

**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ НАБЛЮДЕНИЙ  
ЗА СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

*О. Э. Якубайлик, А. А. Гостева, М. Г. Ерунова, А. А. Кадочников,  
А. Г. Матвеев, А. С. Пятаев, А. В. Токарев*

**DEVELOPING INFORMATION SUPPORT TOOLS  
FOR OBSERVATIONS OF THE ENVIRONMENT STATE**

*O. E. Yakubailik, A. A. Gosteva, M. G. Erunova, A. A. Kadochnikov,  
A. G. Matveev, A. S. Pyataev, A. V. Tokarev*

*Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВМ СО РАН) и Сибирском федеральном университете.*

*В работе изложены результаты работы коллектива в области создания программного обеспечения для информационно-аналитической поддержки задач экологического мониторинга. Одной из таких систем является "ГИС мониторинга состояния окружающей природной среды в зоне действия предприятий нефтегазовой отрасли Красноярского края". Решаются задачи организации технологической среды для интеграции формируемых в процессе мониторинга информационных ресурсов, информационного взаимодействия пользователей, создания баз геопространственных данных, интерфейсов и сервисов для визуализации и аналитической обработки накапливаемой информации, тематических веб-приложений. Для реализации используется открытое и свободное программное обеспечение ГИС.*

*The paper contains the results of the team work on development of information support software tools for observations of the environment state. One of such systems is "GIS of monitoring the state of the environment in the zone of oil and gas industry enterprises of Krasnoyarsk territory". The problems of organization of the technological environment for the integration of the data generated in the process of monitoring of information resources are solved. Also solve the problems of users interaction, geospatial database creation, creation of interfaces and services for visualization and analytical processing of the accumulated information, and thematic web-based mapping applications development arte addressed. The implementation is based on open source and free GIS software.*

**Ключевые слова:** *экологический мониторинг, веб-картография, геоинформационный Интернет-сервер, геопространственные данные, картографический веб-сервис, каталог метаданных.*

**Keywords:** *environmental monitoring, web-mapping, GIS, web server, geospatial data, web map service, metadata catalog.*

**Введение**

В соответствии со ставшим уже каноническим определением, экологический мониторинг – это информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов. Система экологического мониторинга должна накапливать, систематизировать и анализировать информацию о состоянии окружающей среды и ее изменениях, о причинах наблюдаемых и вероятных изменений состояния (т. е. об источниках и факторах воздействия), о допустимости нагрузок на среду в целом и на ее отдельные компоненты, о существующих резервах биосферы [1].

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. определяет экологический мониторинг в РФ как комплексную систему наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. В соответствии с приведенными определениями и возложенными на систему функциями мониторинг включает три основных направления деятельности: наблюдения за факторами воздействия и состоянием среды, оценку фактического состояния среды, прогноз состояния окружающей природной среды и оценку прогнозируемого состояния. Экологический мониторинг представляет собой инструмент экологического регулирования, позволяющий создать информационную базу, необходимую для выполнения задач экологического управления и контроля [2].

Решение задач информационного обеспечения наблюдений за состоянием окружающей природной среды невозможно без применения современных средств измерения и связи, новых компьютерных технологий. Интегрирование всех составных частей мониторинга в единой технологии минимизирует затраты

на их стыковку, сокращает время обмена и преобразования данных, исключает потери информации, повышая тем самым надежность и эффективность создаваемых систем.

Традиционная система экологического мониторинга сегодня включает информационно-измерительную сеть, сеть передачи данных, центр мониторинга и сеть пользовательских, в том числе – мобильных терминалов. Как правило, используются обширные базы картографических данных о территории, средства аналитической поддержки, которые позволяют в реальном времени на основе методов математического моделирования, путем решения прямых и обратных задач переноса составлять карты текущих и прогнозируемых загрязнений контролируемой территории. Современная автоматизированная информационная система должна также обеспечивать своих пользователей эффективными средствами информационного взаимодействия.

В качестве примера системы указанного типа в настоящей статье будем рассматривать программный комплекс «Геоинформационная система мониторинга состояния окружающей природной среды в зоне действия предприятий нефтегазовой отрасли Красноярского края» [3, с. 40 – 45].

### **Объект исследований**

Интенсивное развитие нефтедобывающей отрасли на севере Восточной Сибири неразрывно связано с всесторонней информационной поддержкой, начиная с планирования и обеспечения данными анализа и прогноза геологоразведочных работ, бурения и разработки месторождения, и заканчивая ликвидацией нефтегазовых объектов (НГО). Наравне с этим необходимо выполнять экологический мониторинг НГО, который включает в себя сбор актуальных данных о влиянии данного вида антропогенного вмешательства на окружающую природную среду, его негативных воздействиях и возможных последствиях в будущем.

В настоящее время на территории Красноярского края активно проходят геологоразведочные работы, направленные на изыскание новых нефтяных месторождений. Динамично развивается и набирает мощь Ванкорское месторождение, которое находится на севере края, на территории Таймырского Долгано-Ненецкого автономного округа. Существует большое количество уже разведанных нефтегазоносных месторождений, таких как Мессояхское, Пеляткинское, Северо-Соленинское, Южно-Соленинское, Юрубченское и другие, которые находятся на разных этапах развития.

С учетом удаленности нефтегазовых месторождений от краевого центра и от крупных населенных пунктов, труднодоступности территорий в связи с отсутствием соответствующих объектов инфраструктуры, таких как дороги и линии электропередач, актуальными являются задачи удаленного мониторинга таких территорий для получения своевременной, независимой информации о состоянии той или иной характеристики, связанной с нефте- и газоразрабатывающей и добывающей деятельностью. Речь идет не только о характеристиках состояния окружающей природной среды, но и о наблюдении за созданием и развитием объектов инфраструктуры, а также поиском новых месторождений посредством тематического анализа спутниковых изображений.

Всесторонний удаленный мониторинг объектов нефтегазовой промышленности и разрабатываемых территорий позволяет оптимизировать временные и финансовые ресурсы, а также прогнозировать те или иные ситуации, своевременно принимать взвешенные решения, и сокращать риски аварийных ситуаций, таких, как утечка загрязняющих веществ.

Современные ГИС предоставляют огромный спектр инструментов, включающих в себя средства измерений, развитые средства топологического и пространственного анализа, а также инструменты для работы с внешними базами данных. Кроме того, ГИС обеспечивают работу с любыми отчетными материалами, данными дистанционного зондирования земли (аэрофотоснимки, космические снимки, данные сейсмического зондирования и так далее) [4, с. 366 – 376].

Начиная с 2008 г., в Сибирском федеральном университете, при поддержке Министерства природных ресурсов и лесной отрасли Красноярского края ведутся исследования мониторинга состояния окружающей природной среды в зоне действия предприятий нефтегазовой отрасли (НГО) Красноярского края. Первоочередные работы были посвящены: характеристике и оценке современного состояния компонентов окружающей природной среды в районах размещения объектов НГО Красноярского края (первоочередных участках Большехэтского, Юрубчено-Тохомского, Собино-Тэтеринского, Нижнеангарского районов и Таймырского Заполярья); техническим характеристикам объектов НГО, связанных с поиском, разведкой и добычей углеводородного сырья, а также объектов его транспортировки, переработки, хранения и реализации; оценке эффективности действующих систем производственного экологического мониторинга на объектах НГО, уровню подготовки этих объектов к предотвращению аварийных ситуаций и ликвидации их последствий; оценке потенциальных экологических рисков и прогнозу изменений природной среды в районах деятельности объектов НГО; комплексной оценке совокупного воздействия объектов НГО на компоненты природной среды; формированию цифровых карт природных комплексов и объектов, цифровых моделей местности разных масштабов, информационных баз данных.

Совокупность задач, связанных с информационным обеспечением рассматриваемого мониторинга, решается через создание и актуализацию «Геоинформационной системы мониторинга состояния окружаю-

щей природной среды в зоне действия предприятий нефтегазовой отрасли Красноярского края» (далее – ГИС НГО). Ее можно охарактеризовать как информационно-аналитическую систему, основанную на Интернет- и ГИС-технологиях, в которой предусматривается обработка больших объемов картографической информации, применение эффективных методов анализа данных, визуализация статистических и аналитических данных, сильно изменяющихся в пространстве и времени, с использованием карт и их комбинаций и развитыми средствами доступа к данным [5, с. 166 – 169].

### Структура геоинформационной системы

В настоящее время информационное обеспечение ГИС мониторинга состояния окружающей среды состоит из четырех основных функциональных модулей:

- базы данных состояния окружающей среды в районах размещения объектов НГО по результатам наземных наблюдений;
- базы данных состояния окружающей среды в районах размещения объектов НГО по результатам дистанционных наблюдений;
- раздела со вспомогательными материалами мониторинга;
- системного модуля, включающего в себя средства информационного взаимодействия пользователей и подсистему администрирования каталога ресурсов системы (рис. 1).

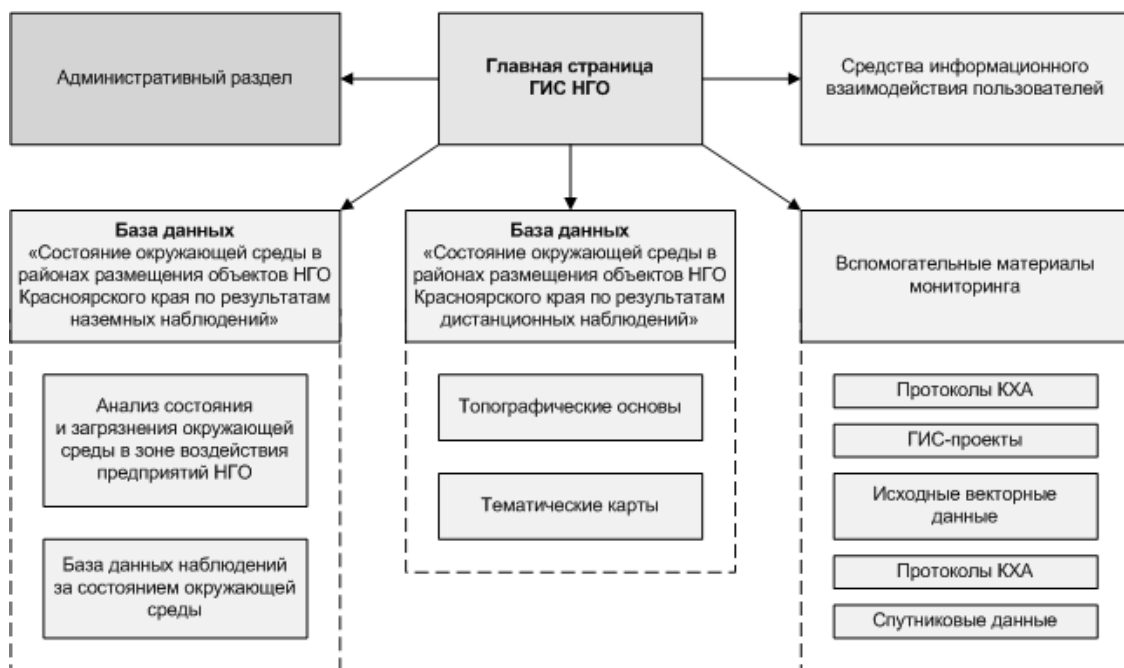


Рис. 1. Общая структура геоинформационной системы

Модуль «База данных состояния окружающей среды в районах размещения объектов НГО Красноярского края по результатам наземных наблюдений» содержит два раздела:

- «База данных наблюдений за состоянием окружающей среды», где собраны результаты проведения КХА за 2008-2010 годы по отобранным пробам в районах размещения объектов НГО на территории Красноярского края.
- «Анализ состояния и загрязнения окружающей среды в зоне воздействия предприятий НГО», где представлен инструмент для визуализации многомерных табличных данных результатов проведения КХА за 2008 – 2010 гг. по отобранным пробам в районах размещения объектов НГО Красноярского края, в виде столбчатых диаграмм. Данный инструмент позволяет сравнивать данные по различным этапам и участкам мониторинга, выявлять участки мониторинга, где наблюдаются превышение уровня ПДК.

Модуль базы данных «Состояние окружающей среды в районах размещения объектов НГО Красноярского края по результатам дистанционных наблюдений» содержит два раздела:

- топографические основы, где содержатся топографические основы (масштаб 1:100 000 и 1:25000) районов размещения объектов НГО Красноярского края за 2008 – 2010 годы.
- тематические карты, где содержатся результаты дистанционных наблюдений за 2008 – 2010 годы по выявлению нарушений земель и растительности (вырубки леса, гари, изъятые под объекты НГО земли), и загрязнения природной среды (загрязнение поверхностных водных объектов и почвы, несанкционированные свалки отходов).

Модуль «Вспомогательные материалы мониторинга» содержит:

- протоколы результатов химического анализа взятых проб, материалы научных отчетов по проекту;
- исходные векторные данные и спутниковые данные, сгруппированные в ГИС-проекты.

### Программно-технологическая основа

В качестве программной основы ГИС НГО используется геоинформационный веб-сервер, модульная архитектура которого позволяет развивать систему уже в процессе её эксплуатации, путём добавления новых средств доступа к данным, а также совершенствования уже существующих средств. Вся разработка выполнена на основе свободного и открытого ПО (free & open source) – как в части ГИС, так и во всех других компонентах разработки [6, с. 116 – 126].

В процессе разработки было создано несколько собственных программных компонентов и библиотек, которые можно использовать (тиражировать) в других проектах. Это элементы пользовательского интерфейса, сервисы работы с геопространственной СУБД, прикладные картографические веб-сервисы, и т. д.

Базовый функционал ГИС НГО обеспечивается средствами программного обеспечения UMN Mapserver и MapGuide Open Source. Также используются геопространственная СУБД PostgreSQL/ PostGIS, системы управления веб-контентом на основе CMS Drupal и вики-системы DokuWiki, целое семейство библиотек построения пользовательского интерфейса и прочих компонентов системы для языков программирования JavaScript, PHP – JQuery, Fusion, TinyMCE, ExtJS, MapScript, и многие другие [7, с. 377 – 386].

Базовыми функциональными компонентами рассматриваемой системы являются:

- база данных характеристик объектов мониторинга;
- каталог информационных ресурсов и пространственных метаданных;
- набор вспомогательных веб-сервисов.

В частности, каталог информационных ресурсов содержит объекты различных типов:

- структурные элементы (организация, сервер, папка);
- элементы системы безопасности (пользователь, роль);
- информационные ресурсы (картографический слой, карта, атрибутивные данные, аналитический сервис с веб-доступом, публикация, и др.);
- элементы классификации информационных ресурсов;
- информационно-навигационные элементы (HTML документы).

Важным модулем системы является «Каталог пространственных метаданных», с помощью которого предоставляется доступ к данным посредством навигации по интерактивному каталогу с развитыми средствами поиска и фильтрации данных. Также было разработано клиентское веб-приложение «Исходные векторные данные», которое обеспечило доступ пользователей к размещаемым в ГИС НГО исходным векторным данным экологического мониторинга в популярных форматах ГИС MapInfo TAB, и проч. (рис. 2).

ГИС НГО обеспечивает пользователя средствами наполнения и редактирования данных и метаданных системы, поиска и классификации картографических ресурсов, веб-сервисами прямого доступа к данным на основе стандартных протоколов WMS/WFS, возможностями аналитической обработки [8, с. 39 – 44].

Серверная часть системы реализована с применением шаблона проектирования MVC (модель-представление-контроллер). Использование данной архитектуры предполагает разделение данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер – таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо. В условиях постоянной модернизации системы, непрерывного уточнения технических требований и постановки задачи эти возможности становятся очень актуальными.

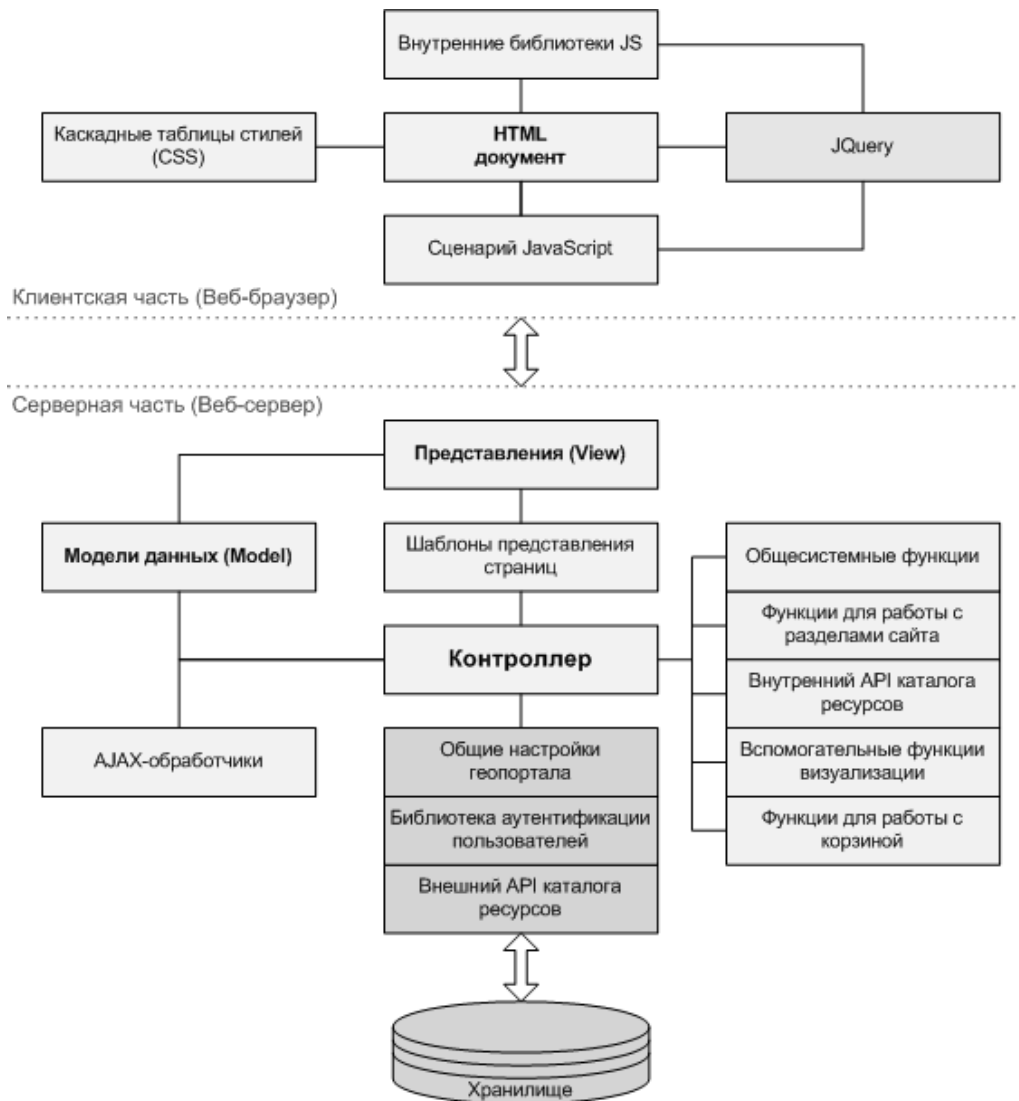


Рис. 2. Общая архитектура платформы клиентской части каталога «Исходные векторные данные»

### Информационное наполнение баз данных ГИС НГО

На текущий момент в Базе данных «Состояния окружающей среды в районах размещения объектов НГО Красноярского края по результатам дистанционных наблюдений» за 2008 – 2010 годы представлено 52 картографических материала, разделенных на два раздела:

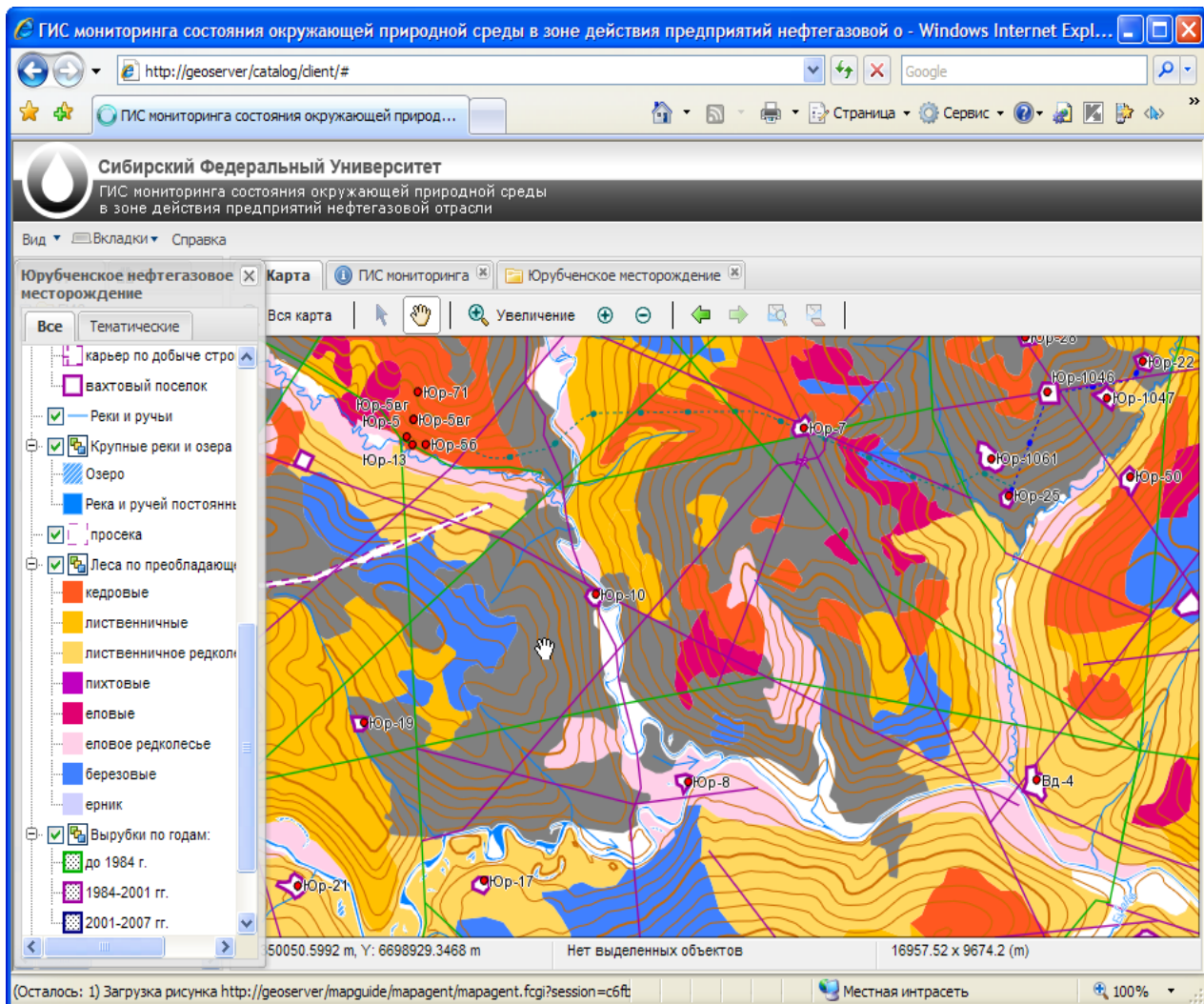
Топографические основы, где содержатся более 30 топографических основ районов размещения объектов НГО Красноярского края за 2008 – 2010 годы. Все данные систематизированы по масштабам (1:100 000 и 1:25 000), каждый масштаб содержит результаты наблюдения систематизированные по годам (рис. 2).

Тематические карты, где содержатся результаты дистанционных наблюдений за 2008 – 2010 годы по выявлению нарушений земель и растительности (вырубки леса, гари, изъятые под объекты НГО земли), и загрязнения природной среды (загрязнение поверхностных водных объектов и почвы, несанкционированные свалки отходов) в соответствии с разделом «Топографические основы».

В Базе данных «Состояния окружающей среды в районах размещения объектов НГО Красноярского края по результатам наземных наблюдений» за 2008 – 2010 годы содержит результаты проведения КХА по более 15000 отобраным пробам в зоне воздействия НГО.

В Базе данных «Исходные векторные данные» содержится около 1000 тематических слоев базы данных, собранной за 2008 – 2010 годы.

В разделе Вспомогательные материалы хранятся все протоколы результатов проведенных химических анализов взятых проб, которые сгруппированы по этапам проведения анализов, а так же научно-исследовательские отчеты за весь период выполнения работ.



*Рис. 3. Картографический веб-интерфейс ГИС НГО*

Анализируя накопленный опыт создания систем информационной поддержки наблюдений за состоянием окружающей природной среды, следует отметить, что использование веб-ориентированных решений в этой области – автоматизированных информационных систем, которые изначально спроектированы для работы в сети Интернет, может кардинально повысить эффективность решения природо-охранных задач.

С одной стороны, рассматривая вопросы организации экологического мониторинга – государственного, производственного, общественного, – мы говорим о все возрастающей роли общественности в его проведении, а также – о росте потребности простого и быстрого доступа к исходным данным наблюдений за состоянием окружающей природной среды и результатам их обработки; связано это с социально-политическими тенденциями в обществе. С другой стороны – наблюдается стремительный рост технологий и возможностей Интернет, благодаря которым в последние годы появились и стали очень популярными социальные сети и облачные сервисы, публично доступные спутниковые снимки высокого разрешения, оперативные сводки о погоде и природных явлениях. Также возникло множество информационных ресурсов, кооперативно создаваемых и актуализируемых сообществом пользователей, в том числе – с картографическим содержанием, которое вполне соответствует задачам экологического мониторинга. Объединение этих двух аспектов поможет вывести средства информационного обеспечения задач информационной поддержки наблюдений за состоянием окружающей природной среды на новый уровень.

### Литература

1. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984.– 560 с.
2. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е. В. Веницианов [и др.], под ред. Е. А. Заика. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. – 252 с.

3. Якубайлик, О. Э. Геоинформационная Интернет-система мониторинга состояния окружающей природной среды в зоне действия предприятий нефтегазовой отрасли / О. Э. Якубайлик // Вестник СибГАУ. – 2010. – Т. 1(27).
4. Ерунова, М. Г. Геоинформационное обеспечение задач экологического мониторинга особо охраняемых территорий / М. Г. Ерунова, А. А. Гостева, О. Э. Якубайлик // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2008. – Т. 1. – № 4.
5. Кадочников, А. А. Проблемы реализации Интернет-банка пространственных данных мониторинга состояния окружающей природной среды / А. А. Кадочников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 18.
6. Якубайлик, О. Э. Технологии для геоинформационных Интернет-систем / О. Э. Якубайлик, В. Г. Попов // Вычислительные технологии. – 2009. – Т. 14. – № 6.
7. Кадочников, А. А. Формирование геоинформационного Интернет-портала для задач мониторинга состояния природной среды и ресурсов / А. А. Кадочников, В. Г. Попов, А. В. Токарев, О. Э. Якубайлик // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2008. – Т. 1. – № 4.
8. Попов, В. Г. Разработка модели геоинформационной аналитической Интернет-системы для задач мониторинга и анализа состояния региона / В. Г. Попов, О. Э. Якубайлик // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – Т. 17. – № 12.

#### Информация об авторах:

**Якубайлик Олег Эдуардович** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института вычислительного моделирования СО РАН, доцент кафедры ГИС Сибирского федерального университета, т. 8(391)2426432, [oleg@icm.krasn.ru](mailto:oleg@icm.krasn.ru).

**Yakubailik Oleg Eduardovich** – Candidate of Physics and Mathematics, senior researcher at the Institute of Computational Modelling of the Siberian Branch of the RAS, Associate Professor at the Department of Geoinformational Systems of Siberian Federal University.

**Гостева Анна Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры ГИС Сибирского федерального университета, т. 8(391)2494726, [gissfu@gmail.com](mailto:gissfu@gmail.com).

**Gosteva Anna Alexandrovna** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Geoinformational Systems of Siberian Federal University.

**Ерунова Марина Геннадьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и картографии Красноярского государственного аграрного университета, т. 8(391)2494726, [marina@icm.krasn.ru](mailto:marina@icm.krasn.ru).

**Erunova Marina Gennadievna** – Candidate of Technical Sciences, Associate professor at the Department of Geodesics and Cartography of Krasnoyarsk State Agrarian University.

**Кадочников Алексей Анатольевич** – кандидат технических наук, научный сотрудник Института вычислительного моделирования СО РАН, т. 8(391)2495382, [scorant@icm.krasn.ru](mailto:scorant@icm.krasn.ru).

**Kadochnikov Alexey Anatolievich** – Candidate of Technical Sciences, researcher at the Institute of Computer Simulation of the Siberian Branch of the RAS.

**Матвеев Андрей Геннадьевич** – аспирант Сибирского федерального университета, т. 8(391)2495382, [andrey.g.matveev@gmail.com](mailto:andrey.g.matveev@gmail.com)

**Matveev Andrey Gennadievich** – post-graduate student at Siberian Federal University.

**Пятаев Алексей Сергеевич** – магистрант Сибирского федерального университета, т. 8(391)2495382, [pyataev.alex@gmail.com](mailto:pyataev.alex@gmail.com)

**Pyataev Alexey Sergeevich** – Master's programme student at Siberian Federal University.

**Токарев Алексей Владимирович** – кандидат технических наук, научный сотрудник Института вычислительного моделирования СО РАН, т. 8(391)2495382, [tav@torins.ru](mailto:tav@torins.ru)

**Tokarev Alexey Vladimirovich** – Candidate of Technical Sciences, researcher at the Institute of Computational Modelling of the Siberian Branch of the RAS.