

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА**

**Всероссийский институт повышения квалификации  
руководящих работников и специалистов  
лесного хозяйства**

**Вуколова И.А.**

# **ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

*Учебное пособие*

**Пушкино**

**2008**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА**

**Всероссийский институт повышения квалификации  
руководящих работников и специалистов  
лесного хозяйства**

**Вуколова И.А.**

**ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Учебное пособие**

**Пушкино**

**2008**

Пособие рассмотрено и одобрено на заседании Ученого Совета ГОУ ВИПКЛХ, протокол № 8 от 15 сентября 2008 г.

Учебное пособие рекомендовано для учебных заведений дополнительного профессионального образования, высших учебных заведений, руководителей и специалистов территориальных органов управления лесным хозяйством, специалистов по экологии и охране окружающей среды.

**Вуколова И. А.**

Учебное пособие: ГИС-технологии в лесном хозяйстве  
Пушкино: ГОУ ВИПКЛХ, 2008. – 79 с.

© Вуколова И.А.

© ГОУ ВИПКЛХ, 2008

# СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ЧАСТЬ I: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ГИС</b>	
<b>Глава 1. ГЕОИНФОРМАТИКА: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>Глава 2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>7</b>
<b>Глава 3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ СОЗДАНИИ ГИС.....</b>	<b>14</b>
<b>Глава 4. ДАННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС.....</b>	<b>32</b>
<b>Глава 5. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....</b>	<b>40</b>
<b>ЧАСТЬ II: ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ</b>	<b>46</b>
<b>Глава 6. ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ.....</b>	<b>46</b>
<b>Глава 7. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ ПО ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ.....</b>	<b>54</b>
<b>Глава 8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ.....</b>	<b>60</b>
<b>Глава 9. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОСЛЕСХОЗА.....</b>	<b>72</b>
<b>Литература.....</b>	<b>78</b>

## ВВЕДЕНИЕ

XXI век... Объем информации, существующий в современном мире, вряд ли может сравниться с тем объемом, который был в прошлых веках и даже с недавно канувшем в лету XX веком. Темпы жизни стремительно растут, методы получения информации приобретают все более индустриальный характер. Для организованного хранения, поиска нужной информации, ее обработки и анализа требуются современные, основанные на компьютерных технологиях, средства. Без этого неизбежно наступление информационного кризиса и его последствий: потери информации, ее дублирование, недоступность тех или иных данных, увеличение затрат на поиск недоступных сведений. Развитие кризиса подобного рода неизбежно привело бы к экономическим проблемам на глобальном уровне и представляло бы угрозу развития всей цивилизации.

К счастью, современные достижения научно-технического прогресса, и в первую очередь, компьютерные технологии, позволяют создавать средства для хранения, поиска, переработки, анализа и передачи необходимой информации.

Законы, методы и способы накопления, обработки и передачи информации с помощью компьютеров и иных технических устройств относятся к сфере *общей информатики*. На этой базе развиваются специальные направления: медицинская информатика, лесная информатика, геологическая информатика, историческая информатика и т.п.

Понятие *«информационная система»* (ИС) относится не только к сфере компьютерных технологий. Существуют также некомпьютерные информационные системы, работающие с информацией в аналоговой, а не в цифровой форме. Пример аналоговых информационных систем – библиотеки (организованные хранилища книг с системой каталогов, соответствующих правил и инструкций), организованные архивы видеофильмов (например, кассет в формате VHS-Video Home System), оперирующие с информацией, записанной на магнитную ленту не цифровым, а аналоговым способом.

Компьютерные информационные системы являются цифровыми. Упорядоченные массивы данных, организованные с помощью СУБД, называют базами данных (БД). Они создаются с помощью специального программного обеспечения, называемого системами управления базами данных (СУБД).

Программные и технические средства, предназначенные для обеспечения доступа к информационным ресурсам – ввода информации, ее хранения, преобразования, реализации различных запросов, представления информации, называют информационно-поисковыми системами (ИПС).

Для работы с пространственно распределенной информацией используют ИС особого рода, называемые *географическими информационными системами (геоинформационными системами или сокращенно, ГИС)*.

«Пространственно распределенные объекты» могут находиться в атмосфере, на земной поверхности или под землей, быть плоскими или объ-

емными. Для определения пространственного расположения объектов их связывают с определенной системой координат: географической, прямоугольной, местной, условной. Выбор системы координат важен при организации данных и их использовании.

*Особая область информатики, имеющая дело с пространственно привязанной информацией, называется геоинформатикой.*

**Географическая информационная система (ГИС)** – это автоматизированная многофункциональная система обработки, хранения и отображения информации, содержащая данные, в том числе пространственные и временные, о географических объектах в цифровом виде. ГИС дает возможность накапливать, обрабатывать и анализировать информацию, содержащуюся в компьютерных базах данных, оперативно находить нужные сведения и отображать их в удобном для использования виде [20].

## **ЧАСТЬ I: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ГИС**

### **Глава 1. ГЕОИНФОРМАТИКА: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**

Геоинформационные системы появились в 1960-х годах как инструмент для отображения географии Земли и расположенных на ее поверхности объектов с использованием компьютерных баз данных. В начале 70-х годов ГИС начали использовать для вывода координатно-привязанных данных на экран монитора и для печати карт на бумаге, что значительно облегчило работу картографам.

*В ходе развития геоинформатики можно выделить четыре этапа.*

*До 1970 года* – первый этап, характеризуется как период исследований принципиальных возможностей, пограничных областей знаний и технологий, наработок эмпирического опыта, первых крупных проектов и теоретических работ.

*1970-1980 год* – второй этап. Развитие крупных геоинформационных проектов, поддерживаемых государством, формирование государственных институтов в области ГИС, снижение роли и влияния отдельных исследователей и небольших групп.

*1980-1995 год* – третий этап. Широкий рынок разнообразных программных средств, развитие настольных ГИС, расширение области их применения за счет интеграции с базами непространственных данных, появление сетевых приложений, появление значительного числа непрофессиональных пользователей; системы, поддерживающие индивидуальные наборы данных на отдельных компьютерах, открывают путь системам, поддерживающим корпоративные и распределенные базы геоданных.

*С 1995 года и по настоящее время* – четвертый этап. Повышенная конкуренция среди коммерческих производителей геоинформационных технологий услуг дает преимущества пользователям ГИС; доступность и «откры-

тость» программных средств позволяют использовать и даже модифицировать программы; появление пользовательских «ассоциаций», телеконференций, территориально разобщенных, но связанных единой тематикой пользовательских групп, возросшая потребность в геоданных дают начало формированию мировой геоинформационной инфраструктуры [20].

Реализация геоинформационных технологий в системе управления лесами была начата в лесоустроительных предприятиях России в конце 1980-х – начале 1990-х годов.

Возросшие требования к достоверности и оперативности информации о лесном фонде обусловили необходимость перехода на современные технологии при ее сборе и последующем использовании. В этих целях появилась потребность в разработке и внедрении в производство программных и аппаратных средств геоинформационных технологий, создании и систематическом обновлении информационной базы о лесном фонде и лесных ресурсах, обеспечивающей ведение государственного учета лесного фонда, государственного кадастра, осуществление лесного мониторинга, контроля за лесоэксплуатацией.

Тесная связь информационных процессов в лесоустройстве и лесохозяйственной деятельности поставила задачу разработки соответствующих программных средств, позволяющих решать весь комплекс задач не только для автоматизации получения материалов лесоустройства, но и для общей компьютеризации лесного хозяйства /1/.

Географические информационные системы (ГИС) в лесном хозяйстве – современные автоматизированные системы, позволяющие соединить несколько баз данных (прежде всего таксационную и картографическую). Эти системы имеют расчетные и модельные функции для работы с базами и преобразования в пространстве картографической информации для принятия на ее основе разнообразных решений и осуществления контроля.

Составляющей частью ГИС являются системы сбора, ввода информации, управления и обработки данных, вывода материалов на печать (рис. 1).

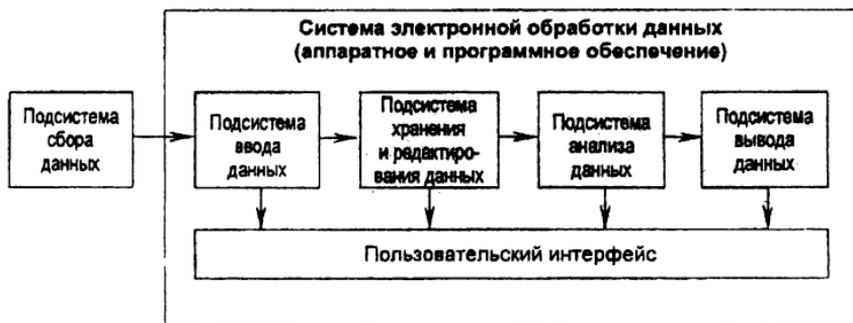


Рисунок 1 – Основные подсистемы ГИС

## Глава 2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Математическая основа является одним из фундаментальных понятий геоинформатики и ГИС.

Наличие математической основы карт ГИС является принципиальным отличием ГИС других информационных систем.

Именно математическая основа (МО) дает возможность интеграции различных данных, как на глобальном (общеземном), так и на других уровнях.

Технологически МО является теоретической базой построения цифровых моделей и базовых карт геоинформационных систем, обеспечивает взаимоднозначное и топологическое соответствие пространственных объектов и явления природы и общества и их изображения на картах. Её разработка, выбор и использование основана на принятой в данной стране геодезических системах координат и высот, общей теории картографических проекций, теории классов и отдельных вариантов проекции, а также других её элементов – главных масштабов, компоновок и разграфок карт.

При создании карт ГИС необходимо, чтобы исходные картографические материалы были приведены в геодезическую систему координат и картографическую проекцию базовой карты, принятые для карт данной ГИС, ее математическая основа обеспечивала бы оптимальные условия решения задач картографических задач ГИС [1].

### 2.1. Геодезические системы координат и высот

**Физическая поверхность Земли, как и других небесных тел, имеет сложную форму. Её изучение является первоосновой для многих наук, в том числе математической картографии.**

При этом используется понятие о поверхности геоида, которое ввел в 1873 году немецкий физик Листинг. В настоящее время под поверхностью геоида понимают уровенную поверхность, проходящую через точку начала отсчета высот.

*Уровенной поверхностью* называется поверхность, ортогональная к отвесным линиям, по которым в каждой точке поверхности данного небесного тела направлен вектор силы тяжести. Строгое определение геоида связано со знанием строения земной коры.

М. С. Молоденский предложил вместо геоида определять поверхность квазигеоида, которую можно строго определить без привлечения различных гипотез о строении земной коры и которая совпадает с поверхностью геоида на морях и океанах и отступает от неё до 2 метров на континентальной части Земли.

В геодезии измерения, выполненные на физической поверхности, переносят на математическую, наиболее близкую к физической, которая может

быть описана соответствующими уравнениями. В этой связи изучают и используют общеземной эллипсоид и референц-эллипсоиды.

Эллипсоид вращения, плоскость экватора и центр которого совпадает с плоскостью экватора и центром масс Земли и наилучшим образом аппроксимирует поверхность геоида (квазигеоида) в планетарном масштабе, называется общеземным эллипсоидом.

Эллипсоид, на поверхность которого отображаются материалы астрономо-геодезических работ и топографических съемок, и который наиболее полно соответствует поверхности геоида на соответствующие территории Земли, называется референц-эллипсоидом. Эти поверхности называются так же поверхностями относимости. В разных странах приняты свои референц-эллипсоиды, различающиеся своими параметрами.

В математической картографии, чтобы отобразить на плоскости физическую поверхность Земли и других реальных поверхностей, необходимо от этих поверхностей перейти к математическим. В качестве таких поверхностей принимают поверхности шара, эллипсоида вращения, и в отдельных случаях – трехосного эллипсоида.

К элементам геодезической основы относят опорные пункты, определённые в системе геодезических координат, принятой в данном государстве, и координатные сетки, связанные с этими опорными пунктами. Геодезические системы координат включают:

- параметры референц-эллипсоида (величина большой полуоси  $a$  или малой  $b$ , сжатие  $\alpha$  или эксцентриситет  $e$ );
- высоту геоида над референц-эллипсоидом в начальном пункте;
- исходные геодезические даты (геодезические широта и долгота начального пункта, азимут на ориентирный пункт).

В работах по геодезии, топографии и картографии, выполняемых в России, используется *эллипсоид Красовского*, начальный пункт Пулково; превышение геоида над референц-эллипсоидом в начальном пункте равно нулю.

*Принята Балтийская система высот.* Счёт высот в этой системе ведётся от нуля Кронштатского футштока. В процессе выполнения картосоставительских работ определяют геодезическую систему координат и систему высот, которые были приняты при создании исходного картографического материала. Это выявляется по формулярам листов карт или по литературно-описательным источникам.

В случаях, когда геодезическая основа исходного материала, используемого для создания карт, имеет другую геодезическую систему координат, необходимо осуществить преобразование этой системы в геодезическую систему координат, принятую в данном государстве.

## 2.2. Картографические проекции

**Картографические проекции** – это математически определенный способ изображения поверхности Земного шара или эллипсоида (или других планет) на плоскости. Общее уравнение картографических проекций связы-

вает географическую широту ( $B$ ) и долготу ( $L$ ) с прямоугольными координатами  $x$  и  $y$  на плоскости:

$$x = f_1(B, L); \quad y = f_2(B, L); \quad \text{где}$$

$f_1$  и  $f_2$  – независимые, однозначные и конечные функции.

Все картографические проекции обладают теми или иными искажениями, возникающими при переходе от сферической поверхности к плоскости [1, 19].

По характеру искажений картографические проекции подразделяют на следующие блоки:

- *равноугольные проекции*, не имеющие углов и направлений;
- *равновеликие проекции*, не содержащие искажений площадей;
- *равнопромежуточные проекции*, сохраняющие без искажений какое-либо одно направление (меридианы или параллели);
- *произвольные проекции*, в которых содержатся искажения углов и площадей.

**Главный масштаб карты** показывает степень уменьшения линейных размеров эллипсоида при его изображении на карте. Искажения масштаба проявляются в наличии частного масштаба карты в любой ее точке. Под этим понимается отношение длины бесконечно малого отрезка на карте к длине бесконечно малого отрезка на поверхности эллипсоида (шара).

*Мерой искажений* в картографической проекции в каждой точке карты служит бесконечно малый эллипс искажений. Существуют специальные карты, иллюстрирующие распределение искажений разных видов посредством *изокол* (изолиний равных искажений).

В зависимости от положения сферических координат картографические проекции делятся на группы:

- *нормальные проекции*, в которых ось сферических координат совпадает с осью вращения Земли;
- *поперечные проекции*, у которых ось сферических координат лежит в плоскости экватора.
- *косые проекции*, когда ось сферических координат расположена под углом к земной оси.

Существующее различие требований к картам разного пространственного охвата, тематики и назначения, а также особенности формы картографируемой территории и ее положение на Земном шаре привели к многообразию картографических проекций.

По виду меридианов и параллелей нормальной сетки различают следующие картографические проекции:

- *цилиндрические*, в которых меридианы изображены равноотстоящими параллельными прямыми, а параллели – прямыми, перпендикулярными к ним;

▪ *конические*, с прямыми меридианами, исходящими из одной точки, и параллелями, представленными дугами концентрических окружностей;

▪ *азимутальные проекции*, в которых параллели изображаются концентрическими окружностями, а меридианы – радиусами, проведенными из общего центра этих окружностей;

▪ *псевдоцилиндрические*, где параллели представлены параллельными прямыми, а меридианы – в виде кривых, увеличивающих свою кривизну по мере удаления от прямого центрального меридиана;

▪ *псевдоконические*, в которых параллели представлены дугами концентрических окружностей, средний меридиан – прямой, а остальные меридианы – кривыми;

▪ *поликонические*, в которых параллели изображены эксцентрическими окружностями, центры которых лежат на прямом центральном меридиане, а остальные – кривыми линиями, увеличивающими кривизну с удалением от центрального меридиана;

▪ *условные*, у которых меридианы и параллели могут иметь различную форму.

Проекты, в которых требуется определение кратчайших маршрутов, особенно на длинные дистанции, нуждаются в азимутальных проекциях, поскольку в них возможно изображение больших кругов как прямых линий. Эти проекции чаще всего используются на картах воздушного сообщения, радиопеленгации, слежения за спутниками и картографирования других небесных тел. Эти проекции стали популярны лишь недавно, но их использование будет расти с расширением использования ГИС в этих областях. Наиболее часто используют такие азимутальные проекции, как *равновеликая Ламберта, стереографическая, азимутальная эквидистантная, ортографическая и гномоническая* проекции. Отметим, что некоторые из них сохраняют как направления, так и площади. Это свойство может оказаться полезным для анализа крупных атмосферных явлений, таких как дымовые следы вулкана, которым свойственно двигаться по маршруту большого круга по мере рассеивания в атмосфере и движения по общим правилам циркуляции на Земле.

Есть много проекций для выбора – гораздо больше, чем перечислено здесь. Некоторые специальные проекции особенно подходят для отображения всей Земли или очень больших ее участков. Другие позволяют лучше координировать крупные картографические программы, такие как создание топографических карт целого континента, которое выполняется небольшими фрагментами [1,19].

Для карт, создаваемых в виде серий листов, используют многогранные проекции, параметры которых могут меняться от листа к листу или группе листов [1].

Иногда картографической проекцией ошибочно называют сетку параллелей и меридианов на карте. *Сетки на карте* – это система линий, служащая

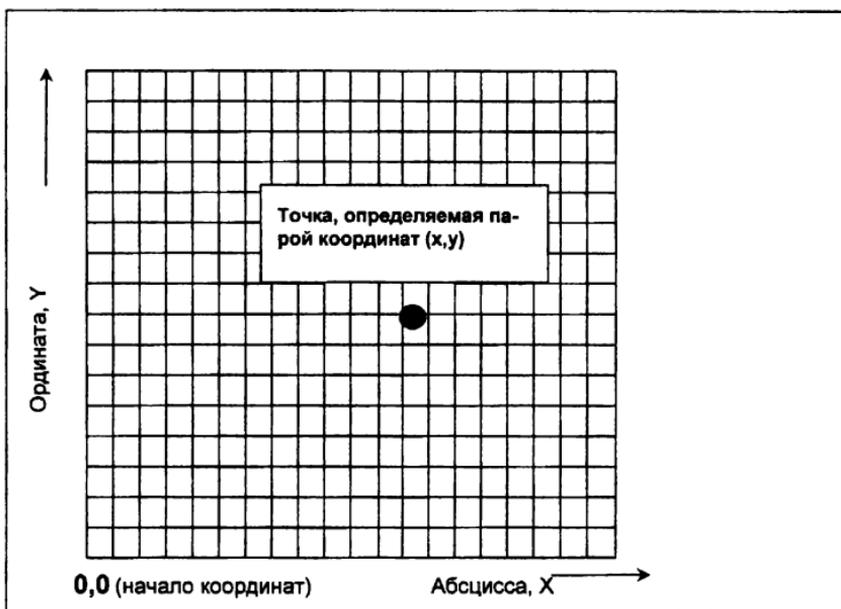
для определения координат объектов, их нанесения и поиска по координатам, ориентирования, прокладки направлений и маршрутов. В картографии (в том числе и цифровой) используют разные виды сеток: *географическая сетка* – это сеть меридианов и параллелей на земной шаре (эллипсоиде); *картографическая сетка* – изображение сети меридианов и параллелей на карте и плане, построенное в той или иной картографической проекции; *прямоугольная сетка* – сеть плоских прямоугольных координат в данной картографической проекции; *километровая сетка* – стандартная квадратная координатная сетка на топографической карте, линии которой проведены параллельно экватору и осевому меридиану через интервалы, соответствующие определенному числу километров, частный случай прямоугольной сетки; *указательная сетка* – любая сетка на карте, предназначенная для указания местоположения и поиска объектов, изображенных на карте по указателю географических названий, или газеттиру [19].

*Геоинформационные технологии позволяют рассчитывать картографические проекции любого вида и с заданным распределением искажений.*

### 2.3. Системы координат для картографии

Система координат необходима для определения расстояний и направлений на земле. Географическая система координат, использующая широту и долготу, хороша для определения положений объектов, расположенных на сферической поверхности Земли или промежуточном глобусе. Поскольку чаще всего мы будем иметь дело с двухмерными картами, спроецированными с этого глобуса, нам потребуется одна или несколько систем координат, соответствующих различным проекциям. Такие системы координат на плоскости называются *картографическими (геодезическими) прямоугольными системами координат*, они позволяют нам точно указывать положение объектов на плоских картах [1].

*Декартова система координат* является классической системой прямоугольных координат. Эта система известна по работе с графиками и числовыми осями. Она состоит из двух линий – абсциссы и ординаты. Абсцисса – горизонтальная линия, содержащая равномерно распределенные числа начиная с 0, называемого началом координат, и продолжающаяся так далеко в двух направлениях, насколько это нам нужно. Для измерения расстояний (Рисунок 14). Величины называются X-координатами, они положительны справа от 0 и отрицательны слева. Вторая линия, ордината, обеспечивает нам движение по вертикали от той же начальной точки в положительном или отрицательном направлении. Вместе они позволяют нам определять местоположение любой точки или объекта Указанием величин X и Y. Дигитайзеры, используемые для ввода координат в ГИС, основаны на той же простой декартовой системе координат.



По традиции, первой называют координату  $X$ , второй –  $Y$ . Когда карта ориентирована севером вверх, как обычно,  $X$ -координата называется отсчетом на восток, поскольку он соответствует расстоянию от начальной точки в восточном направлении. Аналогично,  $Y$ -координата называется отсчетом на север, поскольку он соответствует расстоянию на север от начальной точки; нет западного или южного указаний. Вместо этого начальную точку размещают на карте так, чтобы все значения были положительны, или, иначе говоря, чтобы все точки оказались в северо-восточном квадранте системы координат. Это позволяет нам читать координаты сначала вправо, затем вверх от начальной точки. В некоторых случаях размер территории может потребовать от нас введения смещенных (ненулевых) начал координат, чтобы обеспечить для каждого участка земли достаточно точное представление на плоской поверхности.

Как указывалось, численные значения плоских координат обычно не используются в анализе мелкомасштабных карт из-за сложного характера искажений. Для таких карт требуется компенсация искажений, созданных при проецировании.

*Несмотря на большое количество имеющихся проекций, подавляющее большинство систем координат на плоскости пытаются достичь равноугольности использованием только равноугольных картографических проекций, обычно поперечной Меркатора, полярной стереографической и равноугольной конической Ламберта. Хотя, так бывает не всегда. Например, если объект находится вблизи экватора, более полезной может оказаться проекция Меркатора.*

В США используются пять основных координатных систем, одни из которых основаны на свойствах картографических проекций, другие - на исто-

рических методах деления земли. Если вы работаете с картами других стран, вам нужно установить, каковы проекции, набор координат и другие характеристики координатных систем в этих странах. Во многих странах используются те или другие из перечисленных ниже типов, но перед вводом в ГИС от вас потребуется знакомство с их положениями начал координат и территориями, на которых они используются.

Пожалуй, наиболее широко распространенной в ГИС системой проекций и координат является универсальная поперечная Меркатора. Она используется в большинстве работ с дистанционным зондированием, подготовке топографических карт, построении баз данных природных ресурсов, так как она обеспечивает точные измерения в метрической системе, принятой в большинстве стран и научным сообществом в целом. В ней основной единицей измерения длины является метр. В США, до сих пор преобладают старые английские меры (дюймы, футы, ярды, мили и т.д.).

*В России распространена система координат 1942 г. для проекции Гаусса-Крюгера, в которой ось X указывает на север, а ось Y – на восток [1].*

При выполнении топографических и геодезических работ применяется конформная проекция Гаусса-Крюгера, в которой углы изображаются без искажений, а линейные искажения не зависят от направления, что облегчает их учет.

В основу построения единой системы плоских координат для России (также для стран СНГ) положено разделение поверхности эллипсоида (северной его части) на ряд совершенно одинаковых сфероидических треугольников, ограниченных экватором и меридианами с разностью долгот  $6^\circ$ .

Изображение каждого треугольника в проекции Гаусса-Крюгера представляет собой шестигранную координатную зону. В качестве декартовых координат используют прямолинейные изображения осевого меридиана (ось  $x$ ) и экватора (ось  $y$ ). В пределах каждой шести градусной зоны размещается целое число трапеций карт в масштабах от 1:1 000 000 до 1:10 000. Для того чтобы обеспечить выполнение топогеодезических работ на границе двух соседних зон, стандартная зона расширяется на  $30'$  по долготе к востоку и западу от граничного меридиана. Координаты геодезических пунктов, находящихся в перекрытиях зон, в каталогах координат приводятся дважды (в основной и соседних зонах). На топографических картах перекрытия отмечаются соответствующими штрихами, показывающими выходы координатных линий соседней зоны.

При съемках городов и участков территории, отводимой под строительство крупных инженерных сооружений желательно уменьшить величины линейных искажений, чтобы ими можно либо пренебречь, либо просто учитывать. С этой целью можно ввести местную систему координат в проекции Гаусса-Крюгера со своим (нестандартным) осевым меридианом и своими размерами зоны по долготе. При этом структура формул проекции Гаусса-Крюгера не изменяется. Во всех случаях применения местных систем после завершения работ координаты пунктов должны быть переведены в государственную систему плоских координат в стандартной зоне.

Российские топографические карты наиболее популярных масштабов – 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000 выполнены именно в проекции Гаусса-Крюгера. Эти топографические карты являются, в свою очередь, основой для всех тематических работ, проводимых в данном масштабе.

Для топографических карт ряда стран применяется в шестиградусных зонах проекция УТМ (универсальная трансверсальная проекция Меркатора, называемая также проекцией Гаусса-Боага). Данная проекция отличается от проекции Гаусса-Крюгера тем, что в ней на среднем меридиане масштаб равен не единице, а 0,9996.

В проекции УТМ может использоваться как левая система координат (ось  $x$  направлена на север, ось  $y$  - на восток), так и правая (ось  $x$  идет на восток, ось  $y$  - на север).

При решении других задач (как правило, не топогеодезических) используются разные картографические проекции.

## Глава 3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ СОЗДАНИИ ГИС

### 3.1. Исходные и унифицированные данные

Для описания объектов реального мира нужна информация об их свойствах и характеристиках. Эту задачу решают технологии сбора информации.

По способу получения данные в геоинформатике подразделяют на *первичные* и *вторичные*.

**Первичные данные** – получают измерениями или наблюдениями непосредственно на исходном объекте. Первичные данные могут представлять собой некие наборы (например, записи в полевом журнале) или первичные модели (например, исходный снимок объекта).

**Вторичные данные** – это данные, которые получают на основе обработки первичных данных. Примером подобной обработки может служить решение прямой засечки по данным полевых журналов. Вторичные данные получают также из имеющихся моделей данных (например, отсканированные изображения карт, снимков).

Для упрощения процесса обработки, хранения и обмена разнородные данные приводят к единому виду, который используется при обработке информации. Такие данные называют *унифицированными*.

**Унификацией** называется процедура сведения разнородных видов данных к единому виду. В ходе унификации данных осуществляется построение единой информационной модели, которая может быть использована в интегрированной технологии или интегрированной системе.

Группа данных, которая образуют разнообразные исходные нестандартизованные данные, называют *исходными данными*.

Внутренние, стандартизованные применительно к интегрированным технологиям данные, называют *унифицированными данными*.

Первая группа служит основой при сборе информации, вторая - при обработке информации.

Поскольку исходные данные разнородны по стандартам, формам, представлению и т.д., они требуют некоей предварительной обработки для их унификации. Этот этап обработки исходных данных называют *первичной* обработкой. Его цель заключается в дополнении данных недостающей информацией, упрощении, исключение избыточности, анализе погрешностей, устранение или уменьшение погрешностей и т.п. Первичная обработка дополняет унификацию. Унификация по существу не изменяет информативность совокупности данных, а сводит их в информационную основу. При необходимости первичная обработка осуществляет анализ и изменяет информативность.

### **3.2. Основные характеристики пространственных объектов**

Объекты реального мира, изучаемые в геоинформатике, имеют три основных типа характеристик: пространственные, временные и тематические.

**Пространственные характеристики** определяют положение объекта в заранее определенной системе координат. Традиционно связывают пространственное описание с координатными системами. Такой тип данных называют позиционным, поскольку он отражает ту часть информации об объектах, которая определяет (позиционирует) их положение на земной поверхности или в некоей заданной системе координат [1,19].

Основное требование к пространственным данным - точность. Это означает, что пространственные характеристики с требуемой точностью определяют положение объекта в системе координат и относительно других объектов.

**Временные характеристики** используются для того, чтобы указать время получения информации, накапливать временные ряды данных и иметь возможность исследовать протекание процессов и явлений с течением времени. Эти характеристики показывают зависимость изменения свойств объекта с течением времени.

Основное требование к временным данным - актуальность. Это означает, что данные можно использовать для обработки. Неактуальные данные это устаревшие данные, которые нельзя применять в новых изменившихся условиях.

**Тематические характеристики** описывают свойства объекта, не относящиеся к пространственным и временным. К ним относятся статистические, экономические, технические, организационные, управленческие и прочие виды данных. Основное требование к тематическим данным - полнота, которая определяется достаточностью для решения практических задач и нет необходимости проводить дополнительный сбор данных.

Ряд геоинформационных технологий в качестве позиционных данных использует координатные данные, отчего этот класс данных называют *координатным*. В других технологиях этот класс данных определяют как *позици-*

онный. Эти термины следует считать синонимами в указанном смысле. Для определения параметров времени и тематической направленности применяют другой класс данных, называемый *атрибутами*.

Информационная модель - это объединяющая модель. Она включает всю информацию, получаемую при использовании разных технологий сбора. Следует иметь в виду, что информационная модель получается на основе первичной обработки исходных данных и ее особенностью является то, что она включает новый класс данных, который при сборе информации в явном виде не присутствует. Это ассоциативные данные.

*Ассоциативные данные (или связи)* служат для связи позиционных данных с атрибутивными. Можно сказать, что ассоциативные данные связывают пространственные характеристики объектов с тематическими в единую систему. Ассоциативные данные превращают наборы независимых данных в систему связанных данных.

В теории баз данных такие данные называют метаданными [1]. Они являются вспомогательными и незаметными («прозрачными») для пользователя. Из этого следует, что в процессе работы пользователь, обрабатывающий уже созданные наборы пространственно-временных данных не видит ассоциативные данные и не обязан их обрабатывать.

Ассоциативная связь позволяет при обработке пространственных данных получать соответствующие изменения в тематических характеристиках и наоборот. Ассоциативные данные позволяют после обработки тематической информации получать ее визуальное отображение с помощью пространственных данных, например в виде тематических карт.

Примером использования ассоциированных данных может служить технология обработки данных в системе электронных таблиц Excel. Например, в этой системе можно создать следующую информационную совокупность:

- исходные табличные данные на одних листах;
- результаты обработки этих данных на других листах;
- деловая графика, по результатам обработки на третьих листах. Если изменить исходные данные, то автоматически изменятся результаты обработки и графика, причем пользователь никаких действий для этого не сделает. Это пример ассоциативных связей.

Таким образом, информационная модель в геоинформатике содержит два основных класса данных: позиционный и атрибутивный, а также вспомогательный класс ассоциативных данных.

### 3.3. Форма и формат данных

Данные могут собираться с помощью различных технологий из различных источников. Общими характеристиками для всех данных будут формат, форма представления.

**Формат данных** – это способ их кодирования для обработки на компьютере. Обычно формат задается используемыми программными средствами. Преобразование данных одного формата в другой формат без изменения информативности осуществляется с помощью специальных программ – *конвертеров*.

**Форма представления данных** определяется способом их визуального представления. Она различна для координатных и атрибутивных данных.

Координатные данные могут иметь табличную, и графическую **формы** представления.

**Табличное представление** означает, что данные хранятся и представляются в виде таблиц.

**Графическое представление** означает, что данные можно представить в виде объектов компьютерной графики, которые с использованием технических средств можно преобразовать в бумажный оригинал.

Графические данные, служат основой визуального анализа и представления информации [ ]. Графические данные могут иметь векторное или растровое представление.

**Векторное представление или векторная модель данных** – это цифровое представление точечных, линейных и полигональных пространственных объектов в виде набора координатных пар с описанием только геометрии объекта.

В свою очередь, векторные данные могут содержать информацию о топологии объектов или не содержать.

Топология определяет наличие связей между пространственными объектами и ее тип. Например, при слиянии двух рек имеет место один вид топологической связи, а при пересечении улиц другой. Кроме того, две дороги могут пересекаться, а могут проходить одна над другой.

При векторной нетопологической форме представления объект отвечает на вопрос: «Где находится объект?», в то время как векторная топологическая форма представления отвечает на вопросы:

«Где находится объект и какие связи с другими объектами он имеет?».

При хранении в ГИС векторные данные должны обязательно иметь топологические характеристики. Определение топологии осуществляется либо непосредственно при сборе метрической информации, либо после сбора на основе дополнительного анализа и ввода этой информации.

**Растровое представление или растровая модель данных** – это цифровое представление пространственных объектов в виде совокупности ячеек растра (пикселей) с присвоенным им значениями класса объекта. Растровые данные, как правило, представляют собой изображения и отображают *матрицу данных*.

Особо следует подчеркнуть, что различия между векторными и растровыми формами представления данных характерны именно для геоинформатики.

Для векторных данных в геоинформатике характерно отображение геоинформационных *объектов*. По этой причине геоинформационные системы, использующие в качестве основного источника информации векторные данные, называют еще *объектными*.

Растровые данные получают чаще всего при сканировании. При сборе данных растровую форму переводят в векторную. Таким образом, преобразование растровой формы в векторную означает переход от полевого представления данных к объектному.

При переходе от растровой формы к векторной осуществляется *селекция* (выбор данных определенного типа) и существенное (в 100-1000 раз) *сжатие* информации, но с сохранением информативности интересующих объектов.

Растрово-векторное преобразование (векторизация) применяется при интерпретации сканированных аэрокосмических изображений (выделения и оконтуривания на них однородных областей), в методах дигитализации цифровых растровых картографических изображений, при обработке данных, полученных с цифровых фотокамер и т.п. [1,13]

Форма представления данных имеется как у позиционных, так и у атрибутивных данных. Для атрибутивных данных она носит описательный характер и определяется типом выбранной структуры и модели хранения этих данных.

*В общем случае имеет место 5 форм представления атрибутивных данных:*

- аналитическая (формулы, функции)
- графовая (структурированные схемы);
- графическая (графики, рисунки)
- табличная (совокупность таблиц);
- текстовая (тексты).

Наиболее часто атрибутивные данные имеют табличную форму представления. Атрибуты, соответствующие тематическим данным, определяют различные признаки объектов. Таблица, содержащая атрибуты объектов, называется таблицей атрибутов. В ней каждому объекту соответствует строка таблицы, каждому тематическому признаку – столбец таблицы.

Использование таблиц продиктовано тем, что таблица является основной информационной моделью в реляционных базах данных.

### **3.4. Основные технологии сбора данных**

В геоинформатике используются данные, получаемые в различных технологиях [ ]:

- в полевых условиях геодезическими (полевыми) методами;
- с помощью системы глобального позиционирования GPS;
- с помощью средств и технологий дистанционного зондирования;

- с карт (географические, тематические, специальные и т.п.); •
- по сети Интернет;
- из баз данных или из архивов;
- из других ГИС;
- с помощью средств мультимедиа.

Материалы дистанционного зондирования обрабатывают либо на специальных аналитических приборах, либо сканируют с последующей обработкой и выделением полезной информации.

Геодезические данные поступают на основе полевых измерений или данных получаемых с систем позиционирования (GPS). Возможно поступление данных по сети Интернет. Картографическая информация поступает на основе дигитализации или на основе цифровых картографических данных, уже хранящихся в других ГИС.

В настоящее время для ввода информации как дополнение к другим источникам информации все шире используют видеосъемку. Кроме того, при вводе информации используют архивы данных, которые чаще всего хранятся в базах данных.

### **Системы сбора полевой информации**

Полевая съемка непосредственно на местности определяет истинное горизонтальное и вертикальное положение объектов. При этом способе сбора информации осуществляют измерения: улов и расстояний.

Для съемки используют специальные геодезические инструменты (теодолиты, нивелиры и др.). По завершению полевых работ данные фиксируются либо в специальных полевых журналах, либо на устройствах автоматизированной регистрации в закодированном виде.

Эта информация, как было отмечено выше, называется исходной и требует первичной обработки и унификации.

При сборе полевой информации используют технологию, позволяющую уменьшать и даже исключать процесс предварительной (первичной) обработки полевых измерений перед вводом их в топографическую базу данных.

Такую автоматизированную технологию называют "сквозной". Она включает полностью автоматизированный процесс обработки геодезических измерений от полевых работ до данных цифровой модели (без записей в полевые журналы). Применение сквозной технологии возможно при использовании специальных геодезических приборов, оборудованных миникомпьютерами или вычислительными системами.

С помощью таких приборов (например, электронных тахеометров) наряду с процессом измерений проводят первичную обработку и унификацию данных.

## Системы глобального позиционирования

**Технология глобального позиционирования GPS.** Одной из эффективных технологий сбора данных в геоинформатике является технология глобального позиционирования GPS. Определение данной системы переводится как глобальная система определения местоположения (позиционирования).

Система глобального позиционирования (GPS) является новой информационной технологией точного определения положения объектов на земной поверхности. Положение рассчитывается по сигналам, поступающим с серии искусственных спутников Земли (ИСЗ) NAVSTAR. В основе системы заложено использование 24 спутников Земли, находящихся на околоземных орбитах на большой высоте. Спутники расположены так, чтобы была возможность определения местоположения в любой точке Земли в течении 24 часов. Погрешность определения может составлять около 6-10 метров, а в дифференциальном режиме до одного сантиметра.

Основой определения местоположения служат специальные приемники, действие которых опирается на точные данные об орбитах спутников. Приемник с небольшой антенной способен определять свое положение в трехмерном пространстве с интервалом от 1 часа до менее 1 сек, в зависимости от используемого метода.

Система глобального позиционирования создана и применяется Вооруженными силами США, однако по специальному соглашению она доступна и для гражданских организаций.

GPS обладают большим потенциалом и возможностями для интеграции с другими геоинформационными технологиями. В частности, для задач крупномасштабных съемок приходится выполнять большой объем геодезических измерений. Решение этой задачи эффективно осуществляется с применением системы GPS. Она позволяет решить задачи создания геодезического обоснования кадастровых планов и определения координат точек контуров (включающих границы земельных участков) и т.п.

**Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС)** – советская и российская спутниковая система навигации, разработана по заказу Министерства обороны СССР. Основой системы должны являться 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трёх орбитальных плоскостях с наклоном  $64,8^\circ$  и высотой 19 100 км. Принцип измерения аналогичен американской системе навигации NAVSTAR GPS. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС предназначена для определения местоположения, скорости движения, а также точного времени морских, воздушных, сухопутных и других видов потребителей.

### Состав системы ГЛОНАСС

Система ГЛОНАСС состоит из трех подсистем:

- подсистемы космических аппаратов (ПКА);
- подсистемы контроля и управления (ПКУ);
- навигационной аппаратуры потребителей (НАП).

Подсистема космических аппаратов системы ГЛОНАСС состоит из 24-х спутников, находящихся на круговых орбитах высотой 19100 км, наклонением  $64,8^\circ$  и периодом обращения 11 часов 15 минут в трех орбитальных плоскостях. Орбитальные плоскости разнесены по долготе на  $120^\circ$ . В каждой орбитальной плоскости размещаются по 8 спутников с равномерным сдвигом по аргументу широты  $45^\circ$ . Кроме этого, в плоскостях положение спутников сдвинуты относительно друг друга по аргументу широты на  $15^\circ$ . Такая конфигурация ПКА позволяет обеспечить непрерывное и глобальное покрытие земной поверхности и околоземного пространства навигационным полем.

Подсистема контроля и управления состоит из Центра управления системой ГЛОНАСС и сети станций измерения, управления и контроля, расщелоточенной по всей территории России. В задачи ПКУ входит контроль правильности функционирования ПКА, непрерывное уточнение параметров орбит и выдача на спутники временных программ, команд управления и навигационной информации.

Навигационная аппаратура потребителей состоит из навигационных приемников и устройств обработки, предназначенных для приема навигационных сигналов спутников ГЛОНАСС и вычисления собственных координат, скорости и времени.

### **Принципы работы**

Принцип определения позиции аналогичен американской системе NAVSTAR. Первый спутник ГЛОНАСС был выведен на орбиту 12 октября 1982 года. 24 сентября 1993 года система была официально принята в эксплуатацию. Спутники системы ГЛОНАСС непрерывно излучают навигационные сигналы двух типов: навигационный сигнал стандартной точности (СТ) в диапазоне L1 (1,6 ГГц) и навигационный сигнал высокой точности (ВТ) в диапазонах L1 и L2 (1,2 ГГц). Информация, предоставляемая навигационным сигналом СТ, доступна всем потребителям на постоянной и глобальной основе и обеспечивает, при использовании приемников ГЛОНАСС, возможность определения:

- горизонтальных координат;
- вертикальных координат;
- составляющих вектора скорости;
- точного времени.

Точности определения можно значительно улучшить, если использовать дифференциальный метод навигации и/или дополнительные специальные методы измерений.

Для определения пространственных координат и точного времени требуется принять и обработать навигационные сигналы не менее чем от 4-х спутников ГЛОНАСС. При приеме навигационных радиосигналов ГЛОНАСС приемник, используя известные радиотехнические методы, измеряет дальности до видимых спутников и измеряет скорости их движения.

Одновременно с проведением измерений в приемнике выполняется автоматическая обработка содержащихся в каждом навигационном радиосигнале меток времени и цифровой информации. Цифровая информация описывает положение данного спутника в пространстве и времени (эфемериды) относительно единой для системы шкалы времени и в геоцентрической связанной декартовой системе координат. Кроме того, цифровая информация описывает положение других спутников системы (альманах) в виде кеплеровских элементов их орбит и содержит некоторые другие параметры. Результаты измерений и принятая цифровая информация являются исходными данными для решения навигационной задачи по определению координат и параметров движения. Навигационная задача решается автоматически в вычислительном устройстве приемника, при этом используется известный метод наименьших квадратов. В результате решения определяются три координаты местоположения потребителя, скорость его движения и осуществляется привязка шкалы времени потребителя к высокоточной шкале Универсального координированного времени (UTC).

### **Запуски**

- 25 декабря 2005 с космодрома «Байконур» на орбиту ракетой-носителем «Протон-К» были запущены один спутник «ГЛОНАСС» и два спутника «ГЛОНАСС-М» с увеличенным ресурсом эксплуатации.

- 26 декабря 2006 состоялся вывод на орбиту ракетой-носителем «Протон-К» трех спутников «ГЛОНАСС-М».

- 26 октября 2007 ракета-носитель «Протон-К» стартовала с «Байконура» и вывела на околоземную орбиту три модифицированных спутника «ГЛОНАСС-М».

- 25 декабря 2007 с космодрома «Байконур» стартовала ракета-носитель «Протон-М» и вывела на орбиту три спутника «ГЛОНАСС-М». Одновременно 4 спутника, запущенные в 2001-2003 годах, были выведены из группировки.

- 25 сентября 2008 запуск ракеты-носителя «Протон» с тремя спутниками «ГЛОНАСС-М», 1 спутник, запущенный ранее - на этапе вывода из состава ОГ.

- 25 декабря 2008 после успешного пуска с космодрома «Байконур» ракеты-носителя «Протон-М» 3 космических аппарата «ГЛОНАСС-М» успешно отделились от разгонного блока и начали автономный полет.

**В настоящее время** орбитальная группировка ГЛОНАСС состоит из 19 спутников, полная группировка в составе 24-х спутников в соответствии с **федеральной целевой программой «Глобальная навигационная система»** должна быть развернута в 2010 году.

В настоящее время состав орбитальной группировки еще не обеспечивает 100-процентную доступность услуг ГЛОНАСС на территории страны, однако количество видимых над горизонтом в России спутников ГЛОНАСС, как правило, равняется трем или более. По заявлениям продав-

цов навигационного прибора GloSpace, для определения местоположения достаточно трех видимых спутников ГЛОНАСС, а четвертый дает уточнение о высоте. Отсюда нетрудно сделать вывод, что для ориентирования наземных пользователей (автоводителей, грибников, туристов и т. п.) система вполне пригодна прямо сейчас, хотя при самолетовождении еще могут возникать определенные трудности.

Спутники «ГЛОНАСС-М» в составе орбитальной группировки будут находиться, как минимум, до 2015 года. Летные испытания негерметичных спутников нового поколения «ГЛОНАСС-К» с улучшенными характеристиками (увеличенным до 10 лет гарантийным сроком и третьей частотой L-диапазона для гражданских потребителей) должны начаться в 2010 году. Этот спутник будет вдвое легче своего предшественника (примерно 850 кг против 1415 кг у «Глонасс-М»).

В дальнейшем, после развертывания орбитальной группировки из 24-х космических аппаратов, для ее поддержания потребуется делать по одному групповому пуску в год двух КА «ГЛОНАСС-К» на носителе «Союз», что существенно снизит эксплуатационные расходы.

С 1 января 2006 г. все вновь вводимые в эксплуатацию транспортные средства, включая самолеты, суда, наземный транспорт, геодезическое оборудование и космические аппараты, — должны в обязательном порядке оснащаться аппаратурой спутниковой навигации отечественной системы ГЛОНАСС или комбинированными приемниками ГЛОНАСС/ GPS. Согласно постановлению правительства РФ от 9 июня 2005 г. приемниками ГЛОНАСС должны быть оборудованы находящиеся в эксплуатации транспортные средства. По мнению представителей «Роскосмоса», эти меры являются разумными и призваны защитить отечественный рынок пользовательской аппаратуры глобальной спутниковой навигации.

### 3.5 Картографические данные

Длительное время картографические данные служили основным источником данных для ГИС. Карта как информационный носитель выполняет две функции:

- позиционную (дает информацию о точном расположении объекта, о его размерах);
- атрибутивную (информирует о типе, виде, классе объекта, показывает топологические свойства объектов, их отношений и т.п.).

Рассмотрим упрощенную классификацию карт [1].

*1. Общегеографические карты.* Топографические (масштаб 1:200 000 и крупнее), обзорно-топографические (мельче 1:200 000 до 1 000 000 включительно) и обзорные (мельче 1:1 000 000) карты содержат разнообразные сведения о рельефе, гидрографии, почвенно-растительном покрове, населенных пунктах, хозяйственных объектах, путях сообщения, линиях коммуникации, границах. В геоинформатике эти карты служат для двух целей - полу-

чение информации об указанных объектах местности и их привязка. К этой же группе источников можно отнести фотокарты и космофотокарты - полиграфические оттиски с фотопланов, составленных по результатам аэро- или космической съемки, с нанесенными на них горизонталями и другой картографической нагрузкой, обычной для общегеографических карт. Применение фотокарт в качестве источников данных открывает возможности непосредственного использования для этой цели цифровых моделей местности, создаваемых в процессе фотограмметрической обработки дистанционных изображений.

*II. Карты природы.* Это наиболее разнообразная по тематике группа карт, включающая карты геологического строения и ресурсов недр, геофизические, рельефа земной поверхности и дна океанов, метеорологические и климатические, гидрологические и океанографические, почвенные, лесные, геоботанические, зоогеографические, медико-географические, ландшафтные и общие физико-географические, охраны природы.

Группу карт рельефа составляют гипсометрические, морфометрические: углы наклона местности, экспозиция склонов, горизонтальное и вертикальное расчленение рельефа и др., геоморфологические карты.

Тематика климатических карт очень разнообразна. Сюда входят характеристики климатообразующих факторов, карты термического и ветрового режима, режима увлажнения, атмосферных явлений, прикладные синтетические и комплексные карты, например агроклиматические, био-климатические и др. Менее традиционны карты оледенения, лавин, мерзлоты. Карты поверхностных вод подразделяются на гидрографические, водного режима (годовой, сезонный, месячный, максимальный и минимальный сток, внутригодовое распределение стока и др.), ледового режима, отдельных гидрологических явлений (половодий, межени, паводков, наводнений), характеристик стока (твердый сток, гидрохимия, температуры), оценок поверхностных вод (водного баланса, ресурсов и др.).

Среди карт почв и земельных ресурсов основной является типологическая почвенная карта, отображающая генетическую характеристику почв, их механический состав и почвообразующие породы. В зависимости от специфики территории создаются карты эрозии, засоления почв и др. При характеристике растительного покрова отображаются современный растительный покров (на фоне коренного), леса, естественные кормовые угодья.

*В лесном хозяйстве* базовая планово-картографическая информация формируется в процессе лесоустроительных работ и включает планшеты, планы лесонасаждений, схемы лесхозов, лесопожарные карты. Во время лесопатологических обследований создаются специальные тематические карты. Все эти планово-картографические материалы используют при создании ГИС лесного хозяйства.

Для классификации карт животного мира рекомендуется выделять карты животного населения, зоогеографические, животных ресурсов и форм их использования, охраны и обогащения животного мира. Создаются ланд-

шафтные карты и карты физико-географического районирования. К этой же группе можно отнести космические тематические карты.

### *III. Карты народонаселения.*

*IV. Карты экономики.* Данный класс карт наиболее обширен и разнообразен среди карт социально-экономической тематики. Здесь, прежде всего, выделяют карты промышленности с подразделением на добывающую и обрабатывающую или более детально по каждой отрасли промышленности (нефтяная, угольная, пищевая, лесная, металлообрабатывающая, химическая и др.). Еще более многочисленны карты сельского хозяйства. Карты транспорта отображают разнообразные проявления деятельности всех разновидностей транспорта (автомобильного, железнодорожного и т.д.), а также дают их общую комплексную характеристику. На картах изображаются средства связи. Реже встречаются специальные карты торговли и финансов. Логическим завершением блока экономики являются общеэкономические карты.

*V. Карты науки, подготовки кадров, обслуживания населения.* Данный класс карт связан как с картами народонаселения, так и экономики

Кроме того, выделяются карты образования, науки, культуры, здравоохранения, физкультуры и спорта, бытового и коммунального обслуживания, туризма и т.д. [ ]. Отдельно – политические, административные и исторические карты.

Следует отметить особую роль серий карт и комплексных атласов, где сведения приводятся в единообразной, систематизированной, взаимно согласованной форме: по проекции, масштабу, степени генерализации, современности, достоверности и другим параметрам. Такие наборы карт особенно удобны для создания тематических баз данных в геоинформационных системах.

## ***Методы ввода картографической информации***

Применяют два основных метода ввода картографической информации – **сканерный и дигитайзерный**. Соответственно, технологии сбора картографических данных называют сканерной и технологией дигитализации (цифрования).

В настоящее время в основном используется сканерная технология ввода картографической информации.

**Сканерная технология** основана на считывании карты, или другого бумажного графического документа с помощью специального считывающего устройства, называемого сканером. Она, в противоположность технологии дигитализации, создает цифровую карту путем уменьшения исходного большого физического объема файла, который образуется после сканирования.

Сканерная технология ввода картографической информации включает следующие этапы:

- карта или другой документ (снимок, чертеж) сканируются при помощи планшетного или при помощи барабанного сканера, в результате получают растровый образ отсканированного документа;
- осуществляют геометрическую коррекцию полученного растрового изображения;
- выбирают координаты контрольных точек (широта и долгота, плоские координаты, топографическая сетка) из каталога или другого источника;
- *в ручном режиме с помощью дисплея и мыши для каждого листа карты оцифровываются три контрольные точки или больше, если этого требует точность или выбираемая базовая картографическая проекция;*
- рассчитывают формулы преобразований из системы координат сканированного изображения в систему координат карты или чертежа;
- осуществляют векторизацию (перевод из растровой формы представления в векторную) в ручном, полуавтоматическом или автоматическом режиме;
- редактируют результаты векторизации в интерактивном режиме;
- записывают результаты обработки в базу данных. Сканерная технология допускает возможность применения теории распознавания образов при автоматической векторизации. Это особенно выгодно при обработке карт, на которых имеется много стандартизованных образов, например, условные знаки. Поэтому производительность сканерной технологии намного выше именно при вводе картографической информации, что в первую очередь определяется качеством автоматической векторизации.

### ***Картографические знаки и особенности их применения***

Практически на любой карте можно выделить три группы (слоя) знаков, образующих три относительно самостоятельные подсистемы:

- геометрические линии, точки, полигоны;
- графические знаки разных форм размеров, цветов (штриховки), которые объясняют содержание карты;
- географические названия и пояснения некоторых характеристик объектов на карте.

Сочетание в целостном графическом изображении перечисленных трёх групп знаков, подчиняющееся строго определённым правилам, образует стандартную карту.

Введение единой системы пространственных координат, единых масштабов, проекций и разграфки карт, единых систем знаков для широкого спектра государственных (базовых) карт может быть сопоставлено с такими значительными действиями, как переход к единой системе мер и даже к единому алфавиту. При выполнении крупных международных картографических проектов также накоплен большой опыт унификации знаков карт. Примером тому служат единые знаки для общегеографических карт мира масштаба 1:1 000 000 и 1:2 500 000, международных полётных и морских карт.

*Для лесных карт разработаны специальные отраслевые стандарты. Еще в 1999 г. были утверждены Требования к лесным электронным картам, совмещенным таксационным и картографическим базам данных [19]. Лесоустроительной инструкцией [2] предусмотрены требования к картографическим работам при лесоустройстве. Эти требования в обязательном порядке соблюдаются и при формировании лесных карт в среде ГИС.*

Для большинства остальных карт, как правило, единых знаков не существует. Каждый раз при составлении новой карты её автор разрабатывает заново графические знаки, опираясь при этом на грамматические правила языка карты, существующие традиции, интуицию и стремясь также достичь высокой художественной выразительности и наглядности картографического изображения.

Перечень всех графических обозначений (знаков), встречающихся на карте, с краткими к ним объяснениями обычно помещается на полях карты или на свободных местах внутри её рамки. Этот перечень называется *легендой карты*, и служит ключом для раскрытия её содержания, своеобразным словарём, помогающим прочтению карты.

Графические знаки – составная часть языка карт. С их помощью обеспечивается отображение в картах любых объектов, информации о том, что они собой представляют, каковы их качественные и количественные характеристики, как они действуют. Графические знаки и их сочетания – это и «буквы», и «слова», и «предложения» карты-текста.

Но графические знаки, расположенные согласно определённым правилам, – это ещё не карта. Превращение графических знаков в карту происходит только после определённого их размещения в поле карты в соответствии с положением обозначаемых ими объектов относительно заданной сети географических координат. Географическая сетка меридианов и параллелей вместе с геометрическими линиями, точками и полигонами – контурами географических объектов – создают «скелет» карты, её собственно картографическую (пространственную) составляющую. Функция этой картографической основы – отразить размещение объектов картографирования относительно избранной системы отсчёта координат, их взаимное положение, пространственную форму и ориентацию. Соединение графических знаков с соответствующими геометрическими элементами, выражающими положение географических объектов на картографической основе, образует географическую карту.

Современные географические карты обычно дополняются, как уже говорилось, знаками письма – географическими названиями (именами) пояснительными подписями, которые сообщают более подробные сведения об изображённых на карте объектах и явлениях. На картах помещаются географические названия населённых пункта), рек, озёр, проливов, заливов, островов, горных хребтов и т.д.).

Пояснительные подписи передают наименования объектов часто в сокращённой (форме: шах. – шахты, оз. – озеро, вдхр. – водохранилище. Некоторые подписи дают качественную или количественную характеристику объектов: высоту горы, скорость течения воды в реках, качество воды в озёрах (солёное или горько-солёное) и т.п.

Описанные языковые слои (подсистемы знаков) дают ключ к пониманию устройства и функционирования языка карт.

Точными и подробными картами являются топографические карты и планы, составляемые в масштабах 1:1 000 000 и крупнее. В России топографические планы составляются в масштабах 1:500, 1:1000; 1:2000; 1:5000, а топографические карты – в следующих масштабах:

- < 1:10 000;
- 1:25 000;
- 1:50 000;
- 1:100 000;
- 1:200 000;
- 1:500 000;
- 1:1 000 000.

Топографические карты и планы имеют единую унифицированную систему условных знаков. В её основе лежат следующие положения:

- каждому графическому знаку всегда соответствует определённый тип объекта или явления;
- каждый графический знак имеет свой чёткий рисунок, отличающийся от других;
- на картах разных, но близких масштабов графические знаки одних и тех же объектов отличаются, как правило, только размерами;
- в рисунках графических знаков используются приёмы и средства, обеспечивающие воспроизведение профиля или внешнего вида соответствующих объектов на земной поверхности, способствующие установлению ассоциативной связи знака и объекта [1].

В сводах-таблицах знаков топографических карт и планов (словарях) они располагаются в определённой последовательности по следующим группам:

- геодезические пункты;
- населённые пункты и отдельные строения;
- промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты;
- железные дороги и сооружения при них;
- шоссейные и грунтовые дороги;
- гидрография;
- гидротехнические объекты и объекты водного транспорта; объекты водоснабжения;

- рельеф;
- растительность;
- грунты и микроформы земной поверхности.

Правила использования графических знаков для обозначения объектов и явлений, сочетания условных знаков, преобразования одних знаков в другие, картографической генерализации составляют важные разделы грамматики языка карты.

В учебниках по картографии обычно выделяют 10 способов формирования композиций знаков картографических изображений, которые можно сравнить с формулами правильного выражения смысла языковыми картографическими средствами.

▪Способ *значков* применяется для указания местоположения объектов, не выражающихся в масштабе карты (на топографических картах – это, например, значки отдельно стоящих деревьев, шахт, церквей, домов и т.п., на мелкомасштабных картах – значки месторождений полезных ископаемых, населённых пунктов, туристских объектов и др.). По своей форме значки могут быть *геометрическими* (круги, квадраты, треугольники, прямоугольники, в том числе структурные, изменяющихся размеров и т.п.), *буквенными* (одна или две буквы названия изображаемого объекта или явления) и *картинными*, напоминающими рисунком обозначаемые объекты. В любом случае смысл состоит в указании пространственной локализации объектов относительно избранной системы отсчёта и их взаимного положения.

▪Способ *линейных знаков* используется для передачи объектов и явлений линейного протяжения, не выражающихся по своей ширине в масштабе карты (например, для рек, дорог, границ).

▪Способ *изолиний* предназначен для характеристики рельефа Земли и других явлений сплошного распространения по земной поверхности, имеющих числовое (количественное) выражение, – температура, осадки, давление и т.п. Изолиниями (от *грек.* «изос» – равный, одинаковый) при этом называются кривые, соединяющие точки с ОДЕ' знаковым количественным (числовым) значением. В зависимости от того, какое явление характеризуют изолинии (высоту рельефа, температуру воздуха, количество осадков, атмосферное давление, скорость ветра и т.п.), они будут называться по-разному *изотермы* (от *грек.* «терме» – теплота) – линии, соединяющие на карте точки с одинаковыми температурами; *изогиеты* (от *грек.* «гиетос» – дождь) – линии, соединяющие точки с одинаковым количеством осадков; *изобары* (от *грек.* «барос» – тяжесть) – линии, соединяющие точки с одинаковым атмосферным давлением; *изогипсы* (от греческого «гипсос» – высота), или *горизонталы*, – линии, соединяющие точки земной поверхности с одинаковой высотой; *изотахи* (от *грек.* «тахос» – скорость) – линии, соединяющие точки с одинаковой скоростью ветра, и т.п.

▪ Способ *качественного фона* применяют для выделения однородных в качественном отношении участков земной поверхности по природным, со-

циально-экономическим или политико-административным признакам. Способом качественного фона, например, показываются государства на политической карте мира или районы на картах административного деления областей, краёв и республик, возраст горных пород на геологической карте, типы растительности на карте растительности и т.п.

- Способ *локализованных диаграмм* используют для отображения каких-либо количественных характеристик явлений сплошного распространения в конкретных точках (пунктах), например годовой ход температуры, количество осадков по месяцам или роза ветров по метеорологическим станциям.

- *Точечный способ* применяют для показа массовых явлений, рассредоточенных по территории (населения, посевных или орошаемых площадей, поголовья скота и др.). При этом некоторое количество объектов (единиц) картографируемых явлений обозначается фигурками (обычно точками-кружками одинакового размера, определяемого в соответствии с этим количеством). В результате получается наглядная пластичная картина размещения явления, на которой выделяются места его концентрации и рассеяния. По числу точек можно определять размеры (количество объектов) явления.

- Способ *ареалов* применяют для отображения области распространения какого-либо явления (не сплошного по полю карты), например растений, животных и т.п. Графическое оформление границы и площади контура ареала может быть самым разнообразным, что даёт возможность многогранной характеристики явления.

- Способ *знаков движения* предназначен для показа различных пространственных перемещений (перелётов птиц, маршрутов путешествий, миграций населения, перевозки грузов, морских течений и др.). В качестве графических знаков движения используются векторы (стрелки) и ленты (полосы). С помощью стрелок и лент можно показать путь, способ, направление и скорость перемещения явления, а также некоторые другие характеристики (мощность и интенсивность потоков).

- Способ *картодиаграммы* обычно используется для показа в виде диаграмм количественных (статистических) характеристик явлений в пределах отдельных территориальных единиц. Способ широко применяется при анализе и обработке статистическо-экономических показателей, таких, например, как объём производства, запасы древесины, структура земельного фонда и т.п.

- Способ *картограммы* применяют, как правило, для сравнения относительных показателей (и интенсивности) какого-либо явления, приуроченных к каким-либо территориальным единицам в целом. Таким способом, например, показывают среднюю плотность населения на  $1 \text{ км}^2$  по административным единицам, среднюю лесистость областей и т.п. Этот способ, как и предыдущий, широко используется при анализе статистических показателей [ ].

В самих способах картографического отображения заключены сведения о том, для картографирования каких объектов и явлений они могут применяться, каковы их возможные и наилучшие сочетания при выражении того или иного содержания карт. Некоторые способы изображения вообще не могут комбинироваться в одной карте. Например, точечный способ не сочетается в одной карте со способами значков и картограммы. С картограммой, наоборот, хорошо сочетаются способы значков и картодиаграммы и т.п.

**Картографическая генерализация** – большой раздел грамматики языка карты. Под картографической генерализацией понимается процесс отбора и обобщения изображаемых на карте объектов и явлений по определённым правилам с учётом назначения и масштаба карты, а также особенностей картографируемой территории. Другими словами, картографическая генерализация состоит в использовании подходящих графических знаков, их упорядочении на карте, что должно позволить читателю увидеть за их графическими формами главные типические черты и характерные особенности отображаемых объектов и явлений без затеняющих деталей.

Картографическая генерализация необходима и осуществляется при создании карт любого масштаба, в том числе самого крупного. Она применяется и тогда, когда назначение вновь создаваемых карт требует существенного обобщения (и упрощения) их содержания по сравнению с исходными картами в том же масштабе. Например, при создании настенных учебных карт необходима наглядность, т.е. упрощение изображения, укрупнённость условных знаков и шрифтов, большая яркость красок, чем для настольных карт, что объясняется условиями использования карт в классе на значительном расстоянии при их демонстрации.

Основные приёмы генерализации включают отбор объектов и характеристик, обобщение их качественных и количественных признаков, упрощение, или схематизацию, контуров.

**Отбор** картографируемых явлений состоит в исключении с карты основы тех элементов, которые представляются излишними и ненужными на вновь создаваемой карте. Сохраняются только те элементы, которые существенны для раскрытия содержания карты, соответствуют её назначению и масштабу. Иногда при этом вводят ценз отбора, т.е. устанавливают количественные или качественные границы отбора. Например, на политической карте мира можно показать только столицы государств (ценз отбора – столицы), можно показать и все города с населением более 1 млн человек и т.п.

**Обобщение** количественных и качественных признаков заключается в менее подробном показе различий объектов, укрупнении интервалов шкал измерения величин показателей, а также сокращении качественных различий объектов.

**Упрощение контуров** – это схематизация геометрических очертаний (контуров) объектов и явлений, изображаемых на карте при сохранении существенных и необходимых особенностей форм и взаимного положения картографируемых объектов и их частей. Чем мельче масштаб создаваемой

карты, тем больше упрощаются контуры, в крайнем случае, осуществляется замена контура объекта немасштабным знаком, например кружочком.

При формировании цифровых карт в пространственных базах данных ГИС процедура генерализации может выполняться автоматически, путем формирования укрупненных контуров и поглощения мелких, при этом можно задавать определенные параметры, обеспечивающие заданную генерализацию. Уровень генерализации цифровых карт определяется также выбранным масштабом.

Особый вид данных, используемых при создании геоинформационных проектов – данные дистанционного зондирования. Рассмотрим особенности сбора, ввода, обработки этого вида данных с целью создания ГИС более подробно.

## **Глава 4. ДАННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС**

### **4.1. Специфика использования различных данных дистанционного зондирования в среде географических информационных систем**

#### *Методы сбора данных дистанционного зондирования*

Аэроснимки и космические снимки как источники данных в геоинформатике играют существенную роль в выявлении различных природных факторов. Например, они позволяют изучать морфометрию природных систем идентифицировать антропогенную нарушенность природной среды, проводить мониторинг экологического состояния территории и т.д.

#### *Применение различных методов сбора и обработки ДДЗ в геоинформатике*

В настоящее время для съемок из космоса используются различные виды технических средств, которые включают [13]:

- системы с традиционной фотографической регистрацией изображения;
- сканирующие системы реального времени, оперативно передающие информацию на Землю по каналам связи;
- радиолокационные (радарные) съемочные системы, в том числе так называемые радары с синтетической апертурой (РСА).
- телевизионные системы;
- системы получения инфракрасных (тепловых) снимков.

#### *Принципы современного подхода к использованию ДДЗ*

▪ Вся обработка и практически все использование ДДЗ производится в цифровом виде с помощью компьютеров. Это относится даже к космическим и авиационным фотографическим системам. Даже традиционное ручное

дешифрирование ДДЗ производится с использованием компьютеров. Работа с ДДЗ сегодня – это одна из областей компьютерных технологий, а именно – геоинформационных технологий.

- Все материалы дешифрирования ДДЗ и другие получаемые из них данные готовятся для использования в составе пространственных баз данных геоинформационных систем.

- В процессе использования ДДЗ дополнительно привлекаются самые различные данные другого типа, организованные в виде баз данных ГИС. Это могут быть данные полевых обследований, различные карты, другие данные дистанционного зондирования, геофизические и геохимические поля, характеризующие те или иные природные среды и т.д. Эти данные используются непосредственно в процессе дешифрирования ДДЗ или вовлекаются в совместную обработку с ними. Дешифрирование и вообще процесс использования ДДЗ сегодня следует рассматривать не как отдельный изолированный процесс, а как часть процесса комплексной интерпретации и использования данных.

- Как правило, работа с данными ДДЗ производится не с отдельными снимками, а с виртуальной мозаикой многих кадров. В редких случаях приходится физически сливать в единую структуру данных (в один файл) многие частные изображения, занимаясь построением реальной мозаики (аналог фотоплана) на большую территорию.

- Редактирование изображения - не отдельный процесс, оторванный от процесса тематической обработки и дешифрирования ДДЗ, а подручная обработка – в процессе дешифрирования или другого использования. Ее обычно не следует выделять в отдельную стадию с четкими границами, она расплывается по всему процессу тематического использования снимка. Она выполняется, как правило, теми же специалистами, которые занимаются тематической ДДЗ.

- В основном тематическая обработка и дешифрирование ДДЗ ведется или с трансформированными и привязанными снимками в реальных координатных системах, или при установленной такой связи с реальными координатами с возможностью выполнения отложенного трансформирования.

- Картографические проекции и системы координат более не трактуются как нечто навсегда заданное для изображения; они преобразуются по мере необходимости, как для отдельных точек или объектов, так и для целого изображения ДДЗ.

- Широко применяются методы автоматизации тематической обработки, автоматизации дешифрирования, такие как методы автоматизированных классификаций, которые, однако, не рассматриваются обычно как методы получения окончательного результата, а как подручные, многократно применяемые методы получения черногового результата, как метод исследования данных. Главные и окончательные решения чаще всего принимает человек.

▪ Для комплексного анализа данных, включающих ДДЗ, часто применяются технологии экспертных систем и им подобные, объединяющие неформальные знания экспертов и формальные методы анализа.

▪ Из процесса использования ДДЗ исключен как самостоятельная стадия процесс сбора результатов дешифрирования отдельных снимков и перенос их на единую топооснову.

▪ Фотограмметрические методики, обеспечивающие выполнение точных геометрических измерений на снимках, ранее малодоступные из-за необходимости использования очень дорогого, сложного в эксплуатации и немобильного оптико-механического оборудования и высококвалифицированного персонала, сегодня, с внедрением методов цифровой фотограмметрии и, особенно, в связи с ее переходом на использование персональных компьютеров, стали доступны специалистам конкретного прикладного направления, использующим ДДЗ.

Эти тезисы в совокупности являются базой современной методологии использования ДДЗ [1].

В настоящее время профессиональные программные пакеты для обработки ДДЗ развились до такого уровня, что стали доступными для использования не только специалистами по обработке ДДЗ, математиками, программистами и операторами компьютеров. Их функциональные возможности, логичная структура, качество пользовательского интерфейса и документации делает их доступными для использования специалистами конкретных прикладных областей, использующих ДДЗ, то есть доступными непосредственно для геологов, топографов, специалистов лесного хозяйства, специалистов по охране окружающей среды, географов и т.д.

Лучшими для обработки ДДЗ в современном мире признаны программные продукты компании ERDAS, в первую очередь, семейство программных продуктов ERDAS IMAGINE, и представляют собой инструмент, отвечающий такой современной концепции использования данных дистанционного зондирования.

## **4.2. Современная технологическая схема обработки данных дистанционного зондирования**

Данные дистанционного зондирования – это пространственная, координатно привязанная информация о поверхности Земли. В связи с этим при их обработке требуется учитывать кривизну Земли, рефракцию атмосферы и др. Так как ДДЗ бывают получены с различных космических съемочных систем, то необходим учет искажений, связанных с вращением Земли. Между воспринимающим чувствительным прибором (сенсором) и объектом съемки лежит огромный слой атмосферы, поэтому требуется еще и коррекция влияния атмосферы.

Классифицировать методы обработки ДДЗ можно на основе различных подходов. Во-первых, можно говорить о *различных целях обработки*. Во-вторых, можно положить в основу классификации применение разных *математических методов*. В-третьих, можно подразделить методы на *общие (неспецифические)* и на методы, *специфичные для конкретного типа сенсора* и *специфичные для определенного типа задач* [1]. Общая типовая технологическая схема обработки ДДЗ представлена на рис. 2.

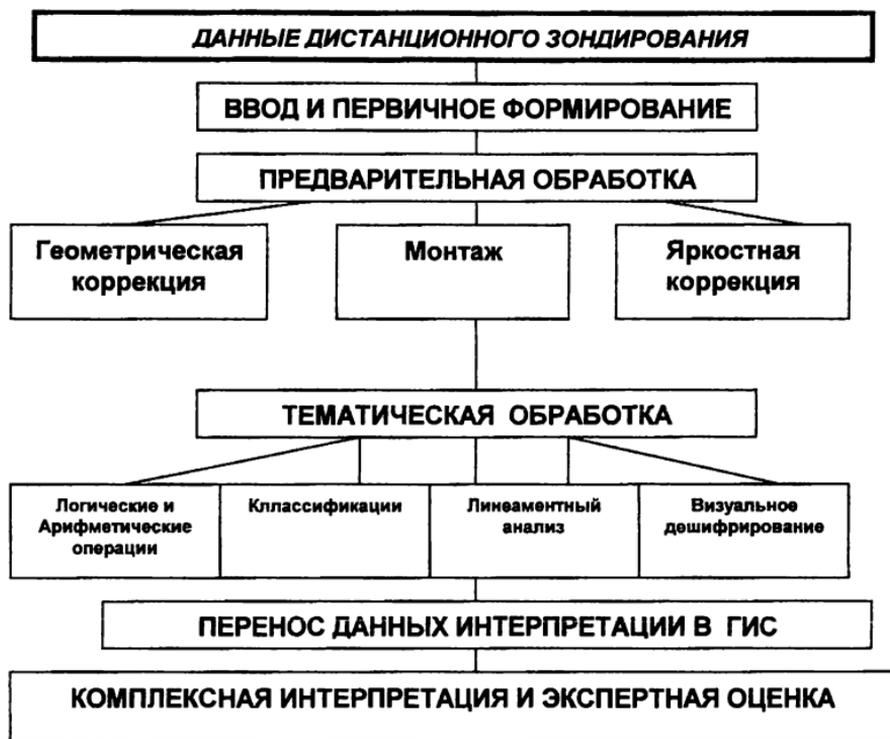


Рисунок 2 – Типовая технологическая схема обработки ДДЗ

### ***Дешифрирование изображения***

Целью использования ДДЗ всегда является извлечение из них какой-то полезной информации. Это извлечение информации может быть выражено в явном виде, и тогда мы говорим о выделении на снимках каких-то объектов путем ручного дешифрирования, путем использования автоматизированных процедур или сочетания ручного и автоматизированного подходов. В результате образуется некая новая информация о пространственных объектах, которую можно выразить в виде карты (новой или дополненной, доработки существующей). Когда речь идет о выделении и описании индивидуализированных объектов, созданных человеком или природных (например, отдельных строений, отдельных лесных массивов с их индивидуальными характеристиками, с их конкретным положением, границами, площадью и ти-

пом использования), то говорят об **объектном дешифрировании**, и для представления его результатов лучше всего подходит векторная ГИС. При этом можно в таком объектном дешифрировании выделить две подзадачи, иногда неразрывно связанные, иногда требующие отдельного подхода. Это **контурное дешифрирование**, имеющее своей целью как можно точнее определить границы и положение объектов, и **идентификацию объектов**, определение их индивидуальных характеристик или принадлежности к какому либо классу. Иногда две эти подзадачи требуют использования различных типов ДДЗ и различных подходов к их обработке. Например, для точного проведения границ площадных объектов часто используют данные панхроматических (черно-белых) съемок более высокого геометрического разрешения (например, фотографических или панхроматических съемок SPOT), а для получения информации о характеристиках объектов (например, чем засеяно поле) используют многозональные съемки SPOT в 2 раза более низкого разрешения (но три зоны спектра) или съемки LANSAT TM (в 3 раза более низкого геометрического разрешения, но семь зон спектра).

В некоторых случаях достаточно только выделить, зафиксировать наличие объекта определенного типа в определенном месте, а получение дополнительных индивидуальных характеристик не требуется или подобного рода задача решается другими методами.

В таких случаях можно говорить о **дешифрировании обнаружения**. Его результаты в компьютере также эффективнее всего представляются в векторной ГИС.

Напротив, когда нас интересуют не столько индивидуализированные площадные объекты, сколько классы, категории объектов и покрытие ими территории (типы растительного покрова, типы лесов и т.п.), оптимальное представление результатов такого дешифрирования (которое является по существу классификацией, районированием территории в отношении определенного качества) может быть получено или в растровой, или в векторной ГИС с использованием объектов типа регионов.

Последний вариант предпочтительней, так как удастся эффективно описывать точные границы объектов, их топологические взаимоотношения и удобно представлять площадные объекты. Часто такое дешифрирование называют **тематическим**, имея в виду близкое соответствие его результатов наиболее типичным принципам организации тематических карт (лесных, геологических, почвенных, ландшафтных и т.п.). В этом смысле тематические карты можно противопоставить кадастровым, регистрационным картам, ориентированным не столько на типичные, сколько на индивидуальные признаки объекта. Для создания кадастровых карт могут использоваться все перечисленные типы дешифрирования в сочетании с данными, получаемые при посещении объекта, или методы геодезии для точного оконтуривания границ объекта и методы тематического дешифрирования для получения ряда его обобщенных характеристик или мониторинга текущего состояния.

Отдельно существуют способы получения из ДДЗ количественной информации, непрерывно распределенной по территории, т. е. такой, которую оптимально представлять не в виде индивидуализированных объектов, а в виде числовых полей. Наиболее яркий и практически самый важный пример – рельеф местности.

Иногда ДДЗ используются просто как растровая подложка для векторной базы данных в ГИС для увеличения наглядности, а извлечения информации в виде отдельного результата дешифрирования не происходит. Но и в этом случае необходимо решить некоторые задачи, касающиеся обработки снимка для подготовки его для такого использования.

### ***Основные цели обработки снимка пользователем***

1. Трансформирование снимков и их привязка к реальным координатным системам (геометрическая коррекция). Эта операция выполняется почти всегда, почти при любых задачах, стоящих перед пользователем. Сюда же можно отнести трансформирование снимка при изменении картографической проекции.

2. Коррекция снимков: *радиометрическая, спектральная и частотная* – используется, в основном, как улучшающая преобразования стадия с целью повысить информативность снимка при визуальном (ручном) дешифрировании, при автоматизированном дешифрировании и классификации, а также при подготовке к использованию снимка в качестве растровой подложки.

3. Выделение на снимке объектов или классов объектов.

4. Построение вторичных цифровых полей по изображению, в их числе *методы цифровой фотограмметрии* для автоматизированного создания цифровой модели рельефа.

5. Выявления изменений по разновременным снимкам.

6. Дополнительные цели. К этой группе относятся, например, служебные операции с изображением – построение мозаики слиянием нескольких соседних снимков в один файл, вырезание части из снимка, прямое редактирование значений пикселей, слияние изображений с различным пространственным разрешением и др.

Отметим некоторую условность этой классификации поскольку цели и задачи, решаемые конкретным пользователем в процессе дешифрирования ДДЗ могут быть весьма различными, а приведенные нами цели и описанные далее процедуры обработки снимков нужно рассматривать только как элементарные функции, операции по работе с ДДЗ, фрагменты, из которых пользователь сам строит собственные технологические цепочки [ ].

**Предварительная обработка изображений.** После оцифровки и ввода изображения в компьютер на этапе его предварительной обработки программными средствами осуществляется ***геометрическая коррекция*** (орторектификация), т.е. трансформирование изображения в принятую картографическую проекцию для последующей точной географической увязки данных дешифрирования с существующими картографическими материалами.

При необходимости осуществляется монтаж нескольких изображений в единое полотно для сплошного покрытия территории исследований данными

ми зондирования. Для монтажа следует использовать изображения, прошедшие геометрическую коррекцию.

Геометрическая коррекция снимков в настоящее время стала практически обязательной при работе с ДДЗ. Причины понятны. Сегодня работа с ДДЗ вышла за пределы исследовательских лабораторий, где часто было важно найти ответ на поставленную задачу в принципе. Сегодня важно дать решение, полезное для практики, сопоставимое с другими данными, значит, результаты использования ДДЗ должны быть представлены в реальных координатах, в конкретных картографических проекциях или, по крайней мере в виде, позволяющем анализировать данные не только по единственному снимку. Конечно, можно сначала дешифровать снимок и создать по нему векторную карту в ГИС, а уже потом заниматься привязкой к реальным координатам и трансформированием в ту или иную картографическую проекцию. Однако за исключением ряда ситуаций такой подход менее удобен, так как не дает возможности комплексировать разные типы съемок, работать с одновременной дистанционной информацией и вызывает проблемы на границах снимков.

*Следует отличать геометрическое трансформирование снимков от привязки снимков.* При трансформировании происходит геометрическое преобразование снимка и пересчет значений пикселей на новую сетку раstra. При этом формы объектов на снимке в большей или меньшей степени меняются, а кадр (рамка снимка) из обычно прямоугольного или квадратного превращается в параллелепипед, ромб или даже более сложную фигуру с криволинейными границами. Само по себе трансформирование, однако, еще не дает возможности использовать снимок совместно с цифровыми картами и данными в реальных координатах.

Трансформирование дает возможность получить снимок, не имеющий геометрических искажений по сравнению с конкретной картой. Необходимо еще «сообщить» снимку информацию о привязке его к реальной координатной системе (абсолютная привязка) или о привязке его к какой-то относительной системе координат например, к другому снимку (относительная привязка). Сама по себе растровая структура изображения (в отличие от векторной) не содержит реальных координат пикселей в той или иной системе картографических, геодезических координат. Последние, однако, можно вычислить из пиксельных координат, если знать реальные координаты каких-то крайних пикселей изображения и размер на местности одного пикселя. Вот эта информация, необходимая для вычисления, и записывается в файл изображения или в соответствующий ему файл заголовка при привязке снимка к реальным координатам (при привязке к условным координатам поступают подобным образом). Туда же обычно помещается дополнительная информация о картографической проекции, в которую преобразован снимок, данные об использованном референц-эллипсоиде и др. К сожалению, на сегодня организация этой привязочной информации различна в разных системах и, хотя есть попытки создания стандартов обмена, может быть, лучшим решением на сегодня является возможность получения ее в читаемых ASCII-файлах

заголовка. Так, например, поступает фирма SPOT, поставляя потребителю свои геокодированные продукты (формат SPOT).

Есть разные уровни геометрического трансформирования снимков и методики проведения трансформирования, использующие различный математический аппарат и дополнительную информацию. Для некоторых типов космических съемочных систем, таких, как LANDSAT, SPOT, существует четкая классификация стандартных уровней геометрического трансформирования (обычно сопровождающихся и определенными радиометрическими коррекциями). Эти уровни носят название уровней коррекции и понимаются традиционно как уровни предварительной обработки. Покупатель может заказать снимки с разным уровнем коррекции, а может провести коррекции и сам, если обладает соответствующего уровня программным обеспечением. Последний вариант, естественно, обходится дешевле. В принципе на начальном уровне коррекции устраняются систематические геометрические искажения за счет вращения Земли и рамка снимка приобретает форму не квадрата, а примерно ромба. На этом этапе коррекция проводится обычно с использованием информации о параметрах орбиты спутника без необходимости задания вручную опознаваемых на нем опорных точек с точно известными координатами. Снимок оказывается после такого, в сущности, автоматического процесса уже привязанным, но не очень точно. Более точную привязку можно получить за счет трансформирования с использованием задаваемых вручную опорных точек. Наконец, наивысший уровень геометрической коррекции, делающий снимок столь же полноценным инструментом для геометрических измерений, как и карта, достигается при ортотрансформировании, т. е. устранении искажений за счет рельефа местности

**Яркостная коррекция** включает улучшение яркости и контраста изображения, процедуру эквализации (чтобы выявить объекты, располагающиеся в пределах светлых или темных пятен изображения), нормализацию его яркости — для получения на экране цветного монитора дешифрирования. «Пригодность» экспертно оценивается дешифровщиком, и результат зависит от его опыта и квалификации.

**Тематическая обработка.** В основу компьютерного дешифрирования положены измерения многомерных (две пространственных координаты, одна или более, например, семь у LANDSAT TM, яркостные и временная) распределений радиационных потоков, излучаемых и отражаемых наземными объектами.

Тематическая обработка изображения включает логические и арифметические операции, классификацию, фильтрацию, линеаментный анализ и серию методических приемов типа «яркостного профилирования», разрабатываемых пользователем по собственному усмотрению. Сюда же следует отнести визуальное дешифрирование изображения на экране компьютера, которое осуществляется с помощью рисующей «мыши», использованием стереоэффекта и всего арсенала средств компьютерной обработки и преобразования изображений [1, 19].

Существует четыре арифметические операции над изображениями, которые выполняются, как обычные арифметические действия. Это сложение, вычитание, умножение и целочисленное деление двух изображений, полученных в разных спектральных каналах, позитива и негатива или двух вариантов предварительной фильтрации изображения. Участки изображения с яркостями, превышающими установленный диапазон, окрашиваются (например, красным). Благодаря этому возможен визуальный контроль арифметических операций.

Логических операций, реализованных на комплексах автоматизированной обработки изображений, обычно семь. Это конъюнкция, дизъюнкция, эквивалентность, инверсия, отрицание «И», отрицание «ИЛИ», «исключающее ИЛИ».

Фильтрация изображения применяется для улучшения его качества, снятия шума и выделения интересующих исследователя объектов.

Данные дешифрирования результатов зондирования экспортируются в ГИС, где хранятся совместно с картографической информацией в виде слоев пространственно распределенной географически привязанной базы данных [1,19].

## Глава 5. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

### 5.1. Векторные данные

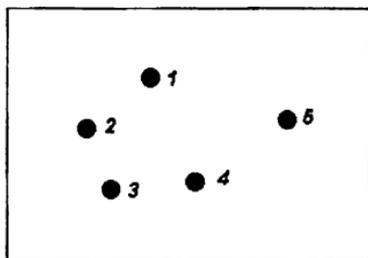
В геоинформатике пространственные объекты реального мира представлены четырьмя элементарными типами (рис. 7): *точки, линии, полигоны (площади) и поверхности*.

Наиболее часто используемые для создания ГИС элементы – точки, линии, полигоны. Поверхности представлены либо высотами точек, либо особыми компьютерными средствами.

Картографическое представление				
		точечное	линейное	площадное
Объекты реального мира	точечные	 дерево	 цепь вулканов	 остров
	линейные	 аэропорт	 линия дороги	 речная сеть
	площадные	 озеро или заповедник	 водохранилище	 земельный участок
	объемные	 карьер	 древние рвы	 трехмерная структура

Рисунок 3 - Картографическое представление объектов реального мира

Точечные объекты расположены только в одной точке пространства: деревья, здания и др. Такие объекты *дискретны*, каждый из них занимает в определенный момент времени только одну точку пространства. Каждый из точечных объектов обозначен координатами своего местоположения. Условно считают, что подобного рода объекты не имеют длины и ширины, т.е. точки имеют нулевое количество пространственных измерений, не смотря на то, что в действительности они имеют определенную пространственную протяженность. В зависимости от специфики конкретных ГИС, масштаба используемых в ней цифровых карт, точечными элементами могут быть и объекты, состоящие из отдельных, более дробных компонентов. Например, поселки или даже города.



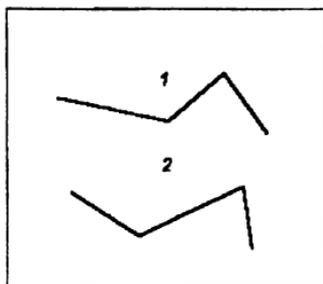
Номер точки	Координаты X,Y
1	5,0;5,0
2	4,0;4,0
3	4,2;2,5
4	6,1;2,6
5	9,5;4,2

Рисунок 4 - Представление точечных объектов

*Линейные объекты (дуги)* в координатном пространстве одномерны. Такими «одномерными» элементами могут быть границы, реки, дороги и т.п. Условно в структуре ГИС такие объекты не имеют ширины.

Существуют линейные объекты, не имеющие реального воплощения на местности: например, административные границы и т.п.

Для линейных элементов указывается пространственный размер в виде длины. Для указания точного расположения сложной линии (дуги) требуется большое количество точек координат. Для простой прямой линии достаточно использовать начальные и конечные точки.



Номер линии	Координаты X,Y
1	7,8;1,6
	5,0;7,0
	7,0;8,0
	6,2;7,6
2	2,0;5,0
	4,0;3,7
	7,2;4,8
	3,0;7,3

Рисунок 5 - Представление линейных объектов

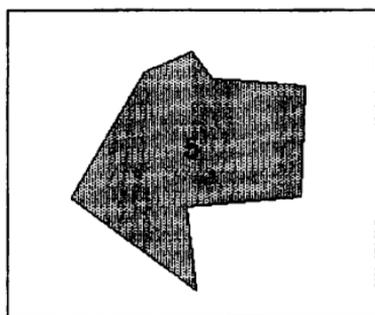
*Полигоны (области)* являются двумерными объектами, имеющими длину и ширину (рис. \_\_\_\_). Границей полигона является линия, начальные и конечные координаты которой равны. Помимо местоположения для полигонов характерны показатели формы, ориентации, а также значение площади, занимаемой полигоном.

На лесных планово-картографических материалах полигонами изображают кварталы, выделы. На общегеографических картах полигоном может быть изображен целый континент.

**Точки, линии, полигоны и поверхности относятся к векторным типам данных.**

Гряды гор, холмы, долины рек – это поверхности, состоящие из множества точек со значениями высот. Поверхности непрерывны, так как точки распределены по всей поверхности объекта.

Добавление высоты к площадным объектам позволяет создавать *поверхности*. В этом случае эти объекты нужно рассматривать не как плоские области, а как трехмерные элементы, имеющие длину, ширину и высоту.



Номер полигона	Координаты X, Y
5	2,0;5,5
	9,0;4,0
	5,3;9,2
	5,7;8,6
	7,8;8,0
	7,6;5,4
	5,0;5,2
5,2;3,2	

Рисунок 6 - Представление полигональных объектов

При создании цифровых карт связи между различными типами объектов описывают с помощью *топологии*.

**Топология** – это математическая дисциплина, занимающаяся определением пространственных связей. Применительно к картам, топология определяет связи между объектами, устанавливает соседство полигонов и представляет один объект (участок), в виде набора других объектов (например, линий).

Создание и хранение топологических связей имеет ряд преимуществ. При использовании топологии данные хранятся более эффективно. При наличии топологических связей можно выполнять различные операции анализа – моделирование потоков посредством связывания линий в сеть, объединение смежных полигонов и наложение (оверлей) географических объектов.

Внутренние точки (пары  $x, y$ ) дуги называются вершинами и задают форму дуги. Каждая дуга имеет два узла: начальный узел и конечный узел. Полигоны, имеющие общую дугу, называют смежными.

*Основные топологические принципы:*

- линии (дуги) соединяются между собой в узлах (*принцип связности*);
- дуги, ограничивающие фигуру, определяют полигон (*принцип определения фигуры, площади*);
- дуги имеют направление, а также левую и правую стороны (*принцип непрерывности*).

## 5.2. Растровые данные

Среди источников растровых данных, широко используемых в геоинформатике, наиболее часто применяются картографические и аэрокосмические материалы. Использование географических карт как источников исходных данных для формирования тематических структур баз пространственных данных удобно и эффективно. Сведения, полученные с карт, имеют четкую территориальную привязку. В них, как правило, нет пропусков в содержательной части. Кроме того, в любой форме они могут быть использованы для записи на машинные носители информации.

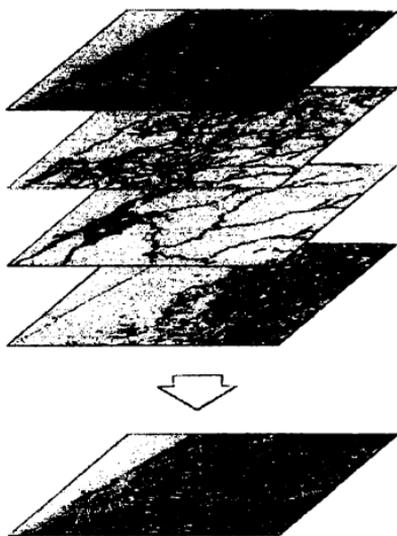


Рисунок 7 – Наложение растровых слоев в картографической БД ГИС

*Цифровым изображением* называется двумерный массив, как правило, байтовых чисел. Каждый байт или, как его называют, пиксел, кроме собственного значения, обозначающего, к примеру, относительную среднюю яркость пространственного элемента местности, характеризуется парой коор-

динат – номером столбца и номером строки. Таким образом, цифровое изображение есть структурированный массив чисел.

Получаемая современными сканерами информация передается на пункты приема (в центры обработки) сразу в виде цифрового изображения. Фото-снимки, карты, рисунки, текстовая и другая информация также может быть преобразована в цифровые изображения путем дискретного цифрового кодирования оптической плотности его элементов с помощью специальных аналогово-цифровых преобразователей (сканеров, сканирующих микроденситометров и т.п.) [ 13]

В компьютерах аэрокосмические изображения и другая информация записываются на магнитные носители (накопители на жестких магнитных дисках, флоппи-дисках, стримерных лентах, компакт-дисках и других устройствах ввода-вывода данных) в виде файлов данных или файлов изображений.

Цифровое изображение может отображаться на экране компьютера в виде мозаичной формы, имеющей вид регулярной прямоугольной сетки в декартовой системе координат, где любой паре чисел  $(X, Y)$  соответствует элементарная квадратная площадка, называемая пикселом. *Каждому пикселу цифрового изображения присваивается значение, характеризующее состояние отображаемого объекта.* В качестве таких значений для аэрокосмических изображений используются измеренные яркости участка земной поверхности в определенной зоне электромагнитного спектра.

***В дальнейшем цифровые изображения будут рассматриваться применительно к данным дистанционного зондирования (ДДЗ).***

Известно, что аэрокосмическое изображение одной и той же местности может быть получено в нескольких спектральных зонах (каналах). В этом случае мы будем иметь серию цифровых изображений, каждое из которых представляет изображение той же территории, но полученных в разных (строго определенных) зонах электромагнитного спектра. Аналогичным образом представляются цветные фотоснимки – при сканировании могут быть получены три зональных изображения, получаемых при использовании соответствующих фильтров (красного, зеленого и синего). В большинстве систем обработки изображений каналы используются в виде *растровых слоев*, существующих в отдельных файлах или сопряженных в одном файле.

Диапазон и тип числовых значений пикселов цифровых изображений определяется способом их визуализации и последующей обработки. В системах обработки изображений в основном используются следующие типы шкал для представления цифровых данных:

▪ *Классификационные данные* – изображения, содержащие некоторые значения, отражающие категории или классы (например, категории земель, группы насаждений с преобладанием различных древесных пород, категории состояния насаждений и т.п.);

▪ *Порядковые данные* – близки по смыслу к классификационным данным, за исключением того, что классы ранжированы и подчинены отношениям порядка;

▪ *Количественные данные* – отражают параметры состояния реального объекта и могут характеризовать такие показатели, как высоту над уровнем моря, температуру почвы или ее влажность и т.п.

Первые два типа данных используются для отображения результатов обработки данных дистанционного зондирования или картографической информации, а полученные в результате обработки (преобразованные) изображения называются тематическими.

Третий тип данных используется для представления результатов изменений состояния различных объектов и выражается в виде непрерывной градуированной шкалы. Такие изображения относятся к разряду непрерывных.

*Системы координат.* Одним из важных требований к использованию данных ДЗ в современных системах обработки изображений и геоинформационных системах является наличие системы координат.

Известны два типа координатных систем, используемых при обработке изображений:

▪ *Файловая система координат*, при которой местоположение пиксела определяется номером колонки и строки изображения;

▪ *Картографическая система координат*, при которой местоположение пиксела определяется географическими координатами или используемой в ГИС картографической проекции.

*Пространственное разрешение.* Термин *разрешение* используется для характеристики не только съемочных, но и *компьютерных* систем. Под разрешающей способностью оптической системы понимают ее свойства давать раздельное изображение двух близко расположенных точек или линий. В компьютерных технологиях обработки цифровых изображений этот термин используется для характеристики:

▪ разрешающей способности экрана дисплея компьютера, выражаемое в количестве пикселей, которое может быть различимо человеческим глазом;

▪ площади участка земной поверхности в пикселе изображения данных ДЗ.

*Радиометрическое разрешение* характеризует динамический диапазон съемочной системы. Оно выражается в количестве бит, в которых записывается принятая на борт спутника информация. Например, 8-ми битные изображения могут содержать информацию в диапазоне квантования от 0 до 255, в то время как 7-ми битные – только в диапазоне от 0 до 128 .

*Временное разрешение* характеризуется тем, как часто спутник с  $\text{мкм}$  пролетать над одной и той же территорией и получать цифровые изображения. Например, американский спутник Landsat может проводить обзор одного и того участка земли через каждые 16 дней, а американские спутники се-

рии NOAA способны осуществлять съемку территории не менее четырех раз в сутки.

Ниже представлена более детальная информация о данных дистанционного зондирования, их использовании в лесном хозяйстве и о географических информационных системах с потоками дистанционной информации.

## **ЧАСТЬ II. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

### **Глава 6. ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ**

Современные геоинформационные системы являются основой для проведения всего комплекса лесоустроительных работ, камеральной обработки материалов лесоустройства, картоиздательских и множительно-типографских работ и поддержки постоянной взаимосвязи с лесотаксационными базами данных. Помимо этого ГИС периодически дополняется информацией с мобильных (полевых) узлов и, в свою очередь, пополняет информацию на этих узлах.

*ГИС в лесоустройстве должна поддерживать следующие работы:*

- ввод и хранение аэро- и космических снимков на носителях информации, автоматизированное таксационное дешифрирование изображений;
- ввод и обработку геодезических данных;
- совмещение и обработку геодезических, картографических и аэрокосмических материалов с целью создания и обновления планово-картографических материалов лесоустройства, других лесных карт;
- совмещение цифровых планово-картографических материалов и лесотаксационных баз данных для проведения однозначной совместной их актуализации (через картографо-геодезические данные, традиционные карточки таксации);
- ввод данных с систем геопозиционирования (GPS) или электронных тахеометров, их обработку для периодического (или текущего непосредственно в полевых условиях) создания планово-картографических материалов с помощью полевых мобильных систем. Для этих целей экспедиции лесоустроительных предприятий оснащаются мобильными полевыми узлами, в которые до начала полевых работ вводятся материалы предварительного автоматизированного таксационного дешифрирования аэрокосмических снимков, а также материалы предыдущего лесоустройства и цифровые топографические карты. Все материалы полевых исследований вводятся в совмещенную базу данных непосредственно в полевых условиях;
- подготовку совмещенных баз данных для конкретных лесничеств и региональных органов управления лесами с возможностью пространст-

венной визуализации запросов по лесотаксационным базам и выдача документов пользователям по установленным формам;

- обработку данных для получения документов, предусмотренных лесоустроительной инструкцией;
- создание и тиражирование необходимого количества планово-картографических материалов лесоустройства и других лесных карт;
- подготовку оригиналов карт для типографской печати;
- подготовку и печать материалов по разовым запросам.

Как картографическая, так и таксационная базы являются обязательными и главными составляющими ГИС лесоустройства (рис. 8).

Картографическая база несет графическую информацию о пространственном размещении лесных объектов, полученную на топографической основе в заданной системе координат.

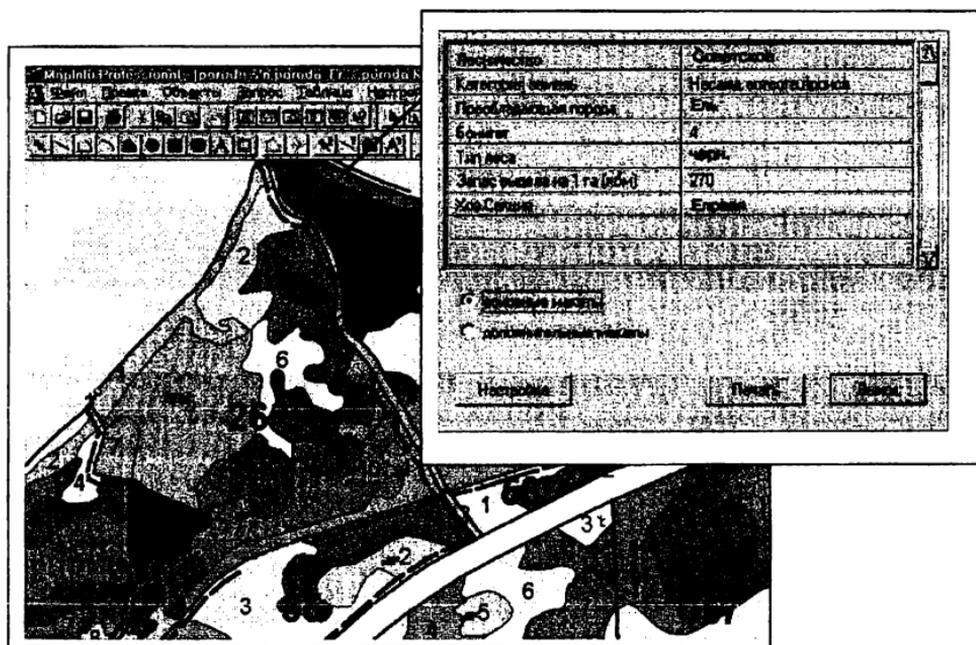


Рисунок 8 – Взаимосвязь картографической и таксационной баз данных ГИС

Таксационная база данных дает подробную информацию о таксационной характеристике лесных объектов.

Базы данных российского лесоустройства содержат информацию примерно о 70 млн выделов, составляющих лесной фонд Российской Федерации. Таксационная информация о лесных участках хранится в БД двух форматов: СУБД-L (DOS) и PLP (Windows). Картографический блок базируется на геоинформационных программах, как отечественных, так и зарубежных разработок (табл. 1).

Таблица 1. Основные программные продукты, используемые при создании ГИС в лесном хозяйстве

Название программы	Разработчик	Основные функции
<b>Программы-векторизаторы</b>		
1. Easy Trace	Фирма Easy Trace Group (Россия)	Создание векторных карт на основе их оригиналов (бумажные варианты, растры)
2. MapEdit	Фирма "Резидент" (Россия)	Автоматизированная векторизация картографических материалов, задание и ввод атрибутивных баз данных, поддержка систем географических координат, "сшивки" растровых изображений и векторных карт, поиск и исправление ошибок топологии, построение полигональных покрытий, фотограмметрическая обработка аэро- и космических снимков
3. GeoDraw	Центр геоинформационных исследований Института географии РАН (Россия)	Система ввода и редактирования цифровых карт
<b>Программы для обработки данных дистанционного зондирования</b>		
1. ERDAS Imagine Professional	Фирма ERDAS Inc. (США)	Многофункциональная фотограмметрическая обработка данных, дистанционного зондирования, синтез многозональных изображений, различные варианты классификации изображений, двумерная и трехмерная визуализация информации, подготовка информации для импортирования в ГИС
2. PHOTOMOD	Компания "Ракурс" (Россия)	Многофункциональная фотограмметрическая обработка данных стереосъемки, трехмерные измерения, создание цифровых моделей рельефа или объекта, автоматический расчет и визуализация горизонталей, создание и печать электронных карт
<b>Программы для формирования ГИС-проектов и работы с ними</b>		
1. MapInfo	MapInfo Corporation (США)	Создание интегрированных геоинформационных проектов, ГИС, подготовка к профессиональному изданию картографических документов
2. WinGIS	Progis (Австрия)	Геоинформационная программа, создание и анализ электронных карт, возможность работы с дигитайзером

3. ГеоГраф	Центр геоинформационных исследований Института географии РАН (Россия)	Геоинформационная программа
4. TopoL for Windows	Help Service Mapping (Чехия)	Геоинформационная программа, эффективная работа с векторной и растровой информацией, возможность автоматизированной обработки растровых изображений. Разработано несколько вариантов модификации программы: TopoL Remote Sensing – для работы с данными дистанционного зондирования; TopoL 3D позволяет строить цифровую модель рельефа; PhoTopoL – специальный вариант системы для цифровой фотограмметрии; TopoL Track – для слежения за движущимися объектами (совмещен со специальным оборудованием) и др. версии
5. ArcView GIS	ESRI Inc. (США)	Настольная геоинформационная программа: выбор и набор геоданных, создание макетов карт, связывание объектов карты с атрибутивной информацией, адресное геокодирование
5. ArcGIS 9.3.2	ESRI Inc. (США)	Серия программных продуктов, составляющих наиболее совершенную ГИС. Состоит из: - настольных продуктов ArcGIS (ArcView, ArcEditor, ArcInfo с дополнительными модулями), - ArcSDE – средств управления географическими БД в промышленных СУБД, - ArcIMS – средств распространения данных и предоставления ГИС сервиса через Internet
<b><i>Системы для ведения лесного кадастра и лесоустройства</i></b>		
АРМлесфонд	НВФ “Лабмастер” (Россия)	Повыдельная база данных и автоматизированный учет лесного фонда; возможен импорт/экспорт баз данных СОЛИ-2, АРМ таксатора, DBF, тестовый

Отраслевым стандартом при создании ГИС в лесном хозяйстве является инструкция «Требования к лесным электронным картам, совмещаемым с таксационной базой данных», утвержденная Рослесхозом в 1999 г. На ее основе можно экспертно оценить созданные программные продукты и формировать единую техническую политику геоинформатизации, опираясь на согласованные форматы, структуры и содержание компьютерных систем.

Разрабатываемые и уже используемые ГИС в лесном хозяйстве применяются для следующих целей:

- лесоустройство и инвентаризация, создание лесных карт (на основе данных аэрофото-, космической съемки, материалов геодезической съемки, результатов таксации лесонасаждений);

- текущее планирование и проектирование лесохозяйственных мероприятий;

- формирование проектов лесопользования на передаваемых в аренду участках лесного фонда, с использованием баз картографических и лесотаксационных данных, подготовленных лесоустроительными предприятиями;

- оперативная работа служб охраны лесов от пожаров и лесопатологического мониторинга.

### ***ГИС-технологии Западно-Сибирского филиала ФГУП «Рослесинфорг»***

В Западно-Сибирском филиале ФГУП «Рослесинфорг» был разработан и внедрен в производство автоматизированный комплекс ЛесГИС. Он создан на базе геоинформационной системы MapInfo в операционной среде Windows-95 и прикладных программ предприятия для лесного картографирования, создания лесных цифровых карт, совмещенных с таксационной (атрибутивной) базой данных /1,19/.

В состав информационно-программного комплекса ЛесГИС входят:

- программа MapInfo Professional или MapInfo Manipulation Runtime (оболочка);

- программы ЛесГИС, материально-денежной оценки лесосек (МДОЛ), учета лесного фонда (УЛФ).

В предприятии разработана технологическая схема создания цифровых плано-картографических материалов и совмещенной базы данных. Технология включает следующие основные элементы работ.

Подготовка исходных материалов. Для подготовки топоосновы на топографические карты по опознавательным знакам с абриса-снимка наносят квартальную сеть. Затем сканируют абрисы-снимки и топографические карты с разрешением до 600 dpi. Полученные растровые изображения совмещают по координатам в рамках трапеций. Таким образом составляют ортофотопланы территорий.

Для векторизации используют абрисы-снимки, подготовленные, в основном, на базе спектрозональных аэрофотоматериалов масштаба не мельче 1:25 000 с давностью съемки один–два года.

Геодезической основой являются топографические карты масштаба 1:25 000 с привязкой к ним абрисов-снимков в условных координатах. Таким образом добиваются необходимой точности планшетов, сводят их в планы лесонасаждений и карты-схемы лесхоза без грубых искажений. Такие лесные карты совместимы с цифровыми картами других ведомств и являются юридически обоснованными документами при отчуждении земель.

Лесотаксационные данные обрабатывают с использованием комплекса программ СОЛИ-2 и используют для лесоустроительного проектирования, а также как составную часть совмещенной базы данных.

Формирование лесных карт, вычисление и увязка площадей. Векторизация растровых изображений абриса-снимка осуществляется в программе MapEdit. Создается библиотека информационных слоев по типам объектов. Каждый вид графической информации размещается на соответствующем слое, сюда же наносят семантические данные: номера кварталов и выделов. Для уточнения видов графических объектов во избежание ошибок используют оригинал абриса-снимка. Таким образом создают слои «Квартал», «Выдел», «Объекты» и др.

После того, как информация с аэрофотоснимков обработана и проверена, приступают к формированию таблиц данных о площадях и передают их на вычислительный центр для обработки лесотаксационной информации с использованием программ СОЛИ-2.

Сформированные и оформленные планшеты, окрашенные планы лесничеств и схемы лесхоза выводят для печати на плоттер, причем может быть выделен любой их фрагмент в необходимом масштабе. Вся картографическая информация может вводиться в обменный файл для конвертации данных с целью использования их в других геоинформационных системах.

Созданная по этой технологии карта лесонасаждений является основой геоинформационной системы и отвечает всем требованиям нормативно-технических документов. Такая основа легко редактируется, сохраняя свою целостность. Ее несложно поддерживать в актуальном состоянии и решать задачи обновления путем ежегодного внесения текущих изменений.

Совмещенная лесотаксационная и картографическая база данных содержит функции, позволяющие выполнять расчеты и создавать картографические и статистические модели, которые могут использоваться при принятии хозяйственных и управленческих решений.

В структуре ЛесГИС присутствуют блоки линейных и площадных отводов и материально-денежной оценки лесосек. После регистрации лесосеки есть возможность получения краткой таксационной характеристики и абриса проектируемого отвода.

Создан блок подготовки данных для системы государственного учета лесного фонда.

С помощью специальных блоков ЛесГИС можно создавать различные тематические карты (рис.9):

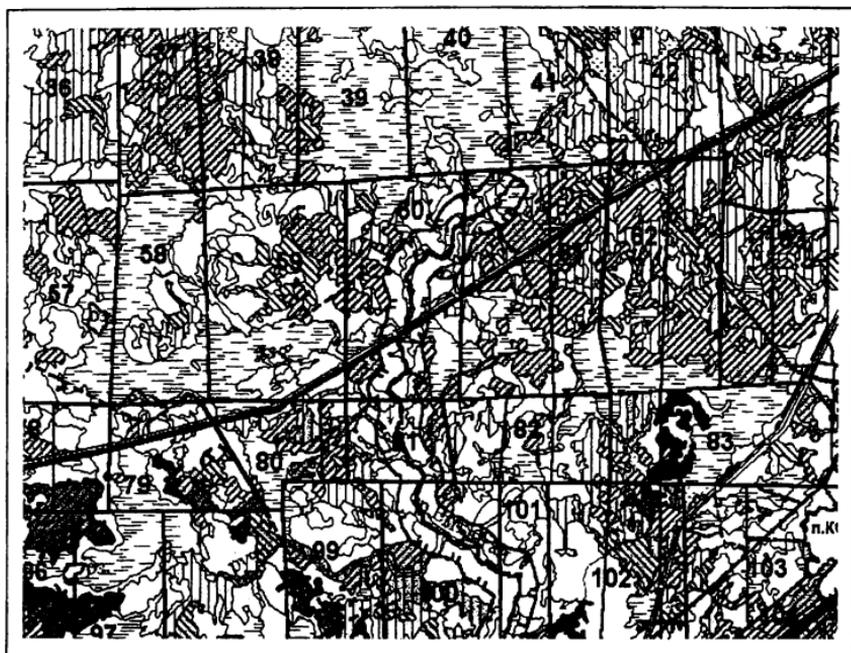
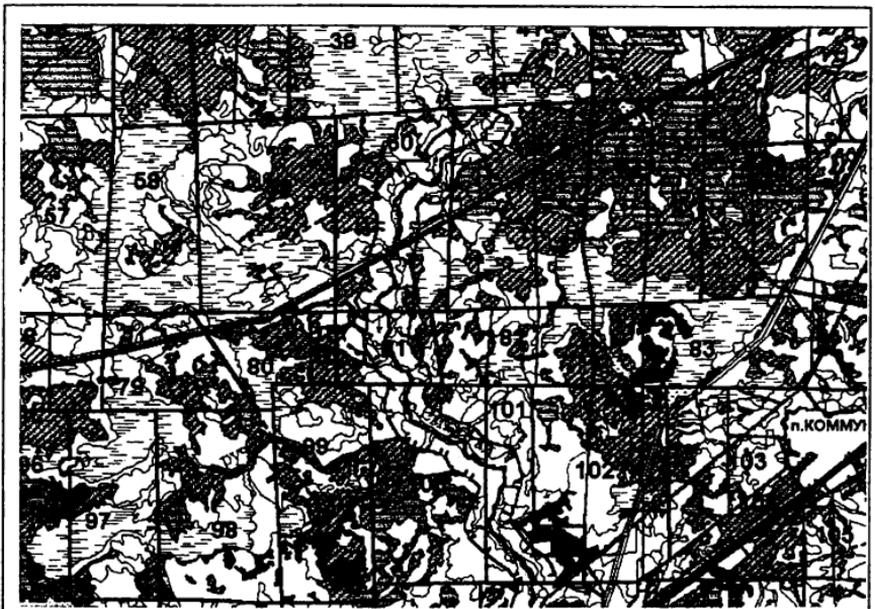
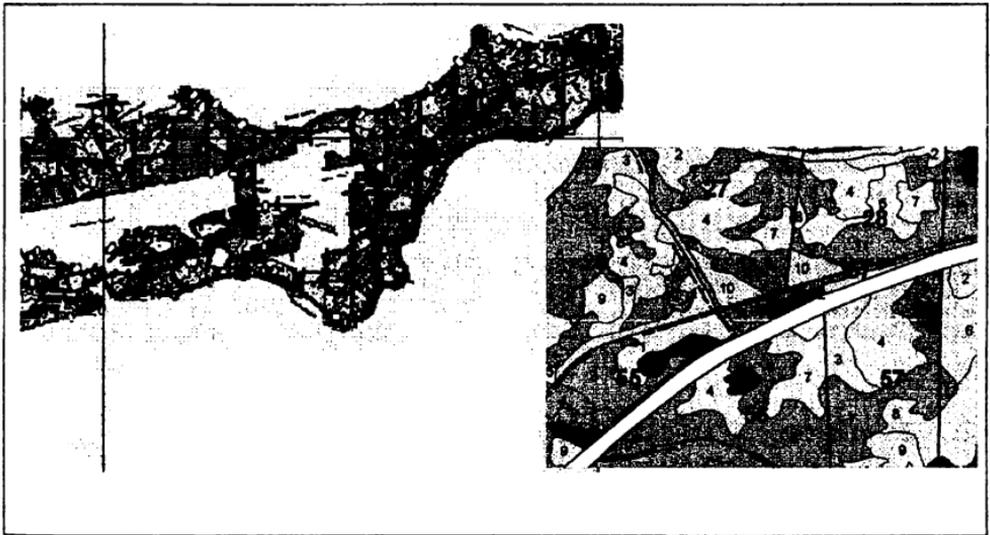


Рисунок 9 - Карта-схема эксплуатационного фонда

схемы эксплуатационного фонда;  
 концентрации эксплуатационного фонда;  
 распределения эксплуатационного фонда по крупности деловой  
 древесины;  
 экономической доступности лесных ресурсов;  
 выход преобладающих соритиментов из эксплуатационного фонда;  
 противопожарных мероприятий;  
 лесопатологического состояния насаждений;  
 хозяйственных мероприятий по благоустройству территории;  
 типов ландшафтов и др.



*Рисунок 10 - Карта-схема распределения фонда по категориям крупно-*



*Рисунок 11 – Карта схема типов ландшафтов*

## Глава 7. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ ПО ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ

### Геоинформационная система Field-Map

Сегодня традиционные методы определения параметров лесных объектов, которые основаны преимущественно на глазомерных оценках, все чаще заменяются измерительными методами. Новые технологии проведения полевых работ, связанных с инвентаризацией лесов и лесным мониторингом, востребованы специалистами лесного хозяйства. Эти технолог основываются на использовании полевых компьютеров, приборов глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС), лазерных дальномеров, электронных мерных вилок, беспилотных летательных аппаратов, цифровых фотокамер и других современных инструментов.

Технология инвентаризации и мониторинга лесов, которая объединила в единый технологический процесс формирование атрибутивной и картографической информации о лесных объектах, максимально автоматизирует процедуры измерения лесоводственно-таксационных и других показателей в лесу, обеспечивает контроль полноты и достоверности информации, формирует базы данных выполненных измерений в полевом компьютере, позволяет отображать лесные объекты на электронной карте компьютера непосредственно в полевых условиях.

Одной из наиболее удачных разработок в этой области является технология «*Field-Map*» (полевая карта), которую разработали специалисты Чешского института исследований лесных экосистем (IFER) и адаптировали к условиям Украины совместно со специалистами лаборатории мониторинга и сертификации лесов Украинского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации [10, 49].

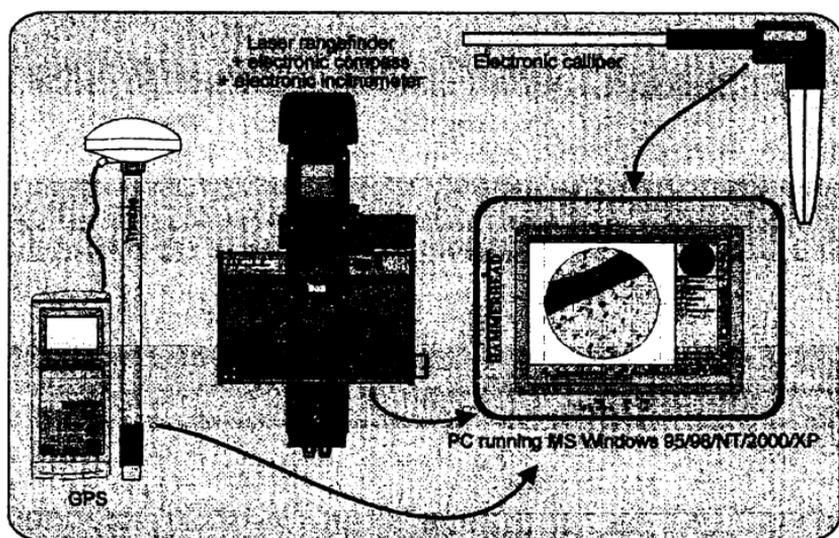
Field-Map представляет собой гибкое программно-инструментальное средство для сбора и управления полевыми данными при лесной инвентаризации и мониторинге. Главные преимущества технологии Field-Map, которые обеспечивают высокую производительность и точность работ в лесу, заключаются в следующем:

- быстрое создание полевых приложений на переносных полевых компьютерах для решения задач, определяемых пользователем;
- получение безошибочных результатов измерений различного типа (количественные показатели характеризующие ландшафты, лесную растительность, почвы, пространственно-геодезические параметры и др.);
- эффективное использование накопленных в полевых условиях электронных данных для дальнейшей обработки;
- простота приборов и надежность их в использовании.

**Базовый комплект оборудования Field-Mar (рис. 12) включает:**

- полевой компьютер;
- лазерный дальномер;
- электронный компас с электронным угломером;
- электронную вилку;
- программное обеспечение Field-Mar.

Важным преимуществом технологии Field-Mar является возможность ее модульного использования, т.е. использования полевого компьютера и программного обеспечения с различными электронными приборами. Например, при использовании в комплекте полевого оборудования GPS (ГЛОНАС) приемника могут решаться навигационные задачи и осуществляться привязка локальных координат на местности к выбранной системе глобальных координат



*Рисунок 12- Комплект полевого оборудования для инвентаризации и мониторинга лесов (навигатор GPS, лазерный дальномер-высотомер +электронный компас+электронный угломер, полевой компьютер)*

Применение GPS приемника и полевого компьютера в технологии Field-Mar позволяет в реальном режиме автоматически построить на экране компьютера карту местности с размещением на ней всех измеряемых объектов. При этом можно увеличить или уменьшить масштаб объектов на экране, проводить измерения расстояний и площадей на карте, создавать легенды для карт, т.е. использовать возможности географической информационной системы непосредственно при работах в лесу. Средствами ГИС в полевом компьютере можно проектировать размещение пробных площадей или сети участков мониторинга различной густоты путем генерации

регулярной сети точек внутри границы карты, а также проектировать концентрические круговые пробные площадки с радиусом, определенным пользователем для проведения на них измерений.

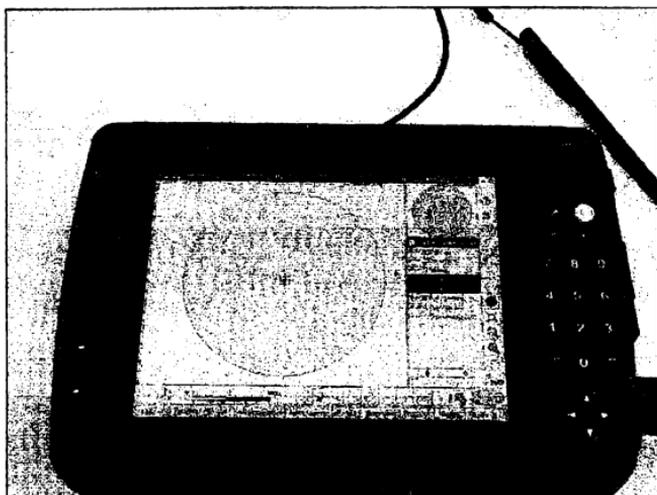


Рисунок 13 - Полевой планшетный компьютер TC MT-840

*Специальные функции программ Field-Map позволяют:*

- автоматически вычислять длины линии, периметры и площади многоугольников;
- измерять высоты дерева;
- картографировать проекции крон деревьев;
- измерять параметры крон деревьев;
- измерять поверхность кроны дерева и вычислять объем кроны;
- измерять параметры стволов деревьев;
- вычислять объемы стволов деревьев;
- измерять диаметры деревьев на высоте 1,3 метра;
- измерять диаметры деревьев заданной высоты;
- измерение поперечного сечения стволов;
- измерять параметры лежащих на земле деревьев;
- выбирать объекты, используя электронное перо;
- выбирать объекты, используя лазерный дальномер;
- визуализировать профили трансект, заложенных в лесу (трехмерный графика);
- проводить контроль достоверности информации;
- проводить превращение местных и всемирных географических координат (в оба направления) ;
- создавать цифровые модели местности.

Технология Field-Map имеет очень широкий спектр возможностей для применения. Она может использоваться лесоустроителями (таксаторами),

специалистами по охране природы, землеустроителями, географами, ландшафтными архитекторами, специалистами по дистанционному зондированию Земли.

С 2008 года специалисты ФГУП «Рослесинфорг» применяют программно-инструментальное средство Field-Map при проведении работ по государственной инвентаризации лесов.

## **7.2. Применение технологий ГИС при проведении работ по дистанционному мониторингу незаконных рубок и использования земель лесного фонда**

Для обнаружения нелегальных лесозаготовок Рослесхоз с 2005 года активно развивает *систему дистанционного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования* (материалов космических и аэро съемок).

Для выявления и учета изменений состояния лесов происходящих в результате негативных воздействий и использования лесов при проведении дистанционного мониторинга незаконных рубок и использования земель лесного фонда используются многозональные космические снимки с пространственным разрешением не более 10 м.

Допускается использование панхроматических снимков, а так же данных радарной съемки в случае необходимости получения оперативной информации о негативных изменениях в состоянии лесов при их использовании в целях заготовки древесины, выполнения работ по геологическому изучению недр, разработка и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, строительству и эксплуатации водохранилищ и иных искусственных водных объектов, а также гидротехнических сооружений и специализированных портов, строительству, реконструкции, эксплуатации линий электропередач, линий связи, дорог, трубопроводов и других линейных объектов. Материалы космических съемок удовлетворительного технологического качества должны обеспечивать:

- достоверное распознавание основных объектов и сооружений, связанных с разведкой и добычей нефти и газа;
- графическое выделение контуров участков площадью 1 га и более.

Технология проведения работ, предусмотренных при дистанционном методе контроля изменений на землях лесного фонда под влиянием разведки и добычи нефти и газа, включает дешифрирование материалов космических съемок, проведение выборочного наземного контроля работ.

Подготовительные работы включают:

- заказ и получение материалов аэрокосмических съемок, их оценку технологического качества;
- получение топографических карт, планов лесонасаждений последнего лесоустройства, нормативных материалов по отводу земель, кадастровых паспортов, правил эксплуатации объектов нефтегазодобычи на землях лесного фонда, других планово-картографических материалов лесоустройства, схем обустройства месторождений;

▪ сбор сведений о природных условиях и антропогенных факторах, влияющих на состояние лесного фонда в районе работ.

Космические снимки используются как первичный информационный материал, позволяющий путем дешифрирования выявить основные объекты, связанные с разведкой и добычей нефти и газа, а также появившиеся в ходе освоения месторождений сопутствующие сооружения, что является основанием для выделения зон потенциальных изменений в лесном фонде, проектирования маршрутов наземного контроля и привязки объектов при его проведении. При отсутствии на объект обследования материалов космических съемок выполняют мелкомасштабную площадную аэросъемку в летний период. Масштаб аэрофотосъемки 1: 30 000 - 1: 50 000.

В ходе работ выявляются причины негативных изменений состояния лесов, произошедших в результате использования лесов:

- нарушения нормативных требований и параметров организационно-технических элементов рубок, установленных правилами заготовки древесины (рис. 14);
- невыполнение лесохозяйственных регламентов и проектов освоения лесов, несоблюдение условий договора купли продажи лесных насаждений;
- несоответствие фактического местоположения используемого лесного участка данным договора аренды;
- несоблюдение действующего законодательства в области использования земель лесного фонда;
- несоблюдение действующего законодательства и нормативов в области радиационной безопасности (использование лесов для заготовки древесины и других лесных ресурсов в зонах радиоактивного загрязнения);
- иные причины.

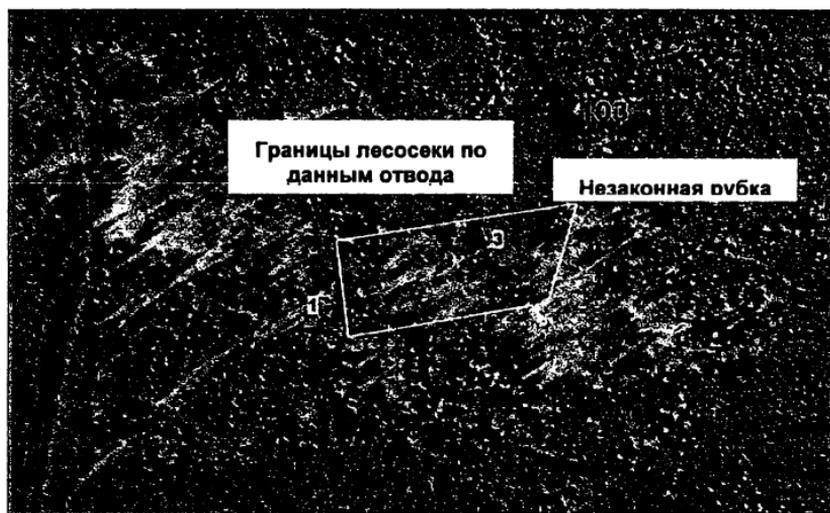


Рисунок 14 – Изображение на материалах АФС участка незаконной рубки (ФГУП «Рослесинфорг»)

По космическим снимкам и мелкомасштабным аэрофотоснимкам проводятся следующие виды работ:

а) Выявление сооружений и производственных объектов, связанных с разведкой и добычей нефти и газа: площадных (кустовых и дожимных насосных станций - КНС, ДНС, товарных парков, газоперерабатывающих заводов, трубных и других баз, карьеров, факельных хозяйств и др.), линейных (дорог с буровыми площадками, линий электропередачи, нефте-, газо- и продуктопроводов, водоводов - как отдельно, так и в виде совмещенным трасс).

б) Выделение зон потенциальным изменений лесного фонда вокруг производственных объектов и сооружений. Под зоной потенциальным изменений понимается пространство, в пределах которого наиболее вероятны изменения в лесном фонде. Обычно к таким зонам относят территории лесного фонда, расположенные в радиусе 300-600 м вокруг промышленных объектов разведки, добычи и переработки нефти и газа, а также вдоль магистральных коммуникаций.

в) Определение на основе спектральных и структурных особенностей изображения, а также косвенных дешифровочных признаков изменений в лесном фонде. Явные изменения дешифрируются в виде вырубок (по конфигурации контура и наличию подъездных дорог, волоков); площадей, пройденных пожарами; участков, загрязненных нефтью, нефтепродуктами, минерализованными водами, технологическими смесями (обнаруживаются у насосных станций, товарных парков, трубопроводов, буровых площадок. На буровых площадках проверяются места отсыпки емкостей для шламовых амбаров и выявляются утечки); участков, затопленных водой (как правило, в местах пересечения естественных водотоков с линейными сооружениями, где нарушается режим увлажнения).

В целях планирования дальнейших детальных обследований выявляются участки, в которых возможно наличие изменений в лесном фонде. Вблизи объектов, связанных с разведкой и добычей нефти и газа, такие участки представляют собой разливы промышленных загрязнителей, расстроенные рубками и захлапленные порубочными остатками насаждения, площади с нарушенными гидрологическими условиями, ветровалы по опушкам.

г) Определение маршрутов выборочного наземного контроля. Маршруты прокладываются преимущественно вдоль линейных объектов таким образом, чтобы охватить максимальное количество участков или объектов, для которых предусмотрена получение более детальных характеристик. Перед проведением работ по дешифрированию космических или мелкомасштабных аэрофотоснимков проводится тренировка исполнителей, основной задачей которой является установление единых приемов дешифрирования материалов съемок.

Выборочный наземный контроль работ проводится в летний период по маршрутам в пределах зон явных и потенциальных изменений. Цель - получение характеристик изменений в лесном фонде.

*В ходе наземного контроля получают:*

- характеристики состояния измененных участков земель лесного фонда, выявленных на космических изображениях (состояние свежих вырубок; лесных участков, срок аренды которых истек);
- характеристики санитарного состояния насаждений, а также сведения о выявленных недостаточно выраженных на снимке изменениях (уточнение характеристик состояния площадей, пройденных пожарами, затопленных водой, загрязненных и т.п.);
- сведения об изменениях и нарушениях лесного законодательства, которые не могут быть обнаружены на аэрокосмических снимках, а также возникших после проведения съемки.

При обследовании насаждений оценивается содержание усыхающих и су-хостойных деревьев по градам: 11-25%, 26-50%, 51-75%, более 75%, либо устанавливаются группы категорий санитарного состояния деревьев в насаждении: 1 – здоровые и ослабленные, 2 – сильно ослабленные, 3 – усыхающие и сухостой. На вырубках оцениваются объемы брошенной древесины и порубочных остатков с точностью, принятой при экспедиционных лесопатологических обследованиях (минимальный показатель - 20 м<sup>3</sup>/га).

Для выявления нарушений лесного законодательства при заготовке древесины, использовании земель лесного фонда для выполнения работ по геологическому изучению недр, для разработки месторождений полезных ископаемых, строительства и эксплуатации водохранилищ и иных искусственных водных объектов, а также гидротехнических сооружений и специализированных портов, строительства, реконструкции, эксплуатации линий электропередачи, линий связи, дорог, трубопроводов и других линейных объектов используются данные дистанционного мониторинга незаконных рубок и использования земель лесного фонда, полученные в соответствии с *Методическими рекомендациями по дистанционному мониторингу организации и состояния лесопользования в лесном фонде Российской Федерации* (одобрены Советом Федерального агентства лесного хозяйства 19 мая 2005 г.). Итоговые данные о выявленных изменениях состояния лесов за предшествующий год, их причинах и прогнозе развития процессов, оказывающих негативное воздействие на леса, включаются в отчет об обобщенных результатах ГИЛ по лесничеству, субъекту Российской Федерации, Российской Федерации.

## **Глава 8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ**

### **8.1. Мониторинг лесных пожаров на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий**

Федеральным агентством лесного хозяйства в качестве обязательного условия предусмотрено функционирования системы мониторинга лесных пожаров, т.е. обеспечения систематического слежения за лесопожарной об-

становкой, процессами возникновения и развития лесных пожаров, масштабами воздействия огня на лесные экосистемы, оценки состояния лесных горючих материалов, прогнозирования пожароопасных сезонов и периодов, внедрения новых методов обнаружения лесных пожаров [2,6,18]. Такая система, названная **ИСДМ (Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров)** была разработана в 2005 г. совместными усилиями Рослесхоза, Международного института леса РАН, ЦЭПЛ РАН, Института космических исследований РАН, ФГУ «Авиалесоохрана», Росгидромета.

Основная задача ИСДМ – содействовать управлению лесными пожарами на федеральном, региональном и местном уровнях.

Структура ИСДМ представлена на рис. 15. Состав данных и выходные продукты – на рис. 16.



Рисунок 15

## Состав данных и выходные продукты БМПО ИСДМ-Рослесхоз

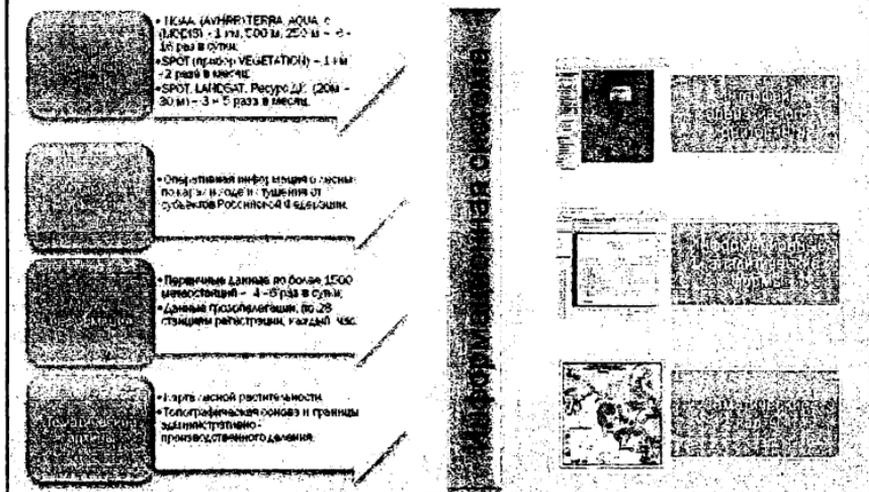


Рисунок 16



Рисунок 17 - Фрагмент сканерного космического снимка «Метеор-Природа» с изображением шлейфов дымов лесных пожаров

## ***Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров ИСДМ-Рослесхоз***

Космический лесопожарный мониторинг зоны, активно не охраняемой наземными и авиационными средствами осуществляется в рамках информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров (ИСДМ).

### ***Разделение земель лесного фонда по уровням космического мониторинга***

Территория земель лесного фонда Российской Федерации, на которой осуществляется космический мониторинг лесных пожаров, делится на два уровня: к первому уровню относятся территории, на которых возможно применение авиации для уточнения данных космического мониторинга. При этом протокол о лесном пожаре по данным авиационно-космического мониторинга составляется только после поступления уточненной информации о пройденной огнем площади. Ко второму уровню космического мониторинга относятся удалённые и труднодоступные территории, отчетность по которым формируется исключительно по данным космического мониторинга.

Основной задачей космического лесопожарного мониторинга является обеспечение органов управления лесного хозяйства в субъектах РФ оперативной информацией о лесопожарной обстановке.

### ***Информационная система дистанционного мониторинга (ИСДМ).***

ИСДМ - Рослесхоз обеспечивает получение и автоматическое направление отчетных форм на соответствующий Интернет-ресурс.

Данные в ИСДМ делятся на две группы:

- оперативные данные (результат детектирования температурных аномалий по данным прибора TERRA-MODIS), погрешность которых сильно зависит от характеристик горения и состояния атмосферы, прибор дает разрешение 250 м/пиксель;

- уточнённые данные (выявление изменений по данным SPOT VEGETATION), которые практически не зависят от состояния атмосферы и поступают и обрабатываются с задержкой до 10-30 дней, прибор AVHRR дает разрешение 800 м/пиксель.

Оперативные спутниковые данные в зоне космического мониторинга второго уровня используются для общего учёта лесных пожаров и оценки лесопожарной обстановки.

***Обнаружение (осмотр) лесных пожаров по данным космического мониторинга***

Специфика обнаружения лесных пожаров по оперативным данным (MODIS) со спутников заключается в том, что пространственное разрешение (размер точки) спутникового снимка составляет приблизительно от 1 x 1 км (в середине полосы наблюдения) до 2 x 4 км (в точке на краю полосы наблюдения спутника). Несмотря на это, спутниковые приборы (MODIS, AVHRR) и алгоритмы обработки данных позволяют обнаружить области горения, значительно меньшие по площади. Однако погрешность определения ко-

ординат точки горения, естественно, может достигать размера пиксела (точки) изображения (в редких случаях ошибка до 2-4 км).

Детектирование гарей (площадей пройденных огнем) осуществляется по уточненным данным со спутника SPOT (прибор VEGETATION). Технология обнаружения гарей и оценки ущерба отличается от технологии обнаружения пожаров. Обнаружение гарей после пожаров базируется на детектировании резкого уменьшения вегетации на территориях, на которых были ранее зарегистрированы «горячие точки». Для этого используется так называемый «коротковолновый вегетационный индекс», рассчитываемый по данным прибора VEGETATION спутника SPOT.

Пространственное разрешение прибора VEGETATION не превышает 1 x 1 км (как и у данных, использующихся для детектирования «горячих точек»). Но в отличие от них, гари малой площади (порядка десятков гектар) в большинстве случаев невозможно детектировать по спутниковым данным. В то же время, гари после больших пожаров, как правило, надежно детектируются используемыми алгоритмами. Однако, как и в случае «горячих точек», возникает погрешность в расчете площади гарей по разным причинам, в том числе из-за:

- ограниченного пространственного разрешения снимков;
- затенения гарей облаками или дымами;
- неточностей в используемых картах растительности, и т.п.

Вся обработка данных производится автоматически. В связи с этим возможны некоторые несоответствия между данными спутниковых наблюдений и данными оперативных служб. Это связано с тем, что процедура автоматического объединения и идентификации пожаров не во всех случаях может отработать так же, как при визуальном наблюдении с земли или с воздушного судна.

Например, большой пожар не наблюдался со спутников в течение какого-то времени (был закрыт облачностью). За это время зона горения могла значительно продвинуться и на очередном спутниковом снимке она может оказаться расположенной далеко от предыдущего контура пожара и не примыкать к нему. В результате этот «пожар в сеансе» будет автоматически идентифицирован как «новый пожар», хотя по данным ежедневных наземных/авиационных наблюдений оперативные службы считают его одним и тем же пожаром.

В случае нескольких мелких пожаров, расположенных довольно плотно на ограниченной территории, они могут объединиться в ИСДМ в единый пожар, учитывая ограниченную пространственную точность спутниковых данных.

В силу указанных причин при разделении и объединение пожаров по спутниковым данным общее их количество за определенное время на данной территории по данным ИСДМ, может отличаться от количества пожаров, зарегистрированных оперативными службами. Соответственно и площадь любого пожара в ИСДМ может не соответствовать данным наземных и авиацион-

ных наблюдений. Это, однако, никак не влияет на общую площадь, пройденную огнем.

Специфика наблюдения пожаров со спутников не позволяет с достаточной надежностью определить точный момент ликвидации пожара. Факт отсутствия «горячих точек» в зоне пожара на очередном снимке не может свидетельствовать о ликвидации пожара. Это также может быть по следующим причинам:

- пожар был закрыт облачностью или дымами;
- время и траектория пролета спутника не спутнику позволили увидеть пожар;
- неисправность приемной станции или помехи при приеме данных;
- автоматическая обработка пропустила «горячую точку» в зоне пожара;
- пожар затухает, горение слабое, его невозможно «увидеть» со спутника.

В силу этих ограничений в текущей схеме обработки данных в ИСДМ принят временной принцип ликвидации пожаров: если не было ни одного наблюдения пожара в течение определенного срока (10 дней), то пожар считается ликвидированным. Если же в течение этого срока появилось новое наблюдение пожара, то это наблюдение относится к тому же пожару [2,18].

Расчет площадей, пройденных огнем, базируется на информации о динамике пожаров по данным наблюдений со спутников, содержащейся в базе данных ИСДМ. Для расчета площадей используются контуры пожаров, полученные по результатам автоматической обработки спутниковых данных. Однако точный расчет площадей представляет большую сложность, поскольку размер пиксела спутникового снимка не менее 1 x 1 км. При этом даже относительно небольшой лесной пожар может вызвать так называемую «засветку» пиксела на снимке. Это означает, что на пожарах малой площади (порядка нескольких десятков гектар) их площадь, рассчитанная напрямую по спутниковым данным, может быть завышена до 100 - 200 гектар. В то же время, для пожаров с большой пройденной огнем площадью погрешность определения площадей незначительна, поскольку неточность сказывается только на контуре пожара.

Для уточнения расчета площадей, пройденных огнем, в ИСДМ используются специально разработанные алгоритмы коррекции, позволяющие уменьшить влияние завышения площадей на относительно небольших пожарах. Однако следует помнить, что погрешность расчета площадей, пройденных огнем, в случае небольших пожаров довольно значительна, и полученные площади не могут считаться точными. В то же время, значительные площади, пройденные огнем, определяются с достаточной точностью.

Таким образом, в ИСДМ при работе с площадями, пройденными огнем по спутниковым данным, следует иметь в виду следующие факты:

- Площади сравнительно небольших пожаров (порядка несколько десятков гектар) не могут быть определены сколько-нибудь точно. Значения площадей, приводимые в ИСДМ для таких пожаров, имеют скорее «сиг-



## Тематические карты в системе ИСДМ:

- Количество действующих лесных пожаров (по субъектам Российской Федерации)
- Количество возникших лесных пожаров (по субъектам Российской Федерации)
- Прирост пройденной огнем площади за день (по субъектам Российской Федерации)
- Ежедневная карта пожарной опасности для всей территории России.

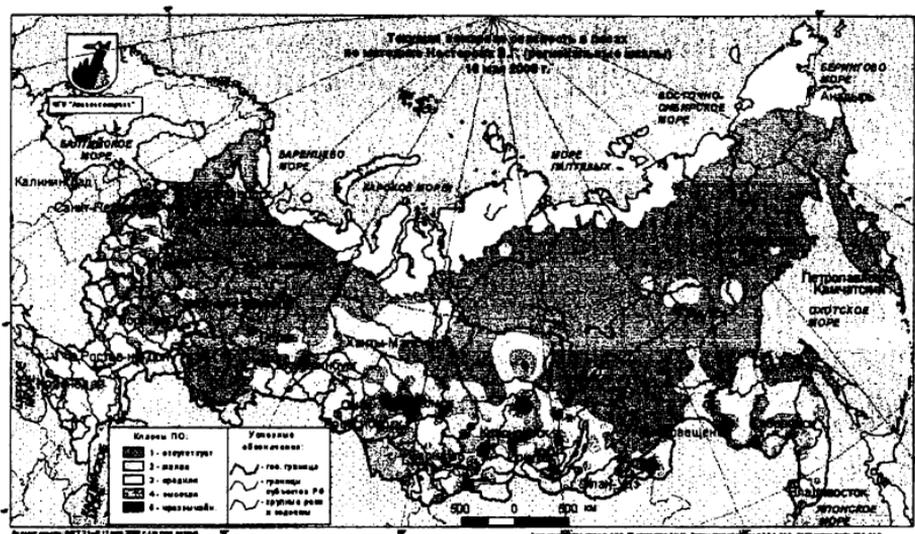


Рисунок 19 - Пример ежедневной карты пожарной опасности для всей территории России

Карты формируются один раз в сутки и поступают на информационные сервера «Авиалесоохраны» между 9-10 часами по московскому времени.

**Региональные продукты, созданные на основе обработки спутниковых данных** строятся с разрешением 0,8 км/пиксел и 250 м/пиксел для регионов всей территории России. На карты могут в динамическом режиме наносить картографические слои с пунктами, границами регионов и авиабаз и т.д.

По каждому крупному лесному пожару формируется карточка (рис.19) и по данным космического мониторинга и отчетам субъектов формируются сводные данные (рис. 20).

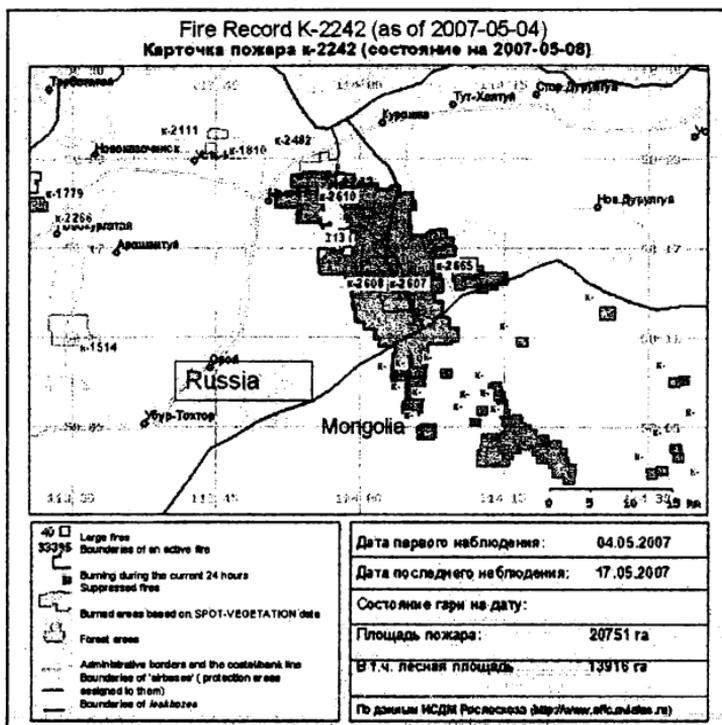


Рисунок 20 - Карточка крупного лесного пожара на границе России и Монголии, созданная в картографической БД ИСДМ Рослесхоза

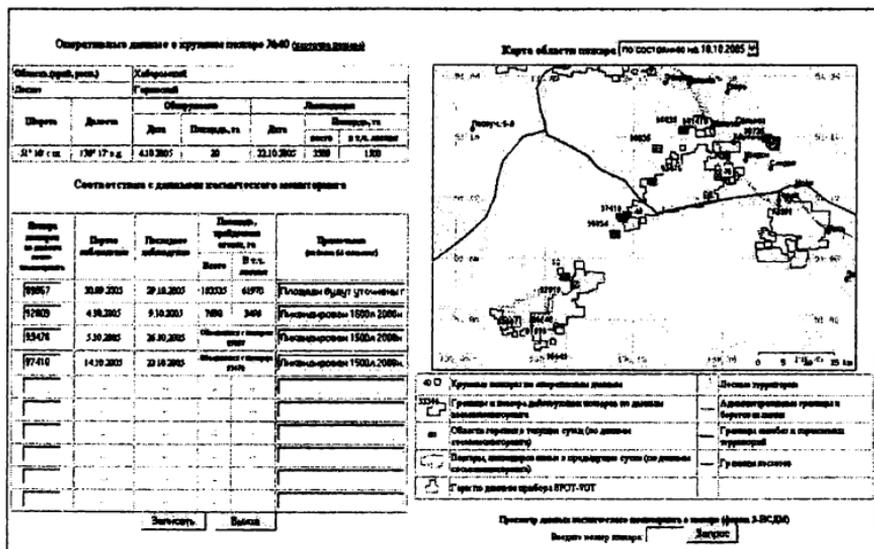


Рисунок 21 - Оперативные сводные и карточки крупных лесных пожаров ИСДМ Рослесхоза

## 8.2. Геоинформационное сопровождение лесопатологического мониторинга

В настоящее время существует настоятельная необходимость разработки ГИС лесопатологического мониторинга ФГУ «Рослесозащита» как на федеральном, так и на региональном уровнях. В 2007 г. ФГУ «Рослесозащита» и ООО «Дата+» предложили проект ГИС ЛПМ федерального уровня и варианты региональных ГИС [5].

В ряде региональных центров ФГУ «Рослесозащита» формируется ГИС мониторинга лесов в рамках международной программы ICP-Forests.

Регулярные наблюдения по международной программе ICP-Forests ведутся в 6 субъектах Северо-Западного ФО. На конец 2008 г. в насаждениях заложено 751 ППН с размещением 16x16 км и 32x32 км (рис.22).

Базовое программное обеспечение данной ГИС – программный комплекс ArcGIS 9.3.2.

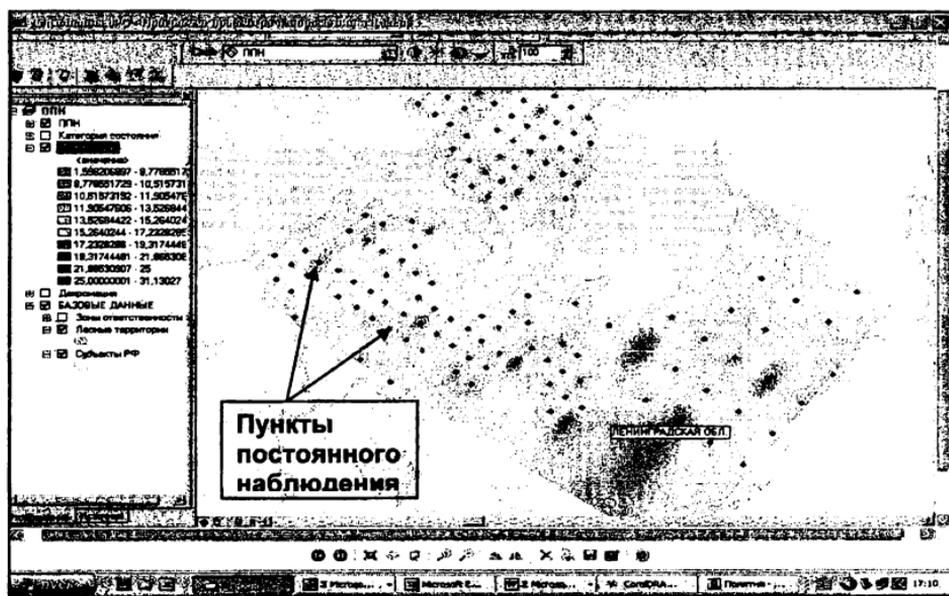


Рисунок 22 – Карта расположения пунктов постоянных наблюдений в рамках международной программы ICP-Forests в Ленинградской области (данные ФГУ «Рослесозащита»)

В ближайшие годы Рослесхозом и ФГУ «Рослесозащита» планируется (совместно с ИКИ РАН) создание информационной системы дистанционного лесопатологического мониторинга федерального уровня (рис. ), а также формирование ГИС ЛПМ федерального и регионального уровней [5].



Рисунок 23 - Создание карт степени дефолиации лесов по результатам дешифрирования данных дистанционного зондирования (ФГУ «Рослесозащита»)



Рисунок 24 - Карта очагов массовых размножений сибирского шелкопряда, созданная с помощью ГИС (ФГУ «Рослесозащита»)

### 8.3 Применение ГИС-технологий при ведении мониторинга радиационной обстановки в лесах

В настоящее время в системе Рослесхоза работы по лесному радиационному контролю и радиэкологическому мониторингу выполняет Лаборатория радиационной экологии ФГУ ВНИИЛМ (под руководством И.И. Ма-

радудина). Мониторинг радиационной обстановки в лесах проводится также силами 12 аккредитованных лабораторий радиационного контроля ФГУ «Рослесозащита» с общей численностью свыше 70 специалистов, прошедших специализированное обучение и имеющих допуски к проведению таких работ. Работы проводятся в рамках Федеральной целевой программы «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2010 года».

Загрязнение лесного фонда радионуклидами (в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции и других техногенных аварий) отмечено в 19 субъектах РФ, в 17 субъектах в настоящее время проводятся работы по мониторингу радиационной обстановки в лесах.

В Лаборатории радиационной экологии ФГУ ВНИИЛМ создана и функционирует ГИС радиоэкологического мониторинга (рис. ).

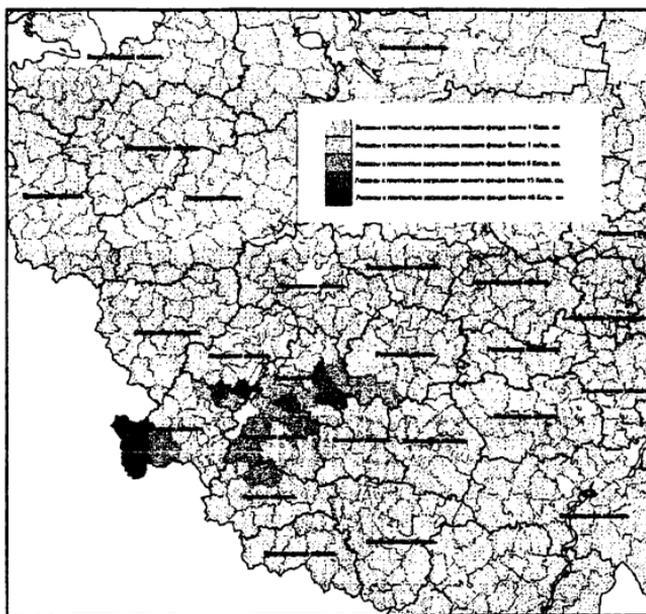


Рисунок 25 - Карта регионов России, имеющих в лесном фонде загрязнение радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС)

С помощью ГИС радиоэкологического мониторинга формируют тематические карты по радиационно-безопасному использованию древесных и недревесных ресурсов, пищевых ресурсов леса.

Создаются атласы-справочники для специалистов лесного сектора, населения по радиационно-безопасному использованию грибов, лесных ягод, кормовых и лекарственных растений [5,8].

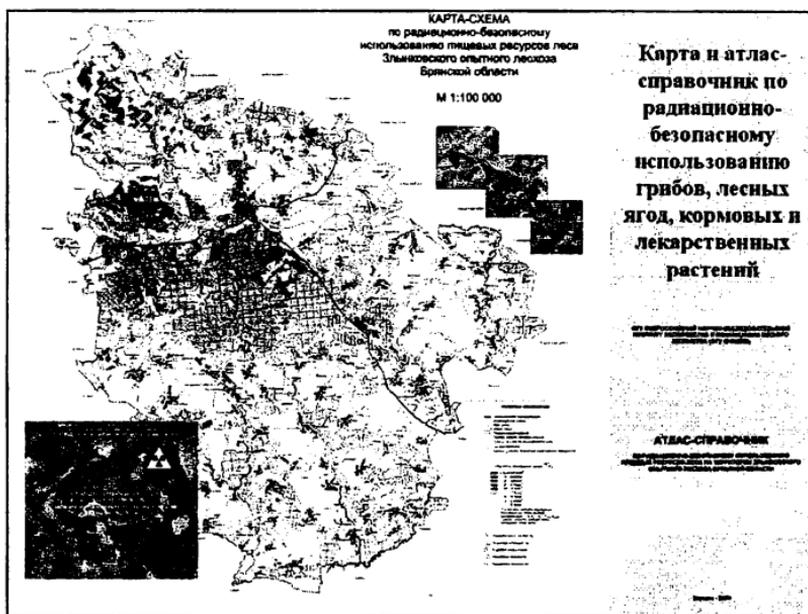


Рисунок 26

## Глава 9. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОСЛЕСХОЗА

В настоящее время в системе Рослесхоза существует настоятельная необходимость формирования системы единого информационного обеспечения, предназначенной для внутриведомственного и межведомственного взаимодействия. Примерная структура такой системы, предложенная ФГУП «Рослесинформ», представлена на рис. 27.

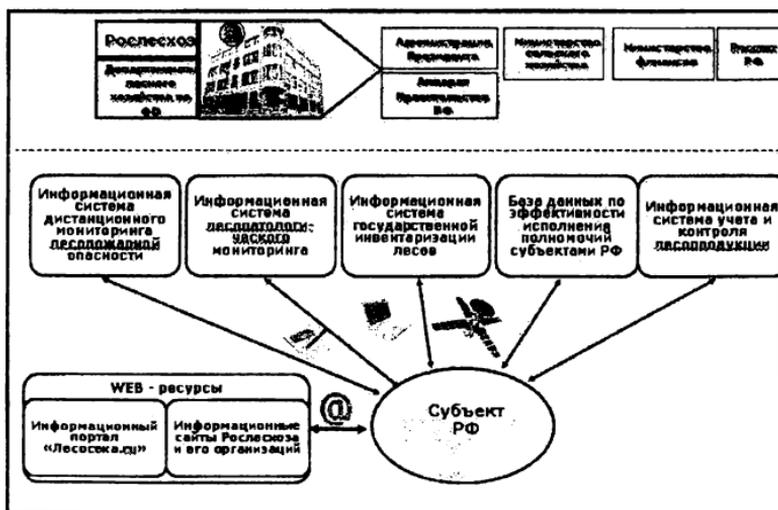


Рисунок 27 - Структура информационного обеспечения Рослесхоза (ФГУП «Рослесинформ»)

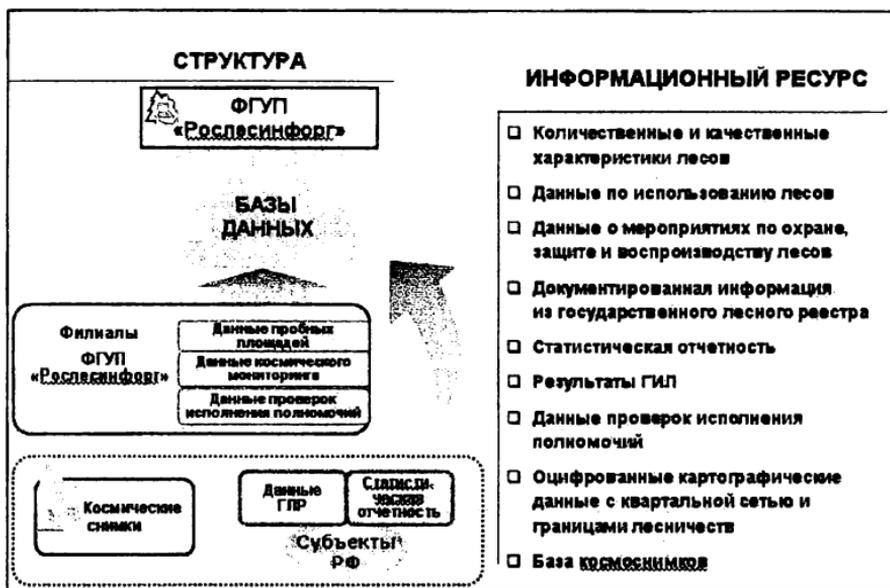


Рисунок 28 - Структура информационной системы ГИП ФГУП «Рослесинфорг»



Рисунок 29 - Структура ИСДМ ФГУ «Авиалесоохрана»

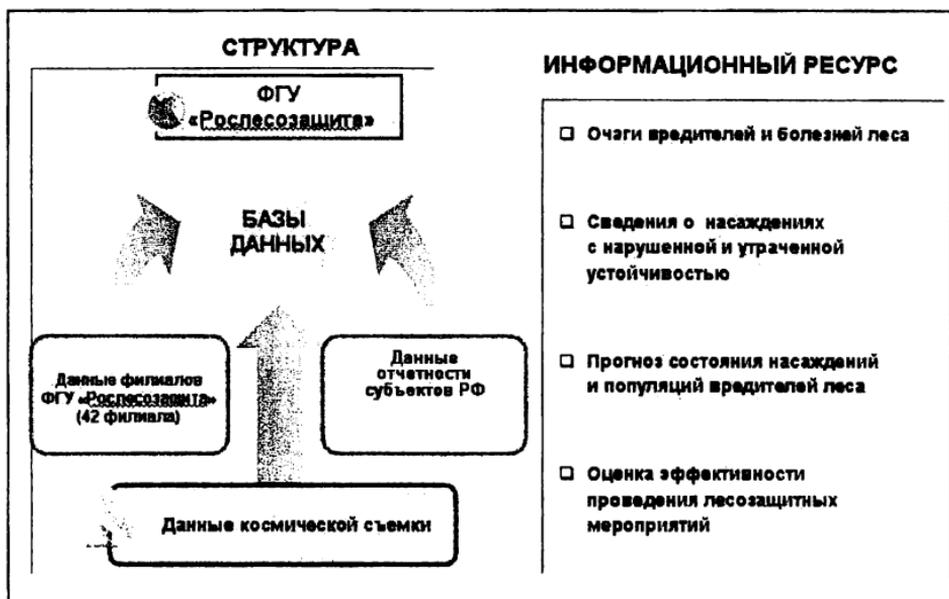


Рисунок 30 - Проект структуры информационной системы лесопатологического мониторинга ФГУ «Рослесозащита»

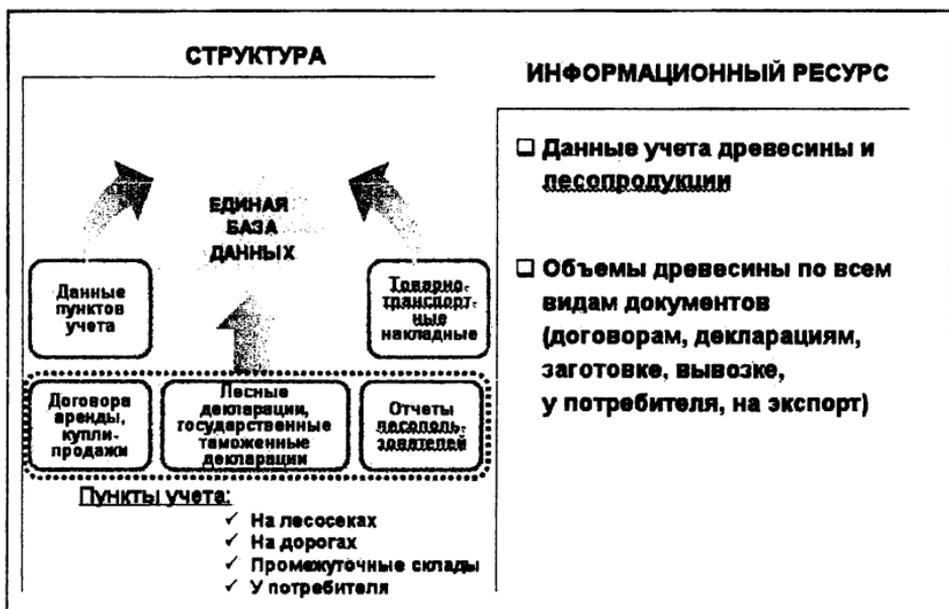


Рисунок 31 - Проект структуры Базы данных учета и контроля лесопроductии



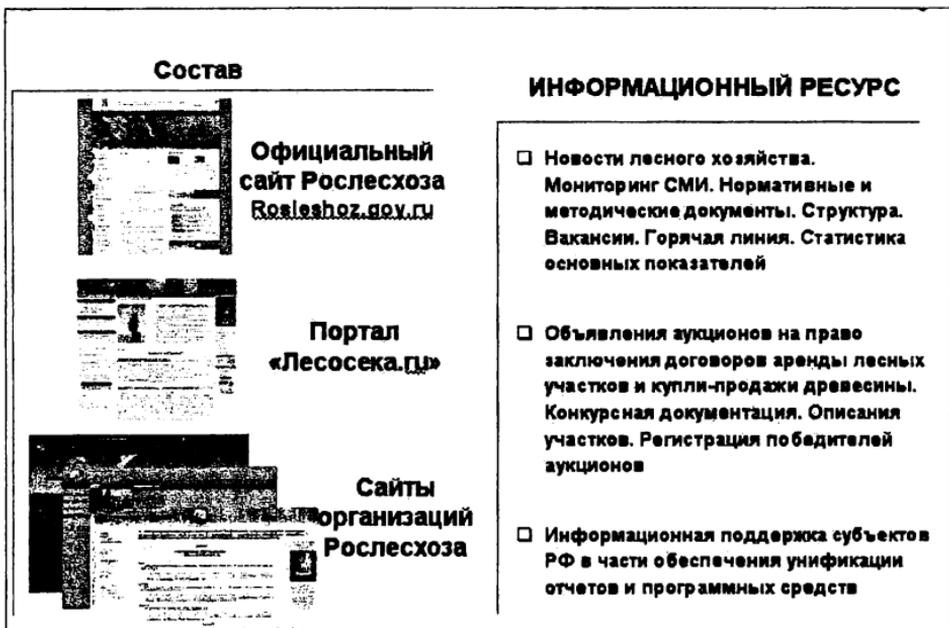


Рисунок 34 - WEB – ресурсы Рослесхоза



Рисунок 35 – Проект структуры Единой геоинформационно-аналитической системы «Леса России» (ФГУП «Рослесинфорг»)

**Основными элементами информационного ресурса ЕГАС «Леса России» должны быть [16]:**

- Данные Государственного лесного реестра
- Государственная и отраслевая статистическая отчетность
- Материалы лесных планов субъектов РФ, регламентов, проектов освоения лесов
- Количественные и качественные характеристики лесов
- Данные отчетов об использовании лесов
- Данные по оценке эффективности мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов
- Данные ДЗЗ
- Данные лесопожарного и лесопатологического мониторингов
- Данные мониторинга за состоянием лесопользования
- Сведения из сети постоянных пробных площадей ГИЛ
- Картографические материалы
- Аналитические данные

\*\*\*\*\*

Перспективы развития компьютерных систем и технологий в лесном хозяйстве в значительной степени связаны с развитием геоинформационных технологий.

В настоящее время комплексная обработка информации о лесном фонде обусловлена расширением технических возможностей современных информационных технологий. Одним из главных направлений развития лесостроительных ГИС является более широкое использование дистанционных данных о лесном фонде и цифровых фотограмметрических систем, внедрение технологии Field-Mar в процесс полевых работ, связанных с инвентаризацией и мониторингом лесов.

Устойчивое управление лесным хозяйством возможно на основе актуальных и достоверных данных о лесных ресурсах, которые можно получить, только используя современные методы и технологии сбора, хранения, моделирования, преобразования и представления нужной информации. Данным требованиям удовлетворяют современные геоинформационные технологии.

*Важной задачей лесной отрасли является создание Единой геоинформационно-аналитической системы Рослесхоза, позволяющей реализовать эффективное внутриведомственное и межведомственное взаимодействие.*

## Литература

1. **Вуколова И.А.** Геоинформатика в лесном хозяйстве. Учебник, ВНИИЛМ 2002. 213 с.
2. **Вуколова И.А., Берснева Л.А., Щетинский Е.А., Щепашенко М.В.** Мониторинг лесов в России. Пушкино: ГОУ ВИПКЛХ, 2008, 60 с.
3. **Данилин И. М., Медведев Е. М.** Мониторинг лесных экосистем с использованием лазерных и цифровых аэрофотосъемочных технологий высокого уровня // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве. Доклады IV Международной конференции (Москва, 17-19 апреля 2007 г.), ред. В. И. Сухих, 2007. - М.: МГУЛ. - С.38-42.
4. **Исаев А. С.** (ред.). Дистанционные методы в лесоустройстве и учете лесов. Приборы и технологии. Материалы Всероссийского совещания-семинара с международным участием. - Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2005. - 137 с.
5. **Кобельков М.Е.** Организация лесопатологического мониторинга и мониторинга радиационной безопасности в лесах. Материалы выступления на Первой международной конференции по государственной инвентаризации лесов и лесоустройству, 2009
6. **Ковалев Н.А.** Информационная система дистанционного мониторинга. Применение для инвентаризации лесов. Материалы выступления на Первой международной конференции по государственной инвентаризации лесов и лесоустройству, 2009
7. **Креснов В.Г., Страхов В.В., Филипчук А.Н.** Национальная инвентаризация лесов в зарубежных странах // Лесохозяйственная информация № 10-11, 2008, с. 53-88.
8. **Марадудин И.И., Жуков Е.А., Раздайводин А.Н., Радин А.И., Ромашкин Д.Ю.** Радиоэкологическое районирование лесов, загрязненных радионуклидами// Радиационная экология. Радиоэкология, 2009, т. 49, с. 502-509
9. **Маслов А. А.** Космический мониторинг лесов России: современное состояние, проблемы и перспективы // Лесной бюллетень, 2006.-№1(31).-С. 8-13.
10. **Мэнинг У.Д., Федер У.Э.** Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 144 с.
11. **Петров А.П., Ловцова Н.В., Фабижевская Е.Т., Вуколова И.А., Берснева Л.А.** и др. *Устойчивое лесоуправление в современных условиях.* Учебное пособие. М.: ГОУ ВИПКЛХ, 2007 г. – 348 с.
12. **Сергейчик С.А.** Древесные растения и оптимизация промышленной среды. - Минск: Наука и техника, 1984. - 168 с.
13. **Сухих В. И.** Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: Учебник. - Йошкар-Ола: Мар ГТУ, 2005.-392 с.
14. **Филипчук А. Н.** Концепция лесного мониторинга в современных условиях.// лесохозяйственная информация. – 2002 №10, с. 2-8
15. **Филипчук А. Н., Страхов В. В., Тепляков В. К.** и др. Обзор методов инвентаризации лесов в зарубежных странах - М.: ВНИИЦлесресурс, 1995. -71 с.
16. **Фомченков В.Ф.** Информационное обеспечение органов государственной власти. Материалы выступления на Первой международной конференции по государственной инвентаризации лесов и лесоустройству, 2009
17. **Швиденко А. З.** Какая система учета лесов нужна России?// Лесная таксация и лесоустройство, 2007. 1 (37) С. 128-156
18. **Щетинский Е.А.** Охрана лесов. М.:ВНИИЦлесресурс, 2001.
19. **Черных В.Л.** Геоинформационные системы в лесном хозяйстве. Йошкар-Ола

МарГТУ, 2007, 200 с.

20. Tompo E. The Finnish National Forest Inventory // Kangas, A. & Maltamo, M. (eds.), Forest Inventory. Methodology and Applications. Managing Forest Ecosystems. 2006. - Vol. 10. - Dordrecht: Springer. -P. 179-194.

### **Нормативные правовые акты**

21. Лесной кодекс Российской Федерации. ФЗ от 4 декабря 2006 г. № 200-ФЗ.
22. Лесоустроительная инструкция. Утв. приказом МПР от 6 февраля 2008 г № 31
23. Методические указания по проведению государственной инвентаризации лесов (Проект), ФГУП «Рослесинфорг», 2008
24. Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forest (методика ЕЭК ООН), утверждена 21.02. 1995 г.
25. Постановление Правительства РФ от 26 июня 2007 г. № 407 «О проведении государственной инвентаризации лесов».
26. Постановление Правительства РФ от 18 июня 2007 г. № 377 «О правилах проведения лесоустройства».
27. Порядок организации и осуществления лесопатологического мониторинга, утв. Приказом МПР России от 09 июля 2007 г. №174
28. Руководство по проектированию, организации и проведению лесопатологического мониторинга (*Приказ Рослесхоза от 29 декабря 2007 г. №523*)

**Вуколова И.А.**

## **ГИС-технологии в лесном хозяйстве**

**Учебное пособие**

---

**Формат 60x90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>**

**Объем 5.0 печ. л.**

**Тираж 300 экз.**

---

**Отпечатано с готового оригинал-макета в ФГУ ВНИИЛМ  
141200, г. Пушкино Московской обл., ул. Институтская, д. 15  
Тел.: (8-253) 2-46-71 факс: 993-41-91**