

ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОПОРТАЛА И ПРОБЛЕМА ВЫБОРА КЛАССИФИКАТОРА ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ

О. Э. Якубайлик

Институт вычислительного моделирования СО РАН

oleg@icm.krasn.ru

Аннотация

В статье дается обзор современных технологий веб-программирования, которые можно использовать для создания геоинформационных веб-систем и геопространственных сервисов, геопорталов. В частности, рассматриваются характеристики концепции «Веб 2.0» и возможности их применения для реализации веб-ГИС. Обсуждаются основные функции геопортала. Приводится сравнительный анализ систем классификации предметных областей.

Современное программно-технологическое обеспечение геоинформационных веб-систем и геопространственных сервисов, геопорталов

На протяжении уже двух десятков лет мы наблюдаем стремительный рост глобальной сети Интернет в количественном и качественном отношении – как по числу пользователей, так и по спектру приложений и сервисов.

В последующее десятилетие была сформирована концепция веб-картографии и геоинформационных веб-систем (или Интернет-ГИС), а затем было развито представление о геопространственных веб-приложениях и веб-сервисах. Рассматриваемые концептуальные идеи и подходы обычно сопровождалась программной реализацией, формировались соответствующие программно-технологические решения – библиотеки программ и функций, пользовательские и программные интерфейсы. Создавались различные приложения – от простых прототипов до многофункциональных проблемно-ориентированных веб-порталов [1].

Новым этапом в развитии сети Интернет, формировании ее современной технологической основы стало внедрение комплекса новых решений – так называемых технологий «Веб 2.0». Этот термин характеризует этап в развитии Интернета, который, в противовес старому «Веб 1.0», предполагает использование следующих компонентов [2]:

- *Веб-службы (веб-сервисы)* – платформонезависимые программы, доступ к которым осуществляется через протокол HTTP, а обмен данными происходит в формате XML или JSON. В результате создаваемое программное обеспечение может использовать существующие веб-службы вместо того, чтобы снова реализовывать требуемый функционал.
- *AJAX* – подход к построению интерфейсов, при котором веб-страница, не перезагружаясь, асинхронно загружает нужные данные.
- *Веб-синдикация* – механизм распространения информации на различные страницы или веб-сайты, как правило, с использованием RSS.
- *Mash-up* (Мэшап/Микс/Смешивание) – сервис, который полностью или частично использует в качестве источников информации другие сервисы, предоставляя пользователю новую функциональность для работы.

- *Метки (Теги)* – ключевые слова, описывающие рассматриваемый объект, либо относящие его к какой-то категории. Используются в блогах.
- *Социализация* – средства создания сообщества: персональные настройки сайта, коллекции личных файлов и фото, блоги, и т.п.

Характеризуя рассматриваемый класс геоинформационных и картографических веб-систем и сервисов (веб-ГИС), следует отметить, что возможности обработки, распространения и обмена пространственными данными, предлагаемые современными средствами веб-картографии, в целом соответствуют представленному перечню характеристик «Веб 2.0» – это интерактивные, функционально-насыщенные веб-приложения, с динамически формируемым пользователями контентом. Они адекватны техническим возможностям сети Интернет – доступность, скорость доступа [3].

Использование концепции «Веб 2.0» в реализации веб-ГИС обеспечивает беспрецедентный уровень демократизации геопространственных технологий. Ранее, например, формирование массива картографических данных ГИС-проекта выполнялось только профессионалами в сложных прикладных системах типа ArcGIS. А сегодня пользователи самостоятельно размещают информацию о ДТП на дорогах в системах автомобильной навигации, рисуют свои карты (OpenStreetMap, Народная карта Яндекс, и проч.), используют картографические сервисы (API Яндекс.Карты, Google Maps, и др.) для создания персональных картографических веб-интерфейсов – от простой веб-странички с интерактивной картой «Как к нам проехать?» до сложного портала с многокритериальными пространственными запросами. Мощным стимулом к развитию веб-ГИС и их широкому использованию стало появление и стремительное развитие в последние годы различных персональных мобильных устройств со встроенными средствами спутникового позиционирования и доступа в Интернет – нетбуки, смартфоны, планшеты, не говоря уже о ноутбуках/ультрабуках.

Современные веб-ГИС строятся в так называемой сервис-ориентированной архитектуре, и их можно рассматривать как комплекс взаимосвязанных программных средств для управления пространственными данными – их импорта/экспорта, каталогизации, визуализации, создания, обработки, распространения, и т.д. Технологической основой подобных решений обычно выступают библиотеки программных интерфейсов типа Google Maps API, Mapserver Mapscript, Scanex GeoMixer, и проч.; они обеспечивают доступ к функциям и контексту картографических элементов веб-страниц – средствам визуализации карты, тематических данных, например – дорожная сеть с данными о пробках, рельеф, точки на карте – справочник организаций, товаров и услуг, мозаики спутниковых снимков, и т.д. Высокая степень интерактивности интерфейса пользователя, очень быстрая регенерация изображений, сформированных из небольших кэширующихся растровых фрагментов (тайлов), практически мгновенный отклик инструментов перемещения (сдвига) и изменения масштаба карты, наряду со многими прочими возможностями настройки визуализации и управления пространственными данными сделали картографические веб-приложения очень популярными. Также очень важна поддержка стандартов обмена пространственными данными – KML, GML, WMS, и проч. [4]

Для некоторых функционально-насыщенных веб-ГИС принято использовать термин «геопортал». Геопортал – это тип веб-портала, используемого для доступа и поиска географической (геопространственной) информации и связанных с нею географических веб-сервисов (доступ, редактирование, и проч.). Он является одним из ключевых компонентов инфра-

структуры пространственных данных. Функциональные возможности геопортала обычно тесно связаны с подсистемой управления метаданными, средствами пространственного анализа, интерактивной визуализации. Системной основой обычно выступают традиционные программно-технологические решения для систем управления веб-контентом (CMS) [5].

Сегодня принято выделять пять основных функций геопортала:

– *поисковые сервисы:*

Поиск пространственных данных по метаданным образует ядро группы функций поиска. Обычно предполагается поддержка поиска пространственных данных по ключевым словам, классификаторам данных, названиям, географическому положению, условиям доступа и использования данных, наличию и типу геоинформационных услуг (геосервисов), и проч.

– *сервисы визуализации:*

Необходимо наличие набора функций – собственно визуализации данных (необязательно картографической), навигации по изображению, скроллинг, масштабирование, графическое наложение (оверлей) слоев изображения, отображение легенд. Должен быть обеспечен просмотр содержания метаданных визуализируемого набора данных.

– *загрузка (скачивание) данных,*

– *трансформирование данных,*

– *вызов других сервисов.*

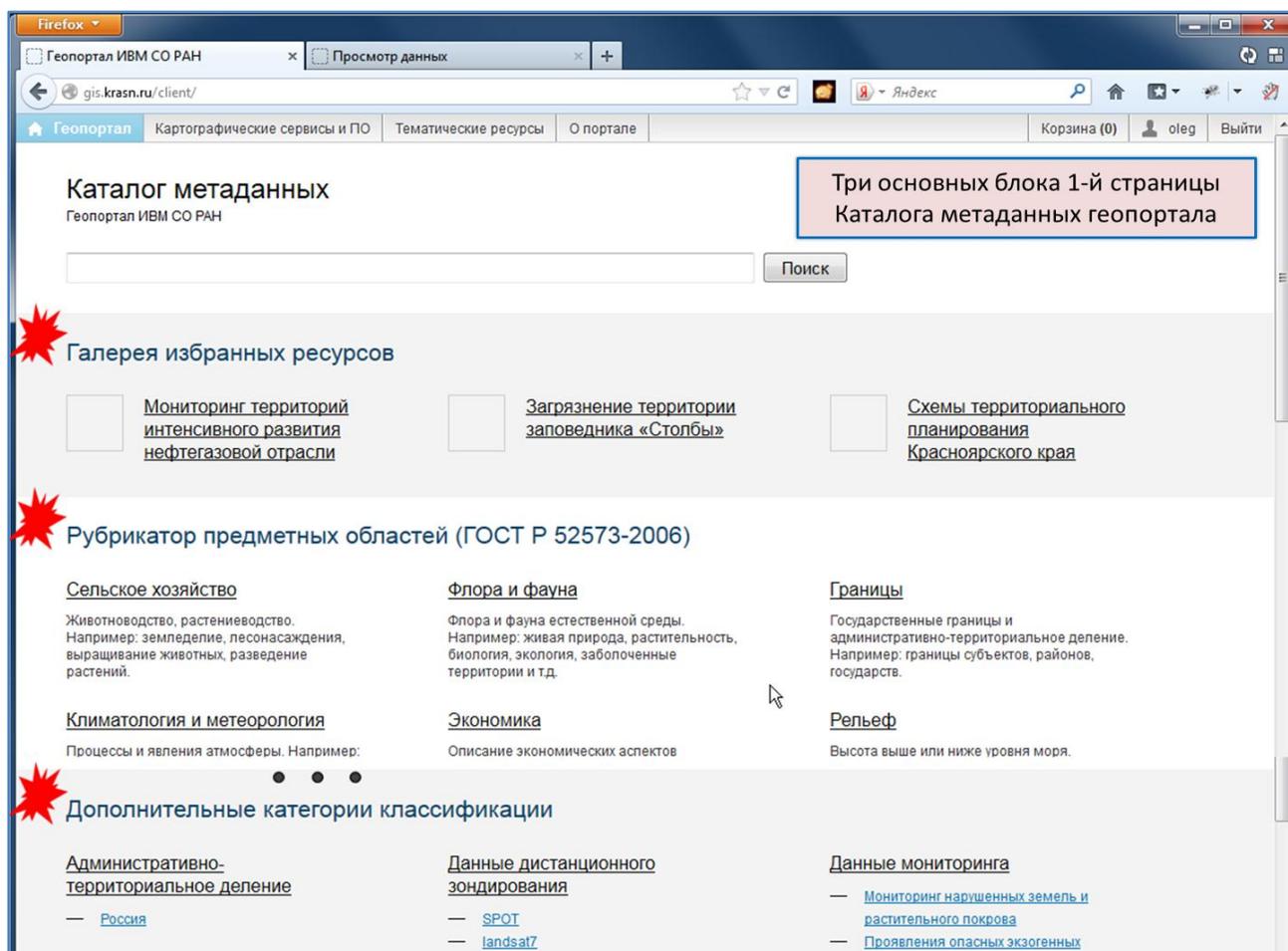


Рис. 1. Интерфейс каталога пространственных метаданных геопортала ИВМИ СО РАН

Геопорталы – программно-технологические комплексы, обеспечивающие перечисленные функции, начали в последние годы создаваться в России. Это геопорталы федерального уровня (геопорталы ИПД РФ и Роскосмоса, Публичная кадастровая карта Росреестра, и проч.), регионального уровня (геопорталы Воронежской, Самарской, Кировской областей, и проч.), отраслевые геопорталы (АПК Краснодарского края, Москомархитектуры, и аналоги), геопорталы поставщиков данных и услуг (Сканекс, Совзонд, Яндекс, и проч.), геопорталы научного, научно-популярного и образовательного профиля (геопорталы МГУ, Южноуралья, ИВиС ДВО РАН, ИВТ СО РАН, и другие) [6].

Классификация пространственных данных. Рубрикатор предметных областей.

Принципы и система классификации пространственных данных являются важнейшими вопросами при формировании инфраструктуры пространственных данных (ИПД). В этой статье рассмотрим один из элементов ядра метаданных для описания пространственных данных – раздел «ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ». Обсуждаемые вопросы являются важнейшими при проектировании и разработке геопорталов.

На первый взгляд может показаться, что все вопросы здесь решены – существует международный стандарт ISO 19115:2003 и его национальный профиль ГОСТ Р 52573 2006 «Географическая информация. Метаданные», которые стандартизируют правила описания пространственных данных, и в том числе, связанные с предметной областью данных. В Таблице 1 приведен перечень из 19-ти предметных областей из этого ГОСТа; он является по сути русскоязычной версией соответствующего международного стандарта ISO 19115.

Таблица 1. Перечень предметных областей из ГОСТа Р 52573 2006 «Географическая информация. Метаданные».

Наименование	Описание
1. Сельское хозяйство	Животноводство, растениеводство. Например: земледелие, лесонасаждения, выращивание животных, разведение растений
2. Флора и фауна	Флора и фауна естественной среды. Например: живая природа, растительность, биология, экология, заболоченные территории и т.д.
3. Границы	Государственные границы и административно-территориальное деление. Например: границы субъектов, районов, государств
4. Климатология и метеорология	Процессы и явления атмосферы. Например: облачность, погода, климат, атмосферные условия, климатические изменения, выпадение осадков и т.д.
5. Экономика	Описание экономических аспектов деятельности, состояния экономики в целом, занятости населения и т.д. Например: производство, торговля, промышленность, туризм и экотуризм, лесничество, рыболовство, добыча полезных ископаемых и др.
6. Рельеф	Высота выше или ниже уровня моря. Например: высота над уровнем моря, батиметрия, цифровые модели рельефа, угол наклона и т.д.
7. Окружающая среда	Экологические ресурсы, их защита и охрана. Например: загрязнение окружающей среды, захоронение отходов, экологическая экспертиза, мониторинг экологических рисков, природные охраняемые территории, ландшафт и т.д.

8. Данные наук о Земле	Наука о Земле. Например: геофизические характеристики и процессы, геология, полезные ископаемые, структура и происхождение горных пород, риск землетрясений, вулканическая активность, оползни, вечная мерзлота, гидрогеология и т.д.
9. Здравоохранение	Здоровье, медицинское обслуживание, экология и безопасность. Например: болезни, факторы, влияющие на здоровье, гигиена, медицинское обслуживание и т.д.
10. Картография	Картографические материалы. Например: топографические карты, схемы, планы городов, аэрокосмические изображения и т.д.
11. Оборона	Структура и деятельность вооруженных сил, военные базы. Например: казармы, военная подготовка, военный транспорт
12. Поверхностные воды	Объекты внутренних вод, дренажные системы и их характеристики. Например: реки и ледники, соленые озера, планы использования воды, дамбы, потоки, наводнения, качество воды, гидрографические карты
13. Координатные и адресные данные	Информация о местонахождении и соответствующие службы. Например: адреса, геодезические сети, опорные точки, почтовые зоны и службы, географические названия
14. Океанология	Возможности и характеристики соленых вод (исключая поверхностные воды). Например: колебания, приливная волна, информация о прибрежной зоне, рифы
15. Кадастр	Систематизированный свод сведений о природном, правовом и хозяйственном положении Земли. Например: дежурные кадастровые карты, вспомогательные карты, кадастровые исследования
16. Обществознание	Характеристики общества и культуры. Например: антропология, образование, вероисповедание, демографические данные, преступность и правосудие
17. Здания и сооружения	Конструкции, возведенные человеком. Например: здания, музеи, церкви, фабрики, дома, памятники, магазины и т.д.
18. Транспорт	Описание различных видов транспорта. Например: дороги, аэропорты, навигационные маршруты, тоннели, навигационные карты, транспортные средства, полетные карты, железная дорога
19. Инженерные коммуникации	Инженерные коммуникации и телекоммуникационная инфраструктура. Например: сети энерго- и водоснабжения, канализация, связь, линии радиосвязи, газопроводы, каналы передачи данных

Однако приведенный перечень предметных областей – далеко не единственный. При разработке геоинформационных веб-систем и сервисов желательно по возможности учитывать альтернативные системы классификации геоданных. Рассмотрим некоторые из них.

Национальный атлас Америки (<http://www.nationalatlas.gov/>) – это публичный официальный ресурс правительства США, который включает большое количество ресурсов, формируемых различными правительственными ведомствами, федеральными агентствами США. Он содержит различные сервисы поиска, обработки и визуализации геоданных, а также средства конструирования пользовательских карт на основе имеющихся ресурсов. В отличие от международного стандарта ISO, данные сгруппированы «с потребительской точки зрения» – из упомянутых выше исходных 19 предметных областей сформировано 12 тематических разделов Национального атласа – см. Таблицу 2.

Таблица 2. Разделы рубрикатора слоев геоданных Национального атласа США.

Наименование	Описание
1. Сельское хозяйство	Данные сельхозпереписи – информация о фермерах США и их продукции, по административным округам
2. Биология	Ареалы распространения летучих мышей, бабочек, и проч.; экорегионы, данные по лесу, почвенно-растительному покрову, вегетационным индексам, смертности диких животных, и т.д.
3. Границы	Государственные границы и административно-территориальное деление, в разных масштабах, часовые пояса, границы особоохраняемые природных территорий, территорий проживания индейцев, и проч.
4. Климат	Процессы и явления атмосферы. Влажность, осадки, Ураганы и штормы, температурные поля суши и океана; данные по тропическим циклонам, торнадо, и проч.
5. Окружающая среда	Экологические ресурсы, их защита и охрана. Данные по воздуху, загрязнению атмосферы, токсичным отходам, качеству водных ресурсов, экологической экспертизе, и т.д.
6. Геология	Землетрясения, оползни, цифровые модели рельефа и батиметрия, вулканы, минерально-сырьевые ресурсы
7. Данные органов власти	Сведения о бюджетных расходах органов власти всех уровней, адресная социальная помощь, сведения о доходах, границы избирательных округов и участков, итоги голосований, и т.д.
8. Исторические данные	Сведения о территориальном устройстве за все историю США, его изменениях.
9. Картография	Топографическая основа в различных форматах и масштабе. Города и поселки, реки и озера, растительность, автомобильные и железные дороги, и проч. Аэрофотосъемка и спутниковые снимки, контуры густонаселенных, урбанизированных территорий.
10. Население	Преступность, экономика, здоровье, уровень рождаемости и смертности, потребление энергии, и т.д.
11. Транспорт	Аэропорты, автомобильные и железные дороги, судоходные реки и каналы в разных масштабах, и т.д.
12. Поверхностные воды	Водоносные горизонты, плотины, водоразделы, реки и ручьи, водоемы, и проч.

Еще в более укрупненном, сгруппированном виде структуризация данных по предметным областям представлена в различных проектах программы международных исследований экологического мониторинга и предупреждения техногенных катастроф GMES (Global Monitoring for Environment and Security), Общемировой системы систем Исследования Земли из космоса GEOSS (Global Earth Observation System of Systems). Создание GEOSS курирует Группа исследования Земли GEO – организация, поддерживаемая на уровне министров правительств стран-участников, в которую сейчас входят около 90 стран-членов ООН и большое количество неправительственных организаций. В соответствии с разработанными спецификациями, вся информация GEOSS делится на 9 основных тематических разделов (Societal Benefit Areas) – см. Таблицу 3.

Таблица 3. Тематические разделы рубрикатора данных GEOSS.

Наименование	Описание
1. Биоразнообразие	Текущее состояние и перспективы развития экосистем, сведения об ареалах и состоянии видов, генетическом разнообразии основных популяций.
2. Климат	Результаты наблюдений и моделирования климата, прогнозирования его изменений, и т.д.
3. Стихийные бедствия	Сведения о последствиях стихийных бедствий, пожары, вулканические извержения, землетрясения, цунами, оседание грунта, оползни, лавины, ледяные заторы, наводнения, экстремальные погодные условия. Данные для систем мониторинга – прогнозирование загрязнения окружающей среды, оценки риска, раннее предупреждение, и. т.п.
4. Погода	Данные метеонаблюдений. Температурные поля, ветер, осадки, влажность, и проч.
5. Водные ресурсы	Водосборные территории, количество осадков, данные по речному стоку, уровню воды в озерах и водохранилищах, грунтовыми водами, снежному покрову, качеству и использованию воды, и т.д.
6. Энергия	Сведения по энергетической инфраструктуре, потребностям и использованию электроэнергии, возобновляемости энергетического потенциала.
7. Здоровье	Состояние загрязнения воздуха, морской и водной среды, стратосферное истощение озонового слоя, органические загрязнители, мониторинг связанных с погодой переносчиков болезней, экологические данные и статистика здравоохранения.
8. Сельское хозяйство	Данные по производству сельскохозяйственных культур, животноводству, аквакультуре и рыбному хозяйству, продовольственной безопасности и засухе, балансу питательных веществ, системе земледелия, землепользованию и изменениям земельных ресурсов, деградации земель и опустыниванию, и проч.
9. Экосистемы	Характеристики экосистем – площадь, условия, состояние природных ресурсов. Уровень запасов в таких экосистемах как леса, пастбища, океаны. Данные по рыбным ресурсам, циклам азота и углерода, цвету и температуре океана, и т.д.

Следует также упомянуть европейский опыт формирования ИПД. В 2007 г. была принята Директива Европейского парламента и Совета Европы по созданию инфраструктуры пространственной информации ЕС – INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe). Ее принятию предшествовала многолетняя дискуссия, консультации экспертов и чиновников ЕС по формированию системы организации и распространения пространственной информации. Любопытно, что на первом этапе этих обсуждений в 2002-2003 гг., эксперты – специалисты в области исследований окружающей среды, которые подготавливали проекты решений Европарламента – предлагали систему классификации пространственных данных в виде двухуровневого тематического рубрикатора. Она включала 17 основных тем (разделов), а также подразделы. Содержание этих разделов представлено в Таблице 4.

Согласно документам INSPIRE, ИПД надлежит развиваться по следующим принципам: данные должны создаваться единожды и поддерживаться там, где это может быть сделано наиболее эффективно; должна быть организована возможность объединения пространственных данных из разных источников, с условием доступа многих пользователей и приложений; пространственные данные, полученные на одном уровне управления, должны легко

передаваться на все другие уровни; пространственные данные, необходимые для эффективной хозяйственной деятельности должны быть доступны на условиях, не препятствующих их активному использованию; организация пространственных данных должна обеспечивать их легкий поиск, оценку пригодности для определенных целей и условий их получения.

Таблица 4. Тематический рубрикатор пространственных данных из проекта INSPIRE Public Consultation Paper on a forthcoming EU Legal Initiative on Spatial Information, Phase II, May 2003 (<http://www.ec-gis.org/inspire/reports/INSPIRE-InternetConsultationPhaseII.pdf>).

Наименование раздела и подразделов
1. Географическое местоположение 1.1. Географические системы координат 1.2. Географические названия 1.3. Географические сетки
2. Административное устройство 2.1. Официальные административно-территориальные единицы 2.2. Территории (зоны) государственного управления 2.3. Жилые кварталы, территориальные единицы переписи населения и статистики
3. Недвижимость, здания, адресный реестр 3.1. Кадастр недвижимости 3.2. Здания и сооружения 3.3. Адресный реестр
4. Высота над уровнем моря 4.1. Высота (рельеф) суши 4.2. Батиметрия 4.3. Береговая линия
5. Геофизические данные 5.1. Почвы 5.2. Геология горных пород 5.3. Геоморфология
6. Земная поверхность 6.1. Земная поверхность 6.2. Орто-фото изображения
7. Транспорт 7.1. Транспортные сети 7.2. Транспортные сервисы и услуги
8. Коммунальные системы и технические сооружения 8.1. Линии электропередач и трубопроводы 8.2. Защита окружающей среды 8.3. Производственные и промышленные сооружения 8.4. Сельскохозяйственные объекты 8.5. Объекты торговли и сферы услуг
9. Население и общество 9.1. Городские и сельские поселения 9.2. Демография, численность населения 9.3. Здоровье и безопасность жизнедеятельности 9.4. Культурное наследие 9.5. Достопримечательности

10. Территориальное управление 10.1. Использование земель, кадастровые планы 10.2. Зоны ограниченного использования 10.3. Территории специального назначения
11. Воздушная среда и климат 11.1. Воздух и атмосферные условия 11.2. Метеорологические пространственные данные 11.3. Климатические зоны
12. Водоемы и гидрография 12.1. Водоемы поверхностных вод и гидрография сетей 12.2. Водосборные территории 12.3. Подземные воды и водоносные слои
13. Океаны и моря 13.1. Океанографические пространственные данные 13.2. Моря
14. Биота и биоразнообразие 14.1. Биогеографические регионы 14.2. Растительность 14.3. Места обитания, биотопы 14.4. Распространение видов 14.5. Ландшафтное разнообразие
15. Природные ресурсы 15.1. Ресурсы экосистем 15.2. Водные ресурсы 15.3. Сельскохозяйственные земельные и почвенные ресурсы 15.4. Лесные ресурсы 15.5. Рыбные ресурсы 15.6. Геологические ресурсы 15.7. Возобновляемые источники энергии
16. Природные и техногенные риски 16.1. Зоны, подверженные природным рискам 16.2. Зоны, подверженные техногенным рискам 16.3. Техногенные аварии и природные стихийные бедствия
17. Территории, подверженные антропогенному воздействию 17.1. Загрязненные территории 17.2. Территории с повышенным шумом и радиацией 17.3. Районы интенсивной промышленной эксплуатации

Позднее, в 2004 г., было решено переформатировать тематический классификатор пространственных данных. В окончательной редакции документа INSPIRE, утвержденной в 2007 г., тематический классификатор состоит из трех крупных разделов данных, в которых в сумме содержится 34 темы. Эта структура приводится ниже, в Таблице 5.

В настоящее время в Евросоюзе проводятся исследования по формированию детальных спецификаций всех 34-х сформированных тематических разделов пространственных данных. Предполагается, что эта работа будет завершена к 2015 году, и после принятия соответствующего нормативного документа, все государства Евросоюза в обязательном порядке должны будут создавать и публично предоставлять геопропространственную информацию в соответствии с этими утвержденными спецификациями.

Таблица 5. Официальный тематический рубрикатор предметных областей инфраструктуры пространственных данных Евросоюза INSPIRE, утвержденные Директивой ЕС 2007/2/ЕС Европейского парламента и Совета Европы 14 мая 2007 г.

Приложение 1
1. Географические системы координат
2. Системы географических сеток
3. Географические наименования
4. Административно-территориальное устройство
5. Адресный реестр
6. Кадастровое деление
8. Гидрография
9. Особоохраняемые территории
Приложение 2
1. Высотная основа
2. Земная поверхность
3. Орто-фото изображения
4. Геология
Приложение 3
1. Территориальные единицы переписи населения и статистики, почтовые индексы
2. Здания и сооружения
3. Почвы
4. Использование земель
5. Здоровье и безопасность жизнедеятельности
6. Службы и сервисы, поддерживаемые органами власти
7. Охрана окружающей среды
8. Производственные и промышленные сооружения
9. Объекты сельского и рыбного хозяйства
10. Демография, численность населения
11. Территориальное управление, зоны ограниченного и специального назначения
12. Зоны, подверженные природным рискам
13. Атмосферные условия
14. Метеорологические данные
15. Океанографические данные
16. Морские территории
17. Биогеографические регионы
18. Места обитания, биотопы
19. Распространение видов
20. Энергетические ресурсы
21. Минерально-сырьевые ресурсы

Подводя итоги обзора систем классификации по предметным областям приходится констатировать, что несмотря на наличие российских и международных стандартов в рассматриваемой предметной области, «идеального» классификатора не существует; и вопрос о его выборе остается на совести разработчиков.

Наиболее целесообразным представляется проектирование и разработка таких информационных систем, в которых обеспечена возможность работы с несколькими системами классификации, и которые предоставляют пользователю возможность выбора такой системы. Именно такой системой является геопортал ИВМ СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Якубайлик О.Э., Кадочников А.А., Матвеев А.Г., Пятаев А.С., Токарев А.В. Программно-технологическое обеспечение геопортала ИВМ СО РАН // Информационные системы для научных исследований: Сборник научных статей. Труды XV Всероссийской объединенной конференции «Интернет и современное общество». Санкт-Петербург, 10-12 октября 2012 г. – СПб., 2012. – С. 143-148.
- [2] Матвеев А.Г., Якубайлик О.Э. Разработка веб-приложения для обработки и представления пространственных метаданных геопортала // Вестник СибГАУ - 2012. - Вып. 2(42). - С. 48-54.
- [3] Якубайлик О.Э. Проблемы формирования информационно-вычислительного обеспечения систем экологического мониторинга // Вестник СибГАУ - 2012. - Вып. 3(43). - С. 96-102.
- [4] Якубайлик О.Э. Методы построения прикладных геоинформационных систем на основе картографических веб-сервисов геопортала // Zbornik radova Konferencije MIT 2011. – Beograd: Alfa univerzitet; Kosovska Mitrovica: Društvo matematičara Kosova i Metohije, Serbia; Novosibirsk: Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2012 (Kraljevo: Graficolor). - 404 str. – PP. 396-402.
- [5] Якубайлик О.Э. Картографические веб-приложения и сервисы Красноярского геоинформационного портала СО РАН. – В кн.: Геоинформационные технологии и математические модели для мониторинга и управления экологическими и социально-экономическими системами: ред. кол.: Ю.И. Шокин [и др.]; под ред. И.Н. Ротановой; Рос. акад. наук, Сиб. отделение, Ин-т водных и экологич. проблем. – Барнаул: Пять плюс, 2011. – С. 94-100.
- [6] Якубайлик О.Э., Попов В.Г. Технологии для геоинформационных Интернет-систем // Вычислительные технологии. – 2009. – Т. 14. – № 6. – С. 116–126.