

## ГОРНАЯ ИНФОРМАТИКА

УДК 004.21, 004.9+551+622

### ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПОСТРОЕНИЮ МНОГОСЛОЙНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ ИХ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

В. П. Потапов<sup>1</sup>, В. Н. Опарин<sup>2</sup>, Е. Л. Счастливец<sup>1</sup>,  
О. Л. Гиниятуллина<sup>1</sup>, И. Е. Харлампенков<sup>1</sup>, П. В. Сидоренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт вычислительных технологий СО РАН (Кемеровский филиал),  
E-mail: kembict@gmail.com, ул. Рукавишниковая, 21, 650025, г. Кемерово, Россия  
<sup>2</sup>Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: oparin@misd.nsc.ru,  
Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия

Разрабатывается новый подход к построению распределенной информационной системы оценки биоразнообразия горнопромышленных регионов с использованием технологий хранилищ данных, облачных сервисов, средств интеллектуальной обработки и анализа многомерных данных. Предлагается принципиально новое решение в реализации подобных систем с применением в их архитектуре компонентов NoSQL MongoDB и GeoNetwork, которые позволяют существенно снять нагрузку на геоинформационную систему при повторном выполнении определенных специализированных расчетов и запросов пользователей.

*Формирование геоэкологического блока, многослойная система геомеханико-геодинамической и экологической безопасности России, распределенные системы, оценка биоразнообразия, хранилища данных, облачный сервис, горнопромышленные регионы, Кузбасс*

В работах [1, 2] сформулирована и обоснована идея о целесообразности разработки и создания многослойной геоинформационно-мониторинговой системы геомеханико-геодинамической и экологической безопасности регионов России с высокой техногенной нагрузкой, обозначен широкий круг задач фундаментальных исследований и прикладных разработок в направлении горной информатики. Такая Система, будучи иерархически построенной, предполагает включенность в себя и региональных составляющих для областей активного недропользования по территории нашей страны. К последним относится угольный Кузбасс с его тектонически активным обрамлением.

Согласно [1], экологический блок такой Системы, состоящей из трех базовых информационных слоев (подземного, наземного и надземного), относится преимущественно к ее наземному информационному слою. Методологической основой для “сшивания” между собой геоме-

---

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-45-420277 р-а), РАН (проект ОНЗ РАН-3.1) и ПРООН/ГЭФ (договор № 12/К/2014).

ханико-геодинамического и экологического блоков сложной мониторинговой *Системы* служат экспериментально доказанные положения о “модуляции” геологических процессов геомеханико-геодинамическими процессами из-за ведения горных работ и индуцируемых ими движений структурных отдельностей самой верхней части земной коры, соразмерных образующимся подземным и наземным полостям (выработкам) при извлечении полезных ископаемых. При этом динамико-кинематические характеристики движения структурных элементов различного иерархического уровня могут быть описаны в рамках теории волн маятникового типа, охватывающих широкий скоростной диапазон движений в зависимости от вида и размеров источников механических возмущений [1].

В качестве таких источников рассматриваются территориальные горнодобывающие комплексы, кумулятивное геомеханическое воздействие от которых может проявляться спустя длительные (иногда годы и десятилетия) периоды времени с момента ввода их в эксплуатацию. Развитие сопутствующих “медленных” деформационно-волновых процессов обычно связано с изменениями физико-механических свойств в окрестных к *Источнику* массивах горных пород, деструкцией рельефных форм земной поверхности, а также с нарушениями гидрологического режима в пределах зоны влияния *Источника*. Такие нарушения геомеханического и гидрологического состояния ранее “нетронутых” массивов горных пород самой верхней части от его земной поверхности, как правило, затрагивают нарушения в среде обитания животного и растительного мира.

Воздействие горного производства на окружающую среду и другие природные ресурсы (в первую очередь биосферы) носит многоплановый, комплексный и длительный во времени характер. Среди основных источников такого воздействия выделяются: строительство и эксплуатация карьеров, шахт, рудников, горных отвалов, “отстойных” водоемов технических вод и продуктов обогащения; дамбы, траншеи различного назначения и др. Такое техногенное воздействие на среду обитания для экосистем обусловлено соответствующими проявлениями уровня влияния изменяющихся геомеханических (структуры и температурного фона), гидрологических, геохимических и иных физико-механических и физико-химических факторов.

Так, добыча угля в Кузбассе связана с изменениями рельефа земной поверхности в областях разрабатываемых месторождений и внутренней структуры вмещающих их массивов горных пород, значительными повреждениями почвенного и грунтового слоя. Это неизбежно сопровождается нарушениями “равновесного состояния” природных экосистем и заменой их на “антропогенно измененные”, что приводит к необходимости решать задачи по сохранению и восстановлению былого биоразнообразия животного и растительного мира в районах активного недропользования.

В работе [3] формулируется более общая — стратегической значимости проблема: не только сохранения исходного состояния среды обитания для животного и растительного мира на таких территориях, но и “облагораживания” — придания ей более высоких “потребительских качеств” после завершения ведения горных работ.

Высокие темпы развития урбанизированных территорий России, к которым относятся горнопромышленные регионы страны, “генерируют” очень большие объемы разнородных информационных данных, чрезвычайно сложных для их комплексной обработки. Эти потоки информации, поступающие, например, с предприятий угольной промышленности Кузбасса, довольно “хаотичны” и плохо структурированы для автоматизированной обработки и анализа.

На практике их обработка осуществляется с помощью простых математических методов статистического анализа, без учета “доминанты” развития геомеханико-геодинамических процессов. Выводы, получаемые на основе применения существующих методических подходов

при отсутствии объединяющей их методологической основы, не позволяют давать адекватную сложности объекта исследования комплексную оценку его экологического состояния. Особо сложным вопросом является учет биоразнообразия и его эволюции на территориях с высоким уровнем добычи полезных ископаемых, так как для принятия дорогостоящих и ответственных решений по решению возникающих и существующих экологических проблем требуется всесторонний анализ по комплексному воздействию горных работ на экосистему значительно больших территорий, нежели занятых под горный отвод.

Для надежного корреляционного анализа многофакторных связей между геомеханико-геодинамическими, геохимическими и геоэкологическими процессами, особенно для установления временного лага между их “когерентными” изменениями на различных удалениях от техногенных источников, требуются качественно новые подходы к построению соответствующих распределенных информационных систем сбора, хранения, обработки и анализа многомерных данных.

Следует отметить, что “геоэкологический блок” комплексной геоинформационно-мониторинговой системы геомеханико-геодинамической и геоэкологической безопасности России [1] сам по себе имеет многослойную структуру по различным видам предметной информации, относящейся к экологическому состоянию объектов недропользования. В [4–8] в качестве таковых рассматриваются: состав техногенных вод и уровень их загрязнения, оценка пылевого загрязнения атмосферы в зимний период, процесс зарастания отвалов горнодобывающих предприятий Кузбасса и др. Особое внимание уделяется обработке и использованию информации, полученной спутниковыми технологиями дистанционного зондирования Земли.

Настоящая статья посвящена развитию основ для формирования геоэкологического блока многослойной геоинформационно-мониторинговой системы геомеханико-геодинамической и геоэкологической безопасности России на примере ее региональной составляющей — горнопромышленного района угольного Кузбасса.

Для наиболее полного и комплексного решения данной проблемы нужна оценка биоразнообразия, которая позволит учитывать и сопоставлять факторы техногенного и антропогенного воздействия на поведение экосистем угледобывающих районов и изменение свойственного им биоразнообразия. Высокий уровень техногенной нагрузки на природные сообщества в районах добычи полезных ископаемых приводит к необходимости оперативного контроля за состоянием и количеством зон биоразнообразия данных территорий. В связи с этим требуются не только специальные средства для сбора, хранения и обработки подобной информации, но и соответствующие эффективные средства мониторинга сложных природных объектов, основанные на применении современных моделей анализа и визуализации многомерных пространственных данных.

#### **СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОЦЕНКИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ**

В настоящее время довольно активно и широко развивается направление создания информационных систем оценки и сохранения биоразнообразия. Здесь большую долю занимают специализированные web-сайты и геопорталы. В структуре информации англоязычных и отечественных сайтов имеются значительные различия в подходах к представлению информации, подразделяемой по странам, регионам, тематикам, группам живых организмов и т. д. В России подобного рода информационный ресурс недостаточно систематизирован.

Анализ девяти систем отечественного и иностранного производства, отражающих различные направления сохранения биоразнообразия [9–17], позволил выделить следующие общие направления в реализации подобного рода систем:

— *наличие нескольких баз данных (БД)*. Как правило, это базы данных конкретных представителей природного мира (например, прокариоты, грибы, растения, животные и т. п.), которые дополняются базами библиографии, авторов и исследователей, ссылками на схожие классификации и т. п. Соответствующие данные представлены в плоских реляционных таблицах;

— *использование в качестве систем навигации и поиска данных иерархических и алфавитных каталогов*;

— *представление материала в виде справочных статей* с использованием обычного их описания: название объекта, название на латыни, описание, распространение и т. д. В ряде систем [9, 10, 15] для описания объектов применяется стандарт ZOOCOD [18–20];

— *наличие геопривязанных данных*. В некоторых системах [9–12, 14–16] данные не имеют геопривязки. Так, посмотреть ареалы обитания или распространения можно только на картографических данных, представленных в виде фрагмента рисунка карты в тексте справочной статьи об элементе биоразнообразия. Это накладывает существенные ограничения на выполнение перекрестных запросов, особенно связанных с пространственными признаками. В системе [13] присутствует отображение данных в целом по стране без возможности выделения фрагмента территории и отображения в одном окне данных по различным категориям (растительность и животные). В информационной системе [11] применяется отображение заповедников на электронной карте, по которой осуществляется навигация для определения местонахождения, но карта очень мелкого масштаба, требуются определенные знания о “примерном” местоположении объекта;

— *предоставление инструментов анализа данных*. Данное требование является специфическим на настоящем этапе развития информационной системы (ИС) биоразнообразия, которое предоставляет доступ к каталогам с очень ограниченными возможностями поиска. Наиболее функциональной системой является израильская разработка BioGIS, которая позволяет строить различные профили по данным (например, среднегодовое количество осадков, максимальная температура, расстояние до ближайшего населенного пункта и т. п.), а также содержит модели для оценки определенных процессов (Bioclim, ENFA, Mahalanobis);

— *наличие инструментов добавления и интеграции собственных данных по биоразнообразию в единую систему*. Несмотря на то что во многих системах заявляется, что они являются расширяемыми, только система Global Biodiversity Information Facility предоставляет интерактивные инструменты, позволяющие в рамках концепции системы создавать национальные порталы по биоразнообразию, которые автоматически генерируются в глобальную систему. Следует отметить, что Россия пока не принимает участия в данном проекте.

Таким образом, можно заключить, что при разработке системы биоразнообразия горнопромышленных регионов России следует ориентироваться на методологический подход, реализованный в израильской системе BioGIS. Начальное отображение данных на электронной карте позволяет перейти от абстрактного представления в виде каталогов и плоских реляционных таблиц к их позиционированию в пространстве. Это не только визуализирует большой объем данных, но и обеспечивает возможностями анализа и манипулирования данными с использованием ГИС-технологий: построение перекрестных запросов, районирование территорий, выявление закономерностей в распространении биологических видов, аффинные преобразования с данными и т. п. Реализация проекта в виде ГИС-сервиса позволит подключать неограниченное количество БД и моделей обработки данных, обеспечивая расширяемость такой системы.

#### **РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ**

В Кемеровском филиале ИВТ СО РАН предлагается новый подход к разработке геоэкологической информационной системы с использованием технологий хранилищ данных, облачных сервисов и средств интеллектуальной обработки и анализа многомерных данных (рис. 1).

Система реализуется в виде геопортала [21] на основе программного обеспечения с открытым исходным кодом и международных стандартов публикации пространственных данных, разработанных Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC) [22], что дает возможность предоставлять карты и данные в открытом формате, признаваемом в сети Интернет на международном уровне. OGC-сервисы обеспечивают открытый доступ к географическим данным и программным функциям, позволяя организациям встраивать ГИС в любое приложение на самых разнообразных вычислительных и мобильных устройствах. Эти открытые сервисы помогают облегчить доступность и совместимость пространственной информации.

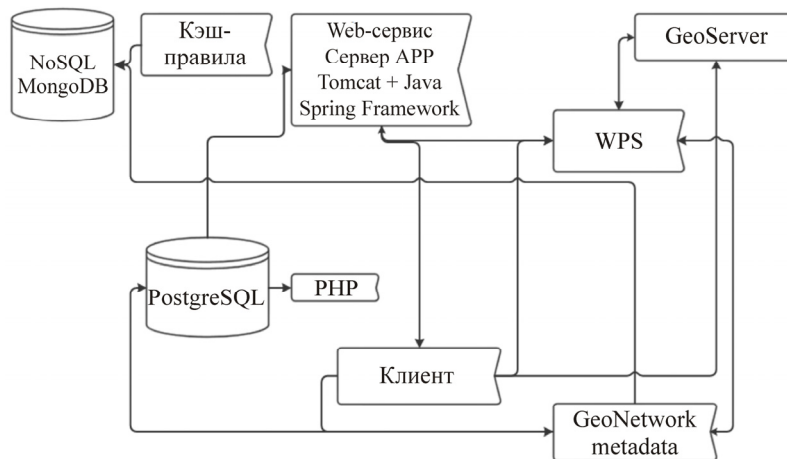


Рис. 1. Архитектура геоинформационной системы

В “классическую” архитектуру построения распределенных приложений для публикации пространственных данных в сети (БД – GeoServer – Сервер приложений) предлагается добавить компоненты NoSQL MongoDB [23] и GeoNetwork [24]. **Первый компонент** выступает в роли “кэша” для обеспечения быстрого доступа к правилам и выборкам, которые изначально хранятся в традиционной реляционной БД и необходимы для реализации определенных алгоритмов обработки данных. **К его основным особенностям относятся:** базовая доступность — каждый запрос гарантированно завершается (успешно или безуспешно); гибкое состояние — система может изменяться со временем для достижения согласования данных даже без ввода новых; возможность применения различных видов хранилищ данных; согласованность в конечном счете — данные могут быть временно рассогласованы, но затем приходят к “согласованию” [25].

**Выбор второго компонента** определяют следующие возможности: проведение поиска по локальному и распределенному набору каталогов геоданных через Интернет; организация многоуровневого доступа к информации; возможность описания разнородных данных, включая карты и базы данных, графики и документы; использование InterMap и других картографических браузеров; комбинирование различных слоев с картами, доступных с серверов и расположенных по миру; отображение локального картографического контента для того, чтобы ознакомить пользователей со спектром доступных карт; возможность готовить и публиковать метаописания с использованием экранных форм [26].

Включение данных компонентов позволяет существенно снять нагрузку на систему при повторном выполнении определенных (специализированных) расчетов и запросов пользователей.

Описанный подход к построению информационной системы обеспечивает взаимодействие с пользователем через web-интерфейс. Поступающие запросы обрабатывает сервер с установленным на нем web-приложением, которое является ядром информационной системы и управляет осталь-

ными компонентами. Вызов вычислительных модулей осуществляется через протокол WPS [27], реализованный в виде расширения к картографическому серверу, который отвечает также за отображение пространственных данных. Его масштабируемость обеспечивается за счет объединения “кэширующего” сервера с набором картографических серверов. Сервер данных обеспечивает решение задачи хранения данных, содержит средства загрузки и преобразования информации.

Стандарт WPS определяет универсальный web-интерфейс доступа к сервису геопроектирования, который может включать алгоритмы, расчеты, модели, инструменты ГИС, оперирующие пространственными векторными или растровыми данными. Протокол WPS поддерживает использование пространственных данных из различных источников для проведения их комплексного анализа. WPS устанавливает формат данных, способы их передачи, доступ к функциям геопроектирования, запуск и выход из процесса обработки, получение результатов. Данные, необходимые для WPS-сервиса, могут быть получены по сети или доступны на сервере. Реализация стандарта WPS подразумевает реализацию двух компонентов развертывания: серверной части web-сервиса (в виде серверного приложения) и клиентского приложения. Управление картографическим сервером осуществляется через REST API [28].

#### РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ КУЗБАССА

На основе описанного подхода разработана распределенная информационная система оценки биоразнообразия Кузбасса. Ядром такой *Системы* является хранилище данных, включающее следующие базы данных:

1. *Базовая картография*. Содержит данные для формирования базовых слоев электронной карты масштаба 1 : 100 000 и специфических, таких как официально установленные и планируемые особо охраняемые природные территории федерального, регионального и местного значения; ключевые орнитологические территории; ключевые ботанические территории; водохранимые зоны; зоны охраны охотничьих ресурсов и т. п.

2. *Растительность*. Включает в себя данные по видам, семействам, отрядам, классам, порядкам, ареалам обитания и плотности расселения растений на исследуемых территориях.

3. *Животные*. Содержит данные по видам, семействам, отрядам, классам, порядкам, местам обитания и плотности расселения животных на исследуемых территориях.

4. *Красная книга*. Состоит из 12 реляционных таблиц, в которых хранятся данные по видам, семействам, отрядам, классам, порядкам, местам обитания и плотности расселения растений и животных на исследуемых территориях, занесенных в Красную книгу.

5. *Справочная БД по видам деятельности*. Содержит 8 таблиц, в которых хранятся данные о наименовании категорий территории защиты растительного и животного мира, наименования видов хозяйственной деятельности, наименования законодательных актов, на основании которых на данной территории допустимы или запрещены определенные виды деятельности.

Таким образом, в рамках единого хранилища данных собрана актуальная информация о природных (флора и фауна) и антропогенных объектах на территории Кузбасса. Следует заметить, что вся информация является пространственно привязанной, что позволяет не только отображать данные на электронной карте, но и выполнять сложные перекрестные запросы средствами ГИС, расширяя тем самым функционал системы в целом.

Для создания приложения, отвечающего за сбор, хранение и управление пространственными данными, используется язык Java и библиотека Spring Framework. В роли СУБД выступает PostgreSQL с расширением PostGIS, взаимодействие с которой осуществляется через библиотеку Hibernate.

К хранилищу данных подключены несколько вычислительных модулей, которые обеспечивают решение ряда важных задач по сохранению биоразнообразия в регионе с высоким уровнем добычи полезных ископаемых. При разработке вычислительных модулей изначально закладывалась возможность их конфигурирования и независимость от уже имеющихся в *Системе* пространственных данных. Последнее достигается за счет применения метаописаний, задающих способ обработки каждого электронного слоя.

Одним из наиболее важных является модуль ранжирования территорий по видам хозяйственной деятельности. Главная его задача — определение в указанной пользователем территории объектов биоразнообразия и отнесение ее к определенному классу хозяйственной деятельности (добыча разрешена, частично разрешена, запрещена полностью). Входными данными для работы модуля служат указанный пользователем полигон и вид предполагаемой деятельности с возможностью уточнения. Для некоторых видов деятельности могут задаваться дополнительные параметры (например, условия разработки для добычи полезных ископаемых подземным способом). Пользователь может указать необходимость вычисления индикаторов состояния биоразнообразия, к которым относятся индекс концентрации видового богатства, индекс редких видов и др.

**Результат работы модуля представляется следующим образом:**

- полигон, окрашенный в цвет, соответствующий классу ценности территории;
- полигон, задающий границы территории, для которой запрещен любой вид деятельности, если такой имеется;
- отчет, содержащий перечень электронных слоев, повлиявших на результат с указанием причины (ссылка на законодательный акт);
- отчет с результатами расчета индикаторов;
- отчет с заключением о ценности угодий.

Все получаемые результаты носят рекомендательный характер и позволяют пользователю улучшить понимание задач, которые ему необходимо решить для согласования лицензионного участка и ведения выбранного им вида деятельности.

В результате работы модуля выделяются три класса ценности угодий:

- красный, если на выбранной территории находятся объекты, необходимые для сохранения биоразнообразия, и запрещен любой вид хозяйственной деятельности;
- желтый, если территория граничит с объектами, требующимися для сохранения биоразнообразия и в ней разрешены некоторые виды хозяйственной деятельности;
- зеленый, если разрешена любая хозяйственная деятельность.

Таким образом, вид хозяйственной деятельности является важным “критерием” при определении “класса ценности” территории.

**Интерфейс пользователя *Системы*** представлен тремя компонентами: *электронная карта, панель инструментов и панель управления слоями*. Электронная карта предназначена для визуализации растровых и векторных геоданных. Панель инструментов представляет собой меню для доступа к вычислительным модулям системы. Панель “Управление слоями” предназначена для отображения списка доступных на текущий момент слоев и манипулирования ими. Каждому слою соответствует элемент управления, позволяющий включать или отключать его визуализацию на карте. Стоит отметить, что пространственные объекты, нанесенные на карту, являются интерактивными и предоставляют атрибутивную информацию по запросу пользователя. Так же на панели инструментов присутствует кнопка “БД Биоразнообразия”, которая перенаправляет пользователя на страницу авторизации и непосредственно к самому отображению БД через web-интерфейс.



Поскольку часть информации, представленной в *Системе*, является государственно охраняемой, то в рамках приложения работает двухуровневая подсистема управления правами пользователей: первый уровень на основе набора ролей позволяет ограничить доступ к функциям системы (например, запрещает редактировать данные рядовому пользователю); второй слой обеспечивает сокрытие отдельных охраняемых объектов от непривилегированных лиц.

В общем доступе количество открытой информации существенно ограничено. Как правило, это стандартная картографическая информация общего назначения. В *привилегированном режиме* пользователь получает доступ к закрытой информации государственного уровня (рис. 2). Следует отметить, что для некоторых ролей предусмотрен режим *admin*, который дает возможность добавлять новые векторные слои к карте и редактировать уже существующие на уровне метаданных. Поддержка этого режима позволяет удаленно пополнять систему, когда источники формирования данных территориально распределены. Такой способ организации доступа к пространственным данным существенно снижает расходы на сбор данных, исключает дублирование информации, обеспечивает единство хранения и представления результатов обработки, гибко настраивает систему под выполнение различных задач и требований групп пользователей. Этот сервис позволяет также отслеживать источники данных, закрепляя за ними ответственность за достоверность представленной информации.

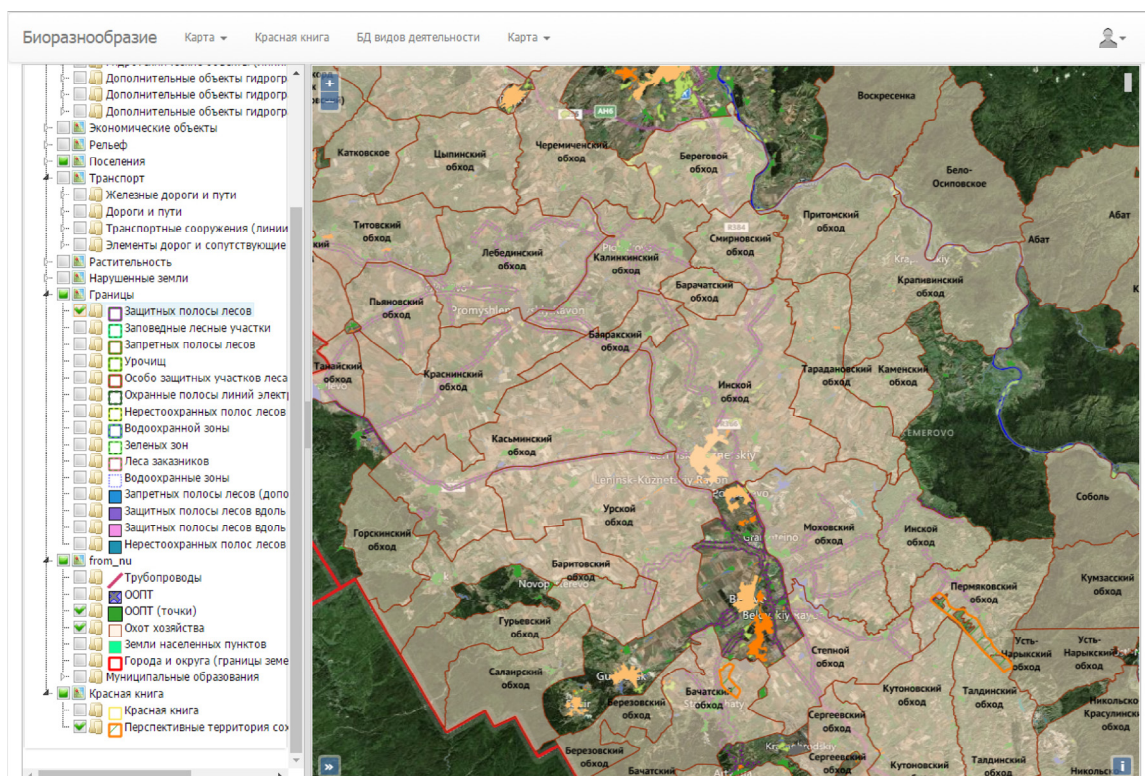


Рис. 2. Пример интерфейса в режиме привилегированного пользователя

## ВЫВОДЫ

Разработан новый подход к построению распределенной информационной системы геоэкологической оценки биоразнообразия горнопромышленных регионов России на примере Кузбасса. Система направлена на создание нового вида информационно-аналитических способов решения широкого класса задач, связанных с оценкой геоэкологического состояния крупного



горнопромышленного региона, где используются современные достижения по управляемому распределенному сбору и анализу потоков разнородной пространственной информации. Именно их интеграция и разработка регионального хранилища данных позволяет на новом уровне получать знания, которые будут учтены при принятии соответствующих управленческих решений.

Создаваемая в рамках данного подхода система оценки биоразнообразия Кузбасса впервые позволила сконцентрировать часть информационных потоков, которые в настоящее время не только разрознены, но и практически не анализируются при проектировании новых участков добычи угля. Обработка данных потоков геоэкологической информации является важным компонентом в перспективном развитии региона в целом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адушкин В. В., Опарин В. Н. От явления знакопеременной реакции горных пород на динамические воздействия — к волнам маятникового типа в напряженных геосредах // ФТПРПИ. — Ч. I, 2012. — № 2. — С. 3–27; Ч. II, 2013. — № 2. — С. 3–46; Ч. III, 2014. — № 4. — С. 10–38; Ч. IV, 2016. — № 1. — С. 3–49.
2. Бычков И. В., Опарин В. Н., Потапов В. П. Облачные технологии в решении задач горной геоинформатики // ФТПРПИ. — 2014. — № 1. — С. 138–152.
3. Опарин В. Н. Фундаментальные проблемы облагораживания поверхности Земли в условиях высокой техногенной нагрузки // Сб. докл. Всерос. научн.-техн. конф. с междунар. участием “Глубокие карьеры” (18–22 июня 2012 г.). — Апатиты; СПб, 2012.
4. Логов А. Б., Опарин В. Н., Потапов В. П., Счастливцев Е. Л., Юкина Н. И. Энтропийный метод анализа состава техногенных вод горнодобывающего региона // ФТПРПИ. — 2015. — № 1. — С. 168–179.
5. Опарин В. Н., Потапов В. П., Гиниятуллина О. Л., Счастливцев Е. Л. Исследование процесса зарастания отвалов предприятий горного производства по данным дистанционного зондирования // ФТПРПИ. — 2013. — № 6. — С. 133–141.
6. Опарин В. Н., Потапов В. П., Гиниятуллина О. Л., Андреева Н. В. Мониторинг загрязнений водного бассейна районов активной угледобычи с использованием данных дистанционного зондирования // ФТПРПИ. — 2012. — № 5. — С. 181–188.
7. Опарин В. Н., Потапов В. П., Гиниятуллина О. Л. О комплексной оценке состояния окружающей среды по данным дистанционного зондирования Земли в регионах с высокой техногенной нагрузкой // ФТПРПИ. — 2014. — № 6. — С. 199–209.
8. Опарин В. Н., Потапов В. П., Гиниятуллина О. Л., Андреева Н. В., Счастливцев Е. Л., Бычков А. А. Оценка пылевого загрязнения атмосферы угледобывающих районов Кузбасса в зимний период по данным дистанционного зондирования Земли // ФТПРПИ. — 2014. — № 3. — С. 126–137.
9. Информационная система “Биоразнообразие России” [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.zin.ru/BIODIV/index.html>.
10. Информационная поисковая система по флоре и фауне заповедников России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.sevin.ru/natreserves/>.
11. Systema Naturae 2000 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://sn2000.taxonomy.nl/>.
12. Global Biodiversity Information Facility [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gbif.org/>.
13. EOL — Encyclopedia of Life [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://eol.org/>.
14. ITIS — Integrated Taxonomic Information System [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.itis.gov/>.
15. BIODAT [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://biodat.ru/>.

16. **BioGIS** — Israel Biodiversity Website [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.biogis.huji.ac.il/Default.aspx>.
17. **ZooDiv** — Биоразнообразие животных [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.zin.ru/ZooDiv/index.html>.
18. **Славинский Д. А.** Структура информационных ресурсов по биоразнообразию в сети Интернет // <http://biospace.nw.ru/>.
19. **Лобанов А. Л., Смирнов И. С., Дианов М. Б., Голиков А. А., Халиков Р. Г.** Эволюция стандарта ZOOCOD — концепции отражения зоологических иерархических классификаций в плоских таблицах реляционных баз данных // Десятая Всерос. науч. конф-я RCDL'2008 “Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции”. — Дубна, 2008. — С. 326–332.
20. **Лобанов А. Л., Зайцев М. В.** Создание компьютерных баз данных по систематике млекопитающих на основе классификатора названий животных “ZOOCOD” // Вопросы систематики, фаунистики и палеонтологии мелких млекопитающих: тр. Зоол. Ин-та РАН. — Т. 243. — СПб., 1991. — С. 180–198.
21. **Кошкарев А. В.** Геопортал как инструмент управления пространственными данными и геосервисами // Пространственные данные. — 2008. — № 2. — [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gisa.ru/45968.html>.
22. **OGC Standards and Supporting Documents** — каталог международных стандартов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.opengeospatial.org/standards>.
23. **The MongoDB 3.2 Manual** [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://docs.mongodb.org/manual/>.
24. **GeoNetwork** [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://geonetwork-opensource.org/>.
25. **Gaurav Vaish.** Getting Started with NoSQL — Birmingham: Packt Publishing, 2013. — 142 p.
26. **Бурого И. В., Васик О. Н., Моисеенко Г. С., Шевченко И. И.** Использование системы Geonetwork для публикации и поиска пространственной информации [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gpntb.ru/libcom10/disk/15.pdf> (Тр. конф-и // 14-я Междунар. конф. и выставка “LIBCOM-2012”).
27. **OpenGIS Web Processing Service** [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>.
28. **REST — GeoServer 2.9.x User Manual** [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://docs.geoserver.org/latest/en/user/rest/index.html#rest>.

*Поступила в редакцию 11/V 2016*