

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г.ПЕРМИ)

*O.S. Сергеева, С.В. Пьянков, Е.Б. Соболева  
Пермский государственный университет, г. Пермь, Россия*

### GIS TECHNOLOGY'S APPLICATION FOR INVENTORY MAKING OF GREENERY (ON THE EXAMPLE OF PERM)

*O.S. Sergeeva, S.V. Pyankov, E.B. Soboleva  
Perm State University, Russia*

**Inventory making of trees of Perm city is conducted with using of GIS technology. Methods of investigation, planning and conducting project used in this work are presented. Cartography and attributive databases containing statistics were elaborated. It's necessary for bodies of municipal power for creating of prospective city's planting of greenery.**

#### **Введение**

Нормализация экологической обстановки в городах - несомненно является одной из приоритетных задач деятельности органов местного самоуправления. Известно, что решению этой задачи в первую очередь способствует озеленение городов. При этом на первый план выдвигается проблема рационального и строго научного ведения зеленого хозяйства города. Однако ведение и планирование любой хозяйственной деятельности следует начинать с учета и оценки существующей материальной базы, то есть, в нашем случае, с проведения полной инвентаризации существующих зеленых насаждений с последующей оценкой их состояния. Только после этого можно составлять планы ухода за имеющимися насаждениями и дальнейшего озеленения территории.

Инвентаризация зеленых насаждений была проведена нами в одном из крупнейших транспортных и промышленных центров Уральского Прикамья. Пермь – один из наиболее протяженных городов России, его территория вытянута вдоль Воткинского и Камского водохранилищ более чем на 65 км, 40 % береговой линии заняты промышленными площадками. В результате чрезмерной концентрации промышленности и быстрого роста территории городской застройки к настоящему времени значительно ухудшились условия расселения. Все это, в конечном итоге, привело к обострению экологической ситуации в городе. Состояние окружающей среды в городе требует принятия неотложных мер по улучшению ее качества. Одним из путей достижения этого может быть дополнительное озеленение города и повышение качества существующих зеленых насаждений.

Работа осуществлялась по заказу Муниципального управления по экологии и природопользованию г. Перми в 2000-2001 гг. Исполнитель - кафедра биогеоценологии и охраны природы Пермского государственного университета. Проведение инвентаризации было основано на активном использовании ГИС-технологий.

Цель работы - сбор максимально полной информации о количестве и качестве, а также о территориальном распределении зеленых насаждений города и представление ее в виде картографической и атрибутивной баз данных.

Работа состояла из трех этапов:

1 этап - организационный, связанный с определением объема и характера работ, подготовкой материальной базы и кадров;

2 этап - натурный, связанный со сбором данных;

3 этап - камеральный, связанный с вводом данных, их проверкой и первичной обработкой.

#### **Материал и методика**

Инвентаризация древостоя проводилась для системы *насаждений общего пользования*, к которым относятся насаждения при промышленных предприятиях, в жилых кварталах и микрорайонах, при лечебных учреждениях, при школах и детских учреждениях, при административных и общественных зданиях, на бульварах и в скверах. Из системы *насаждений специального назначения* учет проводился только вдоль автодорог.

Абсолютный (поштучный) учет деревьев не представляется целесообразным, т.к. сопряжен с большими трудозатратами и не несет дополнительной информации о качественных и пространственных характеристиках насаждений в целом. Так, некоторые посадки представляют собой однородные и (или) одновозрастные насаждения, а с другой стороны на территории города иногда наблюдаются большие массивы древесной растительности, на которых абсолютный подсчет не представляется реальным. В итоге мы пришли к заключению, что исследованию подвергается не столько каждое отдельное дерево, а их совокупности, пространственно распределенные на территории города.

Исходя из этих соображений, все древесные насаждения были разбиты на три категории:

- *отдельно стоящие деревья* (точечный объект);
- *аллеи* – насаждения вдоль тротуаров и дорог (полилинейный объект);
- *древесные массивы* – площадки, покрытые древесной растительностью одного или нескольких видов (полигональный объект).

Древесные массивы в свою очередь подразделялись на три вида:

- *относительно небольшие* – с полным подсчетом и описанием деревьев поштучно или однородных групп;

- ***большие*** - с относительно равномерно распределенной растительностью (оценка производилась с помощью пробных площадок размером 20м x 20 м);

- ***заросли однородной растительности*** без подсчета числа деревьев.

Использование векторных примитивов для характеристики насаждений дает множество преимуществ, связанных с экономией времени и трудозатрат при подсчете зеленых насаждений, с количественной и качественной оценкой площадей, занятых ими и позволяет учитывать деревья на обширных участках. Так, например, с помощью экстраполяции данных пробных площадок становится возможным определение примерного количества деревьев на больших площадях, которые часто встречаются на периферийных территориях города, пустырях, не подлежащих застройке склонах и т.п. А такие полигональные объекты, как заросли однородной растительности, хотя и не дают сведений об абсолютном числе деревьев, но зато позволяют судить о благоустройстве и рекреационной ценности озелененных площадей. Большое количество зарослей клена американского или ивы свидетельствуют о запущенности насаждений, стихийном росте и развитии, и, как следствие, необходимости проведения работ по благоустройству территории.

Аллеи или массив деревьев оценивались не только количественно, но и по качественным характеристикам, таким, как эстетическая оценка и сомкнутость крон:

• Эстетическая оценка осуществлялась по 3-х балльной шкале: 1 балл - эстетически ценные насаждения, прекрасные места для отдыха; 2 балла - относительно благоприятные для посещения участки зеленых насаждений, но с небольшими нарушениями (слабо замусоренные или захламленные, вытоптанные или неухоженные и т.д.); 3 балла - непригодные для отдыха территории из-за сильной замусоренности, захламленности, наличия непроходимых зарослей и т.п.

• Сомкнутость крон деревьев отражает густоту насаждений, что является важным для оценки состояния массива в целом, так как деревьев может быть много, но они могут быть ослаблены и сомкнутость крон их будет низка, или, наоборот, малое количество деревьев с пышными кронами может производить сильное затенение. Этот показатель важен для планирования работ по благоустройству массива. Если сомкнутость крон изменяется в пределах от 0 до 1,0, то это означает, что древостой разрежен, и кроны деревьев не смыкаются. Если сомкнутость крон изменяется в пределах от 1,0 до 1,5, то затенение сильное и кроны деревьев переплетаются.

Для отдельных деревьев или их однородных групп, принадлежащих точечным, линейным или полигональным объектам производилась качественная оценка их состояния. Использовались следующие показатели качества:

- ***Видовое название дерева.*** В том случае, если до вида определить сложно, заносится родовое название;

• Количество штук деревьев одной породы на обследуемом объекте. Деревья могут быть разделены на группы по каким-либо признакам (по возрасту, по визуальной оценке, по высоте, патологии);

- ***Окружность ствола дерева на высоте 1,3 м*** определенная с помощью измерительной ленты;

• ***Визуальная оценка санитарно-гигиенического состояния деревьев*** проведена по простейшей 5-и балльной шкале: здоровые, ослабленные, сильно ослабленные, усыхающие, сухие;

• ***Возрастная оценка древостоя*** в 3-х балльной шкале: молодые, зрелые, стареющие. Возраст определялся визуально по высоте, толщине ствола, мощности кроны. К молодым деревьям были отнесены молодые саженцы и подрост, к зрелым - взрослые, плодоносящие особи, к старым - взрослые особи с признаками старения (толстая, отмирающая кора, наличие мха на стволе, усыхающие и отмирающие ветви и пр.);

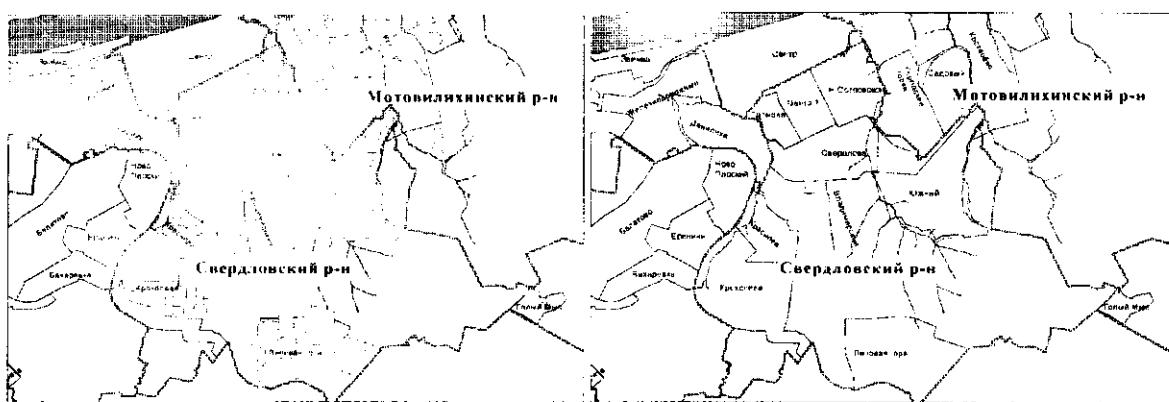
• ***Средняя высота дерева*** (в метрах). Определение высоты производилось визуально. Особенно легко высоту можно определить, если рядом были расположены многоэтажные дома, высоту этажей которых довольно легко определить;

• ***Патология*** оценивалась только наличию или отсутствию патологии на деревьях. К патологическим изменениям относятся повреждения листьев или коры вредителями, а также наличие каких-либо заболеваний листьев, коры или ствола ( пятна, некрозы).

### **Организация, планирование и проведение работ**

Планирование организации проведения работ по инвентаризации зеленых насаждений потребовало провести предварительный территориальный анализ района исследования. Целью его являлась оценка требуемых ресурсов и минимизация объема работ. В ходе его проведения было определено, что в качестве основной исследуемой единицы территории можно принять микрорайон. Территориально, с одной стороны, микрорайон охватывает такие понятия, как жилая застройка (городские кварталы, частный сектор) и насаждения общего пользования, а с другой стороны в нем не находятся древесные массивы не подлежащие исследованию (например, городские леса). Из рассмотрения также были исключены территории промышленных предприятий, железной дороги, кладбища и питомники и т.п., то есть не занятые жилой застройкой. Были вычислены площади микрорайонов, подлежащие исследованию, произведена оценка транспортной доступности к объектам, оценено количество кварталов и частный сектор. Результатом работы явилось выделение на карте г. Перми только тех территорий, которые подлежали обследованию. Затем территории микрорайонов были разбиты на отдельные маршруты. Под маршрутами понимались непересекающиеся участки территории, которые подлежали исследованию.

Важным этапом планирования при проведении работ явился выбор картографического материала и его масштаба. Контуры и протяженность полигональных объектов необходимо было изображать на карте с максимальной точностью, привязывая их к расположению зданий, дорог, тропинок, выраженных в масштабе карты. Поставленная задача потребовала выбор карты масштаба 1:1 000. Исполнители сами определяли характер объектов исследований (точка, линия или полигон), исходя из их масштаба и расположения,



а) общая площадь Свердловского р-на – 6 200 га; б) общая площадь маршрутов – 1 882 га

Рис. 1. Пример минимизации площади обследования административного района

Были сформированы бригады, за которыми закреплялись конкретные маршруты. Скорость обследования каждого маршрута определялась исходя из его общей площади, наличия на территории частного сектора, скверов и т.п. В качестве отчета представлялись карты с нанесенными на них объектами, таблицы с записями о количестве деревьев и их состоянии.

При сборе, вводе и обработке больших массивов данных неизбежно появление ошибок, как объективных, так и субъективных. Следовательно, при подготовке к проведению работ требовалось создание ряда защитных механизмов. К их числу относится:

- обучение участников проекта используемым методикам и нанесению объектов на карту;
  - представление данных в табличном виде;
  - обучение операторов вводу в картографическую и атрибутивную БД;
  - создание программного инструментария, позволяющего производить верификацию данных на этапе ввода;
  - качественный контроль при приеме полевых материалов;
  - адресность и ведение реестра отчетности;
  - параллельный сбор и ввод данных.

Выбор реляционной структуры картографической и атрибутивной баз данных был продиктован самой постановкой задачи. Так как отдельно стоящие деревья или их массивы связаны с определенной территорией и исследовались не только их качественные характеристики, то возникла необходимость разделения картографической и атрибутивной баз данных. Так один графический объект мог содержать несколько разных, по своей природе, характеристик. другими словами, одной записи в КБД могло соответствовать несколько записей в АБД (Рис. 2.).

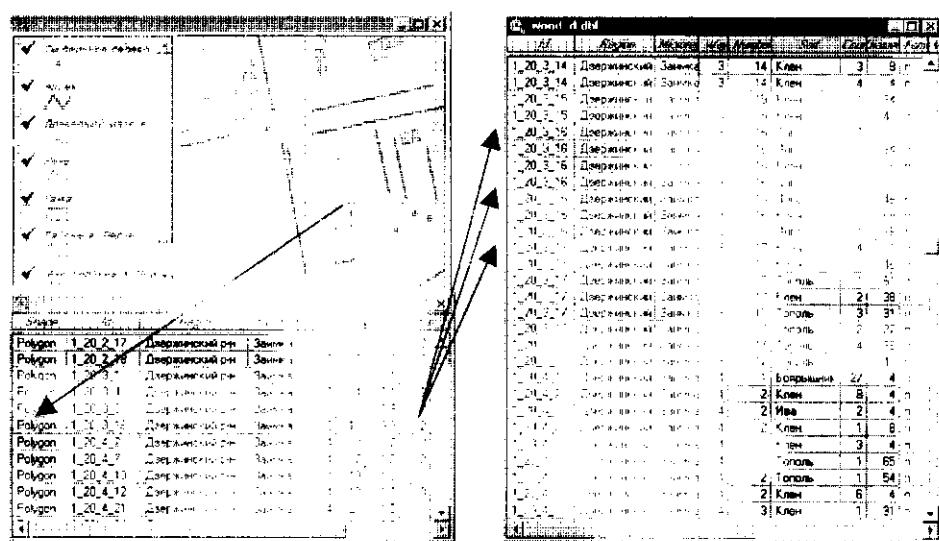


Рис. 2. Отношения картографической и атрибутивной баз данных

Этот требование повлекло за собой создание идентификатора, который удовлетворял бы требованиям уникальности и пространственности. Создание подобного идентификатора (ID) и описанный выше способ проведения работ продиктовал выбор иерархической структуры его создания. Выбрано четыре уровня иерархии: район, микрорайон, маршрут, номер объекта на маршруте (точка, линия или полигон). Это позволило уловить выдвинутые выше требования. (Рис. 2). Точно таким же идентификатором обладает каждая запись АБД. Это позволило про-

известы отношения между двумя базами данных и, как следствие, обработка данных носит теперь пространственный и тематический характер.

Последнее, что стоит отметить, это выбор программного обеспечения и форматы данных. В процессе решения поставленных задач нами была выбрана ГИС ArcView 3.2a. Данная ГИС обладает всеми возможностями для решения цели данной работы, такими как работа с растровыми форматами данных, анализом и запросами к картографической информации, моделированием различных процессов и явлений, визуализацией конечных данных, как в виде карты, так и виде диаграмм, графиков и т.п. Также выбор ГИС был основан и на том, что она является стандартом для природоохранных организаций г. Перми.

Ввод картографических данных производился методом "цифрование по подложке", при этом количество описываемых характеристик было минимизировано. Пространственные характеристики (район, микрорайон и маршрут) присвоены автоматически при помощи оверлейных операций. Это позволило избежать возможных ошибок при создании идентификатора. Параллельно с созданием КБД шел ввод в АБД. Созданный интерфейс оператора (СУБД "FoxPro") обеспечил автоматизацию ввода пространственных показателей и максимально ограничил появление ошибок, связанных с грубыми опечатками. При окончании работ была проведена верификация полученных результатов, которая позволила максимально возможно снизить долю ошибочных данных.

### Полученные результаты

Территория г. Перми, охваченная исследованиями, составляет 15 440 га и охватывает все 7 административных районов г. Перми. Сроки работы 2001 – 2002 гг. В результате работы создана и заполнена картографическая (78 562 записей) и атрибутивная (112 295 записей) базы данных, которые несут в себе комплексную информацию о 697 055 деревьях. Объем работ и характеристика данных, полученных в результате инвентаризации древесных насаждений представлены в таблице 1.

Пример первичного анализа полученных результатов для одного из микрорайонов города представлен на рисунке 3. Показана возможность оценки соотношения различных пород деревьев и их санитарного состояния, приведена территориальная и эстетическая оценка древесных массивов микрорайона.

Таблица 1

### Объем работ и характеристика данных, полученных в результате инвентаризации древесных насаждений г. Перми

n. п	Район	Площадь, охваченная исследованиями, га	Площадь древесных массивов, га	Общая длина аллей, км	Общее кол-во деревьев, шт.	Преобладающие породы, %
	Дзержинский	2 050	116,0	64,4	72 302	Тополь – 20,0 Клен - 16,4 Клен америк. – 12,9
	Кировский	2 032	210,9	86,8	188 497	Сосна – 29,4 Тополь – 26,1 Клен америк. – 13,2
	Мотовилихинский	3 432	172,5	88,4	129 888	Клен америк. – 27,6 Тополь – 15,9 Ива – 14,1
	Орджоникидзе вский	3 394	245,3	62,7	101 566	Тополь – 24,1 Береза – 17,3 Клен америк. – 13,0
	Свердловский	2 888	214,5	159,0	163 945	Клен америк. – 24,8 Ива – 15, 9 Тополь – 13,2
	Ленинский*	482	-	-	13 151	Клен америк. – 30,2 Липа – 18,6 Тополь – 15,2
	Индустриальный*	1 162	-	-	27 706	Тополь – 37,0 Клен америк. - 23,6 Береза – 14,6
	<i>Итого</i>	<i>15 440</i>	<i>959,2</i>	<i>461,3</i>	<i>697 055</i>	

\*- исследования в 2001 г. производились без учета пространственных характеристик.

### Заключение

В результате инвентаризации древесных насаждений г. Перми получен большой статистический материал. Созданы картографические и атрибутивные базы данных. Использование ГИС-технологий позволило значительно расширить круг решаемых задач по оценке количества и качества деревьев в городе. Все возможные направления дальнейшей обработки материала можно разделить на несколько групп:

#### 1. Распределение зеленых насаждений:

- Получение информации о площади территории района или микрорайона, покрытой зелеными массивами деревьев;

Подсчет общей длины аллей территории микрорайона;

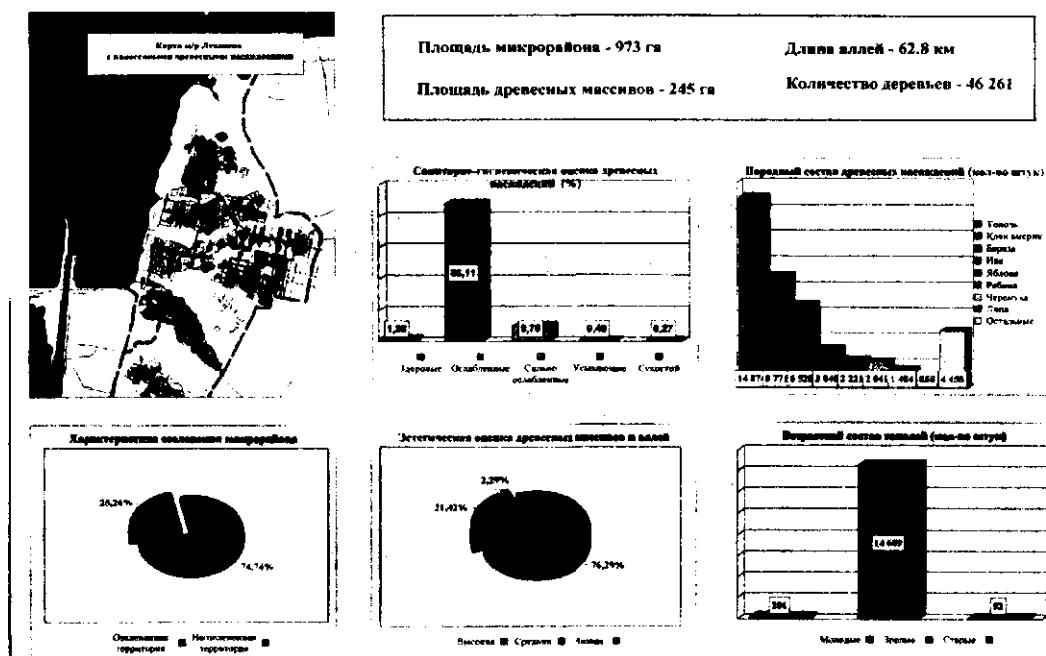


Рис. 3. Пример качественного и количественного анализа древесных насаждений в микрорайоне Лешино г. Перми

- Подсчет общего количества деревьев заданной территории;
  - Пересчет общего количества деревьев для больших древесных массивов, на которых подсчет производился только на пробных площадках (20 м x 20 м);
  - Оценка средней плотности насаждений по данным о сомкнутости крон на аллеях и в древесных массивах.
2. Породный состав и оценка состояния деревьев:
- Анализ породного состава и процентное соотношение разных пород на заданной территории;
  - Оценка санитарно-гигиенического состояния деревьев на заданной территории или по каждой породе в отдельности;
    - Анализ возрастного состава деревьев определенной породы или на заданной территории;
    - Анализ распределения различных пород деревьев по территории района или по различным категориям насаждений (скверы, аллеи, дворовые насаждения, насаждения вдоль дорог и т.п.).
  - Сравнение эстетической ценности древесных массивов и аллей;
3. Составление планов проведения работ по улучшению качества насаждений:
- Определение группы старо возрастных деревьев, нуждающихся в замене вследствие низкой эстетической ценности, опасности падения и т.д.;
  - Выбор низко эстетических насаждений или насаждений с низкой санитарно-гигиенической оценкой для проведения работ по благоустройству;
  - Выявление насаждений с зарослями клена или ивы, нуждающихся в прореживании или удалении;
  - Выявление насаждений с высокой сомкнутостью крон, сильно затеняющих территорию, нуждающихся в прореживании.

#### 4. Составление долгосрочных планов озеленения.

На основе проведенных исследований можно оценить состояние озеленения различных микрорайонов города, сравнив их между собой и принять первоочередные меры по улучшению экологической обстановки за счет повышения количества или качества озеленения. Результаты позволяют получить научно обоснованную информацию для составления долгосрочных планов озеленения микрорайонов. Становится ясной стратегия ухода за существующими зелеными насаждениями, можно также наметить те деревья, которые необходимо заменить молодыми и здоровыми.

#### 5. Дифференциальный подход к ответственности за нанесение повреждений или снос деревьев.

Собранные данные позволяют установить соответствующую ценность деревьев в различных районах и микрорайонах города. Их также можно использовать при прогнозировании экологического ущерба и определения размера штрафов за несанкционированную вырубку зеленых насаждений.

Полученные результаты имеют большое значение для информационного обеспечения принятия решений органами местного самоуправления. Инвентаризация древесных насаждений города – начальный этап работы по его рациональному озеленению. Продолжение работы заключается в составлении планов развития зеленого хозяйства города и его благоустройства.

## ОПЫТ WEB-КАРТОГРАФИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРВЕРА, РАЗРАБОТАННОГО В УНИВЕРСИТЕТЕ ШТАТА МИННЕСОТА

Варфоломеев И.В., Лопатин А.П., Савельев А.С.

ФГУП Государственный научно-исследовательский и производственный центр "Природа",  
Красноярский филиал

Развитие вычислительной техники привело к появлению Internet - наиболее разветвленной и стремительно развивающейся глобальной компьютерной сети, получившей в последнее время широкое распространение как универсальное средство передачи коммерческой, научной и учебной информации [1,2]. В области геоинформатики возможности Internet могут применяться для решения такой актуальной проблемы, как обеспечение связи поставщиков и потребителей геоинформационных ресурсов, в том числе для организации доступа пользователей к цифровым картам. По сравнению с традиционными средствами передачи геоинформации Internet-технологии дают некоторые принципиально новые возможности, например, динамическое картографирование характеристик территорий.

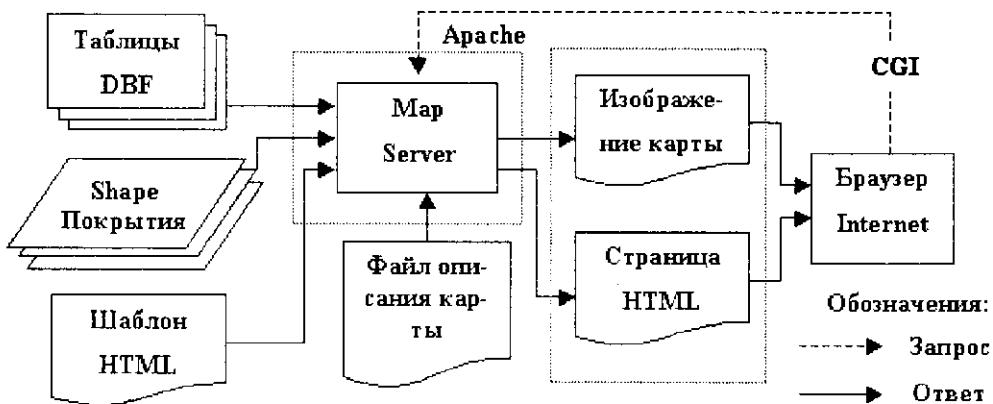
В настоящее время сеть Internet широко используется в задачах ГИС. Существуют разнообразные технические средства для представления геоинформационных моделей в Internet. Язык разметки гипертекстовых страниц HTML предоставляет базовые средства для создания WEB-страниц. В HTML-страницу могут быть внедрены server-side CGI скрипты и client-side JavaScript. Для повышения функциональных возможностей WEB-страниц также могут использоваться программы на языке Java, Plug-Ins, компоненты ActiveX.

Современные разработки, связанные с появлением функциональных возможностей ГИС в World Wide Web, называются WebGIS. При помощи WebGIS распределенная географическая информация становится доступной широкой аудитории по всему миру. Пользователи WebGIS получают доступ к приложениям ГИС через WEB-браузер без покупки дорогого программного обеспечения [3].

В Красноярском филиале Госцентра "Природа" в качестве WebGIS используется разработанный в университете штата Миннесота WebGIS-сервер MapServer (см. <http://mapserver.gis.umn.edu>). Лицензионное соглашение MapServer позволяет свободно использовать это программное обеспечение в некоммерческих приложениях. Также разрешается модифицировать исходные тексты программ, что обеспечивает гибкость при их адаптации для конкретной задачи. ГИС MapServer распространяется в виде исходных текстов, что обуславливает их хорошую переносимость. Авторами были успешно проведены эксперименты по переносу MapServer на PC-платформы (Solaris и FreeBSD), а также на Digital Alpha (DUNIX).

Программное обеспечение MapServer представляет собой встраиваемое в поток CGI приложение, которое на основе файла описания карты и набора географических данных строит картографическое изображение. В качестве "сервера" в общепринятом понимании может выступать любой из существующих серверов HTTP. Например, в ОС UNIX может использоваться Apache.

При обращении пользователя к MapServer браузер отправляет запрос на получение карты. Сервер HTTP принимает запрос и запускает CGI-приложение - программу генерации изображения (рис. 1). Эта программа открывает файл описания карты и выполняет его синтаксический разбор. В результате программа генерации изображения получает все необходимые для работы параметры. Созданное растровое изображение в формате GIF или PNG помещается в каталог временных файлов, доступный через HTTP.



*Рис. 1. Схема работы ГИС - Интернет сервера MapServer.*

Пользователь получает результат в виде HTML-страницы, в которую встроено созданное изображение и элементы интерфейса, позволяющие перемещать фокус изображения, изменять масштаб, обращаться к атрибутным таблицам картографических слоев (рис. 2).

Конфигурация цифровой карты в MapServer настраивается в файле описания карты, где определяется структура генерируемого картографического изображения, цвета, символы и шаблоны закраски объектов, взаимодействие с HTTP-сервером. Файл записывается в виде последовательного файла в текстовом формате информационных объектов, из которых формируется карта (рис. 3).