JSP) и JavaScript. Чтобы конечный пользователь мог получить описание интересующего слоя, необходимо выполнить следующие действия. Зайдя на веб-портал, пользователь переходит в раздел "Метаданные" (Рис. 3).

Далее необходимо выбрать интересующую тематическую категорию. Из появившегося раскрывающегося списка пользователь выбирает интересующий его тематический слой. Метаданные по выбранному слою отобража-

ются автоматически. В случае если поля атрибутивной таблицы имеют кодированные значения, то пользователь может перейти к окну с расшифровкой значений по ссылке "Возможные значения..." в соответствующем поле атрибутивной таблицы.

Таким образом, пользователь, имея доступ только к базе метаданных, может получить подробное представление о наполнении ГИС, качестве и детализации предоставляемых данных. Изучив метаданные, пользователь делает вывод о целесообразности получения доступа к тем или иным информационным слоям.

Средства ArcGIS Server 9.2 Standard Edition позволяют строить индивидуальные веб-приложения на базе созданных в среде ArcGIS Desktop интерактивных карт для их дальнейшей публикации в Интернет. При этом имеется возможность добавлять стандартные инструменты для манипуляций с данными:

- Манипуляции с самой картой:
 - "Zoom In"
 - "Zoom Out"

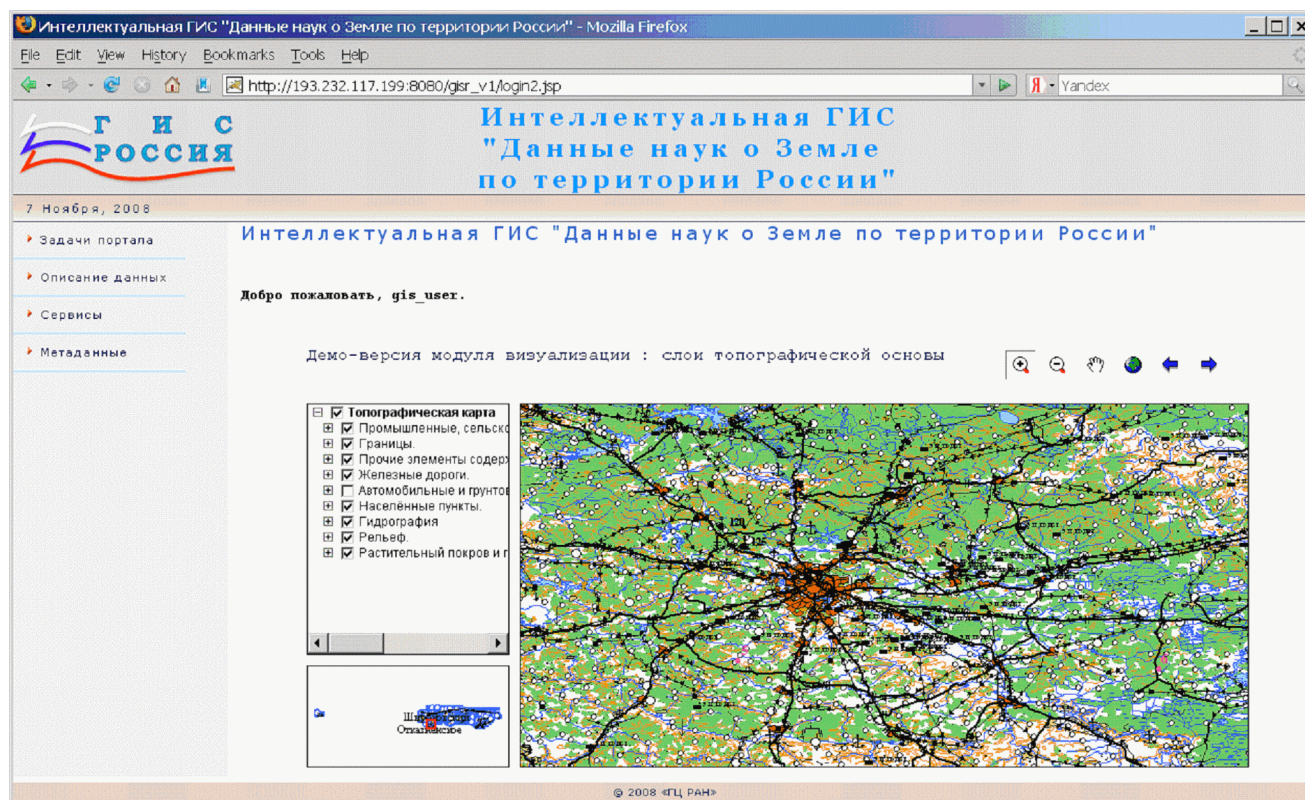


Рис. 4. Пример удаленной интерактивной работы со слоями данных категории “Геодезия и картография – Топографическая карта” на веб-портале.

- “Pan”
- “Full Extent”
- “Previous Extent”
- “Next Extent”
- Включение/отключение отображения выбранных слоев;
- Построение SQL-запросов к атрибутивным данным слоев;
- Поиск объектов на карте на базе SQL-запросов.

Доступ к метаданным является свободным и неограниченным.

Средства ГИС позволяют строить индивидуальные веб-приложения на базе созданных в среде ArcGIS Desktop интерактивных карт для их дальнейшей публикации в Интернет. При этом имеется возможность добавлять стандартные инструменты для манипуляций с данными [3], представляющие собой сокращенную панель управления ArcGIS Desktop и обеспечивающие пользователю возможность выделения только необходимых слоев, увеличения/уменьшения масштаба, перемещения по карте, сортировки объектов по запрашиваемым свойствам и др. На Рис. 4 показан пример удаленной интерактивной работы со слоями данных категории “Геодезия и картография – Топографическая карта” на веб-портале.

Таким образом, создаваемая ГИС является уникальной в связи с наличием в ней данных различной тематики (геология, геофизика, геоэкология, экономическая география, дистанционное зондирование Земли из космоса и др.), что позволяет решать широкий спектр задач в области наук о Земле и делает возможным принятие управленческих решений в различных областях научной и практической деятельности.

Благодарность. Настоящая статья была подготовлена при поддержке РФФИ в рамках проекта # 08-07-00106.

Литература

- Соловьев, А. А., А. Е. Березко, А. Д. Гвишиани, Е. А. Жалковский, С. М. Агаян (2007), Разработка и создание интегральной геоинформационной аналитической системы “Данные наук о Земле по территории России”, *Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов: Матер. III Межд. научн. конф.*, 247, Ин-т геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар.
- Beriozko, A., A. Soloviev, R. Krasnoperov, A. Rybkina, E. Kedrov, E. Bolotsky (2009), Intellectual analytical geoinformation system “Earth sciences data for the territory of Russia”, *International Conference “Electronic Geophysical Year: State of the Art and Results”*, 27, GC RAS, Moscow.

Березко, А. Е., А. А. Соловьев, А. Д. Гвишиани,
Е. А. Жалковский, Р. И. Красноперов, С. А. Смагин,
Э. С. Болотский (2008), Интеллектуальная географическая
информационная система “Данные наук о Земле по терри-
тории России”, *Инженерная экология* (in Russian), 32.
Gvishiani, A., J. Dubois (2002), *Artificial Intelligence and*

Dynamic Systems for Geophysical Applications, Springer-Verlag,
Paris.

А. Березко, Р. Красноперов, А. Рыбкина, А. Соловьев, Гео-
физический центр РАН, ул. Молодежная, 3, Москва, 119296,
Россия (a.berezko@gcras.ru, a.rybkina@gcras.ru)