



УДК 528.946
ББК 26.8

ИНФРАСТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕГИОНА ¹

А.В. Плякин, В.Н. Бодрова

Статья посвящена проблемам комплексного использования разнородных пространственных данных для решения задач оценки геоэкологического состояния территории региона. Рассмотрены источники пространственных данных, среди которых результатам дистанционного зондирования Земли и веб-картографическим сервисам уделено особое внимание. Сделан вывод о том, что современный этап развития геоинформатики является новым витком развития информационно-телекоммуникационных технологий, сетевых ГИС и веб-картографических сервисов, фундаментом которого являются результаты космической деятельности.

Ключевые слова: геоэкологическая оценка, регион, пространственные данные, ГИС, дистанционное зондирование Земли, веб-картографические сервисы.

Опыт решения задач оценки геоэкологического состояния территории свидетельствуют о том, что оценка всегда носит *комплексный характер*, определяющий объективную потребность в привлечении ресурсов пространственных данных (геоданных), которые формируются на основе разнообразной информации из различных источников. Приоритетными источниками геоданных сегодня являются результаты полевых эколого-географических исследований и данные дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ). Наряду с этим не менее важны и другие источники пространственных данных, без которых оценка геоэкологического состояния территории региона представляется недостаточно полной и достоверной. Необходимость комплексного использования геоданных порождает комплекс проблем интеграции и эффективного использования пространственных данных, связанных, с одной стороны, с многообразием источников геоданных, а с другой – с гетерогенностью самих пространственных данных [6].

Пространственные (географические) данные – данные о пространственных объектах, снабженные указанием на их локализацию в пространстве (позиционными атрибутами) [2, с. 38]. Инфраструктура пространственных данных (далее – ИПД) в широком понимании – это совокупность пространственных информационных ресурсов, организационных структур, правовых и нормативных механизмов, технологий создания, обработки и обмена пространственными данными, обеспечивающая широкий доступ и эффективное использование пространственных данных гражданами, субъектами хозяйствования и органами власти [9]. ИПД можно определить как территориально распределенную систему сбора, обработки, хранения и предоставления потребителям пространственных данных, цель создания которой сводится к «более эффективному управлению на разных уровнях и к защите окружающей среды за счет свободного доступа органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и граждан к пространственным данным и их эффективному использованию» [4].

Для оценки геоэкологического состояния территории региона пространственные данные

являются ключевыми, представляя собой источник информации о свойствах и характеристиках исследуемых природных и природно-антропогенных систем. Геоинформационная система (далее – ГИС) при этом является средством накопления, хранения и анализа сведений об объектах исследования, характеризующихся конкретным пространственным, временным и тематическим содержанием [12, с. 17]. *Пространственные* характеристики устанавливают положение объекта в заранее определенной системе координат относительно других объектов. *Временные* характеристики определяют динамику свойств объекта. Основное требование к этому типу данных – актуальность. *Тематические* характеристики описывают атрибутивные свойства объекта (социальные, экономические, технические, статистические, организационные, управленческие и пр.). Основным требованием к этим данным является их полнота и достаточность информации для решения практических задач.

Традиционным источником пространственных информационных ресурсов являются картографические данные (топографические карты, атласы); результаты полевых (экспедиционных) эколого-географических и других исследований; статистические сведения органов государственной статистики.

Существенным недостатком топографических карт выступает необходимость решения проблемы их актуализации. Многие топографические карты были созданы еще в прошлом веке, и с каждым годом достоверность этого ключевого источника пространственных данных уменьшается, поскольку использование устаревших топографических карт невозможно без уточнения происшедших площадных изменений объектов геоэкологической оценки, а также без учета вновь появившихся объектов.

Результаты *полевых исследований* служат наиболее достоверным источником пространственных данных. Однако их существенными недостатками являются большие временные затраты на их реализацию и выполнение камеральной обработки. Кроме того, пространственный охват сезонных экспедиционных исследований весьма ограничен. В определенной мере проблема недостатка данных первичных наблюдений решается средствами математико-картографического моделирования, имеющимися в ГИС и

обеспечивающими возможность интерполяции данных на более обширные территории [13].

Источником пространственных данных для оценки геоэкологического состояния территории являются сведения органов *государственной статистики*, обеспечивающие сбор, первичную обработку, анализ и регулярную публикацию данных статистических показателей, характеризующих реальные процессы социально-экономической и хозяйственной жизни в регионе. Важным с точки зрения пространственного анализа является то обстоятельство, что статистический показатель имеет указание на пространственно-временные границы объекта исследования. Без четкого определения территориальных границ объекта и без привязки к определенному интервалу времени или моменту статистический показатель не существует [3]. Последнее определяет принципиальную возможность и актуальность использования в эколого-географических исследованиях статистических показателей.

Важнейшим источником пространственных информационных ресурсов в последнее десятилетие являются данные *дистанционного зондирования Земли*. На основе этих данных возможно создание и оперативное обновление картографической основы для ГИС. Решению проблем уточнения пространственных характеристик объектов геоэкологической оценки во многом способствуют периодически обновляемые данные ДЗЗ. Спутниковые снимки предоставляют актуальную информацию не только об изменении местоположения объектов, но и об изменении их качественных характеристик. В результате тематического дешифрирования спутниковых снимков стала возможной оценка степени деградации природных ландшафтных комплексов вследствие хозяйственной деятельности, достоверный анализ обеспеченности исследуемой территории природными ресурсами (лесными, почвенными, водными и другими), мониторинг чрезвычайных ситуаций и опасных катастрофических явлений природного и антропогенного происхождения [5; 8; 14; 15]. Данные ДЗЗ позволяют эффективно исследовать рекреационный потенциал территории.

В связи с этим особую значимость приобретает интерпретация мультиспектральных данных, регистрируемых искусственными

спутниками Земли (далее – ИСЗ) ресурсного типа, например Landsat-5 TM². Излучение земной поверхности в каждом из семи спектральных диапазонов позволяет выявить и оценить текущее состояние компонентов природной среды, природных ландшафтов, элементов социальной, хозяйственной и транспортной инфраструктуры (см. табл. 1). Интерпретация спутниковых снимков Landsat-5 TM на платформе геоинформационной системы ARCGIS 9.3.1 позволяет реализовать мониторинг состояния региональных рекреационных ресурсов. В выполнении оценок рекреационного потенциала территории на основе данных ДЗЗ особое значение имеют методики классификации растровых изображений, и в частности итерационная самоорганизующаяся методика анализа данных (ISODATA), реализованная в программном комплексе Scanex Image Processor [16].

В процессе идентификации объектов земной поверхности природного и антропогенного происхождения важное значение имеет композиция спектральных диапазонов в соответствии с техническими характеристиками сканера спутника. Например, для оценки состояния природно-рекреационных ресурсов природного парка «Волго-Ахтубинская пойма» анализ спутниковых данных Landsat-5 TM был выполнен на основе композиции трех спектральных диапазонов (синтез RGB 4 : 5 : 1): ближний инфракрасный NIR (4), коротковолновый инфракрасный SWIR (5), голубой В (1). Указанная комбинация позволяет оценить возраст раститель-

ности, выявить участки недавних рубок леса, определить участки гарей и пожаров, корректно определить границу водных объектов. Применение метода классификации ISODATA позволило выделить пять классов природных и природно-антропогенных объектов на территории природного парка в границах Среднеахтубинского муниципального района: сильно фрагментированные участки пойменных лесов и водно-болотных угодий; сельхозугодья; акватории и прилегающие к ним лесные и водно-болотные угодья (протоки, ерики, озера и т.д.); участки застройки и интенсивной хозяйственной деятельности; участки гарей (см. рис. 1).

Векторизация объектов исследования по спутниковым снимкам и создание систематизированных тематических векторных слоев в ГИС обеспечивает возможность дальнейшего пространственного анализа и актуализацию баз атрибутивных данных. По результатам тематической классификации растровых изображений в ARCGIS 9.3.1. была создана электронная карта землепользования на территории Среднеахтубинского муниципального района в границах природного парка (см. рис. 2) и выполнена оценка площадей объектов классификации (см. табл. 2). Наибольшую ценность в рамках выполненного исследования представляют оценки площадей участков природных и антропогенно преобразованных участков территории в зоне регулируемого рекреационного использования на территории описываемого муниципального района.

Таблица 1

Основные технические характеристики сканера TM (ИСЗ Landsat-5) *

№ канала	Спектральный диапазон, мкм	Спектральный диапазон **	Ширина обзора, км	Период съемки	Радиометрическое разрешение, бит	Пространственное разрешение, м
1	0,45–0,51	B	185	16 дней	8	30
2	0,52–0,60	G				
3	0,63–0,69	R				
4	0,75–0,90	NIR				
5	1,55–1,75	SWIR				
6	10,4–12,5	TIR				120
7	2,09–2,35	SWIR				30

* Составлено по данным сайта: ИТЦ «Сканэкс». URL: <http://www.scanex.ru/ru/data/default.asp?submenu=landsat&id=idescription>.

** В данной графе использованы следующие обозначения: R, G, B – диапазоны видимой части спектра; NIR (near infrared) – ближняя инфракрасная область спектра; SWIR (short wavelength infrared) – коротковолновая инфракрасная область спектра; TIR (thermal infrared) – тепловая инфракрасная область спектра.

Данные ДЗЗ сегодня стали более доступными, и этим объясняется их растущая с каждым годом популярность. Средства Интернета обеспечивают доступ (бесплатный или на возмездной основе) к архивам спутниковых съемок высокого, среднего и низкого пространственного разрешения. Например, на сайте геологической службы США представлен обширный каталог-архив космических снимков различных спутниковых систем³.

Для ускорения поиска нужных снимков на сайте имеется приложение EarthExplorer, позволяющее задавать параметры поиска и отображения искомым снимков (аппаратура съемки, временной период съемки, процент покрытия снимка облаками, режим «день/ночь» и др.). Предоставлена возможность получения в том числе и мультиспектральных снимков в различных форматах (jpeg, geotiff), обеспеченных пространственной привязкой.

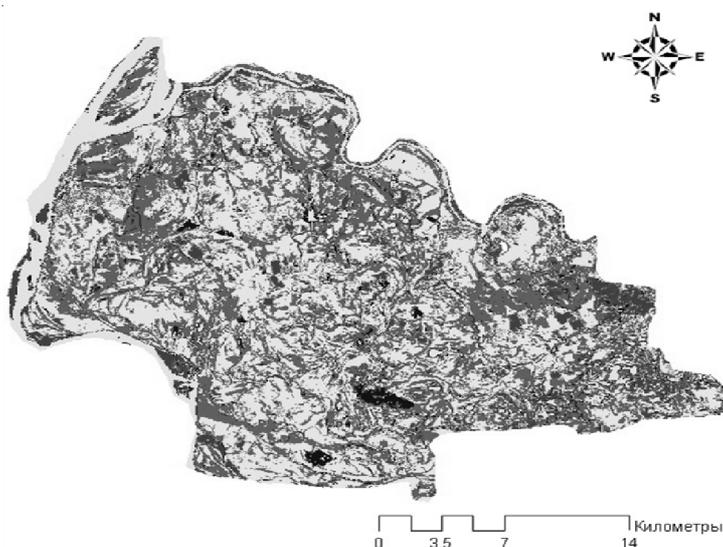


Рис. 1. Снимок Landsat-5 TM, синтез RGB 4 : 5 : 1.
Участок территории Среднеахтубинского муниципального района (Волгоградская область).
Пространственное разрешение 30 м. Дата съемки: 8 августа 2011 года

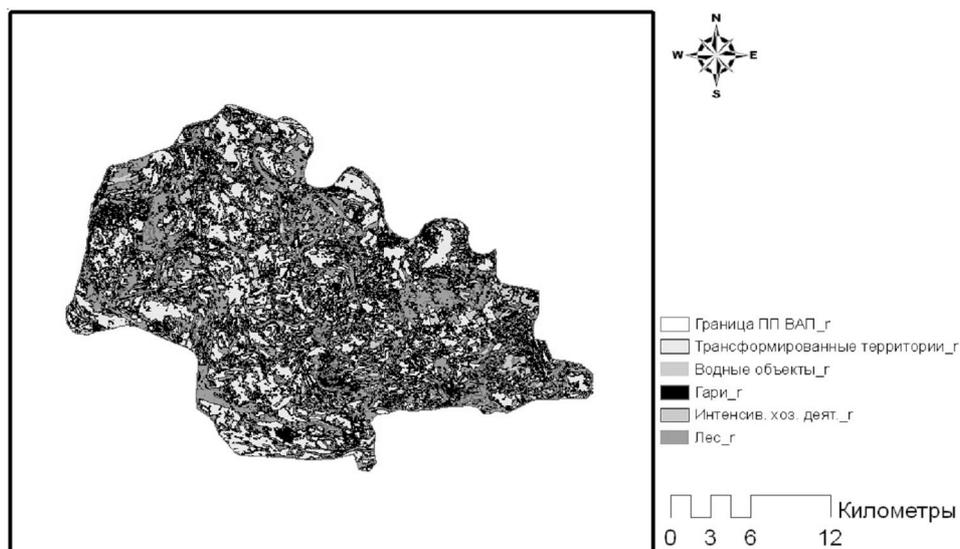


Рис. 2. Карта природных комплексов и землепользования на территории природного парка «Волго-Ахтубинская пойма», составленная на основе спутниковой съемки 8 августа 2011 года. Среднеахтубинский муниципальный район Волгоградской области

Дополнительным источником пространственных данных являются веб-картографические сервисы, позволяющих получить бесплатный доступ к спутниковым снимкам высокого разрешения (CNES/SPOT Image, GeoEye, IRS, IKONOS и др.) [10; 11]. Наиболее известными и популярными являются сервисы регулярно обновляемых зарубежных и отечественных картографических сайтов: «Bing Maps», «Nokia Maps», «Яндекс. Карты», «Космоснимки», «Google Maps» (см. табл. 3). Свободный доступ к высокоточным спутниковым снимкам значительно упрощает процедуру *уточнения границ* природных и природно-антропогенных систем, а также описания их свойств. Взаимодействие с веб-картографическим сервисом обеспечивает возможность исследования мозаики геометрически откорректированных космических снимков, покрывающих территорию исследуемого региона. Мозаики спутниковых снимков постоянно обновляются, обеспечивая тем самым высокую степень актуализации сведений о состоянии территории. В значительной мере этому способствует переключение режимов просмотра изображения (карта, спутник, гибрид, народная карта, рельеф, 3D-изображение) (см. табл. 4).

Мировым лидером среди картографических онлайн-сервисов сегодня является онлайн-приложение GoogleEarth (Google Планета Земля), обладающее уникальным режимом просмотра мозаики космических снимков в историческом ретроспективе. Для работы с данным приложением необходима установка приложения на компьютер и связь с Интернетом. Некоторые веб-картографические сервисы предоставляют уникальные возможности редактирования векторных карт в режиме онлайн. Например, на сайте «Яндекс. Карты» эта возможность обеспечена в режиме «Народная карта», обеспечивающем эффективный поиск объектов на местности.

Кроме того, сервис «Яндекс. Карты» имеет встроенный инструмент измерения расстояний, что дает дополнительное преимущество в оперативной работе с пространственными данными. В связи с этим необходимо отметить наличие расширенных инструментов работы со спутниковыми снимками в рамках проекта «Космоснимки», являющегося сегодня очевидным лидером среди других веб-картографических приложений в России. Для повышения эффективности работы со спутниковыми снимками в интерфейс интернет-сервиса встроено приложение Geomixer WEB-GIS, позволяющее создавать векторные слои в режиме онлайн. Тем самым, пользователь получает уникальную возможность оперировать со спутниковыми снимками высокого разрешения, не загружая их на свой персональный компьютер. Созданные таким образом векторные слои (полигональные, линейные, точечные) можно скачать в формате shp-файла для последующего пространственного анализа в ГИС.

Другим примером, наглядно демонстрирующим возможности веб-картографии, являются выполненные в 2012 г. одним из авторов статьи исследования пространственной структуры почв г. Волжского с помощью инструментов приложения Geomixer WEB-GIS [1]. Использование веб-приложения позволило выполнить оцифровку различных типов почв по детальному спутниковым снимкам высокого разрешения (до 0,5 м). Результатом последующей обработки в ArcGIS 9.3 полученных результатов векторизации явилась тематическая карта пространственного распределения антропоземов городского округа г. Волжский, позволившая оценить площадь разных типов антропоземов. Анализ распределения антропоземов позволил выявить пространственные закономерности распределения почвенного покрова на территории г. Волжского.

Таблица 2

**Оценка площади объектов классификации
на территории Среднеахтубинского муниципального района
в пределах территории природного парка «Волго-Ахтубинская пойма»**

Тип объекта классификации	Площадь, кв. км
Фрагментированные участки пойменных лесов	231
Антропогенно трансформированные участки (сельхозугодья)	278
Участки застройки и интенсивной сельскохозяйственной деятельности	48
Гари	27

Обзор веб-картографических сервисов

Веб-картографические сервисы	Пространственное разрешение снимков, м	Преимущества	Недостатки
Яндекс. Карты http://maps.yandex.ru	0,5–1 (для территорий крупных городов)	Переключение режимов (схема, спутник, гибридный, народная карта), встроенные инструменты для работы с изображением, подробные условные обозначения, детальная шкала масштабирования, доступ к публичной информации об объекте, сведения об ИСЗ	Отсутствие даты съемки, англоязычные условные обозначения
Bing Maps www.bing.com/maps/	до 20	Высокая достоверность подписей объектов (улицы, населенные пункты, водные объекты и др.), детальная шкала масштабирования	Отсутствие даты съемки, англоязычные условные обозначения
Google Maps http://maps.google.ru	до 20	Средняя детальность шкалы масштабирования, просмотр данных о дате съемки, информация об ИСЗ	Недостаточный уровень обеспечения условными обозначениями
Космоснимки http://kosmosnimki.ru	0,5–10	Переключение режимов (карта, снимки, гибридный, рельеф, 3D), встроенные расширенные инструменты работы с изображением (Geo-Mixer), подробные условные обозначения, детальная шкала масштабирования, сведения об ИСЗ, просмотр детальных снимков крупных городов России, возможность включения опции отображения кадастрового деления России	Отсутствие даты съемки
Nokia Maps http://m.here.com	до 20	Подробные русскоязычные условные обозначения (улицы с номерами домов, населенные пункты, водные объекты)	Крупный шаг масштабирования, отсутствие даты съемки и названия ИСЗ

Таблица 4

Режимы просмотра веб-картографического сервиса

Режим просмотра	Отображаемые объекты	Особенности информации
Схема/карта	Векторные слои, созданные на основе спутниковых снимков.	Актуальная информация об объектах в векторном виде
Спутник	Мозаика спутниковых снимков	Актуальное растровое изображение местности, позволяющее проводить визуальное дешифрирование снимков
Гибридный	Совместное отображение мозаики спутниковых снимков и векторного слоя границ объектов и их условные обозначения	Актуальная информация об объектах в растровом и векторном виде, позволяющая проводить визуальное дешифрирование снимков
Народная карта	Векторный слой, содержащий условные обозначения, созданные пользователями	Поиск уникальных объектов, возможность самостоятельного редактирования карты
Рельеф	Цифровая модель местности	Выявление и анализ типов рельефа местности
3D	Растровый слой 3D-изображения, созданного на основе спутникового снимка и матрицы высот	Выявление и анализ типов рельефа местности

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

В заключение отметим, что эффективное решение задач оценки геоэкологического состояния территории региона предполагает использование не только результатов ландшафтных, геохимических, гидроэкологических полевых исследований, но и вовлечение в процесс эколого-географического анализа разнообразной по своему тематическому содержанию статистической информации, всесторонне характеризующей социально-экономическое и природно-хозяйственное состояние региона, а также данных ДЗЗ. Это свидетельствует о том, что в процессе эколого-географических исследований на платформе современных ГИС происходит неизбежная *интеграция* неоднородных по своему тематическому содержанию пространственных данных, требующая последовательной оптимизации и совершенствования их инфраструктуры, призванной обеспечить высокую эффективность обработки, анализа и визуализации результатов исследования. В связи с этим представляются весьма актуальными проекты долгосрочных программ создания национальных инфраструктур пространственных данных как информационно-телекоммуникационных систем, объединяющих национальные ресурсы пространственных данных (геоинформационные ресурсы) и обеспечивающих доступ к ним [7]. Это означает начало нового этапа развития геоинформатики – переход от эпохи ГИС к эпохе ИПД, содержанием которого является новый виток развития информационно-телекоммуникационных технологий, сетевых ГИС, веб-картографических сервисов и методов ДЗЗ, обеспечивающих равный, простой и свободный доступ к новым знаниям.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда и Администрации Волгоградской области (грант № 13-12-34013 а/В).

² См.: Геологическая служба США : [сайт]. URL: <http://eros.usgs.gov>.

³ См.: Геологическая служба США : [сайт]. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>.

1. Бармин, А. Н. Пространственный анализ почв / А. Н. Бармин, В. Н. Козырева, П. А. Зимовец // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 4. – С. 192–198.

2. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов. – М. : Гис-Ассоциация, 1999. – 204 с.

3. Елисеева, И. И. Общая теория статистики : учебник / И. И. Елисеева, М. М. Юзбашев ; под ред. И. И. Елисеевой. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Финансы и статистика, 2004. — 656 с.

4. Зинченко, О. Н. Инфраструктура пространственных данных: кратко о проблеме. Испанский пример / О. Н. Зинченко. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=680>. – Загл. с экрана.

5. Изображения Земли из космоса: примеры применения : науч.-попул. изд. – М. : Инж.-технол. центр «Сканекс», 2005. – 100 с.

6. Интеграция гетерогенной пространственной информации для решения задач поиска нефти и газа / М. А. Попов [и др.]. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2013/part2/PSMZK>. – Загл. с экрана.

7. Инфраструктура пространственных данных для научных исследований / О. М. Атаева [и др.]. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2012/part5/AKMST>. – Загл. с экрана.

8. Копылов, В. Н. Космический мониторинг окружающей среды : монография / В. Н. Копылов. – Ханты-Мансийск : Полиграфист, 2008. – 216 с.

9. Миллер, С. А. Концепция российской инфраструктуры пространственных данных / С. А. Миллер // Использование геоинформационных систем в управлении природопользованием и охраной окружающей среды в Республике Коми : материалы науч.-практ. конф. 4–6 окт. 2005 г. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.agiks.ru/data/konf/page8.htm>. – Загл. с экрана.

10. Потапов, Г. В. Геоинформационные Web-сервисы на базе мозаик спутниковых снимков / Г. В. Потапов // Пространственные данные. – Электрон. текстовые дан. – 2008. – № 3. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/47188.html>. – Загл. с экрана.

11. Потапов, Г. В. Использование API веб-картографических сервисов для доступа к геоданным / Г. В. Потапов, М. Ю. Потанин // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. – 2009. – № 3. – С. 3–7.

12. Савиных, В. П. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования / В. П. Савиных, В. Я. Цветков. – М. : Картгеоцентр : Геодезиздат, 2001. – 228 с.

13. Хитров, Н. Б. Создание детальных почвенных карт на основе интерполяции данных о свойствах почв / Н. Б. Хитров // Почвоведение. – 2012 – № 10. – С. 45–56.

14. Шабанов, Д. И. Геоэкологическая оценка антропогенной трансформации ландшафтов Астраханской области с применением геоинформационных систем и дистанционного зондирования : монография / Д. И. Шабанов, А. Н. Бармин, А. Л. Сальников. – Астрахань : Техноград, 2011. – 116 с.

15. Шабанов, Д. И. Изучение деградации пастбищ с применением ГИС и ДЗЗ / Д. И. Шабанов, А. Л. Сальников // Естественные науки. – 2008 – № 2. – С. 29–32.

16. Scanex Image Processor®. Дополнительная обработка изображений и получение тематических продуктов. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.scanex.ru/ru/software/default.asp?submenu=imageprocessor&id=index>. – Загл. с экрана.

SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE FOR REGIONAL GEO-ECOLOGICAL ASSESSMENT

A.V. Plyakin, V.N. Bodrova

The article deals with the problems of complex using of spatial data to solve problems regional environmental assessment. The sources of spatial data, including the results of remote sensing and web mapping services given special attention. It is concluded that the current stage of development of geoinformatics is a new step of development of information and telecommunication technologies, GIS and web mapping services.

Key words: *geo-ecological assessment, region, spatial data, spatial analysis, GIS, remote sensing, web mapping services.*