

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 630:681.3.069

ББК 43-5-05

Ч49

Рецензенты:

д-р с.-х. наук, проф., заведующий кафедрой лесоустройства БГИТА
Ф.В.Кишенков,

канд. с.-х. наук, начальник Западного государственного лесоустроительного
предприятия "Брянсклеспроект"

И. С. Глушенков

Черных В.Л., Сысуев В.В.

Ч49 Информационные технологии в лесном хозяйстве: Учебное
пособие. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. - 378 с.

ISBN5-8158-0041-4

Рассмотрены история, назначение, методы, а также результаты работы автоматизированной системы управления лесными ресурсами, комплекса программ материально-денежной оценки лесосек, имитационного моделирования роста сосновых древостоев, автоматизированного построения моделей хода роста древостоев, автоматизированного рабочего места таксатора, инженера лесного хозяйства и др. Даны сведения об информационных системах производственного, регионального и федерального уровней, технических средствах и программном обеспечении персональных компьютеров. Приведен обзор ГИС. Описаны методы получения и обработки цифровой пространственной информации.

Для преподавателей и студентов лесохозяйственных факультетов, а также специалистов лесного хозяйства.

УДК 630:681.3.069

ББК 43-5-05

ISBN 5-8158-0041-4

© Черных В.Л., Сысуев В.В., 2000

© Марийский государственный
технический университет 2000

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| ПРЕДИСЛОВИЕ..... | 3 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| 1 ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА..... | 7 |
| 1.1. Современное состояние информатизации лесного хозяйства..... | 7 |
| 1.2. Основные направления информатизации лесного хозяйства..... | 11 |
| 1.3. Проблемы создания ГИС для лесного хозяйства..... | 17 |
| 1.3.1. Зачем нужны ГИС в лесном хозяйстве..... | 17 |
| 1.3.2. Основные принципы создания ГИС для лесного хозяйства..... | 20 |
| 1.3.3. Требования к лесным электронным картам, совмещаемым с таксационной базой данных..... | 35 |
| Вопросы для самопроверки..... | 44 |
| 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ..... | 45 |
| Вопросы для самопроверки..... | 52 |
| 3. ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ..... | 52 |
| 3.1. Операционная система - "язык общения" пользователя с персональным компьютером..... | 52 |
| 3.2. Операционная система MS DOS..... | 52 |
| 3.3. Операционная система WINDOWS..... | 54 |
| 3.4. Конфигурирование компьютера..... | 54 |
| Вопросы для самопроверки..... | 58 |
| 4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ..... | 59 |
| 4.1. Общие сведения..... | 59 |
| 4.2. Краткий обзор ГИС..... | 164 |
| 4.3. Методы получения и обработки цифровой пространственной информации..... | 71 |
| 4.3.1. Методы картографии и геодезии..... | 71 |
| 4.3.2. Данные дистанционного зондирования Земли..... | 84 |
| 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ..... | 86 |
| 5.1. Исследование роста сосновых древостоев на имитационной модели "СОСНА"..... | 98 |
| 5.1.1. Имитационная модель "СОСНА"..... | 98 |
| 5.1.2. Стратегия управления имитационной моделью | 99 |
| 5.1.3. Результаты работы имитационной модели "Со сна"..... | 102 |
| 5.2. Автоматизированное построение моделей роста древостоев..... | 105 |
| 5.2.1. Теоретические сведения..... | 105 |
| 5.2.2. Алгоритм моделирования хода роста древостоев..... | 107 |
| 5.2.3. Программа моделирования хода роста древостоя..... | 110 |
| 5.2.4. Пример моделирования хода роста древостоев..... | 111 |
| 5.3. Автоматизация расчетов результатов | |

| | |
|---|------------|
| измерений на пробной площади..... | 117 |
| 5.3.1. Краткие исторические сведения..... | 118 |
| 5.3.2. Пакет прикладных программ "Проба-93"..... | 119 |
| 5.3.3. Автоматизация расчетов результатов измерений на пробной площади с использованием пакета прикладных программ "ПРОБА99"..... | 126 |
| 5.3.4. Полный анализ хода роста древесного ствола..... | 134 |
| Вопросы для самопроверки..... | 144 |
| 6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ..... | 145 |
| 6.1. Автоматизированное рабочее место таксатора..... | 147 |
| 6.1.1. Общая характеристика комплекса программ "Автоматизированное рабочее место таксатора"..... | 147 |
| 6.1.2. Функциональное назначение АРМ-таксатора..... | 148 |
| 6.1.3. Схема функционирования АРМ-таксатора..... | 150 |
| 6.1.4. Входные и выходные данные..... | 150 |
| 6.1.5. Формирование ключа выборки..... | 152 |
| 6.1.6. Краткая характеристика и назначение нормативно-справочной информации..... | 155 |
| 6.2. Информационно-аналитическая система долгосрочного прогнозирования динамики лесного фонда лесхоза..... | 161 |
| 6.2.1. Структура прогнозно-аналитической системы для разработки проекта устойчивого управления лесным хозяйством..... | 161 |
| 6.2.2. Моделирование пространственной динамики разновозрастного многопородного древостоя..... | 162 |
| 6.2.3. Тематические справочные базы данных и базы знаний..... | 171 |
| 6.2.4. Подготовка исходных атрибутивных и пространственных данных..... | 180 |
| 6.2.5. Модуль лесохозяйственных мероприятий..... | 182 |
| 6.2.6. Блок моделирования лесовосстановительных мероприятий | 187 |
| 6.2.7. Лесокультурные мероприятия: блок имитации проведения лесокультурных мероприятий..... | 190 |
| 6.2.8. Блок оптимизации лесохозяйственной деятельности..... | 190 |
| 6.2.9. Модель оптимизации ведения лесного хозяйства..... | 194 |
| 6.2.10. Верификация работы модели..... | 200 |
| 6.2.11. Моделирование динамики древостоев с имитацией различных видов лесохозяйственных воздействий..... | 205 |
| 6.2.12. Оптимизационные расчеты объемов лесохозяйственных мероприятий..... | 209 |
| 6.2.13. Оценка биоразнообразия лесных массивов при имитации разных вариантов лесохозяйственного воздействия..... | 213 |
| 6.3. Выделения потенциальных типов условий местообитания..... | 220 |
| 6.3.1. Ландшафтно - лесоводственное обоснование постановки задачи..... | 220 |

| | |
|--|-----|
| 6.3.2. Методика обработки данных..... | 225 |
| 6.3.3. Обсуждение полученных результатов..... | 226 |
| 6.4. Лесоустроительная геоинформационная система - ЛУГИС..... | 238 |
| Вопросы для самопроверки..... | 243 |
| 7. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ... 244 | |
| 7.1. Автоматизированная система управления "Лесные ресурсы"... | 244 |
| 7.1.1. Назначение автоматизированной системы управления "Лесные ресурсы"..... | 244 |
| 7.1.2. Перечень комплексов задач..... | 245 |
| 7.2 Автоматизация материально-денежной оценки лесосек..... | 249 |
| 7.2.1. Анализ существующих комплексов программ по МДОЛ..... | 249 |
| 7.2.2. Алгоритм задачи материально-денежной оценки лесосек..... | 254 |
| 7.2.3. Комплекс программ АРМ "Лесопользование"..... | 261 |
| 7.2.4. Методические указания по эксплуатации комплекса программ АРМ "Лесопользование"..... | 275 |
| 7.3. Автоматизированное рабочее место инженера лесного хозяйства "Лесфонд"..... | 296 |
| 7.3.1. Назначение и возможности АРМ "Лесфонд"..... | 296 |
| 7.3.2. Базы данных в АРМ "ЛЕСФОНД"..... | 297 |
| 7.3.3. Управление сеансом работы АРМ "ЛЕСФОНД"..... | 298 |
| 7.3.4. Программа создания отчетов государственного учета лесного фонда..... | 308 |
| 7.4. Информационные системы производственного уровня (лесхоз, лесничество)..... | 310 |
| 7.4.1. Совмещенные повывдельные базы данных лесхоза..... | 311 |
| 7.4.2. Использование ГИС начального уровня для создания цифровой топоосновы картографической базы данных лесхоза . | 313 |
| 7.4.3.Связь картографической и таксационной баз данных в программе VE-L..... | 322 |
| 7.4.4. Некоторые возможности прикладного использования ГИС лесхоза..... | 328 |
| 7.4.5. Подсистема лесное хозяйство ЛУГИС-ЛХ..... | 331 |
| 7.5. Информационные системы регионального уровня..... | 333 |
| 7.5.1. Разработка базового ресурсного модуля локальной информационной системы управления лесами субъекта федерации..... | 333 |
| 7.5.2.Интеллектуальная информационно-аналитическая система по лесному фонду - базовый модуль локальной информационной системы регионального (федерального) уровня..... | 334 |
| 7.5.3. Совмещенная информационная система управления лесами поквартального уровня агрегации..... | 345 |
| 7.6. Информационное обеспечение управления лесным хозяйством федерального уровня..... | 347 |
| 7.6.1. Географическая информационно - справочная система для органов управления лесным хозяйством (полесхозная | |

| | |
|---|------------|
| агрегация)..... | 347 |
| 7.6.2. Формирование цифровой топоосновы ГИС федерального уровня..... | 350 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....' | 356 |
| ЛИТЕРАТУРА..... | 357 |
| СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ | 363 |
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ..... | 372 |
| СОДЕРЖАНИЕ..... | 374 |

ПРЕДИСЛОВИЕ

Благодаря развитию средств вычислительной техники все большее значение в лесной отрасли приобретают автоматизированные системы. Эти системы содержат аппаратные средства и программное обеспечение, которые позволяют автоматизировать рутинную часть работы специалистов лесного хозяйства. В отрасли накоплен значительный опыт применения математических методов, персональных компьютеров и информационных систем, но нет учебников и учебных пособий, отражающих область информатики. Дисциплина "Информационные технологии в лесном хозяйстве" - это новое направление в компьютерной подготовке специалистов лесного хозяйства.

Основное назначение предлагаемого учебного пособия состоит в том, чтобы будущие специалисты лесного хозяйства знали существующие автоматизированные системы отрасли, умели вести диалог с конкретными АС и работать на персональных компьютерах.

В первом разделе описывается современное состояние информатизации отрасли в соответствии с концепцией информатизации лесного хозяйства России. Затрагиваются проблемы создания ГИС для лесного хозяйства. Второй, третий и четвертый разделы посвящены техническим средствам и программному обеспечению АС. В разделе 4 приведены методы получения и обработки цифровой пространственной информации. В разделах 5-7 рассмотрены вопросы, связанные с автоматизированными системами научных исследований (АСНИ), автоматизацией проектирования в лесном хозяйстве (САПР), автоматизацией управления лесным хозяйством (АСУ). Описаны конкретные системы и результаты их работы. Информационно-аналитическая система долгосрочного прогнозирования динамики лесного фонда лесхоза рассмотрена в разделе 6. Информационные системы производственного, регионального и федерального уровней включены в раздел 7.

Разделы 1.1, 1.2 и 1.3 написаны совместно В.Л.Черных и В.В. Сысуевым, предисловие, введение, разделы 2,3,4.1,4.2,5.1,5.2,5.3, 6.1,6.4,7.1,7.2,7.3,7.4.5 извлечение В.Л.Черных, разделы 4.3,6.2,6.3, 7.4,7.5,7.6 -В. В. Сысуевым.

Общая компоновка и редактирование всех разделов учебного пособия выполнены В.Л.Черных.

При написании вышеперечисленных разделов использовались материалы и разработки сотрудников: ВНИИЦлесресурс В.В.Страхова (1.1, 1.2), В.Н.Короткова (6.2, 7.4, 7.5), М.М.Паленовой (6.2, 7.4, 7.5), М.А.Бредихина (6.2), Д.А.Старостенко (7.4,7.5,7.6), М.М.Старостенко (7.5,7.6); МГУП С.И.Чумаченко (6.2); ИПФСРАН-П.А.Шарого (6.3).

Авторы выражают благодарность рецензентам: д-ру с.-х. наук, проф. Ф.В.Кишенкову, канд. с.-х. наук И.С.Глушенкову за тщательный анализ рукописи.

При подготовке рукописи были учтены конструктивные предложения ведущего инженера А.М.Шихова и консультанта А.А.Нефедова (Поволжское

государственное лесоустроительное предприятие), канд. с.-х. наук СИ. Чумаченко (МГУЛ).

Авторы выражают благодарность сотрудникам учебно-исследовательской лаборатории МарГТУ "Современные информационные технологии в лесном хозяйстве" СВ. Баранову, А.П. Чернову и Л.В. Шебашиевой за помощь в подготовке учебного пособия.

Авторы признательны за предоставление программных средств руководителю группы В. А. Окишеву (ИВЦ Марилес), начальнику ИВЦ А.М. Шишову и руководителю предприятия Н.В. Петухову (Поволжское государственное лесоустроительное предприятие), С.С. Кац, СВ. Плаксину и А.В. Луценко (ТОО "ЛабМастер"), А.А. Богачеву (ВИПКЛХ), гл. инженеру Северо-Западного государственного лесоустроительного предприятия Р.Ф. Трейфельду.

ВВЕДЕНИЕ

Современное лесное хозяйство характеризуется многоцелевой направленностью, существенным возрастанием роли экологических факторов и социальной роли лесов. Лесное хозяйство - управляющая система, а лесные ресурсы выступают как объект управления. Лес - сложная живая система. Чтобы управлять сложным объектом, необходимо освоить современные подходы и инструменты. Инструментами управления служат средства вычислительной техники и автоматизированные системы. Под автоматизацией понимается "применение технических средств, математических методов и систем управления, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в процессе получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов и информации" все это сейчас получило название "информационные технологии" [19]. В зависимости от степени автоматизации, например, процесса сбора, обработки и анализа лесоводственной информации системы подразделяют на автоматизированные и автоматические.

В лесном хозяйстве можно выделить три группы автоматизированных систем (АС).

1) Автоматизация научных исследований (АРМ-исследователя) автоматизированная система научных исследований (АСНИ):

- автоматизированное построение моделей роста древостоев;
- база данных пробных площадей (БДПП);
- имитационное моделирование роста древостоев;
- математическое моделирование лесоводственных закономерностей;
- интегрированная статистическая и графическая система STATGRAPHICS и др.

2) Автоматизация проектирования (АРМ-проектанта, таксатора):

- автоматизированная система управления лесными ресурсами (АСУЛР);
- автоматизированное рабочее место таксатора (АРМ-таксатора);
- общеотраслевая система автоматизированного проектирования (САПР);
- автоматизированная информационная система лес (АИС-лес);
- система обработки лесоустроительной информации (СОЛИ);
- автоматизированные базы данных (АБД);
- система управления базами данных (СУБД-л).

3) Автоматизация ведения лесного хозяйства (АРМ-лесничего, инженера лесного хозяйства):

- материально-денежная оценка лесосек на ПК (МДОЛ);
- автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП);
- автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП);
- автоматизированная система управления производством на уровне

предприятия (АСУП);

Автоматизированные системы служат:

- для обеспечения научной обоснованности управленческих решений;
- обеспечения возможности своевременно иметь актуальную информацию об объекте управления;
- сокращения сроков и повышения уровня научных и проектных работ;
- совершенствования учебного процесса;
- интенсификации работ в лесном хозяйстве и т.д.

В век информатики необходимо, чтобы специалист лесного хозяйства представлял себе весь сложный процесс управления лесными ресурсами, знал и умел применять инструментарий существующих автоматизированных систем при решении конкретных научных и производственных задач.

На современном этапе научно-технического прогресса, когда в промышленности количество изделий удваивается за 15 лет, а их сложность за 10 лет, когда риск проектных решений очень велик, к специалистам лесного хозяйства предъявляются высокие требования в области компьютерной подготовки.

Инженер лесного хозяйства должен знать:

- методы математической статистики;
- основы численных методов;
- методы математического моделирования;
- основы системного анализа;
- автоматизированные системы научных исследований;
- автоматизированные информационные системы;
- методы научно-технического творчества;
- АРМ - таксатора, АРМ "ЛЕСФОНД" и другие; •МДОЛ на ПК;
- АСУ - лесные ресурсы;
- пакеты прикладных программ отрасли;
- САПР предметной области.

Инженер лесного хозяйства должен уметь работать на персональных компьютерах с автоматизированными системами отрасли.

В качестве технических средств для лесной отрасли рекомендуется использовать современные персональные компьютеры.

1. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

1.1. Современное состояние информатизации лесного хозяйства

Вычислительная техника в лесном хозяйстве России используется более 30 лет. При внедрении средств вычислительной техники для решения задач лесного хозяйства значительный вклад внесли многие ученые и производственники: Мошкалев А.Г., Коровин Г.Н., Бур-невский Ю.И. - ЛенНИИЛХ; Никитин К.Е., Швиденко А.З., Юдицкий Я.А. - УкрСХА; Федосимов А.Н., Копытов Ю.В., Богачев А.В. - ВНИИЛМ; Степаков Г.А. - КарНИИЛП; Бочков И.М., Демидов Е.С., Шихов А.М., Голузо Л.В. - Леспроект; Бакаляр А.И., Лямеборшай С.Х., Глотов В.В., Воинов Н.Т. и многие другие. Во всех лесоустроительных предприятиях созданы вычислительные центры. Средствами вычислительной техники (СВТ) оснащены отраслевые НИИ, министерства лесного хозяйства, управления лесами, проектные институты, ПО "Авиалесоохрана", комитеты по лесному хозяйству в республиках, вузы и техникумы.

Вычислительные центры имеют ЭВМ разных типов (ЕС ЭВМ, СМ-ЭВМ, ПЭВМ), которые, в основном, несовместимы.

В настоящее время разработаны автоматизированные системы на базе ЕС ЭВМ:

- отраслевая АСУ лесным хозяйством России (ВНИИЛМ);
- комплекс задач для автоматизированной обработки отчетных данных на уровне Федеральной службы Российской Федерации по лесному хозяйству (отраслевые НИИ);
 - автоматизированная система обработки лесоустроительной информации ("Леспроект");
 - подсистема автоматизированной обработки данных государственного учета лесов ("Леспроект");
 - автоматизированная система формирования и ведения повы-дельной базы данных на уровне лесохозяйственного предприятия ("Леспроект");
 - материально-денежная оценка лесосек (ВНИИЛМ, ЛенНИИЛХ, "Леспроект");
- на базе СМ-ЭВМ:
 - автоматизированная система управления авиационной охраной лесов от пожаров (ЛенНИИЛХ, ГИВЦ Минлесхоза РСФСР);
 - автоматизированная система обработки лесоустроительной информации ("Леспроект");
- на базе ПЭВМ:
 - экспериментальная автоматизированная обработка аэрокосмической информации о лесах - АСОИЛ (НИЧ "Леспроект", ВНИИЦ-лесресурс);
 - автоматизированная система лесного картографирования - АСЛК (НИЧ "Леспроект");
 - система автоматизированного проектирования - САПР (Гип-ролесхоз, ныне Росгипролес);
 - автоматизированное рабочее место таксатора (комплекс программ) -

АРМ-таксатора ("Леспроект");

- автоматизированная система управления лесными ресурсами - АСУ-лесные ресурсы (КарНИИЛП);

- автоматизация научных исследований (вузы, НИИ) и другие. В 1990 году создан отраслевой фонд алгоритмов и программ

(ОФАП) [44]. Перечисленные выше комплексы программ и системы сыграли большую роль в информатизации отрасли.

Техническая база средств вычислительной техники в лесном хозяйстве, по сравнению с прошлыми годами, имеет тенденцию к улучшению количественного и качественного состава как в центральном аппарате Федеральной службы лесного хозяйства России (далее - Рослесхоз), так и в органах управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации. В настоящее время в среднем на один орган управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации (вместе с лесхозами) приходится около 20 персональных компьютеров (далее ПК). В центральном аппарате Рослесхоза - 97 ПК. Однако в отрасли сохраняется острый недостаток современных компьютеров: в ряде органов управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации и государственных лесохозяйственных организациях острый дефицит ПК и периферийного оборудования.

Программное и техническое обеспечение приобретает органами управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации,

как правило, самостоятельно. В результате используемое в отрасли фрагментарное и разнородное программное обеспечение не может служить основой для создания единой Информационной системы лесного хозяйства России (далее ИСЛР).

В то же время проводится совершенствование информационного обеспечения отрасли. Разрабатываются программное обеспечение и организационные мероприятия для проведения государственного учета лесного фонда по состоянию на 01.01.98. Подготовлен к приемке в опытную эксплуатацию пакет прикладных программ "Бухучет". Разработано ПО автоматизированной обработки и составления сводной отчетности по бухгалтерскому учету и внедрено в 45 органах управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации, в 48 используется для обмена информацией электронная почта. Составлен и распространен справочник адресов электронной почты. Установлен WEB-сервер ПО "Авиалесоохрана" в ИКИРАН, организована WEB-страница в глобальной сети Интернет. Тем не менее, отсутствует комплексный подход к созданию единой информационной системы Рослесхоза на всех уровнях, с организацией и ведением совмещенных баз данных, внесением изменений, с планированием хозяйственной деятельности и ведением отчетности на основе автоматизированного документооборота.

В 1997 г. создан Совет по информатизации лесного хозяйства России, организованы комиссии по направлениям, на которые возложены функции координации и управления процессом информатизации лесного хозяйства. Однако координация работ по информатизации лесного хозяйства все еще

имеет существенные недостатки: проводятся параллельные организационные мероприятия, отсутствует финансирование координационно-информационной деятельности и т.д.

Более подготовлены к внедрению новых информационных технологий Центральное, Северное, Северо-Западное, Поволжское и Западно-Сибирское государственные лесоустроительные предприятия и, соответственно, Московское и Вологодское управления лесами, Комитет по лесу Ленинградской области, Комитет по лесному хозяйству Чувашской Республики и Управление лесами Ханты-Мансийского автономного округа, которые рекомендуются в качестве базовых.

В последние годы ряд государственных лесоустроительных предприятий (Северо-Западное, Северное, Западно-Сибирское, Дальневосточное, Центральное, Поволжское) собственными силами разрабатывают пакеты программ по созданию цифровых лесоустроительных планшетов, планов лесонасаждений, по ведению в лесном хозяйстве совмещенной таксационной и картографической базы данных. Данные разработки используют такие ГИС-системы, как WinGIS, GeoDraw/Geograph, MapInfo, Arc/Info, Ve-L, Topol.

В настоящее время под ГИС (географическая информационная система) понимают аппаратно-программный, человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию этих данных и теорий для их эффективного использования при решении задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением.

В связи с отсутствием технических требований, отраслевых стандартов для отраслевых ГИС, технологии во всех вышеуказанных предприятиях различны, и сегодняшнее состояние разработок очень разнообразно.

В последние годы значительно повысился интерес к внедрению ГИС-технологий в лесное хозяйство и со стороны органов управления лесным хозяйством субъектов РФ. Прежде всего внедрение ГИС-технологий в лесное хозяйство связано с необходимостью оперативного решения поставленных задач и непрерывного отслеживания изменений, происходящих в лесном фонде, с одновременным усилением контроля за состоянием и использованием лесного фонда.

Внедрению ГИС-технологий в лесное хозяйство препятствует отсутствие в полном объеме финансирования затрат на ведение лесного хозяйства, а из-за его недостатка лесохозяйственные предприятия прежде всего вкладывают средства в транспорт, в механизмы, технику, средства пожаротушения.

Для выполнения задачи по внедрению ГИС-технологий в лесное хозяйство необходимо разработать технические требования на программные продукты по созданию цифровых карт с целью стандартизации подходов изготовления баз данных и обеспечения обмена пространственной информацией между различными геоинформационными системами,

создаваемыми Роскартографией, Комитетом по земельным ресурсам и другими ведомствами. В этих целях Федеральной службе лесного хозяйства России необходимо создать постоянно действующую комиссию по определению требований к отраслевым геоинформационным системам, проектам стандартов цифровых и электронных лесных карт, экспертизе наработанных ГИС-технологий, обеспечению их вхождения в единое геоинформационное пространство Российской Федерации.

Создаваемые стандарты должны включать в себя общепринятые спецификации типа протоколов сетевого обмена, классификаторы, условные знаки, возможности конвертации в другие программные продукты, единую структуру создаваемой информации.

В настоящее время лесное хозяйство интенсивно оснащается средствами вычислительной техники и передачи данных. Однако следует отметить, что в отрасли нет достаточного количества подготовленных кадров по разработке и эксплуатации автоматизированных систем (АС), нет квалифицированных преподавателей в этой области. Первые разработки комплексов программы отдалены от пользователя, плохо продуманы.

Основными причинами, сдерживающими широкое внедрение информационных технологий в лесном хозяйстве, являются:

- слабое потребление информации о лесных ресурсах на уровне предприятия, связанное с низкой квалификацией ИТР в области современных информационных технологий;
- несовершенство технологических систем в лесном хозяйстве;
- слабая методологическая проработка вопросов управления лесными ресурсами;
- отсутствие проектов автоматизации управленческой и производственной деятельности в лесном хозяйстве;
- ненадежность четкого управления разработками программного обеспечения.

Следует отметить, что проводником научно-технического прогресса в отрасли является лесоустройство.

1.2. Основные направления информатизации лесного хозяйства

Процесс информатизации лесного хозяйства затрагивает все его сферы, связанные с получением, сбором, обработкой, анализом и созданием на их основе новой информации для принятия конкретных решений.

В 1990 году во ВНИИЦлесресурсе разработана концепция информатизации лесного хозяйства страны, в которой определены и сформулированы четыре направления информатизации отрасли на перспективу:

1. Разработка научно-методических основ информатизации:
 - при автоматизации организационно-хозяйственного управления

лесным хозяйством;

- государственном контроле лесов;
- лесопользовании;
- борьбе с пожарами;
- лесозащите;
- лесоустройстве;
- оценке и прогнозе за состоянием северных лесов;
- разработке нормативной базы.

2. Разработка программно-технических средств.

1) Разработка или адаптация ППП автоматизации организационно-экономического управления лесным хозяйством по разделам:

- лесопользование;
- охрана и защита леса;
- наука и техника;
- кадры;
- проектирование и капитальные вложения;
- материально-техническое обеспечение;
- внешние экономические связи.

2) Разработка АРМов специалистов лесохозяйственных предприятий.

3) Разработка САПР (лесоустройство, лесовосстановление, охрана и защита леса, лесомелиорация, строительство лесохозяйственных дорог).

4) Разработка комплекса программ для автоматизированного составления карт.

5) Разработка комплекса программ для введения повидельного банка данных (ПБД).

6) Разработка ППП для обработки информации при мониторинге лесов.

7) Развитие и разработка экспертных систем, интеллектуальных ПППиИПС.

3. Создание инфраструктуры информатизации лесного хозяйства:

- 1) система связи и передачи данных;
- 2) локальные вычислительные сети;
- 3) локальные базы данных и знаний;
- 4) отраслевая вычислительная сеть;
- 5) отраслевой фонд алгоритмов и программ (ОФАП);
- 6) система обучения и подготовка кадров.

4. Информатизация мониторинга лесов.

Создание:

1) головных и региональных центров сбора, обработки и анализа информации при мониторинге лесов;

2) совмещенных баз тематических и картографических данных;

3) дистанционных систем изучения и картографирования лесов;

4) системы экологического мониторинга лесов;

5) системы лесопатологического мониторинга лесов;

6) системы учета текущих изменений в лесном фонде (пожары, стихийные бедствия, антропогенные факторы и др.);

7) системы аэрокосмического слежения за состоянием, динамикой лесного фонда и устойчивостью лесов в зонах экологической напряженности.

В соответствии с концепцией информатизации лесного хозяйства России, утвержденной Рослесхозом 20 декабря 1995 г, вновь определены основные направления Программы, которые разделены на три группы:

- 1) организационные и координационные мероприятия;
- 2) проекты создания первой очереди информационной системы Рослесхоза;
- 3) научное сопровождение и учебно-методическая поддержка информатизации отрасли.

В первой группе мероприятий первоочередным является создание Совета по информатизации с рабочими группами по направлениям деятельности Рослесхоза. В эту группу мероприятий входит также решение следующих задач:

- создание и ведение отраслевых классификаторов;
- согласование структуры и форматов информационных массивов;
- тестирование и сертификация используемого программного обеспечения (далее ПО);
- создание базы данных об информационных ресурсах (о базах данных и ПО);
- создание и ведение архивов информационных массивов федерального уровня;
- создание экспертных групп и комиссий по оценке и сертификации программных комплексов;
- выбор приоритетных направлений и разработка ПО;
- проведение конкурсов (тендеров) и других мероприятий по выбору перспективного, базового ПО, технического обеспечения, организаций - системных интеграторов;
- планирование централизованных средств Федеральной службы лесного хозяйства России на поэтапную информатизацию отрасли,
- распределение и контроль целенаправленного использования финансовых средств;
- издание и распространение рекомендаций, методик по использованию ПО, вопросы организации учебных курсов по различным направлениям ПО и другие задачи.

Организация работ по реализации Программы проводится одновременно на всех уровнях управления лесным хозяйством: федеральном (центральный аппарат Рослесхоза, организации непосредственного подчинения), территориальном (органы управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации) и локальном (лесхозы, лесничества).

В соответствии с Концепцией информатизации лесного хозяйства России основная роль по внедрению новых информационных технологий отводится государственным лесохозяйственным предприятиям (далее ЛУП) и органам управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации за счет финансирования из федерального бюджета.

Последовательность внедрения организуется следующим образом. Прошедшее сертификацию ПО (ГИС-технологии, документооборот) устанавливается в государственных лесохозяйственных предприятиях и органах управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации. Специалисты лесного хозяйства осваивают ПО, адаптируют и создают технологии его использования в лесохозяйстве и управлении лесным хозяйством.

ЛУП проводит новое лесохозяйство с использованием базового ПО и новых информационных технологий, разрабатывает проект организации и ведения лесного хозяйства. Все материалы вводятся, обрабатываются и хранятся в специализированных базах данных: в совмещенной выделительной лесотаксационной и картографической базе данных (ГИС). В ЛУП используются совершенные СУБД и ГИС, компьютеры и периферийные средства, позволяющие решать все задачи лесохозяйства.

ЛУП оказывает содействие лесхозу в приобретении необходимой компьютерной техники и реализует на ней выделительную базу таксационных данных, базу планово-картографических материалов, картографический интерфейс ЛИС лесхоза и пакет ПО автоматического документооборота для актуализации баз данных. Таким образом, лесхозам передается скопированный полный материал лесохозяйства, загруженный в специализированные СУБД и ГИС. Как правило, в лесхозе необходима более простая ГИС и, кроме того, программное обеспечение оперативного управления лесным хозяйством, автоматизированного документооборота и актуализации баз данных.

ЛУП устанавливает программно-аппаратный комплекс под ключ в лесхозе.

Учебно-методический центр при ЛУП производит сопровождение БД и ГИС, обучение специалистов лесхозов использованию передаваемого ПО.

Каждый лесхоз подготавливает двух-трех квалифицированных пользователей, которые могли бы грамотно использовать возможности СУБД и ГИС.

Лесхоз собственными силами проводит актуализацию баз таксационных и картографических данных на основе ПМО автоматизации документооборота и совмещенной информационной системы. По мере развития материально-технической и методологической базы Информатизации производится переход на автоматизированные методы актуализации информационных систем и БД с использованием средств геопозиционирования, переносных полевых компьютеров и соответствующего ПМО. Этот комплекс ПМО и аппаратных средств вместе со средствами связи образуют локальную информационную систему (ЛИС) лесхоза.

Одновременно программный комплекс по каждому лесхозу устанавливается в соответствующем органе управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации. Стандартизация структуры и форматов баз данных и ПМО позволит создать единую информационную систему на

уровне органов управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации.

Вместе с тем в органах управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации должны быть ГИС и СУБД, обладающие функциями независимого контроля лесохозяйственной деятельности, такими как использование различных дистанционных методов, мониторинг лесов, средств связи с периферийными лесхозными ЛИС для организации единой распределенной информационной системы.

Одной из наиболее актуальных задач информатизации в органах управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации является организация автоматизации бухгалтерского учета в единой системе с лесхозами. Построение локальных сетей и электронных систем связи начинается с блоков бухгалтерского учета и финансирования. В дальнейшем к созданной локальной сети подключаются все остальные блоки - лесоресурсный, мониторинг лесов, лесохозяйственный, кадровый и т.д.

Система информационного обеспечения защиты и охраны лесного фонда создается по отдельной, более детализированной программе.

Научное и учебно-методическое обеспечение

Базовые программные продукты в регионах могут быть различными, но в этом случае в обязательном порядке все региональные продукты должны иметь единую структуру баз данных, единую систему кодирования данных (СОЛИ-2 и др.), единые форматы входных и выходных данных.

Информатизация Рослесхоза требует соответствующего научного сопровождения, включающего как разработку общесистемных вопросов в области информатизации, так и прикладных вопросов передачи, хранения и переработки информации по лесному хозяйству в соответствии с организационной структурой управления отраслью. Комплексность решения вопросов предполагает теснейшую связь организационно-экономической, бухгалтерской и ресурсной информации, поступающей снизу вверх, с директивно-нормативной и организационно-финансовой информацией, направляемой сверху вниз.

В связи с этим необходимо форсировать продолжение НИР по развитию и поддержанию на новом уровне нормативно-справочной базы и классификаторов по всем задачам лесного хозяйства.

Необходимо провести исследования по созданию новых перспективных информационных технологий лесоустройства и ведения лесного хозяйства, охраны и защиты леса, разработать специальные требования к пакетам прикладных программ (например, к геоинформационным системам, бухгалтерского учета, базам данных, математическим моделям, экспертным системам), которые могут быть рекомендованы к использованию в отрасли.

Важным условием успешной реализации ИСЛР является создание учебно-методических центров внедрения новых информационных

технологий и повышения компьютерной грамотности работников лесного хозяйства, так как основными пользователями информационных систем должны стать специалисты, в настоящее время имеющие ограниченный опыт работы с компьютерами.

Такие центры будут до некоторой степени гарантом стандартизации применяемых программно-аппаратных средств, поскольку будут оказывать методическую, консультационную, учебную помощь, помощь по установке, эксплуатации (поддержанию, заполнению, актуализации и работе) локальных информационных систем.

Для обучения специалистов по использованию ЛИС разных уровней необходима разработка целевых учебных программ, учитывающих степень подготовки обучаемых, их заинтересованность, наличие навыков работы на ПК и другие факторы.

Целесообразно введение специальных курсов по новым информационным технологиям для подготовки студентов в лесохозяйственных вузах и техникумах России.

Успешная реализация вышеперечисленных мероприятий позволит:

- создать типовой сегмент ИСЛР на базовых государственных лесоустроительных предприятиях и соответствующих им органах управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации, включающий в себя все уровни управления лесным хозяйством и поддержанный обученными специалистами;
- провести формирование банков данных и ГИС для всех уровней управления лесным хозяйством (в базовых органах управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации);
- выполнить оценку эффективности реализации системы;
- провести переподготовку ИТР лесного хозяйства в области информационных технологий;
- произвести переоценку последующих этапов и внести коррективы в Программу информатизации Федеральной службы лесного хозяйства России.

1.3. Проблемы создания ГИС для лесного хозяйства

1.3.1. Зачем нужны ГИС в лесном хозяйстве?

В настоящее время ГИС-технологии изготовления и применения лесных карт еще не нашли широкого практического применения в лесном хозяйстве России. Основными причинами являются недостаток технических и программных средств, отсутствие финансовых возможностей для их приобретения, низкая компьютерная грамотность отраслевых специалистов. Тем не менее, тенденции мирового развития информационных технологий и их приложения к процессам управления свидетельствует о неизбежности и необходимости широкого применения ГИС в лесном хозяйстве России. Чрезвычайная актуальность вопросов разработки и создания ГИС для лесного хозяйства вытекает не только из принятых федеральных законодательных актов, но и из утвержденной 20.12.95 "Концепции

информатизации лесного хозяйства России", а также "Инструкции по проведению лесоустройства в лесном фонде России" (1995) и других утвержденных в последние годы отраслевых документов. Краткое описание истории вопроса, состояние разработок и внедрения ГИС-технологий в лесное хозяйство России можно найти в работах [17,80,85]. Рассмотрим сложившееся в отрасли положение, связанное с изготовлением и применением карт, на некоторых примерах.

Планово-картографические материалы базового (первичного, повторного) лесоустройства

Вследствие приведения всех лесов России в известность, из года в год сокращаются объемы геодезических работ, все шире в качестве основы используются планшеты и картографические материалы прошлых лесоустройств на бумажных носителях. Однако хорошо известно, насколько резко теряются показатели точности бумажных карт со временем. Технология работы с аэрофотоснимками остается на уровне 40-50-х годов. В таких условиях применения традиционной технологии очень трудно выполнять требования к объему и точности планово-картографических материалов лесоустройства. В то же время средства современных ГИС позволяют автоматизировать методы построения карт с использованием стереофотограмметрического дешифрирования аэрокосмических изображений и геодезических измерений, совмещать их с любыми картографическими материалами, резко увеличивать производительность геодезических работ с использованием методов геопозиционирования и электронной тахеометрии, вводящих данные непосредственно в ГИС, и т.д., не говоря уже о возможностях полиграфических комплексов на ПК в соединении с ГИС.

Непрерывное лесоустройство

В новой лесоустроительной инструкции записано, что обязательное условие проведения непрерывного лесоустройства - ежегодная (или текущая) актуализация выдельных банков таксационных данных, созданных на персональных ЭВМ во время базового лесоустройства. А как же наиболее трудоемкая работа по актуализации планово-картографических материалов - остается традиционная технология? По-видимому, в этом одна из причин медленного внедрения непрерывного лесоустройства в отрасли. Корректно выполнять эту работу без применения ГИС практически не возможно. Внедрение методов геопозиционирования будет способствовать дальнейшему увеличению оперативности и точности проведения актуализации планово-картографических материалов.

Управление лесным хозяйством

Регулярная работа с бумажными картами и пространственный анализ лесного фонда в лесхозе резко затруднены не только вследствие ограниченной информации, находящейся на планшетах и планах лесонасаждений, но и просто приводит к их физическому старению. Начавшееся внедрение в практическую деятельность многих лесхозов персональных компьютеров (ПК), благодаря их возрастающей мощности и

доступным ценам, позволяет уже в настоящее время рекомендовать широкое использование ГИС для управления лесным хозяйством. Обычная карта отстает на второй план перед познавательной и конструктивно-аналитической деятельностью в компьютерной системе, в которой пространственная визуализация данных (тем или иным способом отображенных в базе данных в результате запросов) служит посредником в диалоге между пользователем и ЭВМ. "ЭВМ-карты" никогда не "портятся", всегда сохраняют заложенную при их создании точность и могут многократно копироваться и репродуцироваться (в том числе и на бумажные носители) без потери качества, отличаются от традиционных картографических произведений отсутствием избыточности, неопределенности, наличием возможности корректного перехода к другим планово-картографическим материалам, а также аэрофотоснимкам, другим изображениям и т.п. В этом случае "ЭВМ-карта" удобна в качестве средства контроля исходной и промежуточной информации, а главное - является инструментом пространственно-структурного анализа не только данных по лесному фонду, но и данных любой другой природы - например, наличия и удаленности от дорог населенных пунктов, рельефа местности и проходимости, наличия речной и болотной систем, почв и сельскохозяйственных угодий и т.п. Наличие функций материально-денежной оценки лесосек, банков данных материально-технических ресурсов, комплекса программ планирования - отчетности хозяйственной деятельности, работающих на единой совмещенной базе данных ресурсов лесного фонда, позволит автоматизировать документооборот. Таким образом, применение ГИС обеспечит специалистам лесного хозяйства не только выполнение анализа пространственных таксационных данных, но и объективную поддержку принимаемых решений по проведению и оптимизации практических лесохозяйственных и других мероприятий, а также и контроль их качества.

Очевидно, что все затронутые и многие другие проблемы могут успешно решаться лишь при использовании ГИС-технологий.

В процессе построения ГИС должен учитываться ряд особенностей российского лесного хозяйства. Прежде всего, необходимо опираться на традиции русского лесоводства, на принципы и основы, которые заложены и длительное время используются в практике лесоустройства и ведении лесного хозяйства. Необходимо учитывать сложившуюся иерархию системы управления лесным хозяйством России и подготовленность специалистов на каждом уровне управления.

1.3.2. Основные принципы создания ГИС для лесного хозяйства

Задачи сбора, хранения и использования данных о состоянии лесных ресурсов, их рационального использования всегда связаны с интеграцией и синтезом разнородной картографической и фактографической информацией. Источником картографической информации могут быть карты, аэрокосмические снимки, сканерные изображения. Источники

фактографической информации - банки данных, отчеты о полевых и научных работах, научные публикации, т.п. При наполнении ГИС всю эту разнородную информацию нужно перевести в цифровую форму (или получить ее тем или иным способом в цифровой форме) и объединить на основе общей пространственно идентифицирующей информации.

Цифровые карты часто изготавливаются независимо от их дальнейшего использования в ГИС. С другой стороны, фактографический материал накапливается в различных базах данных (в различных вычислительных средах и компьютерах) также без учета использования в ГИС, что может существенно затруднять создание ГИС.

Именно такое положение характерно для лесного хозяйства. При изготовлении лесоустроительных планшетов, планов лесонасаждений, картосхем лесонасаждений на некоторых лесоустроительных предприятиях (например, Поволжском, Центральном) и в других подразделениях отрасли создаются цифровые карты с использованием самых разнообразных программно-аппаратных средств. Независимо от этого, там же накапливаются банки данных (до сотни параметров на каждый пространственный выдел), причем в других программных средах. Поэтому реальные трудности, которые необходимо преодолеть, возникают при связывании существующих картографических и лесотаксационных БД. Эти вопросы можно решать несколькими путями, в зависимости от того, какой подход выбирается при организации совместного хранения и использования картографических и тематических баз данных в ГИС.

Наиболее очевидный подход - это хранение картографических и атрибутивных данных в виде единого набора данных, управляемого одной специализированной СУБД. Однако это накладывает ряд особых требований на специализированную СУБД, которые не удастся учесть сразу, а ряд из них в полном объеме выполнить в одной разработке вообще невозможно. Этот подход требует также наличия конверторов для передачи данных в ГИС из ранее созданных и поддерживаемых банков данных. В результате приходится разрабатывать конверторы для передачи картографических материалов (поскольку оцифровка, как правило, также выполняется в совершенно разных графических средах и ГИС), а также конверторы для передачи атрибутивных данных из коммерческих СУБД.

Система управления картографической базой данных в принципе могла бы быть реализована полностью средствами мощных современных универсальных СУБД (типа INFORMIX, ORACLE, INGRES и т.п.), которые в настоящее время обладают возможностью хранить данные в двоичной форме практически неограниченных объемов в отдельном элементе (так называемые Двоичные Большие Объекты - Binary Large Object). С помощью таких средств можно "встроить" компоненты картографической БД в тело фактографической базы данных. Например, цифровая карта, как элемент фактографической БД, может быть сохранена в таблице учета цифровых карт. Однако использование таких универсальных СУБД требует мощных вычислительных средств, что не всегда целесообразно и возможно.

Другой подход основан на раздельном хранении картографических и фактографических (атрибутивных) данных в двух независимых информационных системах и разработке программных средств динамического обмена данными между ними. Несмотря на возникающие трудности с быстродействием, применение таких систем оправдано тем, что к моменту начала создания ГИС тематические (фактографические) базы данных уже функционируют, и стоит задача добавления картографической подсистемы к уже существующей информационной базе. Вследствие этого, в настоящее время практически все серьезные ГИС, разработанные даже на платформах графических рабочих станций, имеют интерфейсы связи с различными коммерческими СУБД (в том числе типа ORACLE, INFORMIX, INGRES и др.).

Таким образом, программное обеспечение ГИС не может и не должно заменять широкие возможности создания прикладных информационных систем, которые предоставляют современные универсальные СУБД. Наиболее перспективный путь - гибкая интеграция систем управления картографическими и фактографическими базами данных. Для этого необходимо обеспечивать взаимодействие между подсистемами (не на уровне примитивного форматного импорта-экспорта данных, как это делают обычно), используя управление на языковом уровне таким образом, чтобы расширить язык управления данными СУБД для картографической базы данных. При создании проблемно-ориентированного приложения наиболее целесообразно использовать универсальный картографический интерфейс, не зависящий от конкретной СУБД. БД в этом случае выполняют основную роль по формированию и обработке запросов, ведению, поддержанию тематических баз данных. Создание, редактирование, хранение и обработка базовых карт в этом случае может проводиться также во внешних независимых специализированных графических редакторах, наиболее подходящих для того или иного конкретного случая.

Именно такой подход для создания ГИС принят в работах, выполненных во ВНИИЦлесресурс: картографическая и фактографическая базы данных создаются раздельно на основе специализированных продуктов, а для их интеграции, наилучшего пространственного анализа и визуализации создается картографический интерфейс, представляющий из себя графическую специализированную СУБД.

Раздельная подготовка в цифровом виде разнородной информации (цифровых карт и баз данных), а также их связывание (совмещение) с общей пространственно-локализуемой идентификационной информацией представляет первый этап создания ГИС. Так, для создания ГИС лесхоза необходимо связывать цифровые планшеты и поведельные базы лесотаксационных данных. При этом могут использоваться идентификационные коды "лесничество-квартал-выдел", находящиеся как в цифровых картах, так и в базах данных.

Для создания информационной системы федерального уровня на базе данных ГУЛФ должны использоваться идентификационные коды "субъект

Федерации - лесхоз".

Идентифицирующая информация может принимать различные формы, и часто ее несогласованность приводит к невозможности автоматически связывать объекты цифровой карты и баз данных. Ручная коррекция ошибок может быть достаточно сложной при большом количестве данных.

Это характерно для материалов и баз данных, имеющих в лесном хозяйстве, поскольку все они создаются независимо и несвязно друг с другом. Так, кодирование субъектов Российской Федерации в системе Государственного Учета Лесного Фонда (ГУЛФ) выполнено в алфавитном порядке с использованием четырехразрядного кода, а при цифровании границ административных единиц (областей, краев, республик и т.д.) принят двухразрядный код с использованием другой нумерации. Причем, оба кода не имеют ничего общего с Государственной кодировкой административного деления бывшей РСФСР. Еще более сложно откорректировать идентификацию для лесхозов: мало того, что они имеют принципиально различную кодировку в базах данных ГУЛФ, СОЛИ-2 и в картографических базах границ лесхозов, они имеют различающиеся названия в разных базах, и их списки не совпадают практически ни по одному региону. Но самое главное, границы между лесхозами не являются постоянными и могут достаточно быстро изменяться - для оперативного учета этого необходимо проведение специальной работы по отслеживанию изменений границ и названий.

При создании лесных карт и изучении состояния лесных ресурсов приходится пользоваться различными материалами: от крупномасштабных топографических и сложных тематических карт до примитивных картосхем и карт обзорных масштабов, аэрокосмическими фотоснимками (черно-белыми, цветными и спектрзональными) различных масштабов, сканерными изображениями в различных диапазонах и т. д. К этому добавляются материалы геодезических работ, проводящихся при лесоустроительных и землеустроительных работах. Для получения корректных результатов необходимо, чтобы все пространственные данные были приведены к единой системе координат с учетом проекций, искажений и уровня генерализации.

Перечень масштабов лесных карт, способы и порядок их составления регламентируются утвержденными отраслевыми документами [32,33]. Трехуровневая система управления лесным хозяйством России (и, соответственно, потоков информации) приводит к необходимости использовать, как минимум, четырехмасштабную базовую систему лесных карт:

- 1) 1:10 000 (1:25 000)* - для лесоустроительных планшетов;
- 2) 1:25 000 (1:50 000) - для плана лесничества;
- 3) 1:100 000(1:200 000,1:300 000) - для карты-схемы лесхоза;
- 4) 1:200 000 и мельче - для карты-схемы лесов субъекта федерации.

*В скобках показаны масштабы карт по низшим разрядам лесоустройства.

Кроме того, используются масштабы 1:1 000 000 (1:2 500 000) - для создания обзорных карт лесного фонда регионального и федерального

уровня [37].

Эта система масштабов в общих чертах удовлетворяет и требованиям ландшафтно-морфологического картирования лесов (Киреев, Сергеева, 1992):

- 1) картографирование и классификация урочищ и видов фаций;
- 2) картографирование и классификация урочищ и видов урочищ;
- 3) картографирование и классификация местностей;

4) картографирование ландшафтных областей и ландшафтов. Это важно учитывать с точки зрения необходимости перевода

систем непрерывного лесоустройства и мониторинга состояния лесов на природные ландшафтно обусловленные границы единиц инвентаризации и пользования лесными ресурсами.

Одно из весьма ощутимых преимуществ использования ГИС - возможность достаточно просто переходить от одного масштаба к другим с помощью различных средств. Практически во всех графических редакторах имеются средства увеличения-уменьшения масштаба картографического изображения на экране дисплея: это так называемая "лупа" ("zoom"), действующая либо дискретно с преобразованием по выбранной рамке или по заданному цифровым способом масштабу изменения изображения, либо непрерывно с автоматизированной генерализацией изображения. Карты в близких (по градации) масштабах легко привести в единый масштаб. Это относится даже к картам в различных проекциях - в различных ГИС имеются средства для пересчета из одной проекции в другие. Но в любом случае эти средства дают только ту информацию и с той точностью, которая была обеспечена при введении карты (при цифровании).

Кроме этого, в некоторых системах реализованы возможности перехода из масштаба в масштаб, как это, например, делается в гипертекстовых справочных системах. На карте более мелкого масштаба выбирается интересующий объект, и по запросу происходит загрузка карты более крупного масштаба на этот объект, как правило, "полигон". В нашем случае можно последовательно опускаться на все более крупный и детальный масштаб: из карты лесов России - область - лесхоз - лесничество - планшет. Необязательно карты всех масштабов хранить в одном компьютере - они могут храниться и анализироваться в разных звеньях локальных информационных систем, в разных организациях и даже в совершенно разных населенных пунктах. Они могут вызываться, например, средствами "клиент-сервер" распределенных баз данных.

При разработке ГИС управления лесным хозяйством наиболее перспективно выделение средств визуализации в настраиваемый интерфейс, обеспечивающий разработку различных стилей графического представления независимых от организации картографических и фактографических баз данных.

Основные задачи картографического интерфейса как компонента ГИС - построение картографического изображения по информации, поступающей из картографической и фактографической БД, т.е. пространственная

визуализация информации, а также обеспечение доступа к объектам этих БД, т.е. пространственные запросы. Такой запрос должен обеспечить возможность указывать, отбирать и получать доступ к данным, манипулируя непосредственно графическими образами на экране дисплея.

Для того, чтобы пользователь-эксперт мог сам свободно разрабатывать свой язык карты как знаковую систему, необходимо методы изображения картографических данных сделать независимыми от пространственных данных.

Это позволяет одно и то же содержание пространственных данных многократно использовать для построения совершенно разных картографических произведений в соответствии с поставленными задачами. В графическом интерфейсе это достигается за счет возможностей произвольного составления легенды и ее палитры, возможностей цветового (и тонового) отображения, наложения различных штриховок, применения различных типов линий, а также вне-масштабных знаков и текста (семантики) и некоторых других приемов. Причем, перестройка правил визуализации данных производится самим экспертом-пользователем с помощью простой системы меню.

Таким образом, требования к изображению картографических образов как знаковой модели для представления конечных результатов могут быть совсем другие, чем для создания, хранения и обработки цифровых карт в ГИС.

Так, например, для анализа пространственной статистики нерегулярной сети точек достаточно манипулировать координатами этих точек и данными об их свойствах. Однако для наилучшего изображения результатов нам часто нужно представить точечные объекты иными графическими объектами. Это может быть значок из некоторого набора, а может быть круговая или иная диаграмма, вид которой определяется результатами каких-то вычислений. Причем, видом, размерами, цветом, расположением и некоторыми другими параметрами подобных внемасштабных знаков необходимо управлять весьма простым образом.

Другой пример - возможности формирования стилового оформления площадных объектов (выделов) на лесоустроительных планшетах. Для представления породного состава выдела можно использовать комбинирование цвета и узоров заполнения (заливки) полигонов (выделов). Например, главная порода ель может быть залита цветом, а береза и сосна в этом же выделе показаны наклонной штриховкой разного направления и соответствующего цвета и толщины. Таким образом, для выделов, имеющих смешанный состав древостоя, мы получаем крестообразную штриховку. Штриховкой можно показывать ценную породу в подросте. При этом оперируем одним и тем же пространственным описанием картографического объекта - полигоном, однако получаем существенно более полную информацию. С другой стороны, в пространстве выдела можно наносить комбинации условных знаков, соответствующие разным породам, и обеспечивать полное представление породного состава на карте.

Картографический интерфейс должен не только обеспечивать построение изображения картографических объектов в соответствии с их характеристиками из фактографической БД. Он должен обеспечивать доступ к данным обеих баз, взаимодействуя с объектами с помощью пространственных запросов. Так, задавая произвольный замкнутый контур на изображении планшета лесоустройства, выделяем (высвечиваем) те выделы, которые он охватывает, например, решая задачи отвода лесосек в рубку. Коды, соответствующие этим выделам, поступают в систему управления фактографической БД, где производятся расчеты запасов древесины, материально-денежной оценки лесосеки и любых других интегральных характеристик, основанных на лесотаксационных материалах интересующего участка территории. Кроме того, средствами ГИС можно получить разнообразную информацию о географических особенностях расположения данной территории: удаленность от населенных пунктов (людских ресурсов, перевалочных баз и техники), удаленность от дорог и коммуникаций, характер местности и почвенного покрова (рельеф, заболоченность и пр.) и т.д. Статистический анализ свойств данного участка по отношению ко всей территории лесничества позволяет оперативно оценить возможность проведения различных хозяйственных мероприятий. Еще более важна оперативность и доступность широкого спектра информации при разработке мероприятий, направленных на смягчение или ликвидацию последствий негативных стихийных природных и антропогенных воздействий на лесные насаждения (пожары, вредители и болезни, ветровалы, усыхание, хищнические рубки и т.д.).

Обеспечение доступа одновременно к обеим базам данных очень важно также с точки зрения актуализации картографической и таксационной информации, внесения синхронных изменений в них.

Такое сочетание метафор пользовательского интерфейса обеспечивает представление информации как для оформления картографического документа, так и для картографического анализа и моделирования.

Построение распределенных информационных систем

Современные ГИС, как правило, связаны с внешними БД, в том числе и по сетям. Механизм взаимодействия определяется возможностями самих СУБД и соответствующей ОС. Работа в сети позволяет использовать информацию, находящуюся на различных компьютерах. Таким образом, фактографические и картографические базы данных могут находиться физически на разных компьютерах, а пользователь, работающий с картографическим интерфейсом на третьем компьютере, вообще может не знать, где находится та или иная информация. Кроме того, сеть представляет возможность контроля за работой всего информационного комплекса, каким бы большим он ни был; позволяет существенно повысить эффективность использования дорогого периферийного оборудования; обладает способностью к дальнейшему развитию за счет подсоединения новых программно-аппаратных средств и т.п. Учитывая распространение локальных

сетей на ПК, необходимо придерживаться технологии "клиент-сервер" как наиболее перспективной.

Альтернативой локальным вычислительным сетям является использование операционной системы UNIX на платформах рабочих станций (типа HP, SunSPARCStation, ICL и др.) с применением современных СУБД (типа INFORMIX, ORACLE, INGRES и т.п.). В рамках такой системы можно использовать как управление виртуальным картографическим интерфейсом, так и хранение структурных пространственных блоков как ВШВ-данные СУБД (Binary Large Object). Кроме того, такой подход позволяет без каких-либо трудностей ассимилировать любую ЛВС со всеми ее программными продуктами и базами данных. Все пользователи при этом, работая на ПК в своих собственных программных средах, будут иметь все преимущества ОС UNIX и быстро действующего мощного файл-сервера.

Такой принципиально новый подход наиболее перспективен для построения единой распределенной информационной системы Федеральной службы лесного хозяйства России.

Прогнозные функции информационных систем

Для реализации информационной поддержки управленческих решений необходимо обеспечить прогнозирование ситуации на разных уровнях агрегации данных в соответствии с уровнями управления лесным хозяйством. Поэтому информационные комплексы должны включать прогнозные модули на основе методов математического моделирования, экспертных систем, систем поддержки принятия решений. Иерархия моделей динамики лесных насаждений должна включать, например, как минимум, три уровня: а) расчет динамики пространственного распределения разновозрастных сложных по составу древостоев на выделах с учетом лесохозяйственной деятельности; б) расчет динамики лесного фонда лесхоза с поквартальной агрегацией данных; в) региональная модель с уровнем агрегации данных по лесхозам, учитывающая многолетнюю динамику эколого-эдафических условий. Главные требования - модели должны использовать для своей работы в качестве исходных данных стандартную информацию, получаемую в лесном хозяйстве, быть легко настраиваемыми на конкретные физико-географические условия и иметь дружественный интерфейс (т.е. должны быть достаточно легко использованы специалистами на местах).

Функциональное предназначение и требования к ГИС различных уровней управления лесным хозяйством

Базовую информацию в лесном хозяйстве России создают лесоустроительные предприятия, которые на основе дешифрирования аэрофотоснимков, полевых экспедиционных работ, материалов геодезической съемки и топографических карт изготавливают планшеты и другие лесные карты, а также лесотаксационные базы данных. На основе этих материалов лесоустроительные предприятия разрабатывают проект

ведения лесного хозяйства конкретной территории. Начиная с 1998 года ЛУП применяют автоматизированную лесоустроительную геоинформационную систему (ЛУГИС), а с 1999 года внедряется ЛесГИС.

В лесхозе выполняются все запроектированные мероприятия: по рубкам различного пользования, по лесовосстановлению ит.п., при производстве которых меняются характеристики лесного фонда. Для практической реализации лесохозяйственной деятельности на этом уровне необходимо иметь систему, позволяющую: во-первых, осуществлять всевозможные запросы и их визуализацию с выдачей картографических и других документов для производства работ; во-вторых - вносить текущие изменения в ГИС; в-третьих - готовить отчетные документы, как по атрибутивным, так и картографическим данным. Лесхоз при авторском надзоре ЛУП собственными силами проводит актуализацию баз таксационных и картографических данных на основе ПМО автоматизации документооборота и совмещенной информационной системы. По мере развития материально-технической и методологической базы лесхозов производится переход на автоматизированные методы актуализации совмещенных информационных систем и лесных карт с использованием средств геопозиционирования, переносных полевых компьютеров и соответствующего ПМО.

Одновременно полный программный комплекс по каждому лесхозу устанавливается в соответствующем региональном управлении лесным хозяйством. В связи с этим понятным становится необходимость жестко стандартизировать входные-выходные форматы баз данных и ГИС - без этого создать единую Информационную систему управления лесами субъекта Федерации будет чрезвычайно сложно. На уровне региональных управлений лесами осуществляется планирование региональной стратегии развития и управления лесными ресурсами, а также контроль (мониторинг) происходящих изменений лесного фонда. Таким образом, в дополнение к уровню лесхоза ГИС регионального уровня должна использовать данные дистанционных методов лесного мониторинга, проводить различную обработку и анализ графических объектов для обеспечения принятия управленческих решений: агрегировать и интерполировать данные с использованием разномасштабных карт, классифицировать, накладывать друг на друга различные векторные и растровые изображения, вычислять и отображать на карте статистические параметры и т. д.

ГИС лесоустроительных предприятий (филиала лесоустроительного предприятия, экспедиции)

Особенностью ГИС лесоустроительных предприятий является необходимость проводить и поддерживать весь комплекс лесоустроительных работ, камеральной обработки материалов лесоустройства, карто-издательских и множительно-типографских работ и поддерживать постоянную взаимосвязь с лесотаксационными базами данных. Помимо этого ГИС периодически пополняется информацией с мобильных (полевых) узлов и, в свою очередь, пополняет информацию на этих узлах.

ГИС лесоустроительных предприятий должна поддерживать следующие работы:

а) ввод аэро- и космических фотоснимков, сканерных изображений, автоматизированное таксационное дешифрирование изображений до начала полевых работ;

б) ввод и обработку геодезических данных;

в) совмещение и обработку геодезических, картографических и аэрокосмических материалов с целью создания и обновления планово-картографических материалов лесоустройства, других лесных карт;

г) совмещение цифровых планово-картографических материалов и лесотаксационных баз данных для проведения однозначной совместной их актуализации (через картографо-геодезические данные, традиционные карточки таксации);

д) ввод данных с систем геопозиционирования (GPS) или электронных тахеометров, их обработка для периодического (или текущего непосредственно в полевых условиях) создания планово-картографических материалов с помощью полевых мобильных систем. Для этих целей экспедиции лесоустроительных предприятий оснащаются полевыми мобильными узлами (на базе РС типа Notebook специального полевого, так называемого "промышленного" исполнения), в которые до начала полевых работ вводятся материалы предварительного автоматизированного таксационного дешифрирования аэрокосмических снимков и сканерных изображений, а также материалы предыдущего лесоустройства и цифровые топографические карты. Все материалы полевых исследований вводятся в совмещенную базу данных непосредственно в полевых условиях;

е) подготовку совмещенных баз данных для конкретных лесхозов и региональных органов управления лесами с возможностью пространственной визуализации запросов по лесотаксационным базам и выдачи документов пользователям по установленным формам;

ж) обработку данных для получения документов, предусмотренных лесоустроительным Проектом;

з) создание и тиражирование необходимого количества планово-картографических материалов лесоустройства и других лесных карт с использованием настольных типографий;

и) подготовку издательских оригиналов карт для типографской печати;

к) подготовку и печать материалов по разовым запросам Рослесхоза и других административных органов управления.

На основе перечисленных работ сформулированы примерные требования к базовой ГИС, которая по своим функциональным возможностям могла бы решать задачи лесоустройства.

Общие требования

1. Проведение русификации продукта.
2. Система реализована на платформе РС АТ для операционных систем

DOC и/или Windows (желательно для обеих систем) с умеренными требованиями к конфигурации.

3. Легкость и удобство работы с системой - дружественный интерфейс, легкость овладения, отсутствие необходимости специальных знаний для пользователя конечной системы.

4. Поддержка системы по типу "горячая линия", возможность обучения специалистов лесного хозяйства, наличие компетентных представительств в России (Москве).

5. Модульный принцип организации (развития) системы и/или наличие спектра продуктов, с возможностью создания специальной конфигурации для пользователей различного ранга и квалификации.

6. Приемлемые условия по стоимости системы.

Специальные требования

1 *. Ввод (цифрование) с использованием дигитайзера и сканера.

2* Вывод (выдача твердых копий) с помощью матричных, лазерных, струйных и перьевых принтеров/плоттеров, обеспечивающий необходимую картографическую (геодезическую) точность, регламентированную нормативными документами по созданию лесных карт.

3 *. Система основана на идеологии ГИС с построением топологии векторной графики (точки, кривые, ареалы), поддержанием растровой графики, организации слоев графической информации, наличием достаточных средств хранения и обработки атрибутивной информации, подключением тематических баз данных к площадным, линейным и точечным объектам, возможность одновременной работы с несколькими пространственно-совмещенными слоями векторной и растровой информации, их анализа и создания аналитических карт и др.

4. Удобные графические редакторы векторных и растровых данных.

5*. Расчет основных географических проекций, используемых в лесном хозяйстве России (прежде всего, Гаусса-Крюгера с геоидом Красовского).

6. Наличие средств обработки топографо-геодезических материалов для увязки контурной сети планшетов (и других лесных карт) по данным топографо-геодезической съемки, а также проектирования просек, лесовозных дорог, мелиоративных каналов, нижних складов, отдельных строений и поселков и т. п.

7. Сканерный ввод информации с возможностью пред- и постобработки растровых изображений: контрастирование, маскирование, сглаживание, фильтрация, сегментация, а также классификация оконтуривания

* Отмечены функции, которые ГИС должна иметь в обязательном порядке. (полуавтоматическая, автоматическая с обучающей выборкой), генерализация и т. п.

8*. Преобразование изображений растр - вектор, вектор - растр.

9*. Наложение слоев с созданием новой общей базы данных (overlay): вектор - вектор, растр - вектор, растр - растр.

10*. Совмещение различных фрагментов изображения или карты в единый слой.

11*. Совмещение растровых с векторными картографическими материалами (натягивание аэрокосмических изображений на картооснову) с использованием:

а) опорных координатных точек;

б) с корректировкой по цифровой модели рельефа, т. е. наличие в системе функций DTM.

12. Наличие ПО построения цифровой модели рельефа (DTM).

13. Наличие ПО цифровой ортофотограмметрии и построения ортофотоизображений.

14. Наличие ПО связи и обработки данных систем геопозиционирования GPS.

15. Открытость системы: по крайней мере, открытые внутренние форматы данных для дилеров, распространяющих продукт в России и осуществляющих дописывания и вставки в ГИС дополнительных приложений, конверторов и специальных приложений для конкретного пользователя.

16. Связь с внешними базами данных по системе ODBC.

17. Организация визуализации произвольных запросов из внешних баз данных на пространственных картографических изображениях, возможность создания библиотеки стандартных запросов.

18*. Возможность внесения текущих изменений, производимых в ГИС на экране дисплея, в базу данных (в т.ч. и во внешнюю СУБД) без нарушения целостности.

19. Расчет и визуализация статистических параметров на картографических материалах, т.е. создание картодиаграмм, диаграмм, картограмм и т. п.

20. Наличие возможности создания и использования библиотеки немасштабных картографических знаков, а также различных шрифтов для текстового оформления картографических произведений и документов.

21. Возможность подготовки стандартных форм отчетности тематических и картографических документов, т.е. заготовка стандартных шаблонов для распечатки карт в рамке с полями названий, масштаба, легенды, организации и фамилий изготовителей и т. п.

22. Наличие экспорта - импорта данных с сохранением топологии: для векторных форматов: Arc/Info, ACAD, ASCII для растровых форматов: TIFF, .PCX, .СПТ, .BMP для внешних СУБД: .DBF, ASCH, SQL.

* Отмечены функции, которые ГИС должна иметь в обязательном порядке.

Требования рассчитаны на создание ГИС-технологии автоматизированного лесоустроительного производства и могут использоваться как критерии отбора ГИС.

Как показывает анализ имеющихся продуктов на рынке ГИС, лишь немногие из них удовлетворяют полному списку требований - причем, это

мощные ГИС на платформах рабочих станций, такие как Arc/ Mo, Erdas, Intergraph, GenaSys, Vista (IISD Datron).

Из разработанных для PC ГИС среднего класса, таких как WmGIS, GeoDraw/Geograph, MapInfo, Arc/Info, Ve-L.

По нашим данным, наиболее приближается к требованиям, приведенным ниже, лишь TopoL разработки чешской фирмы Help Service Group (Прага). По-видимому, это обусловлено тем, что эта ГИС разрабатывалась первоначально специально для лесоустройства Республики Чехия. В настоящее время она является базовой для лесоустройства и лесопользования не только в Чехии и Словакии, но и очень активно используется в Германии, Италии и других западных странах, вследствие очень хорошего соотношения ценных функциональных возможностей.

Геоинформационная система лесхоза (лесничества)

Задачи использования ГИС в лесхозе проще. Основным компонентом информационной системы лесхоза является совмещенная база данных, позволяющая наиболее рационально использовать возможности таксационных баз данных реляционного типа и ГИС для ввода, хранения, обработки и выдачи материалов планово-картографического сопровождения. Примерный список задач для уровней лесхоза и лесничества приведен в табл. 1.1.

При проведении непрерывного лесоустройства силами лесхоза лесничие также должны обеспечиваться мобильными узлами - переносными компьютерами и средствами геопозиционирования (системой GPS), позволяющими путем установки координат непосредственно на месте точно определить границы планируемого хозмероприятия (границы лесосек, границы участков посадки лесных культур и т.д.). Лесничий, используя лесоустроительные планшеты, топографические карты, аэрофотоснимки, таксационные описания и другие документы, имеющиеся в совмещенной базе данных, может на цифровой карте отметить выбранные участки и просчитать их характеристики по запасам и площадям. На выбранные участки лесничий заполняет в полуавтоматическом режиме сопроводительные первичные документы, на основании которых в лесхозе будет проведена корректировка (актуализация) таксационного описания и планово-картографических материалов объекта лесоустройства.

Таблица 1.1 – Примерный список задач в лесхозе (лесничестве)

| Наименование комплекса задач | Периодичность решения |
|--|---------------------------|
| Создание (загрузка) картографической и таксационной баз данных. | Однократно |
| Текущее обновление баз данных (включает сбора информации о текущих изменениях, их контроль и ввод в базы). | Ежегодно |
| Актуализация базы данных лесного фонда на естественный рост насаждения. | 1 раз в 5 лет |
| Перспективное планирование лесопользования на 10 лет,включая: -территориальное размещение плана рубок леса и лесохозяйственных мероприятий; -формирование проекта подсочки насаждений в увязке с планом рубок леса. | 1 раз в 5 лет |
| Формирование годовых планов размещения и проведения лесохозяйственных работ,включая: -подготовку лесосечного фонда к рубке по главному и промежуточному пользованию; -уточнение плана размещения лесосек; -материально-денежную оценку; -выдачу графических планов лесосек с геоданными отвода; -контроль данных текущего и перспективного планирования; -учет и выдачу лесорубочных билетов; -территориальное размещение рубок ухода,санитарных рубок,реконструкция насаждений и прочих рубок. | Ежегодно |
| Сбор,контроль и анализ информации о выполненных лесохозяйственных мероприятиях,лесопользования и иных воздействиях на лес. | В течении года |
| Выявление участков,требующих первичного или очередного воздействия на лес. | В течении года |
| Текущее планирование лесопользования,включая: -анализ выполнения текущего и перспективного планов рубок леса и лесохозяйственных мероприятий; -корректировка текущего плана рубок леса и лесохозяйственных мероприятий. | Ежегодно |
| Перспективное и текущее планирование лесовосстановления. Комплекс задач по охране и защите леса,включая: -локальный лесопатологический мониторинг лесов в зонах влияния промвыбросов; -котроль санитарного состояния поднадзорных полигонов; -выдачу форм отчетности и рекомендации по лесозащите. | Ежегодно Ежегодно |
| Ведение лесокадастровой книги и выдача форм ГУЛФ или их фрагментов. | В течении года |
| Составление и выдача форм государственной отчетности. Выдача справочной информации по различным аспектам лесохозяйственной деятельности,лесопользованию,состоянию лесного фонда и его отдельных участков. | По требованию Ежегодно |
| Текущий оперативный контроль за лесопользованием и проведением лесохозяйственных мероприятий,включая учет выполненных работ,ргистрацию и оценку отклонений от установленных планов,и ограничений. | По запросам |
| Формирование и выдача сигнальных справок выявленных нарушений. | В течении года |

ГИС органа управления лесами субъекта Федерации

Для осуществления всех видов лесного мониторинга, для регистрации текущих изменений в состоянии лесного фонда, а также в целях контроля и корректировки материалов лесоустройства, лесохозяйственной деятельности различных предприятий Управления лесами субъектов Федерации должны иметь в составе информационной системы не только всю информацию о лесных ресурсах полесхозной и поквартальной (повыдельной) агрегации, но и развитые программно-аппаратные средства ГИС-технологий введения и обработки аэрокосмической информации - сканерные либо другие устройства для ввода снимков, ПМО обработки изображений, средства получения высококачественных твердых копий картографических материалов.

Многомасштабная ГИС федерального уровня предназначена для обеспечения должностных лиц Рослесхоза оперативными справками по любым лесхозам и управлениям лесами с использованием компьютерного справочника "Лесной фонд России" на базе совмещенного с картографической основой банка данных государственного учета лесного фонда (ГУЛФ). Информация предоставляется в виде разнообразных электронных карт как на мониторе рабочей станции или ПЭВМ, так и твердых копий, получаемых на принтерах, графопостроителях. Важной задачей является обеспечение связи с геоинформационной системой органов государственной власти - ГИС ОГВ.

Специфичными для федерального уровня являются также задачи оперативного контроля быстродействующих катастрофических воздействий на лес (пожары, наводнения, антропогенные катастрофы и т. п), требующие создания информационных систем, работающих в условиях реального времени. Для этого на базе уполномоченных организаций, предприятий и учреждений могут быть созданы станции приема оперативной аэрокосмической информации, непосредственно поступающие и обрабатываемые в специализированных ГИС. В этом направлении наиболее перспективными средствами являются многозональные сканерные телевизионные, спектрометрические, радиолокационные и другие системы, передающие информацию дистанционного зондирования в цифровом виде с автоматической координатной привязкой для непосредственного ввода в геоинформационные системы.

1.3.3. Требования к лесным электронным картам, совмещаемым с таксационной базой данных

Требования к лесным электронным картам разработаны в 1999 году на основании директивных документов Федеральной службы лесного хозяйства России, государственных стандартов "Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования" (ГОСТ Р-50828-95), "Картография цифровая.

Термины и определения" (ГОСТ-28441-90), "Картография. Термины и определения" (ГОСТ-21667-76) и с учетом опыта создания, использования лесных электронных карт лесоустроительными предприятиями России [84].

В данном разделе "Требования к лесным электронным картам..." приводятся в сокращенном виде.

Лесные электронные карты являются составной частью проектов организации и ведения лесного хозяйства лесохозяйственных предприятий и изготавливаются в результате проведения лесоустроительных работ на каждый объект лесоустройства.

В зависимости от разряда лесоустройства и точности лесные электронные карты создаются на основе топографических карт или других плановых материалов землеустройства: масштаба 1:10 000 при 1-2 разряде; масштаба 1:25 000 - 1:50 000 при 2-3 разряде.

Лесные электронные карты на основе материалов более крупных масштабов (например, при проведении лесоустройства объектов, имеющих научное или историческое значение) используются топокарты или другие плановые материалы масштабов 1:500 - 1:5000.

В качестве других картографических источников для составления лесных электронных карт могут использоваться фотопланы, планы земель сель-хозпользователей и других пользователей, геодезические данные землеустройства, аэрофотоснимки, лесные карты и геодезические данные предыдущего лесоустройства, электронные карты топографо-изыскательских работ и инженерных изысканий.

Лесные электронные карты различаются по масштабу исходного материала, тематике (содержанию) и территориальному охвату.

Минимальной территориальной единицей, на которую создаются лесные электронные карты при проведении лесоустройства, является лесничество. В случаях, когда того требуют задачи картографического обеспечения хозяйственной деятельности, допускается составление лесных цифровых карт на квартал, группу кварталов (планшет), урочище и т. д.

Совмещенные таксационные и картографические базы данных составляются по лесничествам.

Лесные электронные карты (лесхоза, административного района, области или автономной республики, округа) составляются на основе лесных электронных карт лесничеств.

Требования к созданию лесных электронных карт обязательны для всех лесоустроительных предприятий и других организаций, материалы которых поступают в лесные предприятия и другие организации системы Федеральной службы лесного хозяйства России.

Типы данных лесных электронных карт и атрибутивной информации

Картографические лесные информационные материалы в электронном виде подразделяются на растровые и векторные. Векторные материалы

служат основой создания цифровых карт.

Исходными данными для предоставления в растровом виде служат материалы в традиционном виде: космические снимки и аэрофотоснимки, топографические карты, фотопланшеты, лесостроительные планшеты, планы земель внутрихозяйственного землепользования, карты других ведомств, плановые материалы топографо-геодезических работ и инженерных изысканий, как на жесткой основе, так и на бумажном или другом носителе.

Исходными данными для предоставления в векторном виде являются растровые файлы, результаты натурных измерений, данные вычисляемого типа, конвертированные из других векторных форматов, результаты, полученные другими способами цифрования (дигитайзер). Растровые файлы, используемые при составлении лесных электронных карт и других работ, могут быть в любых общепринятых форматах. Растровые файлы должны содержать информацию, позволяющую выполнить привязку к системе координат

Формат векторных файлов определяется технологией работ. Совмещенные базы данных - картографические (векторные) и атрибутивные (таксационные) данные, связанные по идентификатору.

Требования к векторным цифровым картам

Формирование лесных цифровых карт (ЛЦК) производится путем последовательного ввода (цифрования) картографических объектов (КО), включающего две связанных операции:

- метрическое описание картографических объектов;
- присвоение картографическим объектам признаков.

Метрическое описание картографических объектов заключается в указании координат объекта. Задание картографическому объекту признака осуществляется путем размещения КО на геоинформационном слое соответствующего наименования (механизм послойного представления) или путем присвоения КО классификационного кода (механизм семантического описания КО). Семантическое описание КО применяется в том случае, если объекты, имеющие различный географический смысл или различные свойства, отображаются на одном геоинформационном слое.

Наименование слоев, состав размещаемой на них информации и значения классификационных кодов определяются технологией работ по созданию цифровых карт.

Все лесные электронные карты должны составляться в условной прямоугольной системе координат до принятия законодательного решения о применении единой системы координат на территории России.

Требования к метрическому и семантическому описанию картографических объектов

Правила метрического и семантического описания КО определяются характером локализации этого объекта на местности и картографическом материале, применяемом в качестве геоосновы. По особенностям локализации и характеру несущей информации КО подразделяются на

линейные объекты (ЛО), площадные объекты (ПО), точечные объекты (ТО) и подписи.

Метрическое описание КО должно быть выполнено с применением графических примитивов следующих типов: точка, ломаная линия, замкнутая площадь (полигон).

Собственные наименования населенных пунктов, водных объектов, значения номеров и таксационных формул выделов, отметок высот могут наноситься в виде подписи либо заполнять соответствующие поля базы данных.

Требования к цифровому описанию картографических объектов ЛЦК

Метрическое описание ЛО должно в максимальной степени соответствовать положению этого объекта на местности. Для ЛО, являющихся выделами, наличие узлов в точках пересечения с другими выделами (объектами) является обязательным. Для ЛО, имеющих характер прямой или ломаной линии и не являющихся выделами, допускается ввод начальной и конечной точек прямолинейного участка, т. е. точек излома линии.

Метрика контура площадных объектов должна быть замкнута. При описании ЛО и контуров ПО не допускается выставление точек, совпадающих с уже выставленными точками. Метрическое описание ТО состоит в нанесении точки, местоположение которой определяется как геометрический центр условного знака, обозначающего описываемый объект на исходном картографическом материале. Для условных знаков, имеющих обусловленную "точку привязки" (например, триангуляционный знак), обозначающая такой знак точка должна строго совпадать с точкой привязки.

Требования к топологической структуре ЛЦК

Элементы содержания, обозначенные на исходном картографическом материале в виде линейных объектов и имеющие ширину более Юм для карт масштаба 1:10 000 и более 20 м для карт масштаба :25 000, должны быть нанесены на ЛЦК в виде площадного объекта. Контуры площадных объектов "Квартальные просеки, визиры и прочие разграничительные линии" и "Гидрография" должны содержать общий узел с одной из оконечных точек примыкающих к ним линейных объектов пример, в местах впадения рек в озера). В случае, если метрика ЛО совпадает с метрикой другого объекта (например, граница лесничества совпадает с границей административного района), признак должен быть присвоен по следующему правилу:

- при использовании механизма послыного представления ЛО должны быть нанесены на все слои, которым принадлежат объекты с совпадающей метрикой;
- при использовании механизма семантического описания линейному

объекту присваивается классификационный код, соответствующий ЛО, имеющий более высокий приоритет по отношению к другим ЛО с совпадающими метриками.

Для создания топологически корректной структуры векторных данных, независимо от того, используется топологическая модель представления данных или нетопологическая, необходимо придерживаться следующих правил:

- не допускать наложения объектов, не пересекающихся в действительности, и расхождения между контурами на смежных границах, то есть необходимо согласовывать контуры между собой,
- не допускать геометрические погрешности (расхождения в положении контуров) и смысловые ошибки на стыках соседних карт (по границам планшетов, лесничеств, лесохозяйственных предприятий);
- подбор параметров для операций прореживания, замыкания и других должен обеспечивать сохранение геометрических форм объекта.

Требования к точности лесных цифровых карт

Расхождения в длинах сторон квадратов километровой сетки с их теоретическими размерами не должны превышать следующих величин:

| Масштаб | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|----------|
| 1:10000 | 1:20000 | 1:25000 | 1:50000 | 1:100000 |
| Расхождение | | | | |
| 2м | 4м | 5м | 10м | 20м |

Средняя квадратическая погрешность нанесения контуров выделов и других КО не должны превышать следующих величин:

| Масштаб | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| 1:10000 | 1:20000 | 1:25000 | 1:50000 | 1:100000 |
| Средняя квадратическая погрешность | | | | |
| 8м | 16м | 20м | 40м | 80м |

Требования к идентификационной базе данных

Идентификационные базы данных содержат идентификатор, классификационные коды, адреса (номера выделов и кварталов) и площадные характеристики КО.

Требования к лесным электронным картам

Все материалы, подготовленные к передаче лесным предприятиям и другим пользователям, должны передаваться лесоустроительными предприятиями в электронном виде вместе с проектами организации и ведения лесного хозяйства с сопроводительной документацией.

В сопроводительную документацию должны входить сведения об организации, выполнявшей работу, название объекта работ, о системе координат, грифе режима секретности, файлах (картах и планах) и других

материалах (например, копиях на других видах носителя), о дате выполнения работ. Составной частью сопроводительной документации является перечень всех файлов.

Система идентификации картографических объектов должна обеспечить расширяемость набора используемых объектов с сохранением иерархии. Каждый тип объекта должен иметь однозначно характеризующий его набор графических и семантических атрибутов; в то же время графические атрибуты: цвет (контура и заливки), стиль (тип) и толщина линии, вид условного знака, масштабный коэффициент и т.п. должны соответствовать изображению на бумажном носителе соизмеримого масштаба.

Площадь объектов в квартале вычисляется с точностью до 0,1 га, площадь кварталов округляется до целых чисел. Объекты, не имеющие площади, показываются условными знаками.

Подписи, обозначающие собственное название и численные характеристики КО, должны быть установлены таким образом, чтобы принадлежность к относящимся к ним КО определялась однозначно. Подписи должны быть нанесены вдоль одной линии, без разрядки.

Принадлежность подписи картографическому объекту (КО) определяется по правилу: левый нижний угол подписи должен быть расположен в пределах площади КО, к которому она относится.

Подписи, соответствующие собственным названиям КО, должны быть нанесены по следующим правилам:

- если собственное название КО состоит из нескольких слов и приведено на исходном картографическом материале в одну строчку, то соответствующая подпись должна быть нанесена единым текстовым объектом, расположенным также в одну строчку;

- если расположение собственного названия КО в одну строчку невозможно, соответствующая подпись может быть нанесена построчно. Расположение строк должно быть выбрано таким образом, чтобы каждая из них располагалась строго одна над другой.

Номера кварталов должны быть установлены вблизи геометрического центра квартала. Номера выделов должны быть проставлены внутри выдела. При этом номера кварталов и выделов не должны перекрывать других подписей.

Лесные электронные карты и сопроводительная документация передаются пользователям на носителях, представляемых заказчиками (компакт-диски размером 5,25 дюйма емкостью до 640 Мб, дискеты размером 3,5 дюйма емкостью 1.44 Мб и т.п.). Использование других носителей (магнитооптических дисков, жестких дисков, лент и т. п.) возможно по согласованию с заказчиком.

Требования клееным картам на "твердых" носителях (компьютерным картам)

Лесные карты на "твердых" носителях изготавливаются путем вывода лесных электронных карт на печать с использованием соответствующих средств вывода или множительной техники (плоттеры, ксероксы, принтеры ит.п).

Картографические материалы на твердых носителях должны содержать зарамочное оформление, в соответствии с требованиями "Инструкции по созданию и размножению лесных карт".

Лесные карты на "твердых" носителях различаются по масштабам, содержанию (тематике) и территориальному охвату [33].

План лесничества должен размещаться не более чем на четырех листах бумаги формата А0. Если это невозможно, то создаются планы по частям лесничества.

При устройстве лесов части лесничества план составляется только на устроенную территорию.

Если лесничество состоит из разрозненных лесных массивов, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, для компактности плана они изображаются со сближением. В этом случае на свободном месте плана помещается схема действительного расположения частей лесничества в произвольном масштабе.

Точность копий лесных электронных карт, получаемых на выходе различных печатающих устройств, зависит от типа и характеристик этих устройств. Независимо от типа таких устройств, средние погрешности изготовления копий относительно оригиналов не должны превышать 0,2 мм.

Требования к таксационной базе данных

Независимо от формата, в котором составляются лесные электронные карты, и применяемых систем лесотаксационного кодирования, таксационные базы данных составляются лесоуправляющими предприятиями в формате действующих систем обработки данных лесоуправляющей информации. Состав и содержание таксационной базы данных должны обеспечивать предоставление информации в соответствии с требованиями действующей лесоуправляющей инструкции.

Контроль качества лесных карт

Комплекс формальных проверок включает в себя контроль полноты информации, передаваемой заказчику, и соответствие ее сопроводительной документации.

Формальный контроль предусматривает следующие проверки.

- наличие полного набора файлов и комплекта документов, входящих в соответствующую документацию;
- наименование файлов и их размещение должны точно идентифицировать соответствующие объекты;
- соответствие имени файлов списку из сопроводительной

документации;

- соответствие размеров файлов (в байтах) контрольным размерам из перечней файлов;
- соответствие номенклатуры файлов на территорию работ;
- чтение файлов с носителя на диск.

Контроль качества цифровых карт

Контроль лесных цифровых карт осуществляется с выполнением следующих проверок:

- проверка правильности наименования геоинформационных слоев, правильности расположения КО по слоям и правильности использования классификационных кодов;
- проверка правильности соединения КО с характеризующими их строками базы данных;
- контроль баз данных через площади выделов (лесных площадных и линейных объектов), количество таксационных выделов по категориям земель;
- проверка правильности топологической структуры;
- проверка точности;
- установки единиц измерения;
- соответствие объектов принятой системе координат.

Контроль качества лесных электронных карт производится по их аналогу на твердом носителе. Для проверки корректности графических элементов применяются автоматизированные средства контроля, так как ошибки такого рода зачастую визуально обнаружить невозможно. Используются следующие процедуры контроля:

- на наличие незамкнутых полигонов в слоях площадных объектов;
- наличие висящих линий в слоях линейных объектов (не всегда висящая линия является ошибкой);
- двойные линии и контура;
- близкорасположенные контура;
- избыточность вершин;
- правильность сегментирования (наличия узлов в точках пересечения взаимосвязанных линий);
- отсутствие самопересечений полигонов и линий;
- мелкие (не несущие информацию) фрагменты. Архивация, учет и хранение материалов в электронном виде.

Полный архив баз данных лесоустройства должен содержать в себе:

- НСИ системы и саму систему по состоянию на год создания тематической базы данных;
- тематическую базу данных в том формате, в котором она была создана;
- картографическую базу данных в формате, используемом при создании лесных электронных карт.

Учет и хранение материалов в электронном виде производится лесоустроительными предприятиями в архиве данных на магнитных носителях в соответствии с "Положением об архиве данных на магнитных носителях", утвержденным руководителем предприятия.

Требования к форматам файлов обмена

Лесные цифровые карты должны быть представлены в одном из следующих стандартных форматов: DXF, ARC/INFO, Generate, MIFMvECD, ASCT.

Для совмещения таксационной базы данных с картографической базой данных используется файл в формате DBF, который получается путем конвертации данных из программ обработки лесоустроительной информации.

Совмещенные таксационные и картографические базы данных независимо от формата, в которых они созданы, должны иметь возможность обратной конвертации их таксационной части и базы данных обработки лесоустроительной информации.

С целью информационного обмена между атрибутивными базами данных, созданными разными программными продуктами, используется универсальный формат - DBF.

Вопросы для самопроверки

1. Какие существующие автоматизированные системы отрасли Вам известны?
2. Какие направления информатизации лесного хозяйства Вы можете выделить?
3. Какие основные задачи лесного хозяйства можно решать с использованием ГИС-технологий?
4. Какое направление информатизации отрасли можно считать приоритетным?
5. Какова необходимость перехода лесоустроительного проектирования на ГИС-технологии?
6. Какова эффективность внедрения ГИС в лесное хозяйство?
7. Какова необходимость построения распределенных информационных систем?
8. Какие основные требования предъявляются к ГИС для целей лесного хозяйства?
9. Как Вы оцениваете перспективу развития информатизации в лесной отрасли?
10. Какие причины сдерживают интенсивное внедрение средств вычислительной техники в лесном хозяйстве?
11. Что понимается под термином "Непрерывное лесоустройство"?
12. Какие различия имеют ГИС, используемые на лесоустроительных предприятиях и лесхозах?

13. Назовите основные требования к электронным картам.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В последние 20 - 25 лет наблюдается стремительное развитие вычислительной техники. Первые ЭВМ были ламповые, их сменили машины на транзисторах, следующее поколение ЭВМ на средних и больших интегральных схемах. Каждое новое поколение ЭВМ уменьшалось в размерах, в потреблении энергии в 10000 раз, а увеличивались емкость памяти, скорость вычисления в тысячи раз и расширились их возможности. Стоимость ЭВМ ежегодно снижается на 25-28%. Все это позволило создать ЭВМ - малогабаритные, недорогие и дружелюбные вычислительные устройства, которые получили название персональные электронные вычислительные машины (ПЭВМ), или персональные компьютеры (ПК).

Основное назначение ПК - позволить пользователю в любой момент получить доступ к глобальной информационной сети.

Появление ПК является основой для революционного переворота во всех областях человеческой деятельности, в том числе и в лесной трасли.

Отметим, что первый ПК поступил в продажу в 1975 году, а в 1987 в мире их число составило 60 миллионов штук, в том числе 25 миллионов IBM - совместимых ПК.

Состав и характеристика ПК. Базовый комплект ПК состоит из следующих частей: системный блок, содержащий все основные электронные компоненты; дисплей, представляющий собой универсальное стандартное устройство вывода информации; клавиатура, представляющая стандартное устройство ввода информации; периферийные устройства, в число которых входят: печатающее устройство (принтер), мышь, модем, сканер, графопостроитель, световое перо и др.

Системный блок содержит электронные модули, системную магистраль, накопители на гибких магнитных дисках (НГМД) и жестких (НМГ) магнитных дисках и их контроллеры.

Главный компонент - центральный процессор (ЦП) и оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), которые размещаются внутри системного блока на отдельных печатных платах. Основой ЦП является микропроцессор (МП). МП выполняет все вычисления, управляет потоком данных, определяет места их хранения, способы ввода/вывода и передачи. В табл. 2.1 приведены их технические характеристики.

От типа микропроцессора зависит быстродействие ПК, его функциональные характеристики и стоимость компьютера.

К отечественным ПК можно отнести ЕС 1840, ЕС 1841, ЕС 1842, Искра 1030, Истра 4816, которые построены на 16-разрядных МП КР1810 ВМ 86 (аналог Intel 8086).

ПК фирмы ЮМ и совместимые с ними построены на 16-разрядных МП Intel 8086, 80286 и 32-разрядных МП Intel 80386, 80486 и выше.

В настоящее время рынок России наполнен ПК, совместимыми с ЮМ РС. Отметим, что к началу 1994 года компьютерный парк России насчитывал 2,5 миллиона машин. С 1993 года начали осваивать российский рынок производители высококачественной вычислительной техники: Macintosh, Compaq, Dell, Commodore и другие. Отметим, что ПК ниже Pentium (и аналоги) считаются морально устаревшими техническими средствами.

Таблица 2.1

Технические характеристики микропроцессоров семейства Intel

| Тип микропроцессора | Год выпуска | Число транзисторов(тыс.шт.) | Внутренняя тактовая частота(МГц) |
|---------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------------|
| I4004 | 1971 | 2.3 | 0.750 |
| I8080 | 1974 | 4.5 | 2 |
| I8088 | 1978 | 29 | 4.77 |
| I80286 | 1982 | 130 | 8-20 |
| I80386 | 1985 | 275 | 40 |
| I80486 | 1989 | 1200 | 25-50-100 |
| I586(p5),Pentium | 1993 | 3100 | 66-66-100-120-133-150-166 |
| Pentium Pro | 1996 | 5500 | 150-166-180-200-240 |
| Pentium 3 | 1999 | 40000 | 400-500 |
| Pentium 3 | 2000 | 40000 | 650-800 |
| ? | 2001 | >40000 | 1000 |

Внешние запоминающие устройства. Для хранения информации используют два наиболее распространенных типа накопителей: флоппи диски (гибкие диски), жесткие диски. Гибкие диски изготавливаются из полимерной пленки и имеют диаметр 133 мм и 89 мм (5.25 и 3.5 дюйма). На диск наносится слой магнитного материала. Информация записывается на концентрические дорожки из микроскопических намагниченных участков. Изменение направления намагниченности соответствует записи нулей и единиц. Наиболее распространенные диски емкостью 360 Кбайт, 720 Кбайт, 1.2 Мбайт и 1.44 Мбайт. При первом использовании дискеты форматируют (размечают) по команде format. Если на дискете имелась какая-либо информация, то она будет уничтожена.

Жесткие диски (винчестерские диски) представляют собой алюминиевые, керамические или полимерные пластины с магнитным покрытием. Этот тип накопителей предназначен для постоянного хранения информации, программ операционной системы, программного обеспечения пользователя и т.д. Надежность жестких дисков высокая. Срок службы их достигает 20-25 лет. Емкость жестких дисков варьирует от 1000 Мбайт до 10 и выше Гбайт и постоянно увеличивается.

Оптические диски-компакт-диски (Compact DiskROM или CD-ROM)

являются надежными, долговечными и большой емкости (до 650 Мбайт) носителями информации. Они успешно применяются в качестве устройств внешней памяти. Компакт-диск изготавливается из поликарбоната. В качестве отражающего слоя используют напыленный алюминий. Распространенный размер - 5,25 дюйма. В качестве носителя информации на таких дисках используют впадины (неотражающие свет - двоичный ноль) и островок (отражающие свет - двоичная единица). Считывание информации происходит при помощи лазерного луча малой мощности. Отраженный свет от островка попадает на фотодетектор, который интерпретируется как единица, а от впадины свет рассеивается, следовательно, фотодетектор будет фиксировать двоичный ноль.

Благодаря появлению накопителей на CD-ROM (только для чтения) и CD-R (перезаписываемые) информация и программы для персонального компьютера стали доступны широкому кругу пользователей. Можно с уверенностью сказать, что компакт-диски - это стандарт хранения и распространения информации для мультимедиа.

Клавиатура. Это основной инструмент, с помощью которого пользователь общается с персональным компьютером. Стандартная клавиатура ПК IBM PC напоминает клавиатуру пишущей машинки и имеет специальные клавиши.

Enter-возврат каретки, перевод строки, исполнение команды. Backspace - удаляет предыдущий символ в строке. Для перемещения курсора без стирания символов влево, вправо, вверх, вниз используют клавиши со стрелками соответственно.

Для перемещения курсора на целую страницу вверх или вниз используют клавиши PgUp и PgDown.

Клавиша Home возвращает курсор на начало строки, а клавиша End на конец строки.

Tab - передвигает курсор на шаг табуляции. Caps Lock - включает и выключает режим ввода прописных букв. Shift - при нажатии этой клавиши вводятся прописные буквы. Alt, Ctrl - служебные клавиши для модификации кодов других кла-

Ctrl+Alt+Del - комбинация этих клавиш приводит к перезагрузке ПК.

F1...F10 - функциональные клавиши.

Insert-вставка.

Delete - удаление.

Print Screen - распечатка текстового экрана.

Pause - приостановка работы ПК.

Дисплей. Одна из наиболее важных частей ПК; предназначен для отображения информации. Основные показатели назначения дисплеев: способность ввода алфавитно-цифровой (текстовой) и графической информации, способность поддержки цветного или монохромного изображения, размер экрана, определяющий различимость изображения и четкость букв, цифр и других символов.

Дисплей подключается к системному блоку с помощью адаптера. В

настоящее время существуют пять стандартов на видеоадаптеры:

- MDA (монохромный дисплейный адаптер);
- CGA (цветной графический адаптер);
- EGA (усовершенствованный графический адаптер);
- VGA, SVGA (видеографическая матрица).

Адаптер содержит растровую память, сменные микросхемы ПЗУ с образцами матриц знаков, выводимых на экран.

Печатающее устройство входит в состав ПК и предназначено для получения результатов в виде твердой копии. В настоящее время широко используются печатающие устройства типов: матричные, струйные, лазерные, графические, цветные, компактные, ромашковые.

Принтеры различаются по качеству и скорости печати, по наличию русских букв, надежности, возможности автоматической подачи бумаги, совместимости с программным обеспечением компьютера.

Мышь - дистанционное устройство для ввода координат в компьютер. Название "мышь" такое устройство получило из-за наличия "хвоста", идущего к компьютеру провода. Мышь позволяет быстро и просто перемещать на экране дисплея изображение курсора (графическое изображение части экрана) при перемещении корпуса мыши по ровной поверхности в требуемом направлении. Нажатие клавиши мыши означает ввод тех или иных команд, указанных на экране дисплея.

В настоящее время большое количество программ, систем поддерживают работу с мышью.

Модем - устройство для обмена информацией через телефонную связь с другими компьютерами. По конструктивному исполнению модемы бывают внешними и встроенными. Модемы различаются по скорости передачи данных (300, 1200, 2400, 9600 бод и более, 1 бод = 1 бит в секунду). Модемы подключаются к телефонной линии с помощью одного разъема.

Сканер - устройство для считывания графической информации в компьютер. Сканеры бывают настольные, ручные, черно-белые и цветные. Выбор типа сканера зависит от целей использования, например: для ввода плана лесонасаждений необходимо иметь цветной сканер.

Дигитайзер - устройство для ввода информации в компьютер в цифровом виде. Дигитайзер имеет собственную систему координат и курсор, который может иметь до 12 кнопок. Это облегчает работу оператора.

Графический планшет - устройство для ввода контурных изображений, например, план (планшет) лесонасаждений лесничества. Графопостроитель (плоттер) - устройство для вывода чертежей на бумагу. Графопостроители бывают барабанного типа и планшетного. Они различаются в зависимости от работы с форматами носителя: малоформатные (A4, A3), среднеформатные (A2, A1) и крупноформатные (A0 и более).

Важное значение для лесного хозяйства имеет локальная вычислительная сеть (ЛВС), которая представляет собой коммуникационную систему, позволяющую объединять друг с другом однотипные или разнородные средства вычислительной техники. Объединение происходит по

телефонным и телеграфным каналам, радиоканалам, инфракрасным и микроволновым каналам связи.

Предприятия лесного хозяйства рассредоточены по всей лесной территории России, и создание ЛВС и глобальной сети отрасли - это основа информационной системы лесных ресурсов России (ИСЛР). По рекомендациям ВНИИЦлесресурс, при создании ИСЛР выделяют три уровня информационных потоков для управления лесным хозяйством (ЛХ). Рассмотрим состав программно-аппаратных средств на каждом уровне.

1. Предприятие (лесхоз, лесничество, лесоустроительная экспедиция).

Основным компонентом информационной системы является повыведельная совмещенная база данных, позволяющая наиболее рационально использовать возможности традиционных таксационных баз данных регионального типа и геоинформационных систем для ввода, хранения, обработки и выдачи картографической информации.

В минимальной комплектации ЛВС состоит из 3 персональных ПК-компьютеров, один из которых является ядром графической станции, второй - повыведельной базы данных, а третий - станции связи.

В состав графической станции входят периферийные устройства:

- для ввода (или актуализации) картографической информации графические планшеты формата не менее А3;
- для вывода твердых копий карт могут применяться различные устройства - от дорогих рулонных графопостроителей формата А0 и струйных цветных принтеров до обычных черно-белых принтеров (с широкой кареткой).

Компьютер для организации повыведельной базы данных может иметь жесткий дисковод с большим объемом памяти (при необходимости) или иметь дополнительный сетевой дисковод. Компьютер для подключения через модемы к линии связи может быть менее мощным.

Все компьютеры замыкаются в локальную сеть с использованием единых программно-аппаратных средств с предусмотренными внешними выходами по коммутируемым телефонным и телеграфным каналам. Наиболее распространенными в России в настоящее время являются сети, использующие НПО фирмы Novell (Arknet, Ethernet).

Основой специализированного математического обеспечения является совмещенная повыведельная база данных, функционирующая в наиболее распространенных системах (DOS, WINDOWS) и согласованная по входным и выходным форматам данных по всей информационной цепочке Федеральной службы лесного хозяйства России.

Самый нижний уровень - лесничество - также должен быть оборудован, по крайней мере, одним компьютером, подключенным через линии связи к ЛВС предприятия.

2. Региональное управление лесного хозяйства, лесоустроительное предприятие.

Принципиальных отличий ЛВС регионального управления лесным хозяйством от ЛВС предприятий нет. Отличие может быть только в

подключении в сеть дополнительных компьютеров (интеллектуальных терминалов) и файл-сервера, обеспечивающего быстродействие и обладающего существенно большими резервами ОЗУ и памяти на внешних носителях (например, CD-ROM).

В составе графической станции должны быть предусмотрены программно-аппаратные средства введения и обработки аэрокосмической информации - сканерные либо другие устройства для ввода снимков и программного обеспечения для обработки изображений, а также средства получения высококачественных твердых копий картографических материалов.

3. На уровне Федеральной службы лесного хозяйства России информация первично собирается и обрабатывается ВНИИПлесресурсом.

На базе ВНИИЦлесресурс организовываются 3-4 локальные сети по комплексным крупным проблемам, например, сбора, обработки и анализа материалов Государственных учетов лесного фонда (ГУЛФ), мониторинга изменения лесных ресурсов под воздействием природных и антропогенных факторов; контроля рубок главного пользования и процессов лесовосстановления и др. Эти ЛВС должны быть тесно взаимосвязаны друг с другом и функционировать на единых программно-аппаратных средствах.

Задачи оперативного контроля быстродействующих катастрофических воздействий на лес (пожары, наводнения, антропогенные катастрофы и т. п.) требуют создания системы мониторинга реального времени, что предполагает на базе ВНИИЦлесресурс наличие станции приема оперативной аэрокосмической информации. В этом направлении наиболее перспективными средствами являются видеосистемы, передающие информацию дистанционного зондирования в цифровом виде с автоматической координатной привязкой для непосредственного ввода в геоинформационные системы.

Для обеспечения функционирования распределенной информационной системы ВНИИЦлесресурса необходим мощный файл-сервер. Информационная система ВНИИЦлесресурса имеет непосредственные выходы в Информационную систему Федеральной службы лесного хозяйства России - через модемные устройства.

Информационная система Федеральной службы лесного хозяйства России базируется на единой локальной сети с достаточно мощным файл-сервером. Отличительная черта системы - существенно меньшее число устройств для ввода информации (информация получается по линиям связи по запросам) и развитая система отображения информации как на экранах дисплеев и устройствах выдачи твердых копий, так и на большом видеозэкране. Другая особенность этой системы - наличие проблемно-ориентированного, постоянно развивающегося математического аппарата экспертных систем.

1. Из каких частей состоит базовый комплекс ПК?
2. Какие модели ПК Вы знаете?
3. Перечислите внешние устройства ПК.
4. Какие уровни информационных потоков для управления лесным хозяйством Вы можете выделить и какие аппаратные средства нужны для их функционирования?
5. Что Вы понимаете под ЛВС?
6. Каковы основные тенденции развития аппаратных средств ПК?

3. ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

3.1. Операционная система - "язык общения" пользователя с персональным компьютером

Операционная система (ОС) является главной частью ПК. Операционная система - это программа, которая загружается после включения компьютера и обеспечивает управление всеми аппаратными компонентами, и позволяет отделить остальные классы программ от непосредственного взаимодействия с аппаратурой. ОС различается архитектурой, возможностями, требуемыми ресурсами, набором сервисных функций и др.

В настоящее время на ПК используется большое количество операционных систем. Наиболее распространены операционные системы и среды CP/M, MS DOS, UNIX, OS/2, Windows, Windows NT, Windows 95, Windows 2000 и др. ОС обеспечивает выполнение двух главных задач: поддержку работы всех программ и представление пользователю возможностей общего управления машиной.

3.2. Операционная система MS DOS

Широкую популярность в России получила ОС MS DOS для ПК фирмы Microsoft, которая разработана в 1981 году одновременно с появлением ПК IBM PC. ОС MS DOS ежегодно совершенствуется. Каждая новая версия отличается более широкими возможностями. В 1991 году фирма Microsoft разработала версию 5.0, которая эффективно использует оперативную память более 640 Кбайт, работает с логическими дисками объемом 32 Мбайт и др. В настоящее время пользователи

ПК имеют шестую версию ОС, выпущенную в 1993 году.

К основным достоинствам MS DOS можно отнести следующее: развитый командный язык; возможность организации многоуровневых каталогов; возможность работы со всеми последовательными устройствами как с файлами; возможность подключения драйверов внешних устройств.

Операционная система MS DOS состоит из следующих основных модулей:

- блока начальной загрузки (БНЗ);
- базовой системы ввода - вывода (БСВВ);
- модуля расширения базовой системы ввода - вывода;
- модуля обработки прерываний (МОП);
- командного процессора;
- утилиты ОС.

Базовая система ввода - вывода (Basic Input/Output System - BIOS) находится в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) системного блока. Остальные модули записаны на магнитном диске.

Модуль БНЗ - небольшая программа, записанная в первом секторе системного диска, которая обеспечивает считывание с диска в ОЗУ модуля базовой системы ввода - вывода и обработки прерываний. Содержимое БНЗ записывается на диск при его первоначальном форматировании.

Модуль БСВВ - программа, состоящая из набора программ, обслуживающих ввод- вывод на периферийные устройства, передает управление загружаемому с диска командному процессору. Это придает гибкость ОС и дает возможность включать дополнительные программы для обслуживания новых внешних устройств (драйверов). Каждый новый драйвер рассматривается в оперативной памяти как добавление к модулю IBMDOS.COM.

Модуль МОП взаимодействует с прикладными программами и обеспечивает работу файловой системы, устройств, обслуживает завершение работы программ, обрабатывает ошибки.

Командный процессор (файл COMAND.COM) выполняет прием, анализ и исполнение команд пользователя, обращенных к ОС, и обрабатывает командные файлы (файлы типа bat).

Командный процессор выполняет командный файл autoexec.bat, в котором указываются команды и программы, выполняемые при каждом запуске компьютера (см. раздел 3.3). После выполнения этого файла операционная система выдает сообщение о том, что она готова к приему команд пользователя.

3.3. Операционная система WINDOWS

Широкую популярность в мире получила операционная система Windows для ПК фирмы Microsoft, которая разработана в 1985 году. В момент разработки Windows ее называли графической оболочкой, операционной средой, а с 1995 года, с выходом в свет Windows 95, операционной системой. Современные персональные компьютеры работают под управлением Windows 98 или Windows 2000. Каждая новая версия ОС Windows расширяет возможности для пользователя и разработчика программного обеспечения. В то же время предъявляет высокие требования к аппаратным средствам.

К достоинствам ОС Windows можно отнести следующее:

- совместимость с DOS-приложениями;
- единый пользовательский интерфейс;
- возможность выполнения одновременно нескольких задач (многозадачность);
- унифицированный пользовательский интерфейс;
- доступность всей оперативной памяти ПК для выполнения больших программ;
- унифицирован обмен данными между программами;
- поддержка масштабируемых шрифтов;
- независимость программ от внешних устройств;

- поддержка среды мультимедиа;
- поддержка технологии Plug & Play начиная с Windows 95 и т.д.

Об ОС Windows ежедневно выходит в свет множество публикаций: книги, статьи, учебные пособия, инструкции пользователя и программиста, электронные учебники; справки о себе предоставляет Windows на Вашем компьютере и др. Мы уверены, что пользователь с операционной системой Windows уже знаком или постоянно знакомится.

3.4. Конфигурирование компьютера

Как можно облегчить работу с компьютером? Ответ на этот вопрос очень прост - для этого нужно создать такую обстановку, в которой пользователю было бы удобно работать. Лучше всего, если эта обстановка устанавливается автоматически при начальной загрузке операционной системы. Для того чтобы пользователи могли создать удобную для них рабочую среду, операционная система предоставляет различные средства конфигурирования.

Процесс конфигурирования системы состоит из следующих этапов:

- копирование файлов с жесткого диска (если на нем имеются какие-либо нужные файлы);
- форматирование жесткого диска и разбиение его при необходимости на логические диски;
- установка операционной системы на жесткий диск;
- создание системы каталогов на жестком диске и размещение файлов на жестком диске;
- написание файла конфигурации системы config.sys;
- написание файла autoexec.bat, выполняемого автоматически при начальной загрузке операционной системы.

Рассмотрим более подробно два последних этапа конфигурирования системы.

Написание файла Config.sys

При каждом запуске компьютера операционная система ищет в корневом каталоге загрузочного диска файл config.sys. Этот файл содержит необходимую информацию по конфигурированию системы. В него включают обычно команды по управлению памятью (использование extended-памяти, преобразование ее в expanded, организация кэш-памяти, виртуального диска), программы по организации работы с диском (подключение дополнительных дисков -оптических, стримеров и т.п., определение числа одновременно открытых файлов, числа буферов для обмена и т.д.), драйвер мыши, сканера и т.д. Если для установки новых программ Вы используете дистрибутивные дискеты, то программами инсталляции будет проанализировано содержимое файла config.sys и исправлено при необходимости.

Если файл config.sys в корневом каталоге диска, с которого загружается операционная система, отсутствует, то параметры операционной системы будут установлены по умолчанию.

Файл config.sys должен представлять собой текстовый (ASCII) файл. Каждая строка этого файла имеет вид:

Имя команды = значение

Выше перечисляются наиболее часто используемые команды файла config.sys:

Break -on- установить режим проверки нажатия [Ctrl+Break] при операциях ввода-вывода с диском. Это позволяет прерывать выполнение программ, которые иначе бы выполнялись до своего завершения;

Buffers = число_буферов - установка числа буферов для операций ввода-вывода с диском;

Files = число_файлов - установка максимального числа одновременно открытых файлов;

Country = 007,866,полное_имя_файла_country.sys- установка удобного формата выдачи информации о дате и времени;

Device = полное_имя_файла_драйвера [параметры] - установка драйвера устройства.

При использовании ключевого слова LEM перед командой- исключает данную команду из процесса выполнения.

Пример файла config.sys

```
BUFFERS=40,0
FHJS=40
break=on
switches /f
DEVICE=C:\WIN95\himem.sys/testmem:off
dos=HIGH,UMB
rem device=c:\util\essl 868\esl 868.com /A:0 /1:0
rem DEVICE=c:\util\ffIT-IDE.SYS /D:MSCD002
device=C:\WIN95\COMMAND\display.sys con=(ega,, 1)
Country=007,866,C:\WIN95\COMMAND\country.sys
```

Прежде чем Вы приступите к редактированию файла config.sys, сделайте обязательно его копию. Ведь при ошибке в написании этого файла система просто не загрузится.

При изменении файла config.sys соответствующие параметры конфигурации системы изменятся только после перезагрузки компьютера.

Написание файла autoexec.bat

При начальной загрузке операционная система ищет в корневом каталоге того диска, с которого она загружается, файл autoexec.bat. Если этот файл будет найден, то он выполняется. В командный файл удобно записать команды, которые должны выполняться каждый раз при начальной загрузке операционной системы. Эти команды могут осуществить необходимую настройку операционной системы и установить удобное для работы окружение. Наличие файла autoexec.bat операционная система не задает в

процессе начальной загрузки вопросов о текущей дате и времени.

Обычно чтобы запретить выдачу на экран лишних сообщений при загрузке программ из командного файла `autoexec.bat` в первой строке ставят такую команду: `@echo off`.

В строке `Path` должен находиться список директорий через точку с запятой, в которых операционная система будет искать программы, имена которых Вы будете вводить с клавиатуры. Сначала лучше указать более часто используемые каталоги. В списке целесообразно указать каталоги `..` и `..\..`, это позволит выполнять любую программу из подкаталогов первого и второго уровня того каталога, в котором она находится. Много каталогов в команде `Path` указывать нежелательно, так как это приведет к длительному поиску нужной команды на диске.

С помощью команды `Prompt` можно изменять формат приглашения, показывающего, что операционная система готова к приему команд пользователя. Формат команды:

prompt текст ^приглашения

В тексте, указываемом в команде `prompt`, можно использовать специальные сочетания символов `$p`, `$n`, `$d`, `$t`, `$h`, `$e`, `$g` и др. Например, команда `prompt pg` устанавливает приглашение операционной системы, содержащее информацию о текущем каталоге и символ `>`.

Операционная система отводит специальную область оперативной памяти, называемую "окружением", для хранения значений некоторых переменных, которые используются операционной системой и другими программами. Формат команды:

set переменная =значение

Если указанной переменной уже было присвоено какое-то значение, то оно заменяется новым. Например, команда `set temp c:\temp` указывает операционной системе место для хранения временных файлов.

Пример файла autoexec.bat:

```
@echo off PATH
C:\WIN95;C:\WM95\COMMAM3;C:\UTIL\VC;C:\UTIL\ARCC\UTIL
PROMPT $P$G
SETTEMP=C:\TEMP
SETTMP=C:\TEMP
rem c:\UHL\ESS 1868\ESSCFG.EXE/A:220 J:5/D: 1/B :330/J:E
remc:\UTIL\ESS1868\ESSVOL/V:6/L:6/W:6/M:6/C:6/S:6/A:0
rem C:\WIN95\COM1V1AND\MSCDEX.EXE /D:MSCD002 /E /M: 12
mode concodepage prepare=((866) C:\WIN95\COMMAND\ega3.cpi)
mode con codepage select=866
keybr ru,JC:\WrN95\COMMAND\keybrd3.sys
```

Далее обычно идут строки, в которых перечислены по порядку все запускаемые программы. Обычно здесь загружаются драйвера клавиатуры, мыши, принтера, звуковой карты, программы-антивирусы, тестовые программы и программы-оболочки. При этом большое значение имеет порядок запуска программ. Для тех, что не вставлены в Path, надо указывать путь целиком.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимается под операционной системой ПК?
2. Из каких основных модулей состоит ОС MS DOS?
3. Какие операционные системы и среды для ПК Вам известны?
4. Какие преимущества предоставляет пользователю операционная система Windows в сравнении DOS?
5. Что понимается под конфигурированием ПК?

4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ

4.1. Общие сведения

Автоматизированные системы - это человеко-машинные системы. Эти системы являются инструментом автоматизированного проектирования, планирования, учета и т.д. Их функционирование невозможно без технических средств, прикладного программного обеспечения (ППО) и системного программного обеспечения (СПО).

К СПО относится совокупность программ, описаний и инструкций, предназначенных для автоматизации разработок алгоритмов и программ для САПР, АС и АСИС, а также для предоставления определенных услуг пользователю ПК. СПО ПК можно разделить по функциональному признаку.

1. Операционная система (ОС) - это комплекс программ, обеспечивающий управление ресурсами ПК и процессами, использующими эти ресурсы при вычислениях (см. разд. 3).

2. Сервисные системы дополняют и расширяют интерфейс пользователя и являются "продолжениями" ОС.

По функциональному назначению можно выделить следующие системы:

1) интерфейсные системы (interface) - поддерживают графический интерфейс (ГИ) пользователя. При работе с ГИ пользователь оперирует образами, а не символами.

Многооконность ГИ дает возможность пользователю выводить информацию в одно окно или в несколько окон одновременно. Это ускоряет работу пользователя. Отметим, что ГИ позволяют начинающему пользователю в минимальные сроки освоить прикладную или инструментальную систему (ИС). К ИС можно отнести: Windows и Desqview, которые работают совместно с DOS;

2) оболочки (shell) ОС модифицируют пользовательский интерфейс и повышают его уровень. Оболочки ОС обеспечивают.

- работу с файлами и каталогами;
- просмотр текстовых файлов;
- редактирование текстовых файлов;
- создание пользовательских меню;
- выдачу сведений о размещении информации на дисках;
- защиту работы ПК от ошибок пользователя.

К наиболее распространенным оболочкам ОС можно отнести Norton Commander; PC Shell; Volkov Commander; MS-DOS Shell; Magellan и др. По нашему мнению, любая оболочка ОС является и "обучающей системой" пользователя;

3) утилиты ОС. Утилитами называют программы вспомогательного назначения. Это программы для управления печати на принтере, печати

копии с экрана дисплея, оптимизации дисков, динамического сжатия дисков, диагностики ПК, организации обмена информацией между компьютерами, архивирования файлов, предотвращения заражения ПК компьютерными вирусами (антивирусы), редактирования командных строк и др. Отметим, что утилиты часто объединяются в комплексы программ, например: Pc Tools, Norton Utilities. Каждый такой комплекс имеет подробное описание для пользователя.

3. Инструментальные системы (ИС) - это совокупность программного обеспечения и формальных языков, поддерживаемых этим продуктом.

К инструментальным системам относят:

1) системы программирования - совокупность языков программирования (Двоичный язык, Ассемблер, Макроассемблер, простой Basic, Fortran, Turbo-Basic, Pascal, Visual Basic, Visual C++, Delphi и многие другие);

2) системы управления базами данных (СУБД).

Введем некоторые понятия. Информация - любые сведения о каком-либо событии, явлении, процессе и т.д., являющиеся объектом некоторых операций: сбора, передачи, хранения и использования. Информация, представленная в определенной форме, представляет собой данные.

Банки данных (БД) - это программная система, предоставляющая услуги по хранению, а также поиску данных определенной группе пользователей по некоторой тематике.

Базы данных (БзД) - это совокупность специальным образом организованных наборов данных (файлов), хранимых на внешних носителях информации (обычно на магнитных дисках).

Системы управления базами данных - программный продукт, который обеспечивает централизованное управление данными в БзД.

В настоящее время широкую популярность имеют следующие СУБД: FoxPro, Paradox, Access и др.;

3) инструментарий искусственного интеллекта (ИИ). ИИ - это новое научное направление, представляющее собой дисциплину на стыке кибернетики, лингвистики, психологии и программирования.

На современном этапе в области искусственного интеллекта проводятся исследования по направлениям:

- экспертные системы;
- обработка естественного языка;
- автоматическое доказательство теорем;
- робототехника;
- распознавание образов;
- комбинаторные задачи.

Инструментарием ИИ являются языки программирования LISP, PROLOG, SMALLTALK, Object VISION;

4) текстовые редакторы - это программный продукт, служащий для создания и изменения целевого документа.

Редакторы подразделяют на следующие типы:

- текстовые редакторы для обработки текста, данных, текста программ, таблиц, диаграмм, математических формул, чертежей;
- графические редакторы для создания и редактирования различных графических документов, иллюстраций, чертежей;
- системы верстки для создания и оформления текстов и графических материалов с последующим выводом на печать. Существующие редакторы для ПК различаются по возможностям, быстродействию, цене, числу открываемых окон и др. Из отечественных текстовых редакторов можно отметить Lexicon. В 1994 году создана новая версия Lexicon 2.0 for Windows и обладающая, по словам автора, "максимально простой оболочкой, максимальными возможностями и низкой ценой". В настоящее время этот текстовый редактор морально устарел и практически не используется.

Широкую популярность в России имеет редактор Word for Windows, или Microsoft Word.

Мы не ставили целью подробно описать системное программное обеспечение в связи с тем, что имеется большое количество литературы и инструкций. Приведем краткую характеристику прикладного программного обеспечения лесной отрасли по материалам выборочной совокупности по состоянию на 1993 год. В выборочную совокупность попали программы и автоматизированные системы, которые используются в производстве и учебном процессе в вузах России. Всего было выбрано 478 программ и систем. Программное обеспечение подразделялось по предметным областям (табл. 4.1), операционным системам и языкам программирования (рис. 4.1 и 4.2).

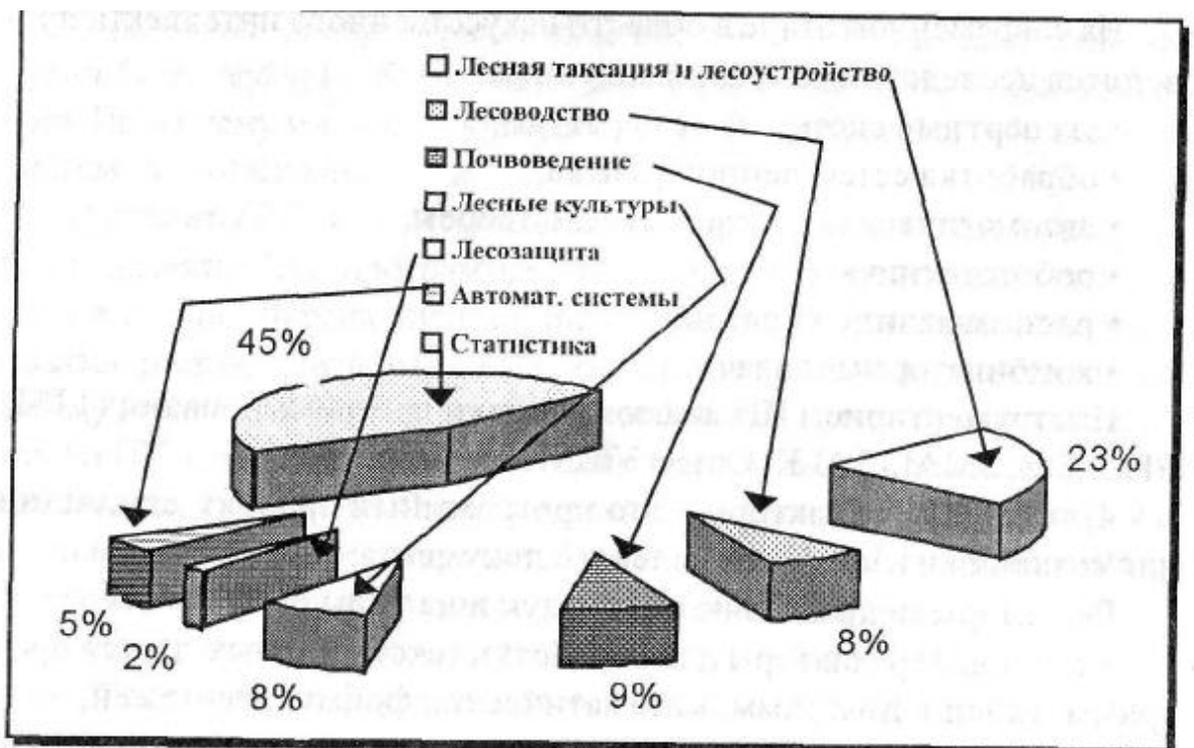


Рис. 4.1.

Распределение количества прикладных программ в лесной отрасли по предметным областям

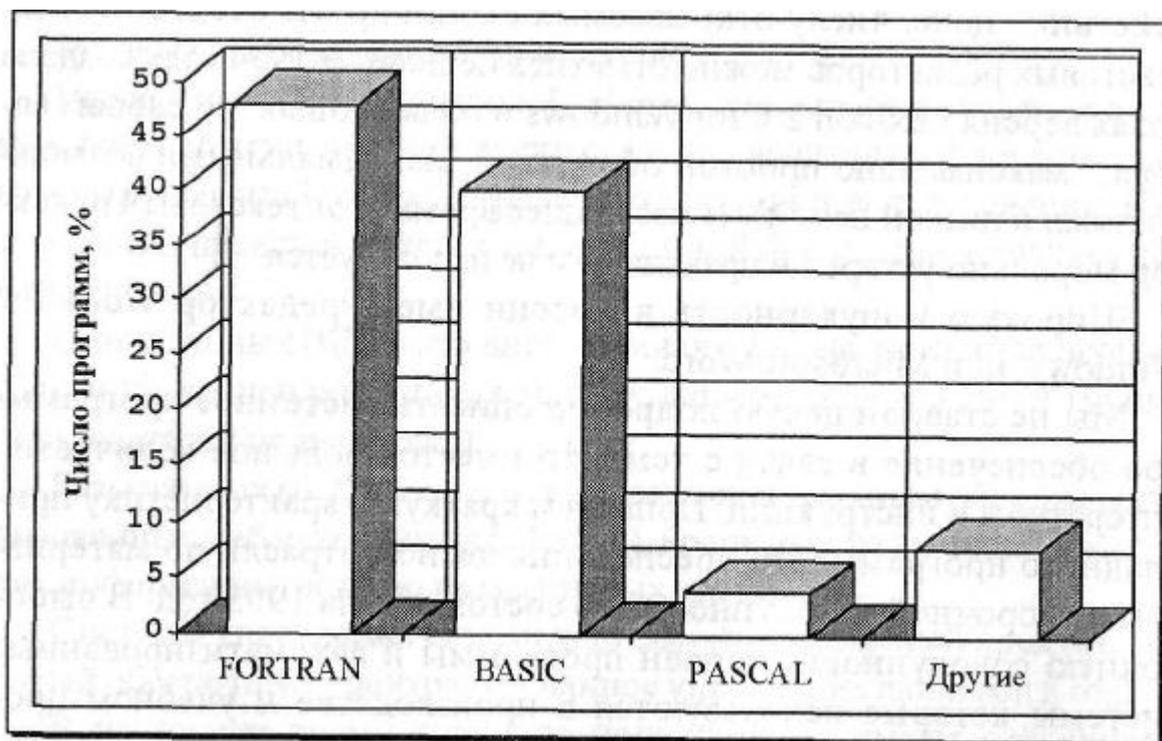


Рис. 4.2. Распределение количества прикладных программ в лесной отрасли по языкам программирования

Таблица 4.1

Распределение количества программ и систем по предметным областям, используемых в производстве и учебном процессе

| Предметная область | Лесоустройство | Лесное хозяйство | НИИ | Бузы | Техникумы |
|---|----------------|------------------|-------|--------|-----------|
| Лесная таксация и лесоустройство | 68.0 | 15.0 | 35.6 | 23.0 | 14.2 |
| Бухучет | 13.0 | 73.1 | 26.3 | - | 33.3 |
| Лесные культуры | 2.0 | 2.7 | 5.2 | 8.0 | 4.7 |
| Лесоводство почвоведение | 1.0 | 1.6 | - | 8 9 | 2.4 |
| Лесозащита | 2.0 | 0.5 | 4.1 | 2.0 | - |
| Обучающие программы и математическая статистика | 4.0 | 1.1 | 5.2 | 45.0 | 40.7 |
| Базы данных | 9.0 | 1.6 | 21.0 | 8.0 | 4.7 |
| Статотчетность | 1.0 | 4.4 | 2.6 | - | - |
| Сумма | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

В учебных заведениях наибольшее число программ (см. рис. 4.2) разработано на языках FORTRAN и BASIC, а наименьшее - на языке PASCAL. По предметным областям наибольшее число программ разработано

по математической статистике, лесной таксации и лесоустройству (88%). По лесозащите - всего 2% (см. рис. 4.1).

Лесостроительные предприятия и НИИ имеют наибольшее число программ по лесной таксации и лесоустройству, а предприятия лесного хозяйства, управления лесами и комитеты по лесу - по бухгалтерскому учету.

Это свидетельствует о том, что наиболее формализованные предметные области попадают под автоматизацию в первую очередь. В настоящее время для разработки программ и автоматизированных систем предпочтение отдается СУБД, ГИС и алгоритмическому языку PASCAL и др. В России сегодня популярными программными сред-ствами выступают: текстовый процессор Microsoft Word; электронная таблица Microsoft Excel - мощное средство обработки табличных данных; СУБД FoxPro, Paradox, Access и др.; графические редакторы Corel Draw, Corel Foto-Paint 5.0 и др. Все большее число пользователей применяют новую технологию программирования - визуальное программирование под управлением Visual Basic, Visual C++ и др.

4.2. Краткий обзор ГИС

Современные геоинформационные системы относятся к интегрированным автоматизированным системам, которые находят все большее применение во всех областях науки и хозяйства.

ГИС - многоаспектная и многоцелевая автоматизированная система, предназначенная для обработки пространственно-временных данных, основой интеграции которых служит географическая информация (Цветков, 1998).

В России имеется более 100 организаций, распространяющих ГИС зарубежного и отечественного производства. Поэтому перед пользователем стоит выбор ГИС для решения задач предметной области. Рассмотрим возможности некоторых ГИС [17,90].

MapInfo

Фирма-разработчик - MapInfo Corporation.

Основные возможности:

- работа с векторными данными и связанной с ними тематической информацией;
- использование открытой и гибкой структуры обменного формата для передачи информации из других систем, наличие возможности использования формата DXF;
- прямой доступ к данным в форматах DBF, Excel, Access, Lotus 1-2-3, текстовом;
- возможность редактирования картографической информации, в том числе с использованием растра в качестве подложки;
- гибкие средства работы с таблицами тематической информации и позволяющие редактировать, создавать, изменять структуру, выполнять связывание баз данных, осуществлять поиск и выбор объектов на карте или в

таблице на основании различных критериев, включая SQL-запросы и функции пространственного анализа, выполнять вычисление значений полей в базах данных;

- разнообразные средства визуализации информации с помощью создания тематических карт;
- наличие специальных функций геокодирования, т.е. привязки пространственных объектов по адресам либо другой информации;
- возможность вывода твердых копий композиций карт, текста и графиков на принтеры, имеющие драйверы для среды Windows;
- возможность изменения самой системы и включения в нее прикладных пользовательских задач с помощью языка программирования MapBasic;
- возможность работы с удаленными базами данных (Oracle, Sybase, Informix, DB2 и др.) без выхода из среды Mapinfo.

В настоящее время компанией ЭСТИ-МАП разработана локализованная версия ГИС MapInfo Professional 5.01

В России имеется опыт использования MapInfo Professional практически во всех сферах приложения. Русская версия включает ряд утилит и приложений, расширяющих возможности английской версии.

MapBasic 5.01 Инструментальное средство разработки приложений для MapInfo. Позволяет создавать неотчуждаемые приложения и использовать MapInfo в средствах разработки (Delphi, Visual C++ и др.). С помощью языка MapBasic отечественными разработчиками уже написано около 30 прикладных программ.

В настоящее время MapInfo является основой автоматизированного компьютерного комплекса "ЛесГИС", разработанного Западно-Сибирским государственным лесоустроительным предприятием.

Arc/InfoPC

ARC/INFO 3.5.1- полнофункциональная ГИС для работы в среде MS DOS и Windows. Ведущий продукт ESRI, на платформе персонального компьютера.

Data Automation Kit (DAK) - сокращенный вариант пакета PC ARC/INFO. Предназначен для ввода собственных данных, их обработки и редактирования, визуализации в требуемой проекции, импорта/экспорта данных. Удобен для применения совместно с Arc View 3 GIS. Позволяет подготовить данные для использования в пакетах ARC/INFO, PC ARC/LNFO, ArcCAD.

Arc View GIS 3.1. В основе этой ГИС лежит принцип соединения готового продукта для конечного пользователя и неограниченного расширения системы с помощью программирования на макроязыке Avenue, специализированном для ГИС-приложений. Пакет локализован.

Основные возможности

- графическое редактирование данных во внутреннем формате;
- адресное геокодирование;
- обеспечение доступа к разным типам данных из единой среды;

- улучшенный географический анализ;
- редактирование тематических баз данных;
- модификация системы и встраивание пользовательских приложений с использованием языка Avenue;
- широкие функции создания твердых копий, включая ввод в форматах PostScript и CGM;
- взаимодействие с различными приложениями через коммуникационные протоколы (например, RPC);
- разнообразные средства картографической визуализации

GeoDraw / GeoGraph / GeoConstructor

Разработка Центра геоинформационных исследований института географии РАН (г Москва).

GeoDraw является инструментом для создания высококачественных цифровых карт, учитывающих требования ведущих мировых ГИС. GeoGraph для Windows - ГИС для уровня конечного пользователя. GeoConstructor для Windows - инструментальное средство для разработки ГИС-приложений и других специализированных продуктов.

Основные возможности:

- создавать электронные карты или атласы как композиции картографических слоев и связанных с ними тематических данных;
- управлять таблицами тематических данных (создавать, редактировать, менять структуру, связывать с картографическими слоями);
- осуществлять поиск и выбор объектов на карте или в таблице на основании различных критериев с использованием простых SQL-запросов и с помощью пространственных запросов к нескольким слоям;
- выполнять вычисление значений полей в базах данных;
- выводить твердые копии композиций карт на принтеры, имеющие драйверы в системе Windows;
- разнообразные средства визуализации информации с помощью тематических карт;
- экспортировать и импортировать данные в широко используемые форматы (GEN PC ARC/INFO, MIF/MIS MapInfo, VEC EDRI SI, DXF AutoCAD);
- выполнять включение пользовательских задач путем модификации системы с использованием библиотек (GeoConstructor), описывающих ядро системы на языках программирования Visual Basic, Borland Delphi, Visual C++.

Активно эксплуатируется Поволжским и Северным государственными лесоустроительными предприятиями.

EasyTrace 5.0 Win95/NT

Разработана фирмой Easy Trace Group.

Основные возможности:

- работа с растрами вплоть до 16 млн цветов. Одновременно может отображаться несколько растровых подложек с полным контролем над их

видимостью и цветом (для черно-белых растров);

- можно выполнять обрезку растрового изображения по произвольному полигональному контуру;
- привязка может выполняться простой укладкой раstra в заданную точку с трансформацией по регулярной сетке или по произвольному набору опорных точек;
- работает полуавтоматическая векторизация для 1 б- и 256-цвет-ных растров. Программа автоматически выбирает растровый слой и наиболее подходящий цветовой набор (из предварительно составленных) в момент указания точки затравки;
- существует возможность наложения растровых фрагментов (слоев) друг на друга; можно делать отдельные слои невидимыми, наконец, черно-белым растрам можно присваивать цвет отображения (чтобы визуально отличать от других растровых слоев);
- растровые и векторные слои могут быть объединены в тематические группы, которые облегчают управление слоями (включение/ выключение, экспорт и т.д.) в больших проектах, включающих десятки слоев.

Данная версия позволяет решить задачу объединения разнородной векторной информации непосредственно в процессе векторизации. При выполнении импорта можно сдвигать, масштабировать, расширять векторное поле и набор слоев.

Этот пакет можно использовать как простой и достаточно мощный векторный редактор (без использования растров), позволяющий работать по схеме: импорт/объединение - редактирование/верификация - экспорт.

Microstatio

Разработана фирмой Bentley и является ГИС в среде CAD-СИСТЕМ.

Основные возможности:

- мощное средство, интегрируемое с MicroStation 95 и сочетающее разнообразные графические возможности с поддержкой баз данных, манипуляцией растровыми изображениями, а также имеющее разнообразные средства пространственного анализа;
- Geographies поддерживает усовершенствованную модель пространственных данных, где один и тот же графический элемент может быть связан с несколькими "свойствами" - составными объектами, обозначающими какой-либо картографируемый объект местности (например, речку), а сами "свойства" имеют 3 характеристики, описывающие типы графических элементов (точка, линия, полигон), из которых они могут состоять. В свою очередь, "свойства" группируются в "категории" - аналог цифрового слоя;
- система поддерживает взаимодействие со всеми основными базами данных (просмотр, запросы, редактирование) и поддерживает SQL;
- Geographies включает в себя средство поддержки работы с растровыми изображениями большого размера, редактирования векторных данных, используя несколько растровых изображений в качестве фона;
- система позволяет осуществлять взаимодействие с другими

программами через стандарты OLE и DDE. DGN - проект полностью совместим с Modular GIS Environment фирмы Intergraph;

- можно модифицировать систему и включить пользовательские блоки с помощью языков MicroStation Basic и MicroStation Development Language (MDL).

Включен интерфейс управления библиотекой карт, позволяющий, в частности, работать с ключевой картой (Key Map) всей территории, моделируемой в проекте, или картой индексов, вызывая нажатием кнопки мыши карту нижнего уровня (вложенную карту).

WinGIS/Map

Разработчик - фирма PROGIS W.H.M. (Австрия).

Основные возможности:

- создание электронных карт любой сложности;
- обеспечивает обмен с графическими форматами других ГИС и различными СУБД;
- наличие SQL языка запросов при работе с таблицами;
- работа с векторной, растровой и текстовой информацией на одном слое;
- поддержка дигитайзерного ввода и векторизации раstra;
- наличие деловой графики;
- подключение мультимедиа к любому графическому объекту;
- наличие современного генератора отчетов;
- поддержка архитектуры клиент-сервер;
- наличие DDE, OLE, что дает возможность пользователям создавать свои приложения.

В настоящее время WinGIS является основой лесоустроительной ГИС, разработанной Северо-Западным государственным лесоустроительным предприятием.

ГИС-ПАРК

Разработчик - ТОО "Ланэко"

Основное назначение:

- создание многоцелевых картографических баз данных, связанных с гипертекстовыми описаниями картографических объектов - накопление, редактирование, селекция, преобразование формы представления, систематизация данных;
- построение производных карт - арифметические и логические операции над картами, фильтрация и т. д.;
- картометрия - вычисления расстояний, периметров, площадей, крутизны, ориентации, мощности;
- анализ данных - пространственная статистика, таксономия, исследование связей и зависимостей, поиск диагностических комбинаций признаков объектов;
- идентификация объектов - распознавание и автоматическое картографирование объектов и ситуаций;

- планирование и моделирование стратегий картировочных и поисковых работ;
- аналитическое и фактографическое информационное обслуживание;
- картографический ввод данных.

Программные продукты Intergraph

GeoMedia 2.0

Универсальный географический клиент, дополняющий продукты MGE и FRAMME и расширяющий возможности ГИС путем интеграции данных из многих источников. GeoMedia позволяет проводить пространственный анализ данных, созданных в ГИС MGE,

MGE Segment Manager, FRAMME, ARC/INFO, СУБД Oracle SDO, Microsoft Access с целью их отображения, анализа и демонстрации. GeoMedia адаптируется и программируется с помощью стандартных средств разработки Windows.

GeoMedia Pro

Инструмент для сбора, редактирования и организации базы графических и атрибутивных данных, пространственного анализа и подготовки карт для выпуска. Расширяет возможности Geomedia, предлагая набор мощных, но в то же время более простых, чем в традиционных ГИС-приложениях инструментов для ввода и редактирования данных. Geomedia Pro поддерживает распространенные растровые и векторные форматы, позволяя без конвертации читать файлы MicroStation, AutoCAD, ARC/INFO, Arc View, MapInfo, MGE, FRAMME. Совместно с Geomedia и с Geomedia Pro поставляется Imageneer Technical - средство производства качественных картографических произведений.

GeoMedia Map

Предоставляет пользователям MGE и FRAMME возможность публиковать свои географические данные в сетях Internet/Intranet. В качестве формата передачи данных используется ActiveCGM. Карты в ActiveCGM-формате совмещают в одном активном окне векторную, растровую и атрибутивную информацию, а доступ к ним осуществляется с помощью стандартных браузеров. GeoMedia Web Map работает на платформе Windows NT Server.

Idrisi

Полнофункциональная растровая ГИС, включающая модули работы с векторными данными. Предназначена для анализа пространственных и временных данных, обработки аэро- и космических снимков, пространственного анализа, картографического моделирования поддержки принятия решений с учетом неопределенности исходных данных и других задач.

Большое количество программных продуктов для ГИС-технологий на российском рынке затрудняет выбор единой ГИС для лесной отрасли. Критериями выбора могут служить: открытость системы; многофункциональность, удобство в работе, русификация программных

продуктов, общедоступность по стоимости, возможность обмена данными с другими ГИС, интеграция с передовыми технологиями измерений на местности.

С 1999 года для целей создания на лесоустроительных предприятиях России совмещенных картографических лесотаксационных баз данных используют и ГИС MapInfo. Для конечного пользователя поставляется комплекс программ LesGis, разработанный Западно-Сибирским лесоустроительным предприятием. На уровне лесничества LesGis предназначен для получения информации, реализации системы запросов, отвода и материально-денежной оценки лесосек, получения форм государственного учета лесного фонда, внесения текущих изменений, связанных с хозяйственной деятельностью и стихийными факторами. Технология лесоустроительного проектирования на базе ГИС MapInfo принята к эксплуатации Федеральной службой лесного хозяйства.

4.3. Методы получения и обработки цифровой пространственной информации

4.3.1. Методы картографии и геодезии

Методы оцифровки традиционных карт на бумажных (или иных твердых, аналоговых) носителях

Внедрение геоинформационных технологий предполагает активное использование высокоэффективных методов получения цифрового материала на основе имеющихся традиционных карт. В настоящее время из всего многообразия карт чаще всего цифруются кадастровые планы (городские, земельные, лесные), топографические карты всех масштабов, а также общегеографические и различные прикладные (географические, экологические, геологические, морские и летные навигационные и др.) карты.

Существует два основных способа ввода исходных картматериалов с твердых носителей: дигитайзерный и сканерный. При этом имеется в виду, что сканеры и дигитайзеры - специализированные картографические.

Дигитайзерные технологии обладают рядом достоинств, поэтому рынок широкоформатных дигитайзеров весьма стабилен (Макачев, 1996). Среди достоинств следующие:

- наиболее высокая точность оцифровки - разрешающая способность до 10 000 dpi и точность до 50 мкм;
- возможность расслоения изображения по цветам в момент оцифровки;
- возможность работы с толстыми исходными материалами (до 5 мм), в том числе и на алюминиевой подложке;
- возможность более качественной оцифровки документов плохого исходного качества;

- получение оцифрованной информации непосредственно в векторной форме;
- низкая стоимость (на порядки) дигитайзера по сравнению с широкоформатными (картографическими) сканерами.

Дигитайзерный ввод эффективен и, как правило, применяется при небольшом объеме работ по вводу карт - нескольких листов в месяц. Но при потоковом полупроизводственном или производственном цифровании карт (десяти и сотни листов в месяц), безусловно, необходимы сканерные технологические методики.

Технология составления цифровых карт (ЦК) при использовании развитых векторизаторов (типа MapEDIT, Easy Trace и др.) выглядит следующим образом (Москалев, 1996):

- составление проекта работ с формированием классификатора (библиотеки типов);
- сканирование исходных материалов;
- перевод растровых изображений в векторное представление (векторизация);
- ввод атрибутивных данных (семантических характеристик объектов);
- "сшивка" разных планшетов в единую карту;
- экспорт данных в обменный формат конечной информационной системы;
- окончательное оформление вида отображения разнотипных объектов в конечной информационной системе.

Этап составления проекта - подготовительный - имеет весьма значимую роль в связи с трудоемкостью работ и большими издержками при внесении существенных корректировок в процессе оцифровки; включает:

- определение состава объектов, подлежащих векторизации;
- разбиение их на тематические "слои", "покрытия", определение перечня типов объектов, входящих в каждый слой;
- создание библиотеки типов (классификатора);
- снабжение типов объектов атрибутами отображения (цвет, толщина и тип линий) в векторизаторе и решение этих вопросов для конечной геоинформационной системы;
- определение необходимой точности снятия графических данных и, как следствие, необходимой разрешающей способности сканирования и типа сканера;
- определение размера индивидуального векторизуемого фрагмента карты, исходя из условия обеспечения наибольшей технологичности процесса векторизации.

Этап сканирования исходных картографических материалов не менее важен, поскольку точность и качество векторизации прямо зависят от качества получаемых сканерных изображений; включает:

- настройку сканерной утилиты на сканирование конкретного исходного материала;
- фрагментарное сканирование исходных карт (как правило,

программное обеспечение позволяет векторизовать исходные материалы формата А0 и более, используя сканеры небольшого формата, в этом случае сканирование производится с небольшим перекрытием фрагментов);

При сканировании необходимо добиваться максимальной контрастности изображения, отсутствия текстуры (смеси разноцветных пикселей) и цветового разделения разнотипных объектов (при наличии цветных исходных материалов).

Для обеспечения точности съема данных с исходного носителя не менее 0,1 мм рекомендуемое разрешение сканирования 600 dpi -тогда каждому элементу исходного материала размером 0,1 мм будут соответствовать два пиксела сканерного изображения. Это обеспечивает попадание в заданную точность при любых преобразованиях координат.

Обычно получение черно-белых сканов необходимого качества не вызывает особых затруднений. Однако разделение объектов по цветности решается намного успешнее, чем разделение по полутонам. При получении цветных (16-цветных) изображений определенные сложности могут возникнуть, но их несложно преодолеть, немного поработав с настройкой сканерной утилиты.

Векторизация представляет собой формализацию исходных растровых изображений (растровых графических объектов) в терминах векторных графических примитивов, таких как точка, отрезок, полилиния (ломаная линия), ареал (полигон).

Векторизация и ввод атрибутивных данных в развитых векторизаторах могут осуществляться одновременно, что приводит к существенной экономии времени при получении конечных результатов. Векторизация исходных растровых изображений производится в интерактивном режиме. В процессе работы для векторизации графических объектов оператор имеет возможность выбирать различные инструментальные средства из имеющегося набора - от ручных процедур до полностью автоматических. Рекомендуется векторизацию осуществлять первоначально в относительных координатах растра. Перевод в реальную систему координат производится лишь на этапе "сшивки" планшетов или экспорта в обменный формат конечной геоинформационной системы в соответствии с координатами опорных реберных точек. По окончании векторизации карты оператор осуществляет контроль топологической корректности каждого покрытия в отдельности. Специальные процедуры постобработки обеспечивают обнаружение и исправление нарушений топологии в автоматическом или интерактивном режимах.

"Сшивка" планшетов может производиться различными способами в зависимости от типа карт и целей создания ГИС.

В решении задач интеграции ("сшивки") листов мелкомасштабных карт самыми существенными трудностями являются различия картографических проекций. Для таких карт характерно многообразие разработанных проекций, появление которых связано с решением задач компоновки карт для отображения разных территорий и необходимостью проведения различных

расчетов по измерениям на бумажных картах. В среде ГИС ЦК чаще всего привязаны к системе географических координат и выбор той или иной проекции определяется пользователем, причем преобразование проекции осуществляется достаточно просто имеющимися стандартными функциями. Таким образом, для интеграции мелкомасштабных карт необходимо применение таких ГИС, которые имеют возможности преобразования широкого спектра проекций и их настройки на конкретные карты. Задача состоит лишь в том, чтобы правильно определить проекцию (параметры проекции) исходной карты. В том случае, если на карте имеется картографическая сетка параллелей и меридианов, проекцию можно более или менее точно определить. При определении проекции исходной карты рекомендуется пользоваться атласом (Гинзбург, Салманова, 1957) для отечественных карт и (Snyder, Voxland, 1989) для зарубежных (по крайней мере, американских).

Если на карте такой сетки нет, то определение проекции, а иногда даже типа проекции, либо достаточно сложно, либо вообще не возможно. Тогда для согласования пространственных данных можно использовать аналитическое трансформирование плоскости (без предварительного проекционного преобразования) по набору опорных точек, которые пользователь выбирает исходя из особенностей изображения. Неплохой результат дает использование в качестве опорных точек пересечения линейных объектов (перекрестков дорог, квартальных просек, пересечений административных границ и т.д.), часто используются точечные объекты (пунсоны населенных пунктов, отметки высот) и реже так называемые "нечеткие" опорные точки (например, характерные точки гидрографической сети и береговой линии и т.д.). Существенным недостатком такого способа является возможная потеря точности, которая происходит в основном из-за генерализации картматериалов.

Для топографических карт нет такого разнообразия проекций - существенным здесь является многообразие моделей Земли и связанных с ними систем географических (геодезических) координат. Существуют различные способы перехода от одной системы координат к другой, в частности, при наличии параметров связей между эллипсоидами (Бойков, Галазин, Каплан и др., 1993) можно воспользоваться формулами пересчета географических координат (Герасимов, Ефимов, Насретдинов, 1993).

При составлении топографических карт используются в основном варианты поперечной цилиндрической равноугольной проекции, частными случаями которой являются проекция Гаусса-Крюгера и UTM, а также некоторые поликонические проекции. Такие проекции определены в пределах специальных зон. Если территория расположена в двух или более зонах, то с точки зрения создания ГИС, на эту территорию листы карты, относящиеся к разным зонам, приходится трактовать как составленные в разных проекциях, так как формулы проекции привязаны к центральному меридиану конкретной зоны, т.е. такие листы непосредственно "сшить" нельзя и приходится сводить данные в одну систему либо с помощью

географических координат, либо с помощью преобразования плоскости (если лишь небольшая часть территории попала в другую зону).

"Сшивку" разных листов в единую систему рекомендуется осуществлять в общей теоретической системе координат, а не "сшивать" листы попарно (Казанцев, Флейс, Яровых, 1995). Это позволяет, во-первых, не накапливать ошибки преобразования, и, во-вторых, оценить точность полученной в результате цифровой карты по отклонениям от теоретических координат.

Сегодня созданием цифровых карт занимаются различные фирмы и организации. При цифровании, а также размещении заказов на цифрование картматериалов необходимо учитывать, что эти работы могут выполняться только при наличии лицензии Роскартографии, и только предприятиям Роскартографии предоставлено право изготавливать наиболее точные и полные топографические ЦК. Роскартография обладает наиболее полным фондом исходных материалов, по которым изготавливаются ЦК. При этом исходными материалами являются не тиражные оттиски на бумаге, подверженные усадке, сдвигу красок и т.д., а расчлененные диапозитивы на пластике, обеспечивающие лучшее качество цифрования. Кроме того, ЦК Роскартографии должны периодически обновляться. И, наконец, только ЦК, изготовленные на предприятиях Роскартографии как ведомства, отвечающего за топогеодезическое обеспечение страны, могут рассматриваться в качестве полноценного юридического документа. Созданием ЦК занимается шесть специальных центров геоинформации, размещенных во всех концах страны, а также почти все аэрогеодезические предприятия Роскартографии. Вся эта информация накапливается в центральном банке ЦК, в Государственном центре геоинформационных систем и технологий (ГосГИСцентре). В настоящее время имеется полный комплект ЦК масштаба 1:1 000 000 на всю Россию, ведется формирование банка ЦК масштаба 1:200 000. Основной формат хранения и передачи данных FIM по желанию заказчика может быть конвертирован в форматы ARC/INFO, DXF/DBF.

Экспорт/импорт полученных ЦК дигитайзерным или сканерным способами производится, как правило, в обменные файлы наиболее распространенных инструментальных ГИС и САПР. Наличие в ГИС механизмов конвертирования данных, функций преобразования форматов для обеспечения экспорта/импорта, на первый взгляд, снимает массу проблем их межформатной совместимости. Однако набор конвертеров каждого программного продукта ограничен и даже теоретически не может охватить все множество существующих форматов, кроме того, далеко не все конвертеры работают абсолютно безупречно. Можно привести примеры, когда переход от формата к формату без вмешательства оператора попросту невыполним. Один из самых радикальных и эффективных подходов заключается в стандартизации форм и форматов представления пространственных данных.

С точки зрения конвертации графических данных, все используемые

программные продукты можно условно разделить на группы:

1. Специализированные коммерческие ГИС-пакеты (преимущественно зарубежные).

2. ГИС-пакеты собственного изготовления или малотиражные (т.е., фактически, некоммерческие), в т.ч. узкоспециализированные.

3. Пакеты общего назначения (оформительские и расчетные, например, CorelDRAW! и SURFER).

Как правило, в большинстве организаций в России на этапе ввода стараются не привлекать продукты первой группы в силу малого количества копий, высокой стоимости и отсутствия достаточного количества квалифицированного персонала. Таким образом, используются в основном продукты группы 2, к ним можно отнести и узкоспециализированные программы поддержки ввода с дигитайзеров (GeoDRAW и др.) или векторизаторы (MapEDIT, Easy Trace, TRACK и др.). Многие пользователи исторически эксплуатируют продукты типа SURFER и GRAPHER, при этом возникает потребность передачи информации как в ГИС-продукты, так и в оформительские пакеты. Наоборот, при изготовлении выходной графики (плакаты, постеры) приходится привлекать оформительские пакеты, поскольку ни один коммерческий ГИС-продукт не обеспечивает качества и разнообразия выходной графики уровня, например, CorelDRAW! и Micrograf Designer.

Наиболее простым случаем является передача информации от продуктов группы 1 и 2 в группу 3, поскольку при этом практически не требуется передача атрибутивной (непространственной) информации. Обычно в ГИС-продуктах производится оформление карт и первичное зарамочное оформление, а окончательное оформление и печать - из графического пакета (например, продукта ArcPress - карты сделаны в ARC/INFO и импортированы в FreeHand). Наиболее подходящим форматом для этого являются форматы типа Adobe Illustrator, CGM, EPS. Использование DXF затруднено, результат часто бывает неадекватен. Некоторые продукты (например, CorelDRAW!) теряют цвет при импорте EPS. Также при передаче между различными вычислительными платформами могут возникать проблемы с текстовой информацией (несоответствие шрифтов и т.п.). Поэтому, если объем текстовой информации невелик, текст вводится на конечном этапе в оформительском пакете. Если размер карт не очень велик, приемлемым выходом является преобразование их в растр (типа копии экрана, но большего размера, с разрешением 100—150 dpi). Полученные растры дают хорошее качество при печати.

Большое количество проблем возникает, когда после предварительного ввода требуется передача информации в коммерческие развитые ГИС (группа 1). Несмотря на то, что многие продукты группы 2 дают возможность ввода атрибутов картографических объектов, особенно полагаться на это не стоит. К тому же, как правило, для продуктов группы 2 отработан экспорт только в один-два коммерческих пакета и при

нестандартном варианте могут возникнуть проблемы (так MapEDIT лучше всего совместим с MAP/INFO, Easytrace - с AutoCAD и т.п.). В основном применяется обмен через форматы DXF, реже MOSS, ARC/INFO Generate, MTF, плоский ASCII-файл (поток координат). При разработке собственных конвертеров не следует увязываться сложными конструкциями, передавать совместно с пространственной информацией рекомендуется только один атрибут, служащий для связи с базой атрибутивных данных, а базу создавать отдельно (предпочтительно DBF).

Ряд разработчиков предпочитает DXF в силу его наибольшей распространенности, жертвуя компактностью формата. Для специфической (хотя и массовой) графической информации типа изолиний в DXF допустимо использовать третью координату (elevation), хотя это сильно увеличивает размер файла. Возможно использование "не по назначению" других стандартных атрибутов (цвет, толщина), но в этом случае ограничен допустимый диапазон значений. Одной из немногих существенных проблем формата DXF - отсутствие явно нумерации (идентификации) векторных объектов, хотя ее можно порошить, используя блоки и т. п., но, как отмечалось выше, любые усложнения нежелательны.

Отечественные специализированные форматы (Ф1М и т.п.) не являются топологическими (тем самым нельзя реализовать ГИС-запросы, кроме простейших), довольно спешна их атрибутивная часть (кодификатор), очень узко специализированы. Поэтому применение этих форматов для обмена информацией ограничено, исключая области, где использование данных форматов обязательно.

Наиболее сложна (логически) полная передача информации между коммерческими ГИС-продуктами из-за разного представления топологии (узло-дуговые и объектные модели). Переход от одной модели топологии к другой требует или собственного разбора последовательности дуг и узлов, или, при обратной передаче, - удаления дублирующихся вершин. Интересен тот факт, что многие пакеты поддерживают импорт обменного формата ARC/INFO (EIO). Поэтому этот продукт может служить целям хранения и обмена информацией. Прочие стандарты (VPF, SDTS и пр.) пока в Россию к массовому пользователю практически не проникли. К сожалению, формат E00 при всей привлекательности (хранение в одном файле координат и атрибутов точек линий и полигонов) закрыт, однако часто разработчики работают с этим форматом на свой страх и риск.

Практически все ГИС-продукты имеют ASCII-вход, поэтому всегда можно создать собственный конвертер (AS SP-AS SP), не особенно полагаясь на самые "фирменные" продукты.

Поскольку передача топологии достаточно сложное дело, всегда следует иметь резервную копию информации без топологии (построение топологии - отработанный процесс, лучше повторить его, нежели потерять все при некорректной конвертации)

Массовое внедрение геоинформационных технологий сделало проблематичным использование традиционных геодезических методов из-за больших затрат на преобразование результатов измерений в цифровой вид.

Успешное решение большинства производственных задач зависит от использования новых высокоэффективных информационных технологий, к которым наряду с ГИС относятся спутниковые навигационные системы и электронные геодезические технологии. Дополняя друг друга, они не только способствуют развитию и совершенствованию каждой из них, но и позволяют создать принципиально новые информационные системы.

Спутниковые навигационные системы (GPS) Спутниковые навигационные системы, предназначенные для точного определения координат, реализуют известный способ определения координат объектов методом обратной пространственной линейной засечки. В качестве визирных устройств с известными координатами используются навигационные спутники, а устройства для измерения координат - антенна с электропитанием и вычислительным блоком, называемым приемником. Практическая реализация этого метода стала возможной благодаря созданию микрокомпьютеров и передовой технологии радиоэлектроники, обеспечивающей прием слабых сигналов от спутников на небольшие по размерам антенны. Для обеспечения решения обратной засечки необходимо, чтобы на околоземной орбите находилось не менее 18 спутников. Такое количество спутников позволяет наблюдать в любой точке земного шара одновременно не менее 4-х спутников. Требуемая высокая стабильность и точность пространственных координат спутников обеспечивается постоянным контролем их орбит сетью контрольных наземных станций, над которыми каждый спутник пролетает не реже двух раз в сутки. Расстояния от подвижного или стационарного объекта на поверхности земного шара или в воздухе до видимых спутников измеряется по времени прохождения сигнала от спутника до приемника на основе эффекта Доплера. Измерения этих расстояний производятся за довольно короткие промежутки времени, что позволяет для подвижных объектов определять координатно-временные параметры: трехмерные координаты, скорость и время, а для стационарных - трехмерные координаты и время.

Все приемники нового поколения многоканальные, с количеством каналов до 12. По одному каналу можно выполнять измерение расстояния до одного спутника. Несколько каналов обеспечивают одновременное измерение расстояний до нескольких спутников. Кроме того, приемники выпускают одночастотные и двухчастотные. Одночастотные приемники позволяют выполнять измерения по всем каналам на одной несущей частоте. Для повышения точности измерений были разработаны двухчастотные приемники, представляющие собой два совмещенных одночастотных приемника, каждый из которых выполняет измерения расстояний на своей несущей частоте. Повышение точности достигается за счет введения поправки в расстояние ионосферы, влияющее на скорость прохождения

радиосигналов. Поправка вычисляется из результатов одновременного определения расстояния до одного и того же спутника на разных частотах. Опыт эксплуатации спутниковых навигационных систем показывает, что абсолютным методом можно довольно легко добиться точности определения координат до 10 метров (Трошев, Кононов, 1996).

Такая точность может удовлетворить многих потребителей, но для решения геодезических задач этого не достаточно, поэтому для точных определений координат используется дифференциальный режим измерения, позволяющий на ограниченной по площади территории определять планово-высотные координаты с точностью до нескольких миллиметров. Если в абсолютном методе используется только один приемник, то в дифференциальном - два: один стационарный, а другой подвижный. Один приемник устанавливается неподвижно на точке с известными координатами, производит измерения дальности до всех видимых спутников, а также определяет постоянно меняющиеся характеристики тропосферы и ионосферы как сред распространения навигационных радиосигналов. По результатам обработки измерений стационарным приемником вычисляются дифференциальные поправки к дальностям и скоростям каждого спутника. Подвижный приемник последовательно устанавливается на точки с неизвестными координатами. Координаты точек местности могут определяться как в реальном времени, так и в режиме пост-обработки. Определение координат в реальном времени требует передачи поправок по радиоканалу от стационарного приемника на подвижный. Для этого выпускаются специальные приемники, которые называют базовыми станциями. Существует несколько технологий измерений, позволяющих реализовать этот метод: статический, быстрый статический, кинематический, истинный кинематический, псевдокинематический, полукинематический ("stop/go"), способ "возвратной съемки" и др.

До недавнего времени известна была только спутниковая навигационная система NAVSTAR, развернутая Министерством обороны США и введенная в эксплуатацию в 1988 году (Бьюкерс, 1995). Сокращенно ее называют GPS - по аббревиатуре английских слов Global Positioning System (Глобальная Система Позicionирования). Все приемники, принимающие сигналы СНС NAVSTAR, принято называть GPS-приемниками. Несмотря на то, что эксплуатацию этой СНС, включая сеть контрольных станций, ведет МО США, ею разрешено пользоваться всем гражданским организациям бесплатно. Ограничение касается только точности определения координат, применяется так называемый селективный доступ (С/А). Координаты можно определить абсолютным способом в пределах 100 метров. Это обеспечивается путем зашумления радионавигационного сигнала, используемого для измерений. Данный вид погрешности может быть устранен при использовании GPS-приемников и дифференциального метода измерений.

В 1995 г Правительством России официально заявлено, что у нас в стране планируется завершить работу по введению в эксплуатацию СНС

"ГЛОНАСС" (Глобальная навигационная спутниковая система) Военно-космических сил РФ. Доступ гражданских пользователей к системе закреплен постановлением Правительства РФ № 237 от 7.03.1995. (Гусев, Лебедев, 1995). При совместном использовании радионавигационных полей ГЛОНАСС и NAVSTAR может быть достигнуто повышение точности и надежности выполнения измерений.

В настоящее время в России различными государственными и коммерческими организациями предлагается GPS-оборудование большинства западных производителей: Ashtech Inc.(США), Geotronics AB (Швеция), Leica AG (Швейцария), Magellan (США), Sercel (Франция), Trimble Navigation Ltd. (США). Наиболее распространенными (более 50%) в России являются приборы 4-х фирм: 5% - Trimble Navigation Ltd., 24% - Leica AG, 12% - Ashtech Inc. и 9% - Magellan.

В настоящее время GPS-оборудование создается и отечественными производителями (геодезическая аппаратура "Землемер Л1" серийно производится в Санкт-Петербурге Российским институтом радионавигации и времени).

Практическое использование спутниковой навигационной системы при выполнении сгущения триангуляционных сетей, привязки геофизических и буровых работ в экстремальных условиях, землеустроительных работ кадастров земель различных сельских и городских населенных пунктов выявило ряд ее преимуществ:

- точность определения координат пунктов выше, чем точность, полученная средствами традиционной съемки;
- координаты пунктов определяются с одинаковой точностью как в любой точке городской черты, так и на обширнейшей территории;
- высокая степень надежности при всесезонном использовании;
- за счет отсутствия необходимости прокладки теодолитных ходов временные затраты на определение координат точек существенно меньше, чем при использовании традиционной наземной съемки, особенно на обширных площадях;
- отсутствует ограничение прямой видимости между пунктами;
- отпадает необходимость создания и поддержания геодезической сети;
- хорошее сочетание (сопряжение) с тахеометрической съемкой;
- в процессе измерения координат во внутреннюю память приемника записывается любая сопроводительная информация, в том числе из заблаговременно созданного справочника;
- имеется возможность редактирования выполненных измерений с помощью программного обеспечения постобработки;
- результаты обработки могут быть экспортированы в удобном формате для последующего построения электронных планов и карт в любой ГИС-оболочке;
- реальная возможность полной автоматизации процесса сбора и обработки информации.

Вместе с тем, внедрение аппаратуры спутниковой системы

определения координат требует решения ряда задач, одна из которых - получение результатов измерений высокой точности в местных (российских) системах координат. Задача возникает в связи с тем, что GPS-оборудование и программное обеспечение в основном режиме выдают результат в системе WGS-84, а стандартные модули перевода координат в используемые на территории России системы отсутствуют. Программное обеспечение постобработки позволяет рассчитать параметры перехода из WGS-84 в требуемую местную систему на основании известных координат двух или трех пунктов в обеих системах. Но на этом пути возникает ряд трудностей, во-первых, отсутствие точных координат в системе WGS-84 (они определены всего для нескольких пунктов во всей России - проблемы закрытости картографических данных). Во-вторых, каталожные координаты пунктов в местной системе координат определены с ошибкой, достигающей нескольких десятков сантиметров. В-третьих, GPS-измерения координат опорных пунктов также выполняются с ошибкой, вызываемой ионосферными и тропосферными задержками сигнала, наличием селективного доступа, многолучевым распространением сигнала, процедурами переключения спутников, наличием препятствий между спутниками и антенной приемника и др. Надо заметить, что число таких препятствий в городских условиях чрезвычайно велико. Часть суммарной ошибки измерения устраняется в результате дифференциальной коррекции. Но плохая геометрия видимых спутников, их малое количество, ослабление сигнала препятствиями (кроны деревьев и т.д.) и многолучевость могут привести к ошибкам, превышающим 30 см на базовых линиях в 5 и более километров в городских условиях.

Электронные тахеометры - цифровая технология геодезических измерений

Сегодня для России весьма актуальна задача создания ГИС для ведения кадастров (городского, земельного, лесного, водного и т.д.). В качестве картографической основы необходимо использовать крупномасштабные планы и карты (1:500 - 1:10000), на которых, помимо всего прочего, с точностью 10 - 50 см наносятся границы земельных участков. Получить такую информацию по материалам аэрофотосъемок и по имеющимся картам и планам практически невозможно, не говоря уже о том, что на подавляющую часть территории России таких планов вообще не существует. В связи с этим наземные геодезические работы необходимы. Основные геодезические работы выполняются на новейшем технологическом уровне при помощи системы глобальной навигации.

Задачам топографического и прикладного характера (кадастровые) удовлетворяют электронные тахеометры, основным назначением которых является измерение горизонтальных и вертикальных углов и расстояний. Современные тахеометры имеют встроенный микропроцессор, позволяющий выполнять операции с данными (вычисление, запись в память, редактирование и т.п.), и разъем для подключения к компьютеру и другим внешним устройствам.

Под сквозной технологией подразумевается полностью

автоматизированный процесс обработки геодезических измерений - от полевых работ до цифровой карты (без записей на бумаге - полевые журналы, кроки и т.д.). Каталог известных координат переносится с компьютера на прибор и используется для установки инструмента (как по известным координатам, так и из обратной засечки), а также для решения инженерных задач (вынос в натуру и т. д.). Затем производится топографическая съемка. Данные съемки сохраняются в накопителе, переносятся на компьютер для создания цифровой топоос-новы.

4.3.2. Данные дистанционного зондирования Земли

Наряду с традиционными картами данные ДЗ составляют информационную основу ГИС-технологий, причем, удельная роль этого источника информации в мире постоянно возрастает. В проблемах обновления карт в ГИС на первое место закономерно выступают технологии, основанные на методах получения информации, минуя бумажную стадию: электронные геодезические методы, GPS-технологии и данные ДЗ. Дистанционное зондирование - это исследования поверхности Земли, объектов на ней или в ее недрах неконтактными способами. В данном разделе говорится только о получении и обработке изображений Земли. Методы получения ДДЗ, характеристики используемой аппаратуры и получаемых данных рассматриваются в специальных дисциплинах.

Методы обработки данных ДЗ в ГИС

Для пользователя ГИС основная проблемная обработка материалов ДЗ - это тематическое дешифрирование изображений, направленное на получение из них какой-то полезной информации: классификации, построение ЦМР, автоматического выделения (распознавания) объектов и т.п. Можно выделить следующие основные технологические этапы обработки изображений (Королев, Баранов, 1996).

1.2 Ввод и первичное формирование изображения

Входной информацией является изображение, представленное в цифровом виде на магнитных лентах или дисках. Оцифровка производится непосредственно на борту летательного аппарата (например, изображения со спутника NOAA). Оцифровка аналоговых изображений (негативов на пленке или позитивов на фотобумаге) производится с помощью сканера (видео- или телекамеры).

Для большинства цифровых космических съемочных систем, таких как LANDSAT, SPOT, NOAA, часть методов первичной обработки изображений реализуется программным обеспечением непосредственно на борту. В частности, там решается задача выделения индивидуальных кадров, дополнение их необходимой информацией, например, о пространственной

привязке кадра по данным измерений орбиты спутника, учет различной калибровочной информации сенсора. Для снимков радарными с синтетической апертурой это и синтезирование изображения из голограммы. До последнего времени процедуры такого рода были исключительно компетенцией поставщика данных. Однако в настоящее время происходит достаточно широкое распространение станций для приема снимков непосредственно потребителем, как, например, снимков AVHRR со спутников NOAA (а в перспективе и с других спутников).

Для ввода фотографических снимков их необходимо отсканировать, чтобы перевести в цифровую растровую форму. Для этого используется программное обеспечение, хотя бы и встроенное в ПЗУ сканера. При этом происходит преобразование изображения, часто не сводящееся к простому переводу из аналоговой формы в цифровую, осуществляются и некоторые операции над цифровыми данными: интерполяция, преобразование контраста. Так что сканирование, особенно если говорить о сканерах фотограмметрического класса, - это достаточно сложный процесс, включающий возможности варьирования параметрами и в определенном смысле составляющий одно из звеньев обработки изображения. Результаты некачественного, неоптимального сканирования зачастую нельзя впоследствии исправить никакой обработкой.

Данные ДЗ, полученные в цифровом виде в форме растра, можно визуализировать на экране дисплея как изображение. Каждый элемент растра (пиксель) отвечает яркости определенного участка местности в том или ином участке электромагнитного излучения или яркости собственного теплового излучения (для дальнего ИК-диапазона). Каждый пиксель растра записан как числовой элемент матрицы в файле данных. Больше числовое значение - большая яркость. Если снимок многозональный, то мы имеем дело с несколькими пространственно сопряженными матрицами, т.е. элемент матрицы (пиксель) в многозональном снимке имеет не одно, а несколько значений (вектор значений). Таким образом, данные многозональной съемки трактуются как многомерные матрицы, и основные методы обработки, специфичные для многозональной съемки, основаны на операциях с многомерными матрицами.

На следующей стадии производится, как правило, вычисление основных статистических характеристик данных по каждому диапазону съемки отдельно. Вычисляются среднее значение яркости по кадру, минимальное и максимальное значение яркости, мода и медиана, среднеквадратическое отклонение и гистограмма. Результаты записываются или прямо в файл матрицы данных, или в отдельный файл, называемый файлом заголовка (может быть двоичным или в ASCII). В нем часто помещают дополнительную справочную информацию об изображении: его размеры в строках и в столбцах, когда и каким прибором получены данные, сведения о привязке к реальным координатам, уровне обработки. Это делается для экономии ресурсов компьютеров в последующих обработках, в которых эта информация используется многократно.

3. Предварительная обработка

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 зондирований. Для монтажа используются изображения, прошедшие геометрическую коррекцию.

Геометрическая коррекция стала обязательной операцией при работе с ДЗЗ, поскольку практически полезная информация может быть оперативно получена лишь при возможности сопоставления их с другими данными. ДЗЗ должны быть представлены в реальных координатах, в конкретных картографических проекциях, или, по крайней мере, в виде, позволяющем анализировать данные не только по единственному снимку. Можно сначала дешифровать снимок и построить по нему векторную карту в ГИС, а затем заниматься привязкой к реальным координатам и трансформированием в ту или иную картографическую проекцию. Однако, за исключением специальных случаев, такой подход менее удобен, так как не дает возможности комплексирования разных видов съемки, работать с разновременными изображениями, вызывает проблемы на границах кадров и т.д.

Следует отличать геометрическое трансформирование снимка (rectification) от привязки снимков (georeferencing). При трансформировании происходит геометрическое преобразование снимка и пересчет значений пикселей на новую сетку растра. Трансформирование дает возможность получить снимок, не имеющий геометрических искажений по сравнению с конкретной картой. При этом формы объектов на снимках в большей или меньшей степени меняются, а кадр (рамка снимка) из обычно прямоугольного, часто квадратного, превращается в параллелепипед, ромб или более сложную фигуру с криволинейными границами. Само по себе трансформирование, однако, не дает возможности использовать снимок совместно с цифровыми картами и другими данными в реальных координатах. Необходимо его еще передвинуть на то место, к которому он относится. И только после этого, при условии, если совпадают масштабы снимка и карты, можно его развернуть так, чтобы получить совмещение. Таким образом, необходима привязка снимка к реальной координатной системе (абсолютная привязка- georeferencing) или к какой-то относительной системе координат, например, к другому снимку (относительная привязка - registration). Сама по себе растровая структура изображения (в отличие от векторной) не содержит реальных координат пикселей в той или иной системе картографических, геодезических координат. Однако последние

можно вычислить из пиксельных координат, если знать реальные координаты каких-то пикселей и размер на местности одного пикселя. Эта информация, необходимая для вычислений, записывается в файл изображения или в соответствующий ему файл заголовка при привязке снимка. Туда же обычно помещается дополнительная информация о картографической проекции, в которую преобразуется снимок, данные об использованном референц-эллипсоиде и др. К сожалению, в настоящее время организация этой привязочной информации различна в разных системах и, хотя имеются попытки создания стандартов обмена (например, GeoTIFF, NITF), на сегодняшний день лучшим решением является возможность получения ее в ASCII - файлах заголовка. Так, например, поступает фирма SPOT, поставляя потребителям свои геокодированные продукты (формата GeoSPOT).

Есть разные уровни геометрического трансформирования снимков и методики проведения трансформирования, использующие различный математический аппарат и дополнительную информацию. На начальном уровне коррекции устраняются систематические геометрические искажения за счет вращения Земли. 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 такой, в сущности, автоматической коррекции уже привязанным, но не очень точно. Более точную привязку можно получить за счет трансформирования с использованием задаваемых вручную координат опорных точек. Наконец, наивысшую степень геометрической коррекции, после которой снимок становится столь же полноценным инструментом для геометрических измерений, как и карта, достигается при ортотрансформировании, т.е. после устранения искажений за счет рельефа местности.

Яркостная коррекция включает в себя улучшение яркости и контраста изображения, процедуру эквализации (для выявления объектов, располагающихся в пределах светлых или темных пятен изображения), нормализацию его яркостей таким образом, чтобы их значения равномерно располагались в разрешенном яркостном интервале - для получения на экране цветного монитора изображения, максимально пригодного для дешифрирования. "Пригодность" экспертно оценивается дешифровщи-ком, и результат зависит от его опыта и квалификации.

Тематическая обработка

Дешифрирование в зависимости от цели может быть:

- контурное, ставящее своей целью максимально точное проведение контуров и границ объектов (земельных участков, сельхозугодий, контуров зданий, полотна шоссейной дороги и т. д.). При этом подробности наполнения контура (вид сельхозугодий, тип покрытий дороги и т.д.) как бы остаются в стороне;

- тематическое для идентификации объекта. Пользователя интересует не только точная отрисовка границ объекта, но и правильное его наполнение тематическим содержанием (какая сельхозкультура возделывается на этом поле и в какой стадии развития она находится, какой это участок леса по таксационным показателям и т.д.);

- для обнаружения и выделения конкретных объектов (лучшие примеры из области военного дела). Не так важно, насколько точно обведен контур объекта и насколько точно описаны его цветовые характеристики, важно, что этот объект опознан как принадлежащий определенному виду или типу, например, танк М1 А, а все его характеристики имеются в других базах данных, получаемых иным способом.

Такое разделение дешифрирования условно, в жизни чаще решаются задачи комплексные, но следует иметь ввиду возможности комплексирования разных видов съемок для решения одной и той же задачи. При этом часть задачи, например, точное контурное дешифрирование, можно выполнить с использованием одного типа данных (или данных, обработанных каким-то одним способом) - часто это данные панхроматических (черно-белых) съемок более высокого геометрического разрешения. Другую часть работы (например, определение конкретных характеристик выделенных площадных объектов) можно проводить с использованием многозональных съемок, более низкого пространственного разрешения, но несущих существенно больше информации об объектах. На практике часто совместно используются цифровые панхроматические и многозональные съемки, фотографические и цифровые многозональные съемки, радарные и цифровые многозональные. Так что пользователю ГИС надо быть готовым к тому, что для решения его задачи оптимальнее использовать не один единственный, а несколько разнотипных материалов ДЗ.

В основу компьютерного дешифрирования положены измерения и анализ многомерных распределений (числовых матриц) радиационных потоков, излучаемых и отражаемых наземными образованиями (две пространственных координаты, одна или более яркостных и временная).

Тематическая обработка изображения включает в себя логические и арифметические операции, классификации, фильтрации, лине-аментный анализ и серию других методических приемов типа "яркостного профилирования", разрабатываемых и применяемых пользователем по своему 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.

Существует четыре арифметические операции над изображениями, которые выполняются как обычные арифметические действия над матрицами. Это сложение, вычитание, умножение и целочисленное деление двух изображений 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", "отрицание ИЛИ", "исключающее ИЛИ". Использование логических операций можно оценить на примере конъюнкции (AND). В памяти компьютера имеем два изображения. Допустим, во втором бите (биты считываются справа налево) второго входного изображения маркированы все точки изображения, классифицированные как лес. Если на экране монитора должны быть только точки изображения, относящиеся к классу "лес" (остаток черный), то надо операцией AND соединить первое входное изображение со вторым битом второго входного изображения.

Филтрации изображения применяются для улучшения его качества, снятия шума и выделения интересующих исследователя объектов. Принцип действия фильтров представляет собой некоторое преобразование значений яркости каждой точки изображения на основе информации о яркости ее соседей в достаточно ограниченной окрестности.

Как правило, изображение фильтруется матрицей определенного размера, коэффициенты которой могут быть заданы произвольно. Если все коэффициенты выбранного фильтра положительны, то результирующее изображение имеет формат "байт без знака, если фильтр содержит отрицательные коэффициенты - "байт со знаком". Стандартно величина суммы коэффициентов с учетом знаков нормируется соответственно формату данных таким образом, чтобы не было выхода за область допустимых значений.

Сглаживающие фильтры позволяют снять шум и получить однородные участки изображения, пригодные для дальнейшей обработки с целью выявления тех или иных крупных ландшафтных или структурных комплексов. Фильтры, подчеркивающие перепады яркости, используются при поиске на изображении границ между объектами и при выявлении разрывных нарушений.

Часто при автоматизированном дешифрировании используется операция бинаризации в соответствии с заданным значением порога.

Под бинаризацией понимается преобразование серого изображения в бинарное, причем все точки исходного изображения, яркость которых выше заданного порога, становятся белыми, остальные - черными.

Порог выбирается оператором после изучения распределений яркости по объектам дешифрирования. Варьирование порогом бинаризации позволяет выделить площадные объекты на изображении, а знание распределения яркости - провести интерпретацию выделенных объектов.

Изображения могут быть подвергнуты морфологическим преобразованиям, которые часто оказываются чрезвычайно полезными при выделении некоторых плохо дешифрируемых объектов.

Широкие возможности для исследователя открывают автоматические классификации многозональных изображений (с предварительным обучением на эталонах или с задаваемыми параметрами). Классификации основаны на том, что различные природные объекты имеют в разных диапазонах электромагнитного спектра отличающиеся друг от друга яркости. Анализ яркостей объектов в разных зонах позволяет идентифицировать и оконтурить ландшафты и конкретные геологические и техногенные объекты. Следует отметить, что задавать автоматическую классификацию следует не по всему изображению сразу, а в пределах однородных ландшафтных зон. Это необходимо соблюдать в силу того, что дешифровочные признаки природных объектов достаточно постоянны только в пределах одной ландшафтной зоны, а при переходе к другой, даже на одном снимке, они могут изменяться.

На космических снимках дешифрируется значительное число линейных элементов, представляющих собой линии выхода разрывных структур (трещин и систем трещин, разломов и систем разломов). Их изучение в научном и практическом аспектах важно для геологической съемки и ландшафтного анализа строения региона, а также при мониторинге чрезвычайных ситуаций, в частности последствий землетрясений (Пузаченко и др., 1990). Большое число выделяемых линейных структур создает для интерпретатора серьезные затруднения как при их дешифрировании, так и при корреляции систем линеаментов различных простираний, распознавании структурных закономерностей их пространственного распределения и специфики проявления в тех или иных природных комплексах.

Использование автоматизированного выделения и анализа линеаментов позволяет устранить перечисленные затруднения, дает более разнообразные возможности, он быстрее осуществляется.

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

Комплексная интерпретация данных дешифрирования (экспертная оценка) осуществляется путем их сравнения (наложения) с физико-географическими, геологическими и другими картами в ГИС.

Методы цифровой стереофотограмметрии

В настоящее время основным методом создания и обновления топографических карт и планов является основанный на использовании аэро- и космических снимков фотограмметрический метод. Только использование современных фотограмметрических ГИС-технологий позволяет создавать и обновлять топографические карты и планы в короткие сроки и в значительной мере сократить затраты за счет уменьшения объема полевых работ.

Наиболее яркий и практически самый важный пример использования фотограмметрического дешифрирования-дешифрирование рельефа

местности. Существует три основных способа представления цифровой модели рельефа: в виде регулярной матрицы значений высот (растра), в виде нерегулярного набора точек с отметками высот, по которым проведена триангуляция с учетом линий разрыва непрерывности триангуляции (тальвегов, хребтов, береговых линий озер и т.п.), т.е. TIN (Triangulated Irregular Network), и в виде изолиний высот рельефа (изогипс). Все остальные известные в картографии представления - рельеф с отмывкой или с оттенением при заданном положении Солнца, гипсометрическая раскраска и т.п. - являются уже производными методами визуализации, хотя и могут быть представлены в цифровом виде. Используемые фотограмметрические методики получения высот рельефа местности с помощью стереопар аэрофотоснимков опираются на знание точных геометрических характеристик съемочной аппаратуры (фокусное рассеяние и дисторсия объектива, точная фиксация положения негатива в камере), знание координат и значений высот для некоторого количества точек на местности, которые могут быть опознаны и точно указаны на снимках. В докомпьютерных методиках при использовании ручной работы оператора и очень дорогой оптико-механической аппаратуры определялись, как правило, высоты только характерных точек рельефа, и интерполяцией проводились с тем или иным шагом изолинии равных высот (изогипсы).

Построение плотных регулярных или нерегулярных сеток точек с высотными отметками ранее было невозможно из-за низкой производительности системы. В настоящее время имеется ряд методик, позволяющих в автоматическом режиме практически без участия человека получать цифровые модели рельефа по стереопарам, все серьезные ГИС-системы имеют в своем арсенале набор средств получения и обработки цифровых моделей рельефа (DTM - Digital Terrain Model).

Современное развитие фотограмметрии характеризуется весьма быстрым развитием методов цифровой фотограмметрии. Следует ожидать, что в ближайшие годы цифровые фотограмметрические системы для обработки одиночных снимков и стереопар заменят традиционные системы, основанные на использовании аналоговых изображений.

В настоящее время все ведущие центры и фирмы, занимающиеся фотограмметрическим приборостроением, основные усилия направляют на разработку и создание цифровых фотограмметрических систем. Среди этих систем можно выделить такие как "Intergraph" (США), "Helava" (США), "Traster ТЮ" (Франция), "Leika" (Швейцария) и другие, которые позволяют решать все фотограмметрические задачи при создании и обновлении карт по аэро- и космическим снимкам. Эти станции имеют широкие возможности по автоматизации измерений при решении задач внутреннего и взаимного ориентирования снимков, внешнего ориентирования модели, при построении фототриангуляции, при создании цифровой модели рельефа и сборе контуров. Кроме того, они позволяют получить орто-фотокарту, а некоторые - построить обзорные перспективные изображения. Все эти станции ориентированы на графические станции типа "Sun".

Существуют более дешевые станции, позволяющие решать задачи создания и обновления карт по отдельным стереопарам аэроснимков в интерактивном режиме с частичной автоматизацией стереоскопических измерений. Эти станции ориентированы на персональные компьютеры. Примером такой станции может служить "D VP", разработанная в канадском университете и распространяемая фирмой "Leica".

Другим направлением является создание рабочих станций для построения цифровых ортофотопланов по аэроснимкам с последующим использованием их в качестве подложки при создании и обновлении карт. Среди таких станций можно назвать "ОгЛоп"(Франция), "Phodis"(ТерМаНми), ориентированные на "Sun" и "OrthoKork" (США) для ЮМ РС. Эти станции позволяют выполнить ориентирование одиночного снимка, создать ортофотоизображение с учетом ЦМР, получить ортофотоплан и выполнить векторизацию контуров. Результаты векторизации могут быть экспортированы в различные ГИС.

В России также ведутся интенсивные работы по созданию цифровых фотограмметрических станций. В частности, фирмой "Рокурс" на базе РС создана цифровая фотограмметрическая система "Photomod", предназначенная для фотограмметрической обработки стереопар снимков и создания ортофотоснимков. Система позволяет в автоматическом режиме производить построение цифровой модели рельефа с последующим его редактированием в интерактивном режиме, выполнять векторизацию по стереомодели с автоматизацией стереоскопических измерений, производить генерализацию горизонталей по результатам построения ЦМР. В МИИГАиК создана недорогая цифровая стереофотограмметрическая станция, предназначенная для создания цифровых моделей местности по стереопарам аэрофотоснимков. Для стереоскопических измерений, выполняемых оператором, используется зеркально-линзовый стереоскоп. В настоящее время эта станция используется в ряде организаций для фотограмметрической обработки снимков.

На кафедре фотограмметрии МИИГАиК создана и успешно используется в ряде организаций цифровая фотограмметрическая станция "Ортофото". Станция "Ортофото" представляет собой программный комплекс, позволяющий по исходному цифровому изображению и цифровой модели рельефа получить цифровой ортофотоснимок. Созданный комплекс предусматривает выполнение следующих основных процессов: внутреннее ориентирование снимка, определение элементов внешнего ориентирования снимка по опорным точкам и создание цифрового ортофотоизображения. Существенной особенностью разработанного комплекса является его совместимость с геоинформационными системами. В частности, он включен как приложение к ГИС MapInfo, средствами которой можно легко создавать новые или обновлять старые карты и планы по ортофотоснимку.

1. Что понимается под автоматизированной системой в лесной отрасли?
2. Дайте общую характеристику системному программному обеспечению персонального компьютера.
3. Какой состав сервисных систем ПК?
4. Что понимают под инструментальными системами для ПК?
5. Какое прикладное программное обеспечение лесной отрасли Вам известно?
6. Какая предметная область наиболее автоматизирована?
7. Что понимается под "Географической информационной системой"?
8. Какие российские ГИС Вам известны?
9. Какие этапы создания цифровых карт Вы можете выделить?
10. Для каких целей используют GPS-приборы?
11. Опишите методы обработки данных ДЗ в ГИС.
12. Какие цели преследует "Тематическое дешифрирование многозональных съемок"?
13. Как построить цифровую модель рельефа?

3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Научные исследования охватывают много различных форм работы. Это экспериментальные исследования, полевые работы и первичная обработка их результатов, подбор и ознакомление с научными публикациями, авторскими свидетельствами и т.п. В настоящее время появление ПК породило принципиально новый метод исследований - вычислительный эксперимент. Этот метод занимает промежуточное положение между классическим экспериментальным и классическим дедуктивным методами. Его отличие от классических методов состоит в том, что эксперименты проводятся не с самими материальными объектами исследований, а с их описаниями на формализованном языке (машинные программы, математические модели). Системы автоматизации, имеющие дело с перечисленными экспериментами, получили общее название автоматизированные системы научных исследований (АСНИ). Спектр направлений использования АСНИ очень широк. Отметим некоторые из них.

При исследовании лесных ресурсов и оценке их состояния широко используются дистанционные методы, основанные на материалах аэро- и космической съемок. Информативность космических снимков огромна, а традиционные методы не могут обеспечить бесперебойное извлечение информации в необходимых объемах и в заданные сроки. Практика показала, что решение этой проблемы возможно путем создания автоматизированной системы обработки аэрокосмической информации о лесах (АСОИЛ). В настоящее время существует экспериментальный комплекс АСОИЛ, который имеет две технологические линии: СНИМОК-КАРТА и СНИМОК-ДААННЫЕ. По материалам обработки аэро- и космических снимков получают карты лесной растительности и таксационную характеристику выделов. Отметим, что АСОИЛ функционирует в интерактивном режиме "так-сатор-дешифровщик и ЭВМ". Очень интенсивно развиваются новые технологии дешифрирования многозональных космических изображений - автоматизированные системы на основе нейронных сетей.

Для сбора и регистрации параметров природных объектов служат автоматизированные информационно-измерительные системы (АИИС). С помощью таких систем автоматически создаются базы данных экспериментальных материалов. Перечень измеряемых параметров зависит от целей и характера исследования.

Наиболее распространенной системой обработки результатов экспериментальных исследований в любой предметной области являются статистические пакеты прикладных программ. Например, программный продукт STATGRAPHICS for Windows является наиболее полной (140 функций и процедур) и популярной в мире интегрированной статистической и графической системой, сочетающей широкий диапазон аналитических средств, высокую математическую точность и отличную графику. К этому же классу программ можно отнести интегрированную систему статистического

анализа и обработки данных "STATISTICA"[7], разработанную фирмой StatSoft (США). По нашему мнению, эта система предоставляет пользователю более широкие возможности по обработке данных, их анализу и обмену с Windows-приложениями в сравнении с пакетом STATGRAPHICS [28].

В системе "STATISTICA" реализованы следующие методы. Описательные статистики, группировка и разведочный анализ данных. Корреляции. Быстрые основные статистики и блоковые статистики. Интерактивный вероятностный калькулятор. Т-критерии (и другие критерии групповых различий). Таблицы частот, сопряженности, флагов и заголовков. Множественная регрессия. Общая модель дисперсионного и ковариационного анализа. Компоненты дисперсии и смешанная модель ANOVA/ ANCOVA. Дискриминантный анализ. Непараметрическая статистика. Подгонка распределения. Факторный анализ и анализ главных компонент. Многомерное шкалирование. Анализ соответствий. Надежность и позиционный анализ. Кластерный анализ. Деревья классификации и регрессии. Логлинейный анализ. Нелинейное оценивание (включая логит/пробит). Каноническая корреляция. Анализ выживаемости и отказов. Анализ временных рядов и прогнозирование. Имитационное моделирование методом Монте-Карло.

К отечественным статистическим пакетам относятся STADIA, SIGN, ОБИМР, МЕЗОЗАВР, ЭВРИСТА, КЛАССМАСТЕР и др.

Для лесного дела использование статистических пакетов дает возможность максимально продуктивно проводить научные исследования.

Для решения конкретных научных и производственных задач лесной отрасли существуют отечественные разработки:

- программы и комплексы программ для обработки результатов измерений на пробных площадях;
- имитационное моделирование роста древостоев в зависимости от интенсивности изреживания;
- моделирование хода роста древостоев по элементу леса;
- автоматизированная система построения моделей роста древостоев по материалам по выдельной базе данных и т.д.

Круг таких систем и моделей разнообразен и с каждым днем расширяется, их невозможно описать в одной книге. Некоторые системы и комплексы программ рассмотрим в этом разделе.

5.1. Исследование роста сосновых древостоев на имитационной модели "СОСНА"

2.1.1 Имитационная модель "СОСНА"

Имитационная модель "СОСНА" позволяет исследователю прогнозировать рост конкретного древостоя сосны в зависимости от интенсивности изреживания при рубках ухода за лесом и при естественном

росте. Имитационная модель "СОСНА" разработана доцентом Богачевым А.В. на основе изучения закономерностей роста чистых сосновых древостоев на постоянных пробных площадях Шваппаха А., Боярской ЛОС, Московской, Воронежской и других областях России. При разработке имитационной модели широко использовались относительные величины и модели связи таксационных показателей древостоев. Выявлены закономерности роста по сумме площадей сечений, высоте, диаметру, протяженности кроны, степени сомкнутости полога, видовому числу, запасу, полноте, распределению числа стволов по ступеням толщины.

Оптимальная полнота определяется по модели

$P = f(A, H, D, \text{сумма площадей сечений})$.

Такая полнота автором названа "лесоводственная", т.е. если древостой будет иметь ее значение выше "1.0", то он будет находиться в неустойчивом состоянии. "Лесоводственная полнота" - это такое значение суммы площадей сечений при сочетании возраста, высоты и диаметра, превышение которой приводит насаждение в неустойчивое состояние в биологическом смысле. При неблагоприятных внешних факторах насаждение снижает сумму площадей сечений. Другим критерием устойчивости древостоев является относительное протяжение кроны деревьев:

$$L_k = \frac{H_k}{H_d} \cdot 100,$$

где, L_k – относительное протяжение кроны, %

H_k -протяженность кроны, м

H_d -высота древостоя, м

Если $L_k < 30\%$, то древостой будет находиться в состоянии интенсивного изреживания и в будущем возможен полный распад. Третьим критерием устойчивости древостоев является отношение (D/H) среднего диаметра древостоя к его высоте. Это значение не должно быть меньше 0.8 при средних высотах от 10 до 20 метров. Если характеристики древостоя не выходят за границы этих критериев, то древостой находится в благоприятных условиях роста

2.1.2 Стратегия управления имитационной моделью

Имитационная модель "СОСНА" - это новый инструмент исследователя - специалиста лесного хозяйства. С помощью такого инструмента можно проследить за ростом древостоя во времени в зависимости от начальных значений таксационных показателей по двум вариантам. В качестве аргументов в модели приняты в варианте 1 -возраст (лет), число стволов (N), высота (H), диаметр (ϕ), а в варианте 2 -возраст (лет), число стволов (N), высота (H), диаметр (D) и протяженность кроны (L.). Моделирование естественного роста древостоев по основным таксационным показателям происходит с взаимоувязкой их на каждом шаге прогноза и рассчитано на равномерное распределение деревьев по площади.

При достижении "лесоводственной полноты" 1.0 прогноз роста прекращается.

Исследователь может оценить естественный рост древостоев и в диалоге принять стратегию изреживания - имитировать рубки ухода.

Имитация изреживания позволяет сформировать сосновый древостой с наибольшим запасом к моменту возраста главной рубки. Пользователь может вернуться к начальному шагу роста при неудовлетворительных результатах роста древостоя, так как процесс имитации является итерационным.

5.1.2.1. Стратегия рубок ухода по "Наставлению порубкам ухода в равнинных лесах европейской части РСФСР"

Рубки ухода за лесом являются одним из важнейших лесохозяйственных мероприятий. Их цель - выращивание ценных высокопродуктивных древостоев путем периодической вырубке части деревьев в древостое. Рубки ухода проводятся с момента возникновения и заканчиваются, как правило, за один класс возраста до главной рубки.

Рубками ухода достигаются:

- а) улучшение породного состава;
- б) повышение качества и устойчивости древостоев;
- в) сокращение сроков выращивания технически спелой древесины;
- г) усиление водоохраных, почвозащитных, санитарно-гигиенических и других полезных свойств леса;

д) увеличение размера пользования древесиной с единицы площади.

В чистых хвойных древостоях проводят рубки ухода в возрасте:

до 10 лет-осветления;

11-20 лет - прочистки;

21 - 40 лет - прореживания;

41 и выше - проходные рубки.

Рубками ухода в чистых древостоях достигаются следующие цели:

а) осветление - регулирование густоты, усиление роста и предупреждение снеголома;

б) прочистками - уход за составом и формой ствола (удаление худших деревьев, а также деревьев хорошего роста в густых биогруппах);

в) прореживанием - уход за формой ствола и кроны;

г) проходными рубками - увеличение прироста на лучших деревьях и создание лучших условий для возобновления главных пород.

5.1.2.2. Стратегия рубок ухода по СВ. Белову

По результатам исследований профессор СВ. Белов предложил вычислять оптимальное число стволов (N) в сосновом древостое 1 класса бонитета по формуле:

$$N = (40000 / A) \cdot (1 - 0.0015 \cdot A),$$

Где A - возраст, лет.

Таблица 5.1

Коэффициент оптимальности числа стволов

| | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Возраст, лет | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
| K_n | 0.98 | 0.94 | 0.90 | 0.86 | 0.82 | 0.78 | 0.74 |

Для сосны и ели оптимальное число стволов в зависимости от класса бонитета, возраста и оптимальной относительной полноты после 70 лет можно вычислить по следующим формулам:

$$N_{\text{опт}(1 \text{ бон})} = [(40 \cdot 1600) / A] \cdot K_n \cdot P,$$

$$N_{\text{опт}(2 \text{ бон})} = [(40 \cdot 1800) / A] \cdot K_n \cdot P,$$

$$N_{\text{опт}(3 \text{ бон})} = [(40 \cdot 2000) / A] \cdot K_n \cdot P,$$

где A - возраст, лет;

P - относительная полнота после 70 лет: для 1 класса бонитета равна 0,95, для 2 класса бонитета - 0,85 и 3 класса бонитета - 0,75;

K_n - коэффициент оптимального числа стволов в зависимости от возраста (табл. 5,1)

5.1.2.3. Стратегия рубок ухода по К.Ф. Тюрмеру

На основе исследований известный лесовод К.Ф. Тюрмер ввел правило: в древостое после рубок ухода расстояние между деревьями должно быть равно 18-20 средним диаметрам (табл. 5.2). При проведении рубок ухода необходимо стремиться к соблюдению соотношения числа стволов и среднего диаметра древостоя согласно данным после проведения расчетов для определения интенсивности из-реживания конкретного древостоя.

Таблица 5.2

Оптимальное число стволов после рубки в зависимости от среднего диаметра древостоя по К.Ф. Тюрмеру

| $D, \text{см}$ | $N, \text{шт}$ | $D, \text{см}$ | $N, \text{шт}$ | $D, \text{см}$ | $N, \text{шт}$ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 8 | 4822 | 16 | 1205 | 25 | 494 |
| 9 | 3955 | 17 | 1067 | 26 | 457 |
| 10 | 3086 | 18 | 952 | 27 | 423 |
| 11 | 2550 | 19 | 854 | 28 | 394 |
| 12 | 2143 | 21 | 700 | 29 | 367 |
| 13 | 1826 | 22 | 637 | 30 | 343 |
| 14 | 1574 | 23 | 584 | 31 | 321 |
| 15 | 1371 | 24 | 535 | 32 | 301 |

5.1.2.4. Стратегия рубок ухода по С.Н. Сеннову

В результате многолетних исследований и практического опыта

профессор С.Н.Сеннов предложил нормативы относительной интенсивности изреживания по запасу при рубках ухода и их повторяемости (табл.5.3).

Таблица 5.3

Показатели рубок ухода в сосновых древостоях таежной лесорастительной зоны

| Возраст, лет | Минимальная сомкнутость полога, 0,1ед. | | Интенсивность рубки, в% от запаса | Повторяемость, лет |
|------------------------|--|-------------|-----------------------------------|--------------------|
| | До рубки | После рубки | | |
| Осветления и прочистки | | | | |
| 10-15 | 1.0 | 0.8-0.7 | 10-20 | 5-15 |
| Прореживание | | | | |
| 21-40 | 0.9 | 0.8 | 10-20 | 15 |
| Проходные | | | | |
| 41 и более | 0.8 | 0.7 | 10-20 | 20-30 |

5.1.3. Результаты работы имитационной модели "Сосна"

Имитационная модель С», на" реализована на алгоритмическом языке TURBO - BASIC. Для запуска программы необходимо в командной строке набрать имя программы - "SOSNA99". После запуска программы пользователь ведет диалог с ПК, отвечает на поставленные вопросы.

В результате имитации рубок ухода необходимо получить наибольший запас в 80 лет.

Варианты имитации студент выбирает исходя из рекомендаций С.Н.Сеннова, С.В.Белова, К.Ф.Тюрмера или «Наставлений по рубкам ухода....» [60]. После анализа результатов имитации роста сосновых древостоев пользователь выбирает собственную стратегию интенсивности изреживания древостоя.

В табл. 5.4-5.7 приведены примеры имитации роста сосновых древостоев, произрастающих на территории Нолькинского лесничества УНПКЛП МарГТУ. Изреживание высокополнотного древостоя сосны проводилось в 55 лет и 65 лет, с выборкой по запасу 4 м3 и 167 м3.

Таблица 5.4

Прогноз роста соснового древостоя

Область-**Марий Эл**

Лесхоз-УНПКЛП**МарГТУ**

Лесничество-**Нолькинское**

Квартал-**112** Выдел-**3** Пробная площадь**№9**

| Возраст, лет | Число стволов, шт. | Высота, м | Диаметр, см | Длина кроны, м | Видовое число, 0,001 | Сомкнутость полога, 1.0 | Полнога, 1.0 | Сумма площадей сечений, м ² | Запас, м ³ |
|--------------|--------------------|-----------|-------------|----------------|----------------------|-------------------------|--------------|--|-----------------------|
| 55 | 1000 | 25.0 | 27.0 | | 490 | 0.933 | 1.32 | 57.2 | 701 |
| 55 | 995 | 25.0 | 27.0 | 5.0 | 490 | 0.929 | 1.31 | 56.9 | 697 |
| 65 | 852 | 27.6 | 29.6 | 5.5 | 480 | 0.916 | 1.27 | 58.7 | 778 |
| 65 | 742 | 27.3 | 28.2 | 5.2 | 483 | 0.745 | 1.01 | 46.4 | 611 |
| 75 | 639 | 29.9 | 31.8 | 6.1 | 473 | 0.789 | 1.05 | 50.8 | 718 |

Таблица 5.5

Распределение числа стволов по ступеням толщины

| Возраст, лет | Ступени толщины, см | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 |
| 55 | 54 | 166 | 273 | 257 | 158 | 65 | 18 | 10 | 0 |
| 55 | 54 | 166 | 731 | 257 | 158 | 61 | 17 | 10 | 0 |
| 65 | 17 | 73 | 721 | 230 | 193 | 110 | 43 | 13 | 0 |
| 65 | 17 | 73 | 72 | 230 | 193 | 37 | 15 | 4 | 0 |
| 75 | 0 | 27 | 88 | 160 | 168 | 116 | 55 | 18 | 0 |

Прогноз роста сосны обыкновенной

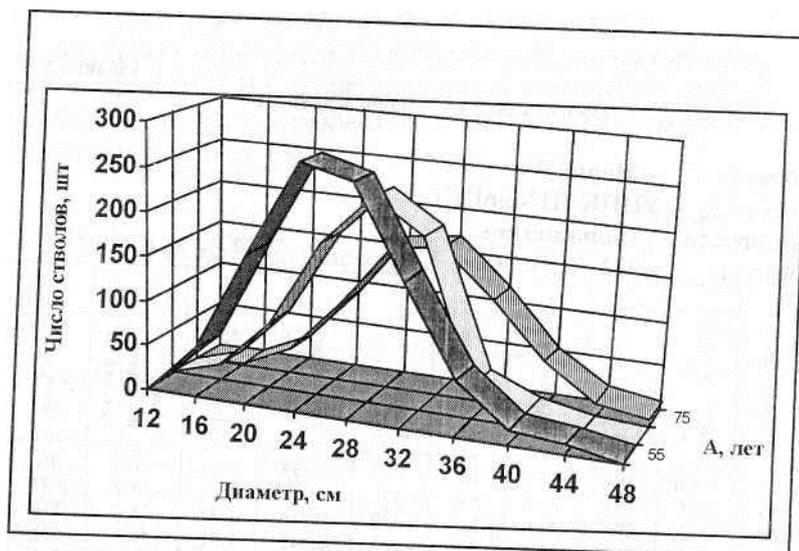


Рис 5.1. Распределение числа стволов по ступеням толщины при прогнозе роста с учетом изреживания сосны обыкновенной

Прогноз роста соснового древостоя

Область - Марий Эл

Лесхоз – УНКЛПМарГТУ

Лесничество— Нолькинское

Квартал — 12

Выдел - 6 Пробная площадь № 11

Таблица 5.6

| Возраст, лет | Число стволов, шт | Высота, см | Диаметр, см | Длина кроны, м | Видовое число, 0.001 | Сомкнутость полога, 1,0 | Полнота, 1,0 | Сумма площадей сечения, м ² | Запас, м ³ |
|--------------|-------------------|------------|-------------|----------------|----------------------|-------------------------|--------------|--|-----------------------|
| 99 | 455 | 25.0 | 28.0 | 9.0 | 0.463 | 0.700 | 0.68 | 28.0 | 324 |
| 99 | 451 | 25.0 | 28.9 | 9.0 | 0.463 | 0.602 | 0.67 | 27.6 | 319 |
| 109 | 447 | 26.0 | 29.4 | 8.1 | 0.468 | 0.613 | 0.73 | 30.4 | 370 |
| 120 | 435 | 26.9 | 30.5 | 7.7 | 0.469 | 0.608 | 0.74 | 31.8 | 402 |

Таблица 5.7

Распределение числа стволов по ступеням толщины

| Возраст, лет | Ступени толщины, см | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 |
| 99 | 11 | 33 | 68 | 96 | 96 | 74 | 45 | 21 | 8 | 3 |
| 99 | 11 | 33 | 68 | 96 | 96 | 74 | 42 | 20 | 7 | 3 |
| 109 | 6 | 21 | 52 | 87 | 100 | 85 | 56 | 28 | 11 | 3 |
| 120 | 0 | 13 | 42 | 77 | 100 | 91 | 63 | 33 | 13 | 4 |

Общая закономерность распределения числа стволов по ступеням толщины с увеличением возраста сохраняется (рис. 5.1). К возрасту 75 лет древостой имеет запас 718 м³ на 1 га и полноту 0.789.

Результаты имитации не согласуются с рекомендациями К.Ф.Тюрмера, Интенсивность изреживания была занижена. Число стволов необходимо уменьшить в два раза (табл. 5.2). Для достижения требуемого результата по прогнозу роста сосны имитацию необходимо повторить.

В таблицах 5.6 и 5.7 приведены результаты прогноза роста с выборкой по запасу в 99 лет 5 м³. Этот пример имитации роста сосны отражает закономерности роста в возрасте спелости.

Следует отметить, что при наличии рядов распределения числа стволов по ступеням толщины можно рассчитать товарную структуру будущего древостоя.

5.2. Автоматизированное построение моделей роста Древостоев

5.2.1. Теоретические сведения

Таблицы хода роста (ТХР) имеют большое значение для лесоустройства. Сведения о ходе и производительности насаждений служат основой многим лесохозяйственным расчетам. Есть несколько видов ТХР, подразделяемых по назначению:

- 1) ТХР нормальных насаждений;
- 2) ТХР модальных насаждений;
- 3) ТХР оптимальных насаждений;
- 4) ТХР с различной густотой и разными суммами площадей сечений.

ТХР предназначены:

- для характеристики и прогнозирования роста и развития древостоев;
-
- установления спелости леса и обоснования возраста рубки;

- проектирования лесохозяйственных мероприятий;
- выявления закономерностей роста и развития древостоев;
- составления региональных таксационно-справочных нормативов и тд.

В разработку методики составления таблиц хода роста внесли большой вклад видные лесоводы страны: Орлов М.М., Варгас де Бедемар, Тюрин А.В., Третьяков Н.В., Анучин Н.П., Антанайтис В.В., Багинский В.Ф., Бочков И.М., Галицкий В.В., Дворецкий М.Л., Дракин В.Н., Вуевский Д.И., Загреев В.В., Зейде Б.Б., Кивисте А.К., Кор-сунь Ф.Д., Кофман Г.Б., Кузьмичев В.В., Макаренко А.А., Моисеев В.С., Моисеенко Ф.П., Мошкалев А.Г., Никитин К.Е., Саликов Н.Я., Свалов Н.Н. и многие другие. Загреев В.В. (1971, 1978) на основании 400 таблиц хода роста выявил возможность систематизации таблиц. Оказалось, что для определения хода роста сосны, например, нужна всего одна таблица с тридцатью типовыми рядами. Такие индексные таблицы (графики) служат для сравнительной оценки и группировки таблиц по степени сходства и различия в характере (типе кривых) хода роста.

Наиболее известные таблицы хода роста оптимальных насаждений составили Е. Assmann и F. Franz (1967). Одно из новшеств в таблицах заключается в том, что в пределах каждого класса бонитета введены три уровня производительности (верхний, средний и низший). ТХР составляются для каждого уровня производительности.

Ход роста описывается множеством функций хода роста, которые были сгруппированы А.К. Кивисте (1988) в семь групп и проанализированы с учетом общих закономерностей роста живых организмов.

К функциям роста предъявляются следующие требования:

1) График должен проходить через начало координат, $f(x) = 0$ при $x = 0$.
2) Функция роста должна быть возрастающей, $f'(x)$ больше или равно 0 при $x > 0$.

3) Предел функции при неограниченном возрастании аргумента должен стремиться к асимптоте: $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = T_{max}$

106

4) График текущего прироста должен исходить из начала координат, $f'(x) = 0$ при $x = 0$.

5) Функция роста должна иметь точку перегиба, $f''(x) = 0$ при $x > 0$. Анализ известных функций роста позволил выбрать функцию

А. Мичерлиха (Mitscherlich). Эта функция удовлетворяет необходимым требованиям для описания общих закономерностей роста живых организмов.

Функция имеет вид:

$$T_{mod} = T_{max} \cdot (1 - e^{-A \cdot C_1})^{C_2}$$

где T - моделируемый таксационный показатель, диаметр (см), высота (м), сумма площадей сечений (м²), запас (м³);

T - асимптотическое значение таксационного показателя для дан-
тах

но го естественного ряда развития древостоя;

A - возраст, лет;

e - основание натурального логарифма;

C_1 - параметр роста;

C_2 - параметр формы кривой.

Кривая роста имеет S-образный вид при $C_2 > 1$ с точкой перегиба $m = \ln C_2 / C_1$.

т" Если C_2 находится в пределах от 0 до 1, то функция не имеет точки перегиба. Такой вид кривой хорошо описывает значения сумм площадей сечений и диаметров, а S - образный вид кривой описывает значение высот и запасов. Следовательно, для моделирования основных таксационных показателей можно использовать один вид функции, изменяя параметры роста и формы кривой.

Следует отметить, что функция А. Мичерлиха приемлема для описания динамики изменения таксационных показателей отдельного дерева и древостоя.

5.2.2. Алгоритм моделирования хода роста древостоев

Функция роста А. Мичерлиха является нелинейной по параметрам. Для поиска оптимальных параметров C_1 и C_2 использован итерационный метод, который можно описать по этапам:

А. В каждой точке естественного ряда по возрасту для моделируемых таксационных показателей вычисляется C_{1i} при фиксированных значениях C_2 ($C_2 = 1, 2, 3, 4, \dots, 10$):

$$C_{1i} = \frac{C_2 \cdot \ln(1 - T_{on} / T_{max})}{A},$$

Где $T_{on(A)}$ - фактическое значение таксационного признака в возрасте A

$I=1,2,3,\dots,n$; n -число наблюдений

Б. По наименьшей абсолютной ошибке функции выбирается значение параметра C_2 , которое принимается за константу.

В. При постоянном значении параметра C_2 производится сглаживание параметра C_1 для всех точек естественного ряда по полиному третьей степени, $C_1=f(A)$.

Г. Параметр C_2 расчиываем по уравнению:

$$C_2 = \frac{(T_{on} / T_{max})}{C_1 \cdot \ln(1 - e)}$$

Где C_1 - расчетные значения параметра C_1 по полиному третьей степени.

Д. Производится сглаживание параметра C_2 по полиному третьей степени, $C_2=f(A)$.

Е. Для моделируемого таксационного показателя решается задача поиска значения асимптоты при минимальной среднеквадратической ошибке (m) на отрезке $[a,b]$, $F(X,C_1,C_2)=T_{вычi}$ $m=((T_{вычi}-T_{он})^2)/n \rightarrow \min$, где n -число экспериментальных значений моделируемого таксационного показателя; T'_{max} - наибольшее значение таксационного показателя из n экспериментальных точек; $a = T'_{max} \cdot 1.05$; $b = T'_{max} \cdot 1.30$.

Оптимальное значение асимптоты таксационного показателя определяется по методу золотого сечения, который реализуется по следующему алгоритму:

1. Вычисляется коэффициент дробления отрезка $[a,b]$, $K=(5^{1/2}-1)/2=0.6180339$.

2. Вычисляется абсцисса $X1=a+(1-K)(b-a)$ и вычисляется $F(X1,C1,C2)$. C_1 и C_2 определяются согласно п. А.

3. Вычисляется абсцисса $X2=a+K(b-a)$.

4. Проверяется условие $(X2-X1) < E$, где E - заданная погрешность вычисления X . При выполнении этого условия вычисляется $Xm=(X1+X2)/2$ и $F(Xm,C1,C2)$ и останавливается счет.

Если условие не выполняется, идём к п. 5.

108

5. Если $F(X1,C1,C2) < F(X2,C1,C2)$, то $a=X1$, $X=X2$, $F(X,C1,C2) = F(X2,C1,C2)$ и идем к п. 3 и п. 4.

6. Если $F(X2,C1,C2) < F(Xm,C1,C2)$, то $b=X2$, $X=Xm$, $F(X,C1,C2) = F(Xm,C1,C2)$ и идем к п. 2 и п. 4.



Рис. 5.2. Модельная структура программы MICHXOD

Ж. Моделированию подвергаются четыре таксационных показателя: средний диаметр, средняя высота, сумма площадей сечений и запас.

Модель хода роста древостоя элемента леса принимает вид:

$$T_{ij} = T_{\max} \cdot (1 - e^{-A \cdot C_{1y}})^{C_{2y}},$$

Где j=1-индекс высоты;

J=2-индекс диаметра;

J=3-индекс запаса;

J=4-индекс суммы площадей сечения;

I=1,2,3...,n-индекс возраста с шагом 1,5 и 10 лет.

$$C_{1ij}^k = \sum_0^3 b_{kj}' \cdot A_j^k,$$

$$C_{2ij}^k = \sum_0^3 b_{kj}'' \cdot A_j^k$$

Динамика отпада, общей производительности древостоя, прироста по запасу, среднего объема среднего ствола и его видового числа рассчитываются по общепринятым в лесной таксации формулам.

5.2.3. Программа моделирования хода роста древостоя

По приведенному алгоритму разработаны две программы в среде "TURBO-BASIC"-MICHVVOD.BAS и MICHXOD.BAS.

Программа MICHVVOD предназначена для формирования файла экспериментальных данных на гибкий магнитный диск.

Структуры данных имеют вид:

- имя файла данных;
- название объекта (древесная порода, тип леса и т. д.);
- число экспериментальных точек (количество пробных площадей);
- значения: возраст (лет), высота (м), диаметр (см), запас (м³), сумма площадей сечений (м²).

Программа MICHXOD предназначена для автоматизированного построения модели хода роста древостоя на базе функции Мичерли-ха.

Модельная структура программы приведена на рис 5.2. Программа занимает 72 Кбайт дисковой памяти. Время счета по одному естественному ряду 1... 2 минуты.

5.2.4. Пример моделирования хода роста древостоев

Работу программы моделирования рассмотрим на примере построения таблицы хода роста березы 3 класса бонитета Нижегородской области. В результате полевых работ получены данные о росте березы по материалам пробных площадей (табл. 5.8). Исходные данные отсортированы по возрасту для наглядности анализа прогноза роста древостоев. По данным табл. 5.8 с помощью программы MICHVOD формируется файл исходных данных с расширением "name.dat".

Таблица 5.8

Результаты измерений на пробных площадях
Нижегородская область. Древесная порода - береза
Класс бонитета - III

| Номер ПП | Возраст, лет | Высота, м | Диаметр, см | СуммаG, м ² | Запас, м ³ |
|-------------|-----------------|--------------|----------------|---------------------------|--------------------------|
| 3 | 16 | 4.5 | 2,8 | 2,4 | 5,8 |
| 12 | 19 | 5.7 | 3,6 | 5,1 | 18,4 |
| 4 | 26 | 8.4 | 5,0 | 10,9 | 47,6 |
| 6 | 30 | 10.1 | 6,6 | 15,0 | 78,3 |
| 9 | 41 | 12.3 | 8,5 | 14,1 | 90,4 |
| 8 | 45 | 14.6 | 9,6 | 25,0 | 136,9 |
| 15 | 46 | 14.7 | 12,2 | 15,7 | 106,0 |
| 11 | 59 | 15.0 | 13,4 | 26,8 | 220,3 |
| 2 | 60 | 16.3 | 14,2 | 27,4 | 232,0 |
| 3 | 89 | 20.7 | 19,8 | 28,2 | 310,0 |

После запуска программы MICHOD запрашивается имя входного файла "name.dat". Все расчеты проводятся в автоматическом режиме.

$$T_{\text{мод}} = T_{\text{max}} \cdot (1 - e^{-A \cdot C_1})^{C_2},$$

где $C_1 = b'_0 + b'_1 \cdot A + b'_2 \cdot A^2 + b'_3 \cdot A^3,$

$C_2 = b''_0 + b''_1 \cdot A + b''_2 \cdot A^2 + b''_3 \cdot A^3.$

Таблица 5.9

А. Математическая модель роста древостоев.

Нижегородская область. Древесная порода - береза. Класс бонитета - 3

| Уравнение | B_0 | B_1 | B_2 | B_3 |
|---------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Высота коэф.для "C ₁ " | 0.00511829 | 0.00015233 | -0.000000001 | -0.000000002 |
| коэф.для "C ₂ " | 0.99210637 | 0.00042944 | 0.000000086 | -0.000000045 |
| Диаметр коэф.для "C ₁ " | 0.01204011 | 0.000178782 | -0.000000026 | -0.000000006 |
| коэф.для "C ₂ " | 0.93920773 | 0.00246146 | 0.000001677 | -0.000000281 |
| Запас коэф.для "C ₁ " | -0.00344201 | 0.00032018 | 0.000000009 | -0.000000001 |
| коэф.для "C ₂ " | 1.03744292 | -0.00046874 | -0.000000563 | 0.000000033 |
| Сумма G коэф.для "C ₁ " | -0.00392123 | 0.00067610 | 0.000000000 | -0.000000051 |
| коэф.для "C ₂ " | 0.97855401 | 0.00313206 | 0.000000668 | -0.000000383 |

В табл. 5.9 показаны модели параметров C_1 и C_2 , функции А. Мичерлиха, автабл. 5.10 их расчетные значения в зависимости от возраста. В процессе моделирования на экран дисплея выдается (при необходимости можно вывести на печать) информация о результатах оптимизации основных таксационных показателей (табл. 5.11). Полная информация о росте древостоя приводится в табл. 5.12.

Таблица 5.10

Динамика параметров C_1 и C_2 моделей роста древостоев
Нижегородская область. Древесная порода-береза.
Класс бонитета – 3

| Возраст, лет | Высота, м | | Диаметр, см | | Запас, м ³ | | Сумма площадей сечения, м ² | |
|--------------|-----------|-------|-------------|-------|-----------------------|-------|--|-------|
| | C_1 | C_2 | C_1 | C_2 | C_1 | C_2 | C_1 | C_2 |
| 20 | 0,016 | 0,987 | 0,008 | 1,000 | 0,003 | 1,028 | 0,009 | 1,038 |
| 30 | 0,017 | 1,007 | 0,010 | 1,004 | 0,006 | 1,024 | 0,015 | 1,062 |
| 40 | 0,019 | 1,022 | 0,011 | 1,006 | 0,009 | 1,020 | 0,020 | 1,078 |
| 50 | 0,020 | 1,031 | 0,013 | 1,008 | 0,013 | 1,017 | 0,024 | 1,086 |
| 60 | 0,021 | 1,032 | 0,014 | 1,008 | 0,016 | 1,014 | 0,026 | 1,081 |
| 70 | 0,022 | 1,023 | 0,015 | 1,006 | 0,019 | 1,013 | 0,026 | 1,063 |
| 80 | 0,023 | 1,003 | 0,017 | 1,002 | 0,020 | 1,013 | 0,024 | 1,029 |
| 90 | 0,024 | 0,970 | 0,018 | 0,996 | 0,025 | 1,015 | 0,020 | 0,976 |
| 100 | 0,024 | 0,992 | 0,019 | 0,987 | 0,029 | 1,018 | 0,013 | 0,902 |

Таблица 5.11
Б.Результаты оптимизации таксационных показателей
Нижегородская область. Древесная порода-береза
Класс бонитета-3

| Возраст, лет | Высота, м | | Диаметр, см | | Сумма, G | | Запас, м ³ | |
|-----------------------------|-----------|------|-------------|------|----------|-------|-----------------------|-------|
| | факт | мод | факт | мод | факт | мод | факт | мод |
| 16 | 4,5 | 5,1 | 2,8 | 2,9 | 2,4 | 3,20 | 5,8 | 8,3 |
| 19 | 5,7 | 6,0 | 3,6 | 3,5 | 5,1 | 4,70 | 19,4 | 15,7 |
| 26 | 8,4 | 8,2 | 5,0 | 5,2 | 10,9 | 8,90 | 47,6 | 39,5 |
| 30 | 10,1 | 9,3 | 6,6 | 6,2 | 15,0 | 11,49 | 78,3 | 56,6 |
| 41 | 12,3 | 12,4 | 8,5 | 9,2 | 14,1 | 18,24 | 90,4 | 112,2 |
| 45 | 14,6 | 13,4 | 9,6 | 10,2 | 25,0 | 20,35 | 136,9 | 133,9 |
| 46 | 14,7 | 13,7 | 12,2 | 10,5 | 15,7 | 20,84 | 106,0 | 139,4 |
| 59 | 15,0 | 16,5 | 13,4 | 13,8 | 26,8 | 25,76 | 230,3 | 207,6 |
| 60 | 16,3 | 16,7 | 14,2 | 14,1 | 27,4 | 26,03 | 220,0 | 212,5 |
| 89 | 20,7 | 20,5 | 19,8 | 19,8 | 28,2 | 28,47 | 310,0 | 311,5 |
| Абсолютные ошибки по модулю | | | | | | | | |
| Суммарная | 6,311 | | 4,291 | | 23,255 | | 126,832 | |
| Средняя | 0,631 | | 0,429 | | 2,326 | | 12,683 | |
| Асимптотические значения | | | | | | | | |
| T _{max} | 23,3 | | 25,0 | | 33,7 | | 349,4 | |

Таблица 5.12
Таблица хода роста
Нижегородская область. Древесная порода-береза
Класс бонитета-3

| Возраст, лет | Весь древостой | | | | | | | |
|--------------|----------------|-------|-----------------------|--------------------------|------------|----------|-------------------------|---------------|
| | H, м | D, см | Запас, м ³ | Сумма, G, м ² | F 0,001 | N, шт | Прирост, м ³ | |
| | | | | | | | средний | периодический |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 20 | 6,3 | 3,8 | 19 | 5,3 | 0,552 | 4782 | 0,9 | 0,0 |
| 30 | 9,3 | 6,2 | 57 | 11,5 | 0,557 | 3750 | 1,9 | 3,8 |
| 40 | 12,1 | 8,9 | 107 | 17,7 | 0,498 | 2835 | 2,7 | 5,0 |
| 50 | 14,6 | 11,6 | 161 | 22,6 | 0,488 | 2153 | 3,2 | 5,4 |
| 60 | 16,7 | 14,1 | 212 | 26,0 | 0,490 | 1670 | 3,5 | 5,1 |
| 70 | 18,3 | 16,4 | 256 | 28,0 | 0,499 | 1333 | 3,7 | 4,4 |
| 80 | 19,6 | 18,3 | 290 | 28,8 | 0,512 | 1094 | 3,6 | 3,4 |
| 90 | 20,6 | 20,6 | 314 | 28,3 | 0,537 | 909 | 3,5 | 2,4 |
| 100 | 21,3 | 21,3 | 329 | 25,5 | 0,607 | 720 | 3,3 | 1,6 |

| | Отпад | | | Общий | | | | Объем одного ствола, м ³ |
|-----|-------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| | Н, шт | Запас, м ³ | Сумма запаса, м ³ | Запас, м ³ | Прирост запаса ср, м ³ | Прирост запаса, м ³ | Прирост запаса, % | |
| 1 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 20 | - | - | - | 19 | 0,9 | - | - | 0,0039 |
| 30 | 1032 | 5 | 5 | 61 | 2,0 | 4,3 | 23,0 | 0,0151 |
| 40 | 915 | 10 | 15 | 122 | 3,0 | 6,1 | 9,9 | 0,0377 |
| 50 | 682 | 15 | 30 | 191 | 3,8 | 7,0 | 5,7 | 0,0748 |
| 60 | 483 | 18 | 49 | 261 | 4,4 | 7,0 | 3,6 | 0,1272 |
| 70 | 337 | 19 | 68 | 324 | 4,6 | 6,3 | 2,4 | 0,1920 |
| 80 | 239 | 19 | 87 | 377 | 4,7 | 5,3 | 1,6 | 0,2648 |
| 90 | 185 | 19 | 106 | 420 | 4,7 | 4,3 | 1,1 | 0,3449 |
| 100 | 189 | 26 | 132 | 461 | 4,6 | 4,2 | 1,0 | 0,4570 |

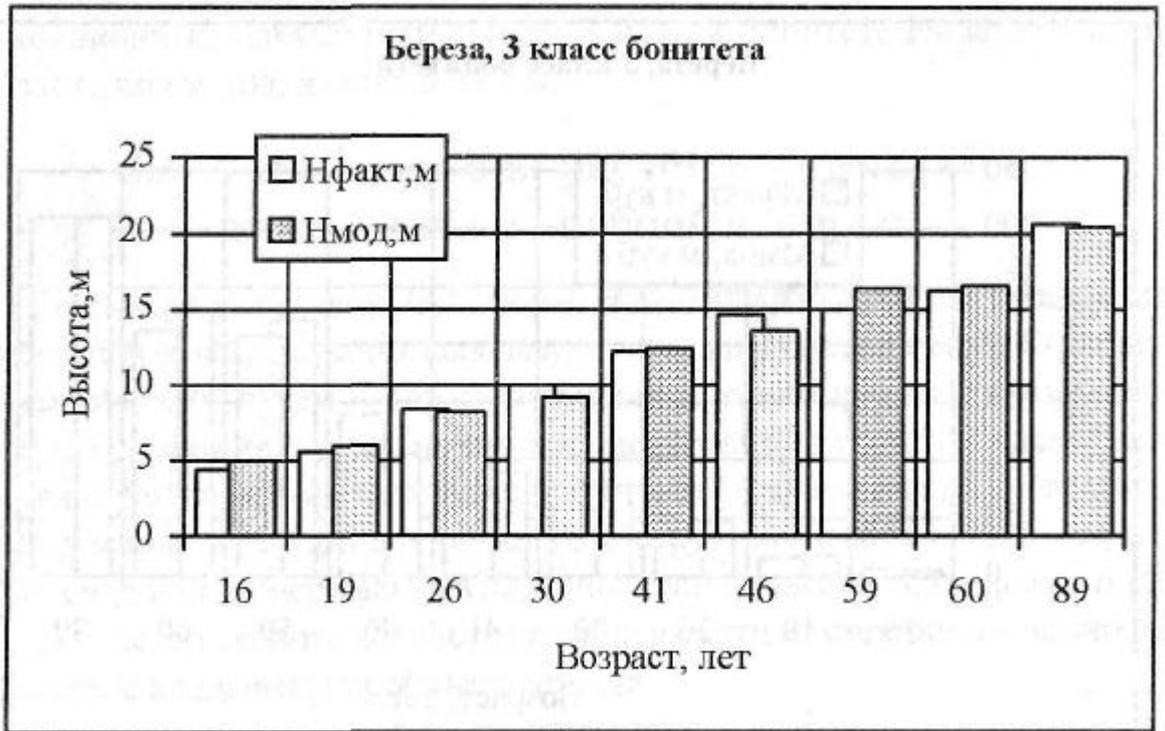


Рис. 5.3. Динамика фактических и рассчитанных по математической модели высот



Рис. 5.4. Динамика фактических и рассчитанных по математической модели средних значений диаметров



Рис. 5.5. Динамика фактических и рассчитанных по математической модели средних значений запасов



Рис. 5.6. Динамика фактических и рассчитанных по математической модели значений сумм площадей сечений

5. 3. Автоматизация расчетов результатов измерений на пробной площади

Лес - составная часть биосферы. Это статистически устойчивая система. Для ее исследования используют метод пробных площадей (method of sample plots) путем сбора информации. С точки зрения практического использования, лесоводственную информацию можно разделить на первичную, производственную и нормативно-справочную. Под первичной понимают такую информацию, которую получают в процессе наблюдения или эксперимента в виде численных массивов, графиков и т.д.

Для целей лесного хозяйства в зависимости от степени изученности объекта закладывают пробные площади:

- для изучения хода роста древостоев;
- изучения товарной и сортиментной структуры древостоев;
- обоснования возрастов рубок древостоев;
- изучения эффективности лесохозяйственных мероприятий;
- установления признаков дешифрирования АФС;
- исследования процессов лесовозобновления на площадях после рубки леса;
- исследования естественного возобновления;
- тренировочные и т. д.

Пробные площади могут быть постоянными и временными.

По форме они могут быть прямоугольные и круговые с постоянным и переменным радиусом (с применением прибора Биттерлиха). На практике пробные площади являются основным источником первичной информации.

Получение информации методом пробных площадей можно разделить на 2 части:

- 1) полевые работы по закладке пробных площадей (ОСТ 56-69-83);
- 2) камеральная обработка результатов измерений на пробной площади (ОСТ 56-69-83).

Ввиду большой трудоемкости камеральной обработки пробных площадей необходимо автоматизировать расчеты. В последнее время появилась возможность использования для этих целей персональных компьютеров. Для этого необходимо создание соответствующих программ.

5.3.1. Краткие исторические сведения

В течение 25 лет проводится работа по автоматизации обработки результатов измерений на пробной площади.

Большой вклад в эту работу внесли: Мошкалев А.Г., Никитин К.Е., Моисеенш Ф.П., Воинов Н.Т., Чуенков В.С., Швиденю А.З., Юдиц-кий Я. А., Петухов Н.В. и другие.

Применялись следующие ЭВМ: Проминь, Минск-22,32, Наири, ЕС ЭВМ и в настоящее время - ПЭВМ, а также системы программирования: Автокад, FORTRAN, PL, Бейсик и др.

Из последних аналогов можно привести четыре программы.

1) Программа "Проба" предназначена для обработки на ЕС ЭВМ материалов пересчетов деревьев на пробных площадях и таксационных выделах. Программа создана в 1983 году в ЛЕННИЛХе и использует нормативные данные для северо-запада России.

Расчеты в программе полностью построены на математических моделях связи таксационных показателей.

2) Программа "Проба" (at.exe) обработки результатов измерений на пробной площади для ПК разработана в 1992 году на Поволжском лесоустроительном предприятии. Программа написана на алгоритмическом языке программирования "Паскаль".

3) Программа "Проба-92" разработана на кафедре лесной таксации УкрСХА в 1982 году и работала под управлением ДОС ЕС ЭВМ. В 1988 году переработана и дополнена на кафедре лесной таксации и лесоустройства МарПИ. Программа реализована в системе PRIMUS на ЭВМ ЕС-1045 и написана на алгоритмическом языке программирования FORTRAN-IV. В 1996 году алгоритм этой задачи значительно был дополнен и реализован на языке FORTRAN-77 и в среде СУБД FoxPro для персонального компьютера. В 1999 году разработан пакет прикладных программ "PROBA99"

Новая версия этого комплекса имеет следующие программные модули:

- Программа ввода результатов измерений на пробной площади по элементам леса и учетным деревьям (PROBAWOD).
- Автоматизация расчетов результатов измерений на пробной площади (PROBA99).
- Числовые характеристики статистического анализа товарной структуры модельных деревьев и расчет сортиментных таблиц (stabd2v2, stabd4v2)
- Статистики модельных деревьев (studlk).

Программа PROBAWOD служит для формирования файла данных результатов измерений на пробной площади по элементам леса и учетным деревьям.

Программа PROBA99 предназначена для камеральной обработки результатов измерений на пробных площадях с рубкой и обмером модельных деревьев.

Программы stabd2v2 и stabd4v2 предназначены для составления сортиментных таблиц с параллельной статистической обработкой товарной структуры модельных (учетных) деревьев по ступеням толщины 2 или 4 см.

Программа studlk предназначена для статистической обработки информации модельных (учетных) деревьев на пробной площади.

4) Пакет прикладных программ для обработки результатов измерений на пробной площади "Проба-93" разработан в среде управления базами данных FoxPro для ПК в 1993 году на кафедре лесной таксации и лесоустройства МарГТУ по тематике дипломного проектирования.

Недостатки первых двух программ по обработке результатов измерений на пробной площади:

- программное обеспечение морально устарело;

- разные технические средства и программное обеспечение;
- нет единого подхода при создании базы данных пробных площадей;
- файлы исходных данных не создаются и не сохраняются.

В связи с развитием технических средств и программного обеспечения появилась возможность создать и поддерживать базы данных пробных площадей в актуальном состоянии

5.3.2. Пакет прикладных программ "Проба-93"

Для работы пакета прикладных программ необходим минимальный или базовый комплект персонального компьютера.

Программа требует около 1 мегабайта памяти на диске и около 300 килобайт оперативной памяти.

Пакет прикладных программ "Проба-93" разработан в среде управления базами данных FoxPro, который является мощным инструментом обработки данных, как в интерактивном режиме, так и при составлении программ.

Пакет прикладных программ внешне представляет собой систему меню выбора, окон ввода и информационных окон, с помощью которых программа взаимодействует с пользователем. Интерфейс программы разработан в соответствии со стандартами фирмы IBM.

ППП состоит из отдельных процедур и функций.

В процессе работы ППП использует несколько баз данных, содержащих нормативно - справочную информацию. Сведения об используемых базах данных приведены в табл. 5.13

В табл. 5.14 приведен список файлов, входящих в пакет прикладных программ "Проба-93", и полная информация о них.

Файл исходных данных представляет собой базу данных и может использоваться для расчетов и корректировки неограниченное число раз. Он содержит всю исходную информацию по пробной площади и является объектом для расчетов. Его структура содержит поля для записи следующей информации:

- общие сведения по пробной площади;
- ведомости перечета по двенадцати элементам леса;
- ведомость перечета подроста;
- ведомость перечета подлеска.

Текстовый файл содержит полную информацию о пробной площади и предназначен для вывода на печать как документа.

Таблица 5,13

Базы данных нормативно-справочной информации

| Имя файла | Размер, байт | Назначение |
|-----------|--------------|---|
| #D-H-RH | 30494 | Бзд для определения разрядов высот |
| #POR-H-V | 4476 | Бзд для определения объемов стволов |
| #BONITET | 3010 | Бзд для определения класса бонитета |
| #H-G-M | 3438 | Бзд сумм площадей сечений при полноте 1,0 |

Перечень файлов, входящих в пакет прикладных программ
"Обработка пробных площадей"

| Имя файла | Размер, байт | Назначение |
|------------|--------------|---|
| #ПРОБА.ВАТ | 104 | Файл для запуска программы |
| #PR.DBF | 19718 | Шаблон для создания файла исходных данных |
| #ПРОБА.INT | 289 | Окно главного меню |
| #D-H-RH | 30494 | Бзд для определения разряда высот |
| #POR-H-V | 4476 | Бзд для определения объемов стволов |
| #BONITET | 3010 | Бзд для определения класса бонитета |
| #H-G-M | 3438 | Бзд сумм площадей сечений при полноте 1,0 |
| #ПРОБА.INT | - | Файл процедур |

В процессе работы программа сама создает файлы. Их назначение и сведения о них приведены в табл. 5.15.

Таблица 5,15

Файлы, создаваемые пакетом прикладных программ "Обработка пробных площадей"

| Назначение | Тип | Расширение | Размер |
|---------------------------------|-------------|------------|---------|
| База данных исходной информации | База данных | FID | 20Кбайт |
| Документ для печати | Текстовый | TXT | 10Кбайт |

Особенности алгоритма

Алгоритм ППП "Проба-93" реализован в соответствии с ОСТ 56-69-83 "Пробные площади лесоустроительные". Но есть и дополнения, например: определение средней высоты, реализовано в виде пользовательской функции, вызываемой программой расчетов. Передаваемыми параметрами являются средний диаметр и порядковый номер элемента леса. Для расчета этих параметров подпрограмма использует замеры высот и диаметров модельных деревьев. Математическая модель кривой высот имеет вид:

$$H = a \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{a}{b}\right),$$

где a и b - параметры модели;

d — диаметр на высоте 1.3 метра, см;

H - высота древостоя или дерева, м.

Данная модель удовлетворяет следующим требованиям: график функции проходит через начало координат - функция монотонно возрастает - при больших значениях диаметров функция стремится к горизонтальной асимптоте. Для расчета параметра 'b' используется метод половинного деления, а параметра 'a' - метод подстановки. После нахождения параметров a и b вычисляется средняя высота элемента леса, соответствующая его среднему диаметру. Разряд высот элемента леса определяется по таблице разрядов высот. Параметрами для поиска шкалы разрядов высот являются: древесная порода, средняя высота, ступень толщины.

Вывод результатов расчетов

Вывод результатов расчетов производится параллельно с расчетами в текстовый файл с именем, соответствующим имени файла исходных данных. Его можно просмотреть, отредактировать, вывести на печать любым текстовым редактором. Это позволяет компактно хранить информацию, легко ее перемещать, копировать и выводить на печать, осуществлять расчеты на компьютерах, не укомплектованных принтером.

Состав выводимой информации:

1) общие сведения:

- номер пробной площади;
- область;
- лесхоз;
- лесничество;
- квартал;
- выдел;
- площадь пробы;
- подрост;
- подлесок;
- живой напочвенный покров;
- почва;
- положение и рельеф;
- особенности древостоя;
- дата закладки пробной площади;
- исполнитель;

2) по элементу леса:

- номер яруса,
- наименование древесной породы;
- возраст;
- средний диаметр;

- разряд высот и средняя высота;
- сумма площадей сечений;
- относительная полнота;
- число стволов по ступеням толщины и категориям качества;
- запас по ступеням толщины и категориям качества;
- объемы стволов по ступеням толщины;
- сумма стволов по категориям качества;
- запас по категориям качества;
- общий запас;

3) по ярусу:

- номер яруса;
- состав яруса;
- средняя высота;
- абсолютная полнота;
- относительная полнота;
- запас по категориям качества;
- общий запас;

4) по характеристике насаждения:

- класс возраста и класс бонитета;
- тип леса и тип лесорастительных условий.

Итоговые данные, если расчет произведен без ошибок, переносятся в базу данных пробных площадей. Состав передаваемой информации приведен в разд. 5.3.3.

Результаты работы программы "Проба-93"

Пример работы комплекса программ "Проба-93" рассмотрим по результатам обработки материалов пробной площади, заложенной на территории Звениговского МЛХ Республики Марий Эл.

Выходной файл имеет следующий вид.

Пробная площадь №.: 16 область Марий Эл

квартал 1 лесхоз Звениговский

выдел 21 лесничество Нуктужское

площадь пробы 0.66 га

подрост ель, береза, пихта, липа, клен

подлесок лещина, вяз, рябина

положение и рельеф средн. пониженное

особенности древостоя семенного происхождения живой

напочвенный покров сныть, зверобой, малина, звездчатка

почва дерново-среднеподзолистая, легкосуглинистая, свежая

дата 17/08/94 исполнитель ЗакировРафхат

Элемент леса 1 Порода ЕЛЬ Средний диаметр 26.5 Средняя высота 22 7
Сумма G 11.268 Разряд высот 3 Ведомость перечета (на 1 га)

| ст. | дел. | дров. | сух. | Вствола | Мдел | Мдров | Мсух |
|-----|------|-------|------|---------|----------|--------|--------|
| 08 | 12 | 0 | 1 | 0,0183 | 00,2225 | 0,0000 | 0,0278 |
| 12 | 21 | 0 | 3 | 0,0762 | 01,6174 | 0,0000 | 0,2310 |
| 16 | 34 | 1 | 3 | 0,1688 | 05,8848 | 0,2558 | 0,5117 |
| 20 | 50 | 0 | 0 | 0,2950 | 14,7526 | 0,0000 | 0,0000 |
| 24 | 56 | 0 | 0 | 0,4536 | 25,4320 | 0,0000 | 0,0000 |
| 28 | 56 | 0 | 0 | 0,6435 | 36,0759 | 0,0000 | 0,0000 |
| 32 | 27 | 0 | 0 | 0,8634 | 23,5498 | 0,0000 | 0,0000 |
| 36 | 16 | 0 | 1 | 1,1124 | 18,5404 | 0,0000 | 1,6854 |
| 40 | 18 | 1 | 0 | 1,3891 | 25,2576 | 2,1048 | 0,0000 |
| 44 | 12 | 0 | 0 | 1,6925 | 20,5160 | 0,0000 | 0,0000 |
| 48 | 01 | 0 | 0 | 2,0214 | 03,0628 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 306 | 2 | 8 | - | 174,9123 | 2,3606 | 2,4505 |

Полнота=0,47

2Элемент леса 2 Порода ПИХТА Средний диаметр 24.3 Средняя
высота 21.1 Сумма G=0.420 Разряд высот 2 Ведомость перечеа (на 1 га)

| Ст. | Дел. | Дров. | Сух. | Вствола | Мдел. | Мдров. | Мсух. |
|-----|------|-------|------|---------|--------|--------|--------|
| 08 | 0 | 0 | 1 | 0,0343 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0521 |
| 12 | 3 | 0 | 0 | 0,0767 | 0,2326 | 0,0000 | 0,0000 |
| 16 | 1 | 0 | 1 | 0,1600 | 0,2425 | 0,0000 | 0,2425 |
| 24 | 3 | 0 | 0 | 0,4372 | 1,3248 | 0,0000 | 0,0000 |
| 28 | 4 | 0 | 1 | 0,6248 | 2,8403 | 0,0000 | 0,9467 |
| 36 | 1 | 0 | 0 | 1,0830 | 1,6409 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 12 | 0 | 3 | - | 6,2813 | 0,0000 | 1,2414 |

Полнота=0,01

Элемент леса3 Порода БЕРЕЗА Средний диаметр20.3 Средняя
высота20 2 Сумма G 4.862 Разряд высот 2 Ведомость перечеа (на 1 га)

| Ст. | Дел. | Дров. | Сух. | Объем ствола | Мдел. | Мдров. | Мсух. |
|-----|------|-------|------|-----------------|---------|--------|--------|
| 04 | 03 | 00 | 1 | 0,0153 | 0,0465 | 0,0000 | 0,0232 |
| 08 | 28 | 16 | 4 | 0,0350 | 1,0076 | 0,5833 | 0,1591 |
| 12 | 48 | 03 | 0 | 0,0839 | 4,0706 | 0,2544 | 0,0000 |
| 16 | 40 | 03 | 0 | 0,1641 | 6,7150 | 0,4974 | 0,0000 |
| 20 | 22 | 00 | 0 | 0,2774 | 6,3065 | 0,0000 | 0,0000 |
| 24 | 19 | 00 | 0 | 0,4258 | 8,3889 | 0,0000 | 0,0000 |
| 28 | 12 | 00 | 0 | 0,6113 | 7,4097 | 0,0000 | 0,0000 |
| 32 | 10 | 00 | 0 | 0,8356 | 8,8626 | 0,0000 | 0,0000 |
| 36 | 04 | 00 | 0 | 1,1007 | 5,0034 | 0,0000 | 0,0000 |
| 40 | 06 | 00 | 0 | 1,4086 | 8,5373 | 0,0000 | 0,0000 |
| 44 | 03 | 01 | 0 | 1,7612 | 5,3370 | 2,6685 | 0,0000 |
| 48 | 03 | 00 | 0 | 2,1604 | 6,5466 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 198 | 23 | 5 | - | 68,2322 | 4,0037 | 0,1823 |

Полнота=0,28

Элемент леса 4 Порода КЛЕН Средний диаметр 23.1 Средняя высота
20.3 Сумма G 0.211 Разряд высот 3 Ведомость перечета (на 1 га)

| Ст. | Дел. | Дров | Сух. | Объем ствола | Мдел | Мдров. | Мсух |
|-----|------|------|------|-----------------|--------|--------|--------|
| 12 | 1 | 1 | 0 | 0,0744 | 0,1127 | 0,1127 | 0,0000 |
| 20 | 3 | 0 | 0 | 0,2752 | 0,8341 | 0,0000 | 0,0000 |
| 40 | 0 | 1 | 0 | 1,4151 | 0,0000 | 2,1441 | 0,0000 |
| | 4 | 2 | 0 | - | 0,9468 | 2,2569 | 0,0000 |

Полнота=0,01

Характеристика ЯРУСА №1

Полнота=0,76 сумма G=16,922
M1=261,7м³ M2=262,7м³

Средняя высота яруса 21,9м

| Состав яруса | Элемент леса | Деловая древесина |
|--------------|--------------|-------------------|
| 7,2 | ЕЛЬ | 98,5% |
| + | ПИХТА | 100,0% |
| 2,8 | БЕРЕЗА | 94,4% |
| + | КЛЕН | 40,9% |

Характеристика насаждения
Класс возраста 5 Класс бонитета 1А Тип леса Елип ТЛУ С₂

**5.3.3. Автоматизация расчетов результатов измерений
на пробной площади с использованием пакета
прикладных программ "PROBA99"**

Пакет прикладных программ (ППП) "PROB A99" для работы на персональных компьютерах предназначен для камеральной обработки результатов измерений на пробных площадях с рубкой и обмером модельных деревьев (рис. 5.7). Основная сфера использования этого пакета - научные исследования. ППП "PROBA99" разработан на кафедре лесной таксации и лесоустройства МарГТУ.

Пробные площади подбираются и закладываются в соответствии с ОСТ-56-69-83 "Пробные площади лесоустроительные. Методы закладки".

На пробной площади срубается 20-25 учетных деревьев, которые вырубается механическим путем: каждое 8-е дерево, попавшее в перечень из числа деловых, и каждое 1 -е из числа дровяных.

Указанные деловые и дровяные деревья при средних высотах 16 и более метров распиливаются на высотах от пня: 1 м; 1.3; 3; 5; 7 и т.д. через два метра, последнее сечение при диаметре сечения примерно 4-5 см. Если средняя высота меньше 16 м, последнее сечение при диаметре сечения 4-5 см, и деревья распиливаются на высотах: 0.5; 1.5; 2.5 и т.д. через 1 м.

Измеряются диаметры в коре, толщина коры по диаметру и прирост по диаметру за 10 лет, на пке, на высоте 1.3 м и указанных высотах. Диаметры округляются до 0.1 см.

Деловой ствол разделяется на деловую, дровяную часть и вершину. Это определяется по диаметру и наличию пороков древесины. Практикуется откомлевка в дрова при наличии напенной гнили.

Минимальный диаметр:

- дров топливных в коре - 3.0 см;
- сырья для технологической переработки без коры - 3.6 см;
- деловых сортиментов без коры: хвойных- 5.6 см, лиственных- 6.0 см.

Допускаемые пороки не более указанных размеров в деловых сортиментах хвойных пород:

- сучья здоровые диаметром до 10 см для 2-го сорта;
- сучья табачные диаметром до 5 см для 3-го сорта;
- гниль до 1/3 диаметра без коры в сортиментах толщиной до 38 см в верхнем отрезе;



Рис. 5.7. Схема движения информации при обработке результатов измерений на пробной площади

- гниль до 1 /2 диаметра без коры в сортиментах толщиной до 40 см в верхнем отрезе;
- кривизна односторонняя до 2 %;
- кривизна разносторонняя до 1 %.

Допускаемые пороки не более указанных размеров в деловых сортиментах лиственных пород:

- сучья здоровые диаметром до 7 см для 2-го сорта;
- сучья табачные диаметром до 7 см для 3-го сорта;
- гниль до 1 /3 диаметра без коры в сортиментах толщиной до 3 8 см в верхнем отрезе;
- гниль до 1/2 диаметра без коры в сортиментах толщиной до 40 см в верхнем отрезе;
- кривизна односторонняя до 3 % при диаметре сортиментов до 24 см;
- кривизна односторонняя до 5 % при диаметре сортиментов более

2бсм;

- кривизна разносторонняя до 1.5 % при диаметре сортиментов до 24 см;
- кривизна односторонняя до 2.5 % при диаметре сортиментов более 26 см.

Нормы допуска остальных реже встречающихся пороков см. по ГОСТ 9462-88, ГОСТ 9463-88, ГОСТ 2140-71.

В сырье для технологической переработки допускаются:

- гниль до 1/2 диаметра без коры;
- сучья здоровые;
- кривизна односторонняя до 8%;
- кривизна разносторонняя до 4%. В дровах топливных:
- гниль допускается до 2/3 по площади сечения;
- наружная трухлявая гниль не допускается.

Дровяная часть делового и дровяного ствола разделяется на дрова топливные и сырье для технологической переработки (дровяная древесина для технологических нужд) согласно нормам допустимых пороков ГОСТ3248-81.

Длина отрезка сырья технологической переработки не ограничивается, но принимается кратной 0.5 м и любой величины.

Деловая часть разделяется на отрезки стандартной длины -4м для лиственных и 6.5 м для хвойных пород. Если последний отрезок будет короче 1 м, то он присоединяется к предыдущему. Определяется сорт каждого отрезка по ГОСТ 9462-88. "Лесоматериалы круглые лиственных пород" и ГОСТ 9463-88 "Лесоматериалы круглые хвойных пород".

Диаметр в верхнем отрезе деловых отрезков обычно не измеряется (он вычисляется по методу линейной интерполяции или по математической модели), но определяется, если устанавливается граница между деловой и дровяной частью.

Алгоритм расчета таксационной характеристики древесного ствола

Расчет показателей древесного ствола производится по следующим моделям.

$$1. \circ d(h_i) = d_0 \cdot \exp(-a_1 \cdot h_i^{a_2}) - a_3 \cdot h_i^{a_4} \cdot \exp(-a_5 \cdot h_i^{a_6}),$$

бразующая древесного ствола моделируется по формуле:

где h - числовые значения высоты i измерения диаметра ствола от его пня, м;

d - числовые значения i измерения диаметра ствола в коре от его пня, см;

d_0 — диаметр в комле ствола (хлыста), см;

$a_1... a_6$ - регрессионные коэффициенты;

$0 < h < h_c$;

h - переменная длины ствола от его комля, м;

h_c - длина ствола, м.

2. Модельные значения диаметров ствола рассчитываются по формуле:

$$d(h) = d_0 \cdot \exp(-a_1 \cdot h_i^{a_2}) - a_3 \cdot h_i^{a_4} \cdot \exp(-a_5 \cdot h_i^{a_6})$$

где $d(h)$ - модельный абсолютный сбеж ствола на высоте h .

3. Образующая древесного ствола моделируется, а значения параметров без коры и p лет назад определяется как

$$d^{6/k}(h) = d^{6/k} - t_k, \quad d^{a-n}(h - z_h) = d^{6/k} - z_d^n,$$

где t_k - толщина коры на высоте h ;

$z^"d$ - прирост по диаметру за p лет;

$z^"k$ - прирост по высоте за p лет.

4. Объем ствола в коре, без коры и p лет назад устанавливается по модели

$$V = \frac{10^{-4} \cdot \pi^h}{4} \int [d(h)]^2 dh$$

5. Объем деловой древесины по категориям крупности (j) и сортам (Γ) сырья для технологической переработки рассчитывается как

$$V_{kji} = \frac{10^{-4} \cdot \pi}{4} \int_{h_k^H}^{h_k^B} [d^{6/k}(n)]^2 dh,$$

где h_{Hk} h_{Bk} - значения высот, отграничивающие нижнее и верхнее сечения k -го сортимента;

k -номер сортимента, начиная от комля хлыста, $k=1, 2, \dots, p$;

j - индекс категории крупности, $j=1, 2, 3, 4$;

i - индекс сорта, $\Gamma=1, 2, 3$.

6. Объем топливных дров

$$V_{др.} = \frac{10^{-4} \cdot \pi}{4} \int_{h_H}^{h_B} [d^{6/k}(h)]^2 dh.$$

7. Объем отходов

$$V_{отх.} = V_{ст.}^{6/k} - \sum_{i=1}^k V_k + V_{др.}$$

8. Товарная структура ствола в относительных величинах

$$P_{ji} = \frac{V_{ji}}{V_{ст.}^{6/k}} \cdot 100 \quad P_{mex.} = \frac{V_{mex.}}{V_{ст.}} \cdot 100;$$

$$P_{\partial p.} = \frac{V_{\partial p.}}{V_{cm.}} \cdot 100; \quad P_{omx.} = 100 - \sum_{j=1, i=1}^{4,3} P_{ji.}$$

9. Коэффициенты и классы формы ствола аналогично разд. 5.3.4.

10. Средний периодический прирост объема ствола

$$z_V^{c.n.} = \frac{V_a^{6/k} - V_{a-n}^{6/k}}{n}.$$

11. Средний общий прирост

$$z_V^{c.p.} = \frac{V^{6/k}}{A}.$$

12. Процент среднего периодического прироста объема ствола

$$P_V = \frac{z_V^{c.n.}}{V^{6/k}} \cdot 100; \quad P_d = \frac{z_d^{c.n.}}{d_{1.3}^{6/k}} \cdot 100; \quad P_h = \frac{z_h^{c.n.}}{h} \cdot 100.$$

13. Процент среднего общего прироста

$$P^{c.o.} = \frac{100}{A}.$$

14. Процент среднего периодического прироста по площади сечения на высоте 1,3 м. ствола

$$P^{c.n.} = \frac{g_{1.3}^a - g_{1.3}^{a-n}}{g_{1.3}^a + g_{1.3}^{a-n}} \cdot \frac{200}{h}.$$

15. Коэффициент пропорциональности роста дерева в высоту и по диаметру ствола

$$K = z_h / z_d.$$

Расчет таксационной характеристики по элементам леса на пробной площади производится по общепринятым в лесной таксации формулам.

Вышеизложенный алгоритм расчета таксационной характеристики древесного ствола явился основой для разработки пакета программ "Автоматизация расчетов результатов измерений на пробной площади".

Пример расчета

Информация по элементам леса и учетным деревьям на пробной площади считается подготовленной после сортиментации каждого

модельного дерева (рис. 5.8).

Сортиментация модельных деревьев может проводиться в ручном режиме или автоматически при наличии базы данных о распространенности пороков древесины на стволе и записанной в файл. На рис. 5.8 приведен фрагмент диалога пользователя при формировании файла данных с использованием программы PROB AVVOD.

После проверки и корректировки информации по пробной площади приступают к расчету по программе PROB A99. При отсутствии ошибок в исходных данных программа формирует следующие файлы результатов расчетов.

Calcles - таксационная характеристика по элементам леса на 1 га (рис. 5.9).

Modeli - параметры модельных деревьев для экспорта в базу данных и расчета статистик по программе studlk.

Per - перечетная ведомость по элементам леса.

Rez - таксационная характеристика по элементам леса для экспорта в базу данных.

Reztext - результаты расчета для корректировки исходных данных.

Vsego - таксационная характеристика яруса для экспорта в базу данных.

Vsort - товарная структура модельных деревьев для экспорта в базу данных и расчета сортиментных таблиц по программам stabd2v и stabd4v.

Zakonrv - ряды распределения по диаметру по элементам леса для расчета модели распределения.

Следует отметить, что эффективность пакет прикладных программ "PROB A99" заключается в комплексном подходе к обработке, хранению и накоплению входной и расчетной информации в базах данных. Параллельная статистическая обработка по таксационным показателям модельных деревьев позволяет исследователю в диалоговом режиме оценить исходные данные на точность, достоверность, изменчивость, выявить закон распределения случайной величины и т. д.

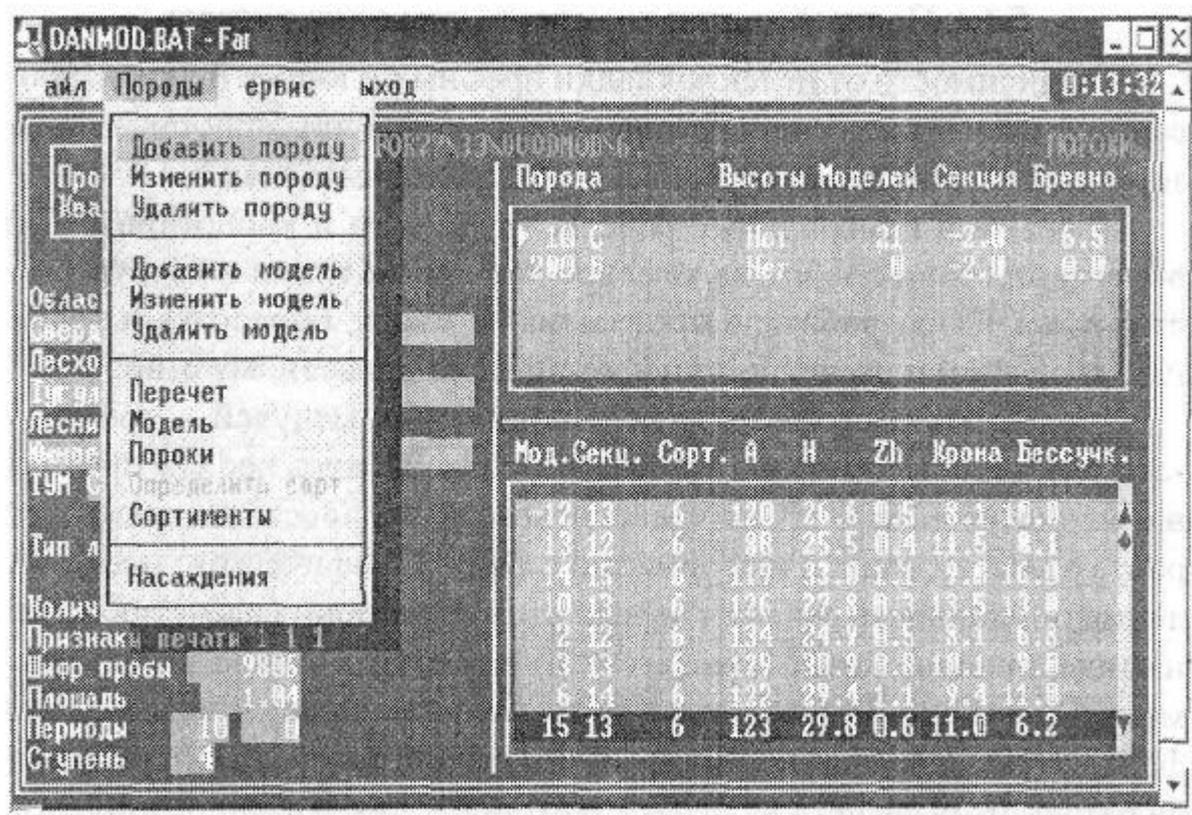


Рис. 5.8. Формирование файла данных по пробной площади

Пробная площадь № 6 9806.

Область - Свердловская

Лесхоз - Тугулымский

Лесничество - Южное Квартал - 85

Тип лесорастительных условий - С2 Тип леса – СЯГ

ТАКСАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

| Состав по э.л. | А, лет | Сумма, G, м кв | HF, е д | F | Запас, куб м | Н, м | Д, см | Д, % | Дров % | Отх % | Число ств-в | Индекс-бонитет |
|----------------|--------|----------------|---------|------|--------------|------|-------|------|--------|-------|-------------|----------------|
| 100.OC | .138 | 38,6 | 14,49 | .463 | 558.7 | 31. | 37. | 88. | 1.8 | 9.4 | 359. | 30.2- |
| .OB | . | .2 | 12.71 | .515 | 2.8 | 3 | 0 | 8 | 26.0 | 7.9 | 11. | 1 |
| Ярус | 124. | | | | | 24. | 16. | 66. | | | | 24.4- |
| | | 38,8 | 14.48 | ,463 | 561.5 | 31, | | 88, | 1.9 | 9.4 | 370. | 30.2, |
| | | | | | | 3 | | 7 | | | | -1 |

Подрост : 10С+Б+Ос+Е,Ь=1.0,1940 шт./га

Подлесок: Можжевельник, шиповник, рябина, ива козья, h=2 м, 1800 пгг./га

Покров : Черника, брусника, злаки, зел. мхи, орляк
Почва : Дерново-подзолистая супесчаная, свежая
Положение, рельеф: слегка волнистый
Дата Автор : 15.08.98 Чернов А.П.

Рис. 5.9. Результаты расчета — фагт "Calcles"

5.3.4. Полный анализ хода роста древесного ствола

В зависимости от целей закладки пробных площадей, при их таксации выявляют ход роста древесных стволов по таксационным показателям (высоте, диаметру, объему, видовому числу и т. д.).

Полевые и камеральные работы трудоемки и кропотливы. Для облегчения таких работ на кафедре лесной таксации и лесоустройства МарГТУ разработана программа по вводу, обработке и хранению исходной и расчетной информации по древесному стволу

Программа состоит из двух исполняемых модулей - `ход.exe` и `rostf.exe`, которые написаны на языке Delphi. Модуль `ход.exe` предназначен для ввода данных по древесному стволу, восстановления хода роста в высоту, записи информации в файл и графического представления продольного сечения дерева. Для проведения расчетов по динамике таксационных показателей древесного ствола вызывается модуль `rostf.exe`. Результаты работы этого модуля записываются в файлы - "REZXODR" и "REZBAZA". Первый файл служит для вывода результатов расчета на печать, а второй - для формирования базы данных динамики таксационных показателей по модельным деревьям.

Рассмотрим некоторые особенности полевых работ.

1. На пробной площади после валки модельных деревьев производят следующие измерения на стволах - диаметры в коре и без коры на пне, на высоте ствола 1,3 м, и высотах 1; 3; 5; 9 м их д., при длине секций 2 или 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 м при длине секций 1 м.

На этих же высотах выпиливаются кружки для анализа. На лицевой стороне каждого среза отмечают направления С-Ю, В-З и по ним ведется подсчет годичных слоев.

2. Подсчет годичных слоев на пне (нулевой срез) производится от центра (сердцевины) к периферии по пятилетиям или десятилетиям, а на остальных срезах от периферии к центру (эти точки отмечают на срезе карандашом). Измеряются два взаимно перпендикулярных значения диаметра (С-Ю, В-З), вычисляются средние значения и записываются в бланк. Следует обратить внимание, что на всех срезах ствола в первую очередь отсчитывают столько слоев, сколько их оказалось в последнем периферийном слое при измерении на пне (например 6 лет), а затем с фиксированным шагом по возрасту (рис 5.10).

Модельное дерево № 7

1.Область Свердловская 2.Район Тугулымский
 3.Лесхоз Тугулымский 4.Лесничество Южное
 5.Квартал 85 6.Пробная площадь № 6
 7.Возраст 126 8.Н_{пня} 28см 9.Длина_{б/с} части 15м 10.Н_{ж.с.} 20,8м
 11.З_{н(10)} 1,1 12.Н_{дерева} 34,4 13.Д_{ядра} - 14.Д_{кроны} 5,7м
 15.Порода Сосна 16.Длина вершины 0,4м

| А, лет | Н, (м) в А лет | Диаметр среза(см) на высоте Н | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| | | 1,3 | 0 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | 33 |
| Д в/к | | 54,2 | 72,4 | 54,2 | 45,8 | 42,0 | 41,0 | 39,6 | 37,6 | 35,8 | 34,8 | 31,8 | 30,2 | 29,4 | 25,4 | 22,0 | 17,0 | 13,4 | 7,8 | 4,0 |
| 10 | 3,6 | 2,8 | 4,6 | 2,8 | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 8,6 | 8,8 | 10,0 | 8,8 | 7,2 | 4,0 | 2,1 | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 15,0 | 14,8 | 17,0 | 14,8 | 12,4 | 10,8 | 10,4 | 7,6 | 6,0 | 1,4 | 0,9 | | | | | | | | | |
| 40 | 20,4 | 20,0 | 24,4 | 20,0 | 17,0 | 16,8 | 15,6 | 13,0 | 12,0 | 8,6 | 7,0 | 4,0 | 1,4 | | | | | | | |
| 50 | 25,4 | 24,2 | 30,0 | 24,4 | 21,4 | 21,0 | 19,8 | 17,6 | 17,0 | 13,8 | 13,4 | 10,0 | 7,8 | 5,2 | 2,0 | 0,6 | | | | |
| 60 | 27,3 | 28,8 | 36,6 | 28,8 | 25,2 | 25,0 | 23,4 | 21,2 | 20,6 | 18,8 | 18,0 | 14,8 | 13,0 | 10,0 | 7,0 | 4,0 | 0,4 | | | |
| 70 | 28,4 | 33,0 | 42,0 | 33,0 | 28,6 | 28,2 | 27,0 | 24,6 | 24,4 | 22,0 | 21,8 | 19,0 | 16,6 | 14,0 | 10,6 | 6,2 | 2,4 | | | |
| 80 | 29,6 | 34,8 | 46,4 | 34,8 | 31,1 | 30,7 | 28,6 | 27,6 | 27,0 | 24,4 | 24,0 | 21,2 | 19,6 | 16,2 | 12,4 | 8,4 | 4,2 | 1,0 | | |
| 90 | 31,1 | 36,6 | 49,0 | 36,6 | 33,2 | 33,0 | 31,2 | 30,0 | 29,0 | 26,0 | 25,6 | 23,0 | 22,0 | 19,2 | 14,4 | 10,8 | 6,4 | 3,0 | | |
| 100 | 32,1 | 39,2 | 53,4 | 39,2 | 36,0 | 35,2 | 33,4 | 32,6 | 31,0 | 28,2 | 28,0 | 25,4 | 24,2 | 22,4 | 17,8 | 14,2 | 8,8 | 5,8 | 1,8 | |
| 110 | 33,1 | 42,8 | 56,6 | 42,8 | 38,6 | 37,0 | 35,2 | 34,4 | 33,6 | 30,4 | 30,0 | 27,4 | 26,4 | 24,8 | 21,0 | 17,2 | 11,8 | 8,6 | 4,4 | |
| 120 | 33,9 | 46,2 | 60,4 | 46,2 | 40,6 | 38,8 | 37,0 | 36,6 | 35,4 | 33,6 | 32,4 | 30,0 | 28,4 | 27,2 | 23,4 | 20,4 | 14,8 | 11,4 | 6,0 | 2,4 |
| 126 | 34,4 | 47,6 | 62,4 | 47,6 | 41,8 | 39,6 | 39,0 | 38,0 | 36,4 | 35,0 | 34,2 | 31,2 | 29,6 | 28,8 | 24,8 | 21,4 | 16,6 | 13,0 | 7,4 | 3,0 |
| 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Д б/к | 34,4 | 47,6 | 62,4 | 47,6 | 41,8 | 39,6 | 39,0 | 38,0 | 36,4 | 35,0 | 34,2 | 31,2 | 29,6 | 28,8 | 24,8 | 21,4 | 16,6 | 13,0 | 7,4 | 3,0 |
| З _{д10} | | 3,4 | 2,8 | 3,4 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,4 | 1,9 | 2,1 | 2,6 | 2,6 | 2,2 | 2,2 | 2,6 | 2,3 | 3,2 | 3,4 | 2,3 | 2,0 |
| Т _{коры} | | 5,6 | 10,0 | 5,6 | 4,0 | 4,0 | 2,0 | 1,6 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Кол-во колец среза | | 119 | 125 | 119 | 117 | 111 | 108 | 104 | 101 | 98 | 95 | 92 | 88 | 83 | 79 | 77 | 68 | 50 | 36 | 16 |
| А, лет | | 6 | 0 | 6 | 8 | 14 | 17 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 37 | 42 | 46 | 48 | 57 | 75 | 89 | 109 |

Сортиментация ствола

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|---|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Длина | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 4 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Сорт | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 18 | 19 | | | | | | | | | | | | | | |

* Сорт 18 - сырье для технологической переработки, 19 - дрова топливные

Рис. 5.10. Карточка модельного дерева (№7)

3. Для каждого среза фиксируется общее число годовичных слоев и рассчитывается возраст дерева, достигшего этой высоты, $A_i = A - N_i$,

где A - возраст дерева в данный момент, лет;

N_i - число годовичных слоев на середине;

i - секции, шт.;

A_i - возраст, в котором дерево достигло i высоты, лет;

i - индекс секции 1,2,3,4... n.

Таблица 5.16

Оценка способов восстановления хода роста дерева в высоту

| Исходные данные | | Способ восстановления хода роста дерева в высоту | | | |
|-----------------|-----------|--|-----------------------|-------------|-----------------------------|
| Возраст, лет | Высота, м | Возраст, лет | Линейная интерполяция | Графический | Относительная погрешность % |
| | | | Высота, м | Высота, м | |
| 6 | 1,0 | 10 | 3,7 | 3,6 | 2,7 |
| 8 | 3,0 | 20 | 8,5 | 8,6 | -1,2 |
| 14 | 5,0 | 30 | 15,0 | 15,0 | 0,0 |
| 17 | 7,0 | 40 | 20,2 | 20,4 | -1,0 |
| 21 | 9,0 | 50 | 25,4 | 25,4 | 0,0 |
| 24 | 11,0 | 60 | 27,3 | 27,3 | 0,0 |
| 27 | 13,0 | 70 | 28,4 | 28,4 | 0,0 |
| 30 | 15,0 | 80 | 29,7 | 29,7 | 0,3 |
| 33 | 17,0 | 90 | 31,1 | 31,1 | 0,0 |
| 37 | 19,0 | 100 | 32,1 | 32,1 | 0,0 |
| 42 | 21,0 | 110 | 33,1 | 33,1 | 0,0 |
| 46 | 23,0 | 120 | 33,9 | 34,0 | -0,3 |
| 48 | 25,0 | 126 | 34,4 | 34,4 | 0,0 |
| 57 | 27,0 | | | | |

| | | | | | |
|-----|------|--|--|--|--|
| 75 | 29,0 | | | | |
| 89 | 31,0 | | | | |
| 109 | 33,0 | | | | |
| 126 | 34,4 | | | | |

После регистрации всех измерений модельного дерева и установления возраста дерева определяют ход роста в высоту с принятым шагом по возрасту (10; 5;... 1). Исходными данными для восстановления высоты ствола в фиксированном возрасте являются измерения возраста на средине секций (табл. 5.16). Ход роста дерева в высоту можно восстановить тремя способами: линейной интерполяцией, графическим способом $h = f(A)$ (интерполяция графическим способом) или по математической модели, например функции А. Мичерлиха (см. разд. 5.2).

При использовании линейной интерполяции (графического способа тоже) полагают, что приращение функции пропорционально приращению аргумента. В этом случае искомое числовое значение высоты можно вычислить по формуле

$$h_A = h_0 + \frac{A - A_0}{A_1 - A_0} \cdot (h_1 - h_0),$$

Где h_A - искомое числовое значение высоты в возрасте A ,м;
 A_0 и h_0 -известные координаты нижней границы возраста и высоты;
 A_1 и h_1 -известные координаты верхней границы возраста и высоты.

Пример. Вычислим значение высоты в возрасте 10 лет для модельного дерева №7 (рис. 5.10). Искомое значение высоты лежит между 3 и 5 м, которым соответствуют значения возраста 8 и 14 лет.

Имеем $A=10$ лет; $A_0=8$ лет; $A_1=14$ лет; $h_0=3$ м; $h_1=5$ м.

$$h_{10} = 3 + \frac{10 - 8}{14 - 8} \cdot (5 - 3) = 3,7 \text{ м.}$$

Результаты восстановления хода роста в высоту модельного дерева приведены в табл. 5.16. Линейная интерполяция в сравнении с графическим способом является наиболее точной. В нашем примере максимальная относительная погрешность составляет 2,7%.

Использование математической модели для восстановления хода роста древесного ствола в высоту дает высокую точность, но требует дополнительных затрат времени от исследователя и умений разрабатывать такие модели. Для целей восстановления хода роста в высоту с фиксированным шагом конкретного модельного дерева мы рекомендуем использовать линейный интерполяционный способ.

4. Общая информация по модельному дереву фиксируется в соответствии с формой карточки модельного дерева (рис 5.10).

Камеральная обработка по модельному дереву состоит из 2-х этапов:

А) Формирование файла исходных данных по модельному дереву.

В) Расчет и формирование базы данных исходной и расчетной информации по модельным деревьям, графическое представление хода роста дерева.

Данные по модельному дереву формируются в виде текстового файла.

В него записывается информация в соответствии с структурой на

рис. 5.11.

Пример ввода параметров по модельному дереву и функции работы программы приведены на рис 5.12.



Рис 5.11. Меню программы "Полный анализ хода роста древесного ствола"

Введите начальные параметры модели

| | | | | | |
|----------------------------|--------------|--------------------------|-------|------------------------|-----|
| Область: | Свердловская | ТЛУ: | С2 | Пробная площадь: | 6 |
| Лесхоз: | Тугулымский | Тип леса: | СМЧЕР | Квартал: | 85 |
| Лесничество: | Южное | Порода: | С | Возраст (лет): | 126 |
| Дополнительная информация: | | | | Шаг по возрасту (лет): | 10 |
| Район: | Свердловская | Порода: | Сосна | Высота ствола (дм): | 344 |
| Номер модели: | 7 | Год (2 последние цифры): | 98 | Длина секции (дм): | 20 |
| | | | | Диаметр кроны (дм): | 57 |
| | | | | Бесшумовая часть (дм): | 150 |
| | | | | Длина кроны (дм): | 136 |
| | | | | Число секций (<= 25): | 17 |

Работа с базами данных

OK

Работа с базами данных по породе, типу леса и ТЛУ модели

Рис. 5.12. Ввод параметров модельного дерева

Введите число колец на средине секций ствола

| Секция | 0 (м) | 1,00 | 3,00 | 5,00 | 7,00 | 9,00 | 11,0 | 13,0 | 15,0 | 17,0 | 19,0 | 21,0 | 23,0 | 25,0 | 27,0 | 29,0 | 31 |
|-------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| Число колец | 126 | 119 | 117 | 111 | 108 | 104 | 101 | 98 | 95 | 92 | 88 | 83 | 79 | 77 | 68 | 50 | 36 |

OK Cancel

Рис. 5.13. Ввод числа колец на средине секций ствола

Для восстановления хода роста в высоту в программе предусмотрена функция "Рассчитать значения высот". Для этого после ввода параметров модели необходимо ввести число колец на средине секций ствола (см. рис. 5.13). После нажатия клавиши "Ок" программа выполняет линейную интерполяцию по высоте ствола в фиксированном возрасте и результаты записывает в файл.

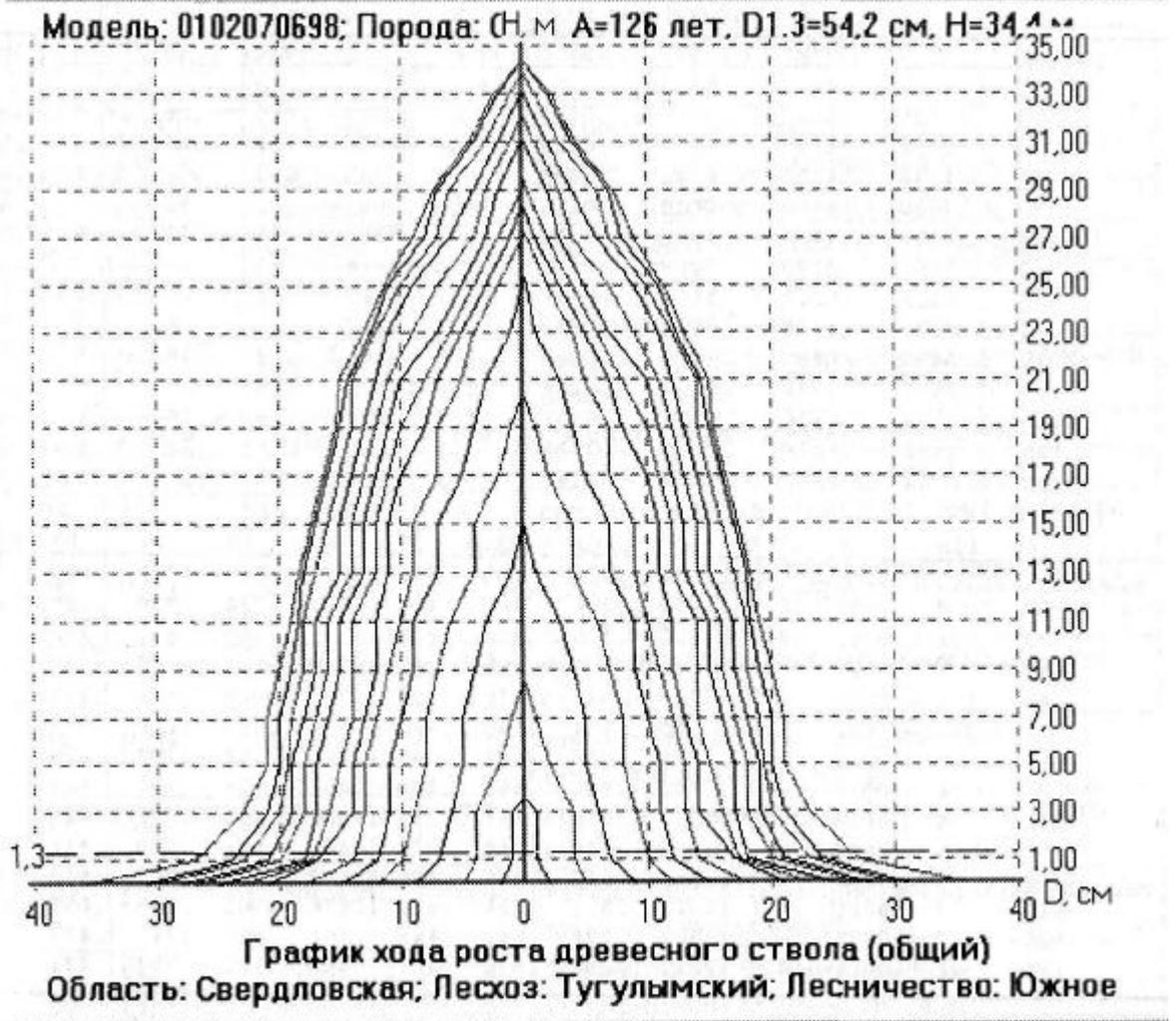


Рис. 5.14. График хода роста древесного ствола по высоте и диаметру

Исходные данные

Пробная площадь-6
Область-Свердловская
Лесхоз-Тугулымский Лесничество-Южное
Квартал-85 Тип ЛРУ-С₂ Тип леса-СМЧЕ
Порода-С D кроны=5.7м Бессучковая часть ствола=15.0м
Протяженность кроны=13.6м Интервал по возрасту=10лет
Возраст: А=126лет Длина секции: L=2.0м

| Возр. | Высота | Диаметры на серединах секций, см | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| | | D1.3 | D0 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | D7 | D8 | D9 | D10 | D11 | D12 | D13 | D14 | D15 | D16 | D17 |
| в/к | | 54.2 | 72.4 | 54.2 | 45.8 | 42.0 | 41.0 | 39.6 | 37.6 | 35.8 | 34.8 | 31.0 | 30.2 | 29.4 | 25.4 | 22.0 | 17.0 | 13.4 | 7.8 | 4.0 |
| 10 | 3.6 | 2.8 | 4.6 | 2.8 | 1.0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 8.6 | 8.8 | 10.0 | 8.8 | 7.2 | 4.0 | 2.1 | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 15.0 | 14.8 | 17.0 | 14.8 | 12.4 | 10.8 | 10.4 | 7.6 | 6.0 | 1.4 | 0.9 | | | | | | | | | |
| 40 | 20.4 | 20.0 | 24.4 | 20.0 | 17.0 | 16.8 | 15.6 | 13.0 | 12.0 | 8.6 | 7.0 | 4.0 | 1.4 | | | | | | | |
| 50 | 25.4 | 24.2 | 30.0 | 24.2 | 21.4 | 21.0 | 19.8 | 17.6 | 17.0 | 13.8 | 13.4 | 10.0 | 7.8 | 5.2 | 2.0 | 0.6 | | | | |
| 60 | 27.3 | 27.3 | 36.6 | 28.8 | 25.2 | 25.0 | 23.4 | 21.2 | 20.6 | 18.8 | 18.0 | 14.8 | 13.0 | 10.0 | 7.0 | 4.0 | 0.4 | | | |
| 70 | 28.4 | 28.4 | 42.0 | 33.0 | 28.6 | 28.2 | 27.0 | 24.6 | 24.4 | 22.0 | 21.8 | 19.0 | 16.6 | 14.0 | 10.0 | 6.6 | 2.4 | | | |
| 80 | 29.6 | 34.8 | 46.4 | 34.8 | 31.1 | 30.7 | 28.6 | 27.6 | 27.0 | 24.4 | 24.0 | 21.2 | 19.6 | 16.2 | 12.2 | 8.4 | 4.2 | 0.1 | | |
| 90 | 31.1 | 36.6 | 49.0 | 36.6 | 33.2 | 33.0 | 31.2 | 30.0 | 29.0 | 26.0 | 25.6 | 23.0 | 22.0 | 19.2 | 14.4 | 10.8 | 6.4 | 3.0 | | |
| 100 | 32.1 | 39.2 | 53.4 | 39.2 | 36.0 | 35.2 | 33.4 | 32.6 | 31.0 | 28.2 | 28.0 | 25.4 | 24.2 | 22.4 | 17.8 | 14.2 | 8.8 | 5.8 | 1.8 | |
| 110 | 33.1 | 42.8 | 56.6 | 42.8 | 38.6 | 37.0 | 35.2 | 34.4 | 33.6 | 30.4 | 30.0 | 27.4 | 26.4 | 24.8 | 21.0 | 17.2 | 11.8 | 8.6 | 4.4 | |
| 120 | 33.9 | 46.2 | 60.4 | 46.2 | 40.6 | 38.8 | 37.0 | 36.6 | 35.4 | 33.6 | 32.4 | 30.0 | 28.4 | 27.2 | 23.4 | 20.4 | 14.8 | 11.4 | 6.0 | 2.4 |
| 126 | 34.4 | 47.6 | 62.4 | 47.6 | 41.8 | 39.6 | 39.0 | 38.0 | 36.4 | 35.0 | 34.3 | 31.2 | 29.6 | 28.8 | 24.8 | 21.4 | 16.6 | 13.0 | 7.4 | 3.0 |

Результаты расчета

| A | V | F _c | F _n | Z _v | PZ _v | Z _{вср} | PZ _{вср} | Z _d | PZ _d | Z _h |
|-----|--------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------|
| в/к | 2.9045 | .3660 | .5317 | 0001 | | | | | | |
| 10 | .0015 | .6587 | .3306 | 0022 | 20.0 | .0001 | 10.0 | .28 | 20.0 | .36 |
| 20 | .0232 | .4439 | .4274 | 0085 | 17.6 | .0012 | 5.0 | .60 | 10.3 | .50 |
| 30 | .1079 | .4181 | .4542 | 0154 | 12.9 | .0036 | 3.3 | .60 | 5.1 | .64 |
| 40 | .2621 | .4089 | .4810 | 0213 | 8.3 | .0066 | 2.5 | .52 | 3.0 | .54 |
| 50 | .4752 | .4067 | .4902 | 0270 | 5.8 | .0095 | 2.0 | .42 | 1.9 | .50 |
| 60 | .7450 | .4189 | .5266 | 0287 | 4.4 | .0124 | 1.7 | .46 | 1.7 | .19 |
| 70 | 1.0322 | .4249 | .5521 | 0215 | 3.2 | .0147 | 1.4 | .42 | 1.4 | .11 |
| 80 | 1.2472 | .4430 | .5520 | 0220 | 1.9 | .0156 | 1.3 | .18 | .5 | .12 |
| 90 | 1.4672 | .4484 | .5453 | 0289 | 1.6 | .0163 | 1.1 | .18 | .5 | .15 |
| 100 | 1.7563 | .4534 | .5400 | 0303 | 1.8 | .0176 | 1.0 | .26 | .7 | .10 |
| 110 | 2.0592 | .4324 | .5285 | 0346 | 1.6 | .0187 | .9 | .36 | .9 | .10 |
| 120 | 2.4050 | .4232 | .5576 | 0332 | 1.5 | .0200 | .8 | .34 | .8 | .08 |
| 126 | 2.6044 | .4254 | .5647 | 0332 | 1.3 | .0207 | .8 | .23 | .5 | .08 |

| A | PZ _h | Z _f | PZ _f | Q0 | Q1 | Q2 | Q3 | K0 | K1 | K2 | K3 | h/d |
|-----|-----------------|----------------|-----------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|
| в/к | | | | 1.336 | .736 | .584 | .369 | 1.610 | .887 | .704 | .445 | .63 |
| 10 | 20.0 | .0659 | 20.0 | 1.643 | 1.064 | .743 | .454 | 1.164 | .754 | .526 | .321 | 1.29 |
| 20 | 8.2 | -.0215 | -3.9 | 1.136 | .895 | .582 | .298 | 1.115 | .879 | .571 | .292 | .98 |
| 30 | 5.4 | -.0026 | -.6 | 1.149 | .797 | .655 | .367 | 1.197 | .831 | .683 | .382 | 1.01 |
| 40 | 3.1 | -.0009 | -.2 | 1.220 | .837 | .620 | .328 | 1.323 | .908 | .672 | .355 | 1.02 |
| 50 | 2.2 | .0002 | -.1 | 1.240 | .834 | .590 | .320 | 1.361 | .916 | .648 | .351 | 1.05 |
| 60 | .7 | .0012 | .3 | 1.271 | .817 | .644 | .375 | 1.425 | .916 | .722 | .420 | .95 |
| 70 | .4 | .0006 | .1 | 1.273 | .815 | .633 | .406 | 1.451 | .928 | .756 | .463 | .86 |
| 80 | .4 | .0018 | .4 | 1.333 | .816 | .691 | .397 | 1.488 | .911 | .771 | .443 | .85 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|--------|----|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-----|
| 90 | .5 | .0005 | .1 | 1.339 | .840 | .680 | .377 | 1.476 | .926 | .750 | .416 | .85 |
| 100 | .3 | .0005 | .1 | 1.362 | .842 | .679 | .405 | 1.487 | .919 | .742 | .442 | .82 |
| 110 | .3 | -.0021 | .5 | 1.322 | .811 | .654 | .410 | 1.476 | .905 | .730 | .457 | .77 |
| 120 | .2 | -.0009 | .5 | 1.307 | .794 | .651 | .416 | 1.501 | .912 | .747 | .477 | .73 |
| 126 | .2 | -.0004 | .1 | 1.311 | .803 | .652 | .409 | 1.510 | .925 | .751 | .471 | .72 |

Рис.5.15.Содержание файла “REZXODR”

Таблица 5.17

Структура базы данных модельных деревьев на полный анализ хода
роста

| № п/п | Name | Type | Width | Примечание |
|-------|-------|-----------|-------|---|
| 1 | POSN | Numeric | 3 | Шифр древесной породы, задаваемый пользователем |
| 2 | RAI | Numeric | 2 | Область, республика |
| 3 | NPP | Numeric | 2 | Номер пробной площади |
| 4 | NM | Numeric | 2 | Номер модельного дерева |
| 5 | GOD | Numeric | 2 | Год полевых работ(две последние цифры) |
| 6 | PORA | Character | 2 | Наименование породы |
| 7 | PORN | Numeric | 4 | Шифр породы по классификатору |
| 8 | TLU | Character | 4 | ТЛУ |
| 9 | TIPL | Character | 4 | Тип леса |
| 10 | AI | Numeric | 3 | Период, в котором производили измерения |
| 11 | HI | Numeric | 4.1 | Высота ствола в I возрасте |
| 12 | DI3I | Numeric | 4.1 | Диаметр на высоте ствола 1.3м в I возрасте |
| 13 | DI3 | Numeric | 4.1 | Диаметр в коре в возрасте А |
| 14 | H | Numeric | 4.1 | Высота в возрасте А |
| 15 | PKORA | Numeric | 4.1 | Процент коры в возрасте А |

| | | | | |
|----|-------|---------|-----|---|
| 16 | VI | Numeric | 6.4 | Объем ствола |
| 17 | FVKC | Numeric | 5.3 | Старое видовое число в коре |
| 18 | FVKN | Numeric | 5.3 | Нормальное видовое число в коре |
| 19 | FCI | Numeric | 5.3 | Старое видовое число в I возрасте |
| 20 | FNI | Numeric | 5.3 | Нормальное видовое число в I возрасте |
| 21 | ZV | Numeric | 6.4 | Средний периодический прирост объема ствола в возрасте |
| 22 | PZV | Numeric | 4.1 | Процент среднего периодического прироста объема ствола |
| 23 | ZVCP | Numeric | 6.4 | Средний общий прирост объема ствола |
| 24 | PZVCP | Numeric | 4.1 | Процент среднего общего прироста |
| 25 | ZD | Numeric | 4.2 | Средний периодический прирост диаметра ствола |
| 26 | PZD | Numeric | 4.1 | Процент среднего периодического прироста объема диаметра ствола |
| 27 | ZH | Numeric | 4.2 | Средний периодический прирост высоты ствола |
| 28 | PZH | Numeric | 4.1 | Процент среднего периодического прироста высоты ствола |
| 29 | ZF | Numeric | 7.3 | Средний периодический прирост старого видового числа |

| | | | | |
|----|-----|---------|-----|--|
| | | | | ствола |
| 30 | PZF | Numeric | 6.4 | Процент среднего периодического прироста видового числа ствола |
| 31 | Q0 | Numeric | 5.3 | Коэффициент формы ствола q_0 |
| 32 | Q1 | Numeric | 5.3 | Коэффициент формы ствола q_1 |

Окончание таблицы 5.17

| № п/п | Name | Type | Width | Примечание |
|-------|-------|---------|-------|-----------------------------------|
| 33. | Q2 | Numeric | 5.3 | коэффициент формы ствола q_2 |
| 34. | Q3 | Numeric | 5.3 | коэффициент формы ствола q_3 |
| 35. | Q00 | Numeric | 5.3 | класс формы ствола q_{00} |
| 36. | Q25 | Numeric | 5.3 | класс формы ствола q_{25} |
| 37. | Q50 | Numeric | 5.3 | класс формы ствола q_{50} |
| 38. | Q75 | Numeric | 5.3 | класс формы ствола q_{75} |
| 39. | HKD | Numeric | 5.3 | коэффициент h/d ствола |
| 40. | HKDVK | Numeric | 5.3 | коэффициент h/d ствола в коре |
| 41. | DKRON | Numeric | 4.1 | диаметр кроны |
| 42. | BECC | Numeric | 4.1 | протяженность бессучковой зоны |
| 43. | LK | Numeric | 4.1 | протяженность живой кроны |
| 44. | A | Numeric | 4.0 | возраст дерева в момент измерения |
| Всего | | | 190 | |

Структура файлов "REZBAZA" и "XODROSTA.DBF" с комментариями приведены ниже.

Расчеты и формирование базы данных по модельному дереву происходят автоматически. По требованию пользователя можно построить график хода роста дерева для конкретного возрастного периода или общий (рис. 5.14).

Результаты расчета записываются в файлы "REZXODR" и "REZBAZA". Файл "REZXODR" предназначен для вывода на печать и имеет содержание, приведенное на рис. 5.15 и табл. 5.17.

Файл "REZBAZA" предназначен для экспорта расчетной информации в формате System Data Format (SDF) для записи в .DBF файл "XODROSTA.DBF"

Расчет динамики таксационных показателей производится по следующим формулам.

- 1) Объем ствола (м³) в возрасте в коре и без коры

$$V_j = 10^{-4} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left[\sum_{i=1}^k (d_{ji}^2 \cdot l) + \frac{h_j - k_j \cdot l}{3} \cdot d_{j(k \cdot l)}^2 \right],$$

Где d_{ji} - диаметры ствола на серединах I секций в возрасте, см;

l - длина секции, м;

$(h_j - k_j \cdot l)$ - длина вершины ствола в j возрасте, м;

$d_{j(k \cdot l)}$ - диаметр основания вершины ствола в j возрасте, см;

h_j - высота ствола в j возрасте, м;

k_j - число секций в j возрасте, шт.;

2) Старое и нормальное видовые числа:

$$F_c = \frac{V_j}{g_{1,3j} \cdot h_j}, \quad F_N = \frac{V_j}{g_{0,1h_j} \cdot h_j},$$

где V_j - объем ствола в j возрасте, м³;

$g_{1,3j}$ - площадь сечения ствола на высоте 1,3 м в j возрасте, м²

h_j - высота ствола в j возрасте, м;

F_c - старое видовое число;

F_N - нормальное видовое число;

$g_{0,1h_j}$ - площадь ствола на 0,1 высоте в j возрасте, м².

3) Коэффициенты формы ствола:

$$g_{0j} = \frac{D_{0j}}{D_{1,3j}}; g_{1j} = \frac{D_{1/4j}}{D_{1,3j}}; g_{2j} = \frac{D_{1/2j}}{D_{1,3j}}; g_{3j} = \frac{D_{3/4j}}{D_{1,3j}},$$

Где $D_{1,3j}$ - диаметр ствола на высоте 1,3 м в j возрасте, см;

$D_{0j}; D_{1/4j}; D_{1/2j}; D_{3/4j}$ - диаметры ствола на высоте 0,1/4, 1/2 и 3/4

соответственно, см.

4) Классы формы ствола:

$$g_{2/1j} = \frac{D_{1/2j}}{D_{1/4j}}; g_{3/1j} = \frac{D_{3/4j}}{D_{1/4j}}; g_{3/2j} = \frac{D_{3/4j}}{D_{1/2j}}.$$

5) Показатели прироста в абсолютных величинах по видовым числам (F_c, F), объему (V), диаметру (d) и высоте (h).

Средний периодический $Z_{vj}^{cpn} = \frac{T_{j+t} - T_j}{t},$

средний общий прирост объема ствола $Z_{vj}^{cp} = \frac{V_j}{j+t},$

где t - шаг по возрасту, лет;

T_j - значение таксационного показателя в возрасте j

T_{j+t} - значение таксационного показателя в возрасте j+t

б) показатели прироста в относительных величинах по старому видовому числу (F), объему (V), диаметру (d) и высоте (H)

Процент среднего периодического прироста

$$P_T^{cpn} = \frac{T_{j+t} - T_j}{T_{j+t} + T_j} \cdot \frac{200}{t},$$

процент среднего общего прироста

$$P^{co} = \frac{100}{j+t}.$$

7) Соотношение высоты и диаметра в возрасте J

$$K_{h/d} = \frac{h_j}{d_j}.$$

Автоматизация камеральной обработки материалов модельных деревьев на полный анализ хода роста позволит повысить эффективность научно-исследовательской работы в лесной отрасли за счет сокращения затрат времени на вычислительные работы, быстрого графического представления хода роста дерева по таксационным показателям, доступа к расчетной и исходной информации, которые накапливаются и хранятся в базах данных.

Нерешенной и дискуссионной проблемой при разработке программ "hod" и "rostf" остается выбор функции для моделирования образующей ствола и восстановления высоты ствола дерева

Вопросы для самопроверки

1. Какова интенсивность изреживания при осветлении и прочистках ?
2. Что понимается под устойчивостью древостоя ?
3. Дайте общую характеристику имитационной модели роста чистых сосновых древостоев.
4. Какое оптимальное число стволов в древостое должно быть после рубок ухода, если необходимо получить максимальный запас в возрасте рубки ?
5. Для каких целей используют таблицы хода роста (ТХР)?
6. Перечислите требования к функциям роста древостоев.
7. Какие численные методы использованы при реализации алгоритма "Функция Амичерлиха"?
8. Для каких целей используются материалы пробных площадей?
9. Какие особенности алгоритма можно выделить вППП "PROBA99»?
10. В чем заключается эффективность автоматизации расчетов при полном анализе хода роста древесного ствола?
11. Каковы перспективы развития автоматизированных систем для научных исследований?

6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ

Рассмотрим общие сведения о проектировании. Проектирование - это процесс составления описания, необходимого для создания в заданных условиях еще не существующего объекта.

Проектирование - сложный специфический вид деятельности человека, основанный на глубоких научных знаниях и творческом поиске, использовании накопленного опыта и навыков в определенной сфере.

Проектирование может быть:

неавтоматизированным - весь процесс проектирования выполняет человек;

автоматизированным - в режиме диалога "человек-ЭВМ";

автоматическим - "ЭВМ" {проектирование, при котором все преобразования описаний объекта и алгоритма его функционирования осуществляются без человека).

Рациональное распределение функций между человеком и ЭВМ подразумевает, что человек должен в основном решать задачи творческого, а ЭВМ - формализованного характера, что позволяет достичь большей эффективности по сравнению с неавтоматизированным проектированием.

Проектное решение - это конечное или промежуточное описание объекта. Проектный документ - выполненный по заданной форме документ, представляющий проектное решение.

Проект - это совокупность проектных документов.

Проектная процедура - это формализованная совокупность действий, выполнение которых завершается проектным решением.

В соответствии со стандартами система автоматизированного проектирования определена как организационно - техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимодействующая с подразделениями проектной организации и выполняющая автоматизированное проектирование.

Средства автоматизации проектирования группируются по видам обеспечения автоматизированного проектирования.

Техническое обеспечение - это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств, предназначенных для выполнения автоматизированного проектирования (см. разд.2).

Технические средства предназначены для подготовки и ввода, передачи и программной обработки данных, отображения и документирования, создания архива проектных решений.

Математическое обеспечение объединяет в себе математические модели проектируемых объектов, методы и алгоритмы выполнения проектных процедур, используемых при автоматизированном проектировании.

Программное обеспечение - это совокупность машинных программ, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования и

представленных в заданной форме.

Программное обеспечение делится на общесистемное, базовое и прикладное. Общесистемное программное обеспечение предназначено для функционирования технических средств, для планирования и управления вычислительным процессом, распределения имеющихся ресурсов и представлено операционными системами (см. разд. 3). Базовое и прикладное программное обеспечение создается для конкретной предметной области. В прикладном программном обеспечении реализуется математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур. Прикладное программное обеспечение имеет форму пакетов и прикладных программ (ППП), комплексов программ (КП), комплексов задач автоматизированного рабочего места, например, таксатора, инженера лесного хозяйства. В базовое программное обеспечение входят программы, обеспечивающие правильное функционирование прикладных программ.

Информационное обеспечение объединяет всевозможные данные, необходимые для выполнения автоматизированного проектирования, например: поведельная база данных лесхоза, поведельный банк данных предприятия, агрегированный банк данных "Лесной фонд России" и др. Обычно банк данных состоит из базы данных и системы управления базой данных.

Лингвистическое обеспечение представляет совокупность языков, применяемых для описания процедур автоматизированного проектирования и проектных решений. Основную часть лингвистического обеспечения составляют языки общения человека с ЭВМ.

Методическое обеспечение - это документы, характеризующие состав, правила отбора и эксплуатации автоматизированного проектирования.

Организационное обеспечение включает положения, инструкции, приказы, штатное расписание, квалификационное требование и другие документы, регламентирующие организационную структуру подразделений проектной организации.

В лесной отрасли основными проектными организациями являются государственные лесоустроительные предприятия России. Ежегодный объем лесоустроительных работ составляет 35 - 40 миллионов гектаров, а на ближайшую перспективу будет доведен до 50 млн. га. Для каждого объекта (лесхоза) разрабатывается "Проект организации и ведения лесного хозяйства", а для региона - "Проект организации, ведения и развития лесного хозяйства".

Технологический процесс проектирования занимает 3 года и состоит из подготовительных, полевых и камеральных работ. В процессе лесоустройства собирается большое количество информации о лесах управляемого объекта, по одному выделу она может содержать до 300 показателей. Ежегодный объем такой информации достигает 1 миллиарда байт. Для её переработки необходима автоматизация.

6.1. Автоматизированное рабочее место таксатора

*6.1.1. Общая характеристика комплекса программ *Автоматизированное рабочее место таксатора**

Комплекс программ предназначен для ввода, контроля, корректировки лесоустроительной информации на ПК, печати первичных лесоустроительных документов и таблиц по запросам, перекомпоновки введенной и архивной информации в сеть ЭВМ (ПК-СМ-ЕС).

Программы написаны на языке программирования PASCAL версии 5.0. Объем программ более 27400 операторов, занимаемая память головной программы - 53 килобайт.

В комплексе задач АРМ-таксатора предусмотрена система вложенных меню, а также задействованных функциональных клавиш и сообщений, которые обеспечивают наглядность и простоту работы для пользователя.

Комплекс программ разработан на Поволжском лесоустроительном предприятии. Название комплекса задач АРМ-таксатора (Arm_Такс.exe) - "Автоматизированное рабочее место таксатора". Аналогичные системы разработаны и на других лесоустроительных предприятиях России. Например, в автоматизированную компьютерную систему "ЛУГИС-W" входит АРМ РLP-WinPLP (см. разд. 6.4) для создания повидельной базы данных на Северо-Западном лесоустроительном предприятии. LesGIS - на Западно-Сибирском лесоустроительном предприятии.

6.1.2. Функциональное назначение АРМ-таксатора.

Основное назначение программ АРМ-таксатора состоит в переводе автоматизируемых работ на рабочее место таксатора с целью повышения качества ввода лесоустроительной информации, приведения ее в актуальное состояние, оптимизации технологического процесса ее обработки в сети ЭВМ, сокращения в конечном итоге сроков разработки лесоустроительных проектов.

Программы АРМ-таксатора автоматизируют следующие работы:

- ввод лесоустроительной информации с карточек таксации;
- контроль, корректировку, просмотр, протокол введенной лесоустроительной информации;
- печать первичных документов и таблиц по запросам (ведомость окраски планов лесонасаждений, ведомость литерации планшетов, ведомость поквартальных итогов);
- сортировка введенной информации с доводом;

- выборка информации (сортировка) и выдача на печать или дисплей различных выборочных ведомостей (запросов).

Следует отметить, что комплекс программ АРМ-таксатора - развивающаяся система, и поэтому перечень документов будет расширяться.

Время работы комплекса зависит от объема вводимой лесоустроительной информации и марки используемого ПК. На машине типа IBM PC AT для ввода информации размером 1300 выделов время работы программы в режимах составило:

- "Ввод лесоустроительной информации" - объем вводимой информации зависит от опыта и квалификации таксатора (оператора).

- "Корректировка информации" - в среднем 1 минута на 1 выдел. Время зависит от количества корректируемых выделов и количества корректируемых данных в выделе.

- "Протокол введенной информации" - 1 минута.

- "Нормативно-справочная информация" - от 1 до 20 минут в зависимости от режима работы (первоначальный ввод, корректировка, довод необходимых данных).

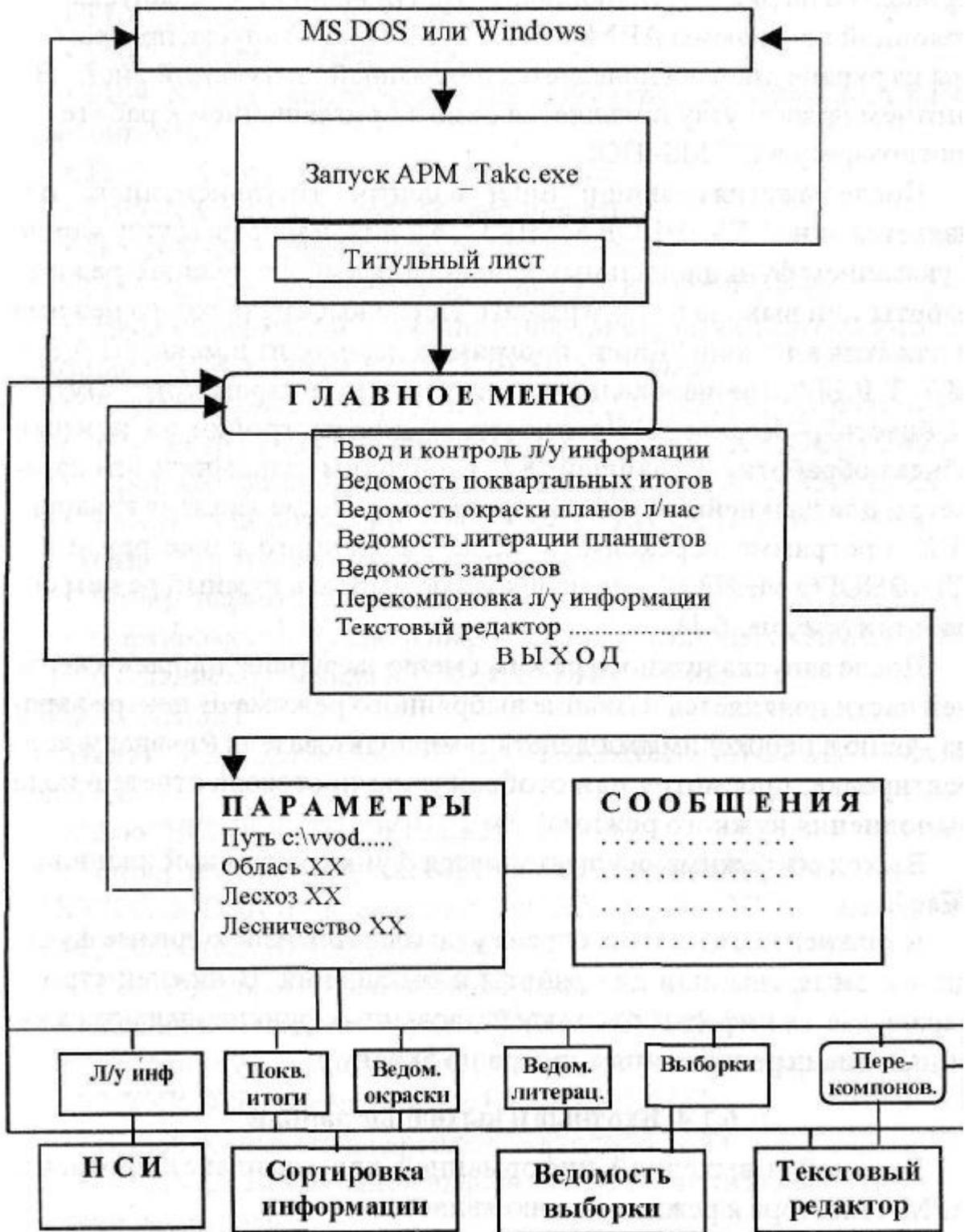


Рис. 6.1. Логическая схема работы АРМ-таксатора

6.1.3. Схема функционирования АРМ-таксатора

Общая схема функционирования программ АРМ-таксатора приведена на рис.6.1. Выполнение задачи начинается с запуска головной программы ARM_TAKC.EXE. После запуска программы на экране дисплея появляется рекламный "титульный лист". В нижнем правом углу появляется окно с приглашением к работе или возврату в ОС MS-DOS.

После нажатия клавиши "Enter" в центре "титульного листа" появляется окно " ГЛАВНОЕ МЕНЮ ", а в нижнем правом углу - окно с указанием функциональных клавиш для выбора нужного режима работы или выхода из программы. После выбора нужного режима и нажатия клавиши "Enter" программа переходит в меню "П АРА-МЕТРЫ", где необходимо ввести нужные параметры: "Путь", "Область", "Лесхоз", "Лесничество" для настройки на нужный объект обработки. Клавишей "F2" необходимо запомнить эти параметры для дальнейшей работы программы. После нажатия клавиши "F2" программа переходит в меню выбранного ранее режима ГЛАВНОГО МЕНЮ ", где необходимо выбрать нужный режим обработки (см. рис.б. 1).

После запуска нужного режима меню на экране дисплея в верхней части появляется название выбранного режима. В центре экрана - окно с необходимыми действиями пользователя (по вводу, корректировке, просмотру или отображению протокола отчета о ходе выполнения нужного режима).

Выход из режима осуществляется функциональной клавишей "Esc".

В нижней части экрана справа указываются необходимые функциональные клавиши для работы и сообщения. В нижней строке экрана дается информация о задействованных функциональных клавишах для передвижения курсора по экрану.

6.1.4. Входные и выходные данные

Входной и выходной информацией для комплекса программ АРМ-таксатора в режимах меню является Меню

"Л/У ИНФОРМАЦИЯ":

• "Нормат. справочная информация". Эта функция имеет Меню "НСИ". В режиме НСИ пользователю доступны ввод, просмотр и корректировка следующих справочников или файлов:

- Trp_XX.spr - породы,
- TrL_XX.spr - типы леса, •Tum_XX.spr-ТУМ,
- Twr_XX.spr - типы вырубков,
- TIOIXX.spr-шкала бонитетов,
- T102_XX. spr - запасы на га,
- T104JXX. spr - соответствие типов леса группам типов леса, классам бонитета,

- T1 15_XX.spr - определение хозсекций,
- T105_XX. spr - контроль хозмероприятий,
- Tkz_XX.spr - справочник категорий земель,
- T113_XX.spr - соответствие главной породы типу леса.
- "Ввод информации" - входной информацией являются карточки таксации и НСИ, выходной файл КТХХХХХХ.DAN.
- "Корректировка информации" - файл КТХХХХХХ.DAN и НСИ.
- "Просмотр введенной информации" - файл КТХХХХХХ.DAN.
- "Протокол введенной информации" - файл КТХХХХХХ.DAN.
- "Контроль информации" - файл КТХХХХХХ.DAN и НСИ. Меню "Сортировка и довод информации":
 - "Отбор информации для сортировки" - файл КТХХХХХХ.DAN.
 - "Сортировка отобранной информации" - файл КТХХХХХХ. SOR.
 - "Создание сорт.файла КТОБЛхЛн.БАМ" - файл КТХХХХХХ. SRT. Меню "ВЕДОМОСТЬ ПОКВАРТАЛЬНЫХ ИТОГОВ" - файл LNS.TXT Меню "ВЕДОМОСТЬ ОКРАСКИ":
 - "Отбор информации для сортировки" - входной файл КТХХХХХХ.DAN и справочники: Trp_XX.spr, Tkz_XX.spr, выходной файл КТХХХХХХ. SRT/временный/.
 - "Сортировка отобранной информации" - входной файл КТХХХХХХ. SRT, выходной файл КТХХХХХХ. SOR.
 - "Создание текстового файла для печати" - входной файл КТХХХХХХ.SOR, выходной файл КТХХХХХХ.ОКР.
 - "Вывод ведомости на дисплей" - входной файл КТХХХХХХ.ОКР, выходной информацией является ведомость окраски на дисплей.
 - "Вывод ведомости на принтер" - входной файл КТХХХХХХ.ОКР, выходной информацией является ведомость окраски на печать. Меню "ВЕДОМОСТЬ ЛИТЕРАЦИИ":
 - "Создание текстового файла для печати" - входной файл КТХХХХХХ.DAN, выходной файл КТХХХХХХ.LIT.
 - "Вывод ведомости на дисплей" - входной файл КТХХХХХХ.LIT, выходной информацией является ведомость литературы на дисплей.
 - "Вывод ведомости на принтер" - входной файл КТХХХХХХ.LIT, выходной информацией является ведомость литературы на печать. Меню "ВЕДОМОСТЬ ЗАПРОСОВ /ВЫБОРКИ/":
 - "Таблица отбора ключа выборки" - файл КТХХХХХХ.DAN.
 - "Отбор информации по ключу" - файл КТХХХХХХ.DAN.
 - "Сортировка отобранной информации" - файл КТХХХХХХ. SOR.
 - "Вывод ведомости на дисплей" - файл КТХХХХХХ. VTB.
 - "Вывод ведомости на принтер" - файл КТХХХХХХ. VTB. Меню "ПЕРЕКОМПОНОВКА":
 - "Текст, инф. ЕС ЭВМ /. txt/ —> IBM PC /.dan/" - входной файл с текстовой лесоустроительной информацией по лесничеству с ЕС ЭВМ выходной - файл КТХХХХХХ.DAN.
 - "Текст, инф. ШМ РС /. txt/ —> IBM PC /. dan/" - входной файл с

текстовой лесоустроительной информацией КТХХХХХХ. ТХТ, выходной - повыведельный файл КТХХХХХХ.DAN.

- "ГВМРС /. dan/ —> Текст, инф. IBM PC /.txt/" - входной повыведельный файл КТХХХХХХ.DAN, выходной - файл с текстовой информацией КТХХХХХХ. ТХТ.

- "IBM PC /. dan/ —> Текст, инф. ЕС ЭВМ /. txt/" - входной повыведельный файл КТХХХХХХ.DAN, выходной - файл с текстовой информацией КТХХХХХХ. ТХТ, готовый для ввода в системе СОЛИ ЕС ЭВМ.

- "Текст, инф. ЕС ЭВМ/.txt/—>Текст. инф. ЮМРС /xtx/" -входной текстовый файл из системы СОЛИ ЕС ЭВМ, выходной - файл с текстовой информацией для ЮМ РС.

- "IBM PC /.dan/ —> Текст, инф. Dbase4 /.dbf/" - входной файл - повыведельный файл КТХХХХХХ.DAN, выходной - текстовый файл для загрузки в систему Dbase4.

В процессе работы программы ARM_T.EXE в режимах "Ввод информации" и "Корректировка информации" автоматически вычисляются следующие производные показатели: хозсекция, возраст рубки, группа возраста, класс возраста, запас 1 яруса, запас 2 яруса.

6.1.5. Формирование ключа выборки

Таблица формируется в меню "ВЕДОМОСТЬ ВЫБОРКИ" в режиме "Таблица отбора ключа для выборки". Она предназначена для составления ключа, по которому отбирается информация из повы-

Ш

дельного файла КТОбЛхЛн.Оап для ведомости выборки. Общий вид таблицы:

где (_0) - цифровое значение числа от 0 до 99;

(0-0) - пределы реквизита от (0-9) до (0-9);

(_0-_0) - пределы реквизита от (0-99) до (0-99);

И_) - имя макета (прописная русская буква) в дополнительных сведениях, которое может быть проставлено для выборки конкретного макета дополнительных сведений из повыведельной информации КТОбЛхЛн.Дан.

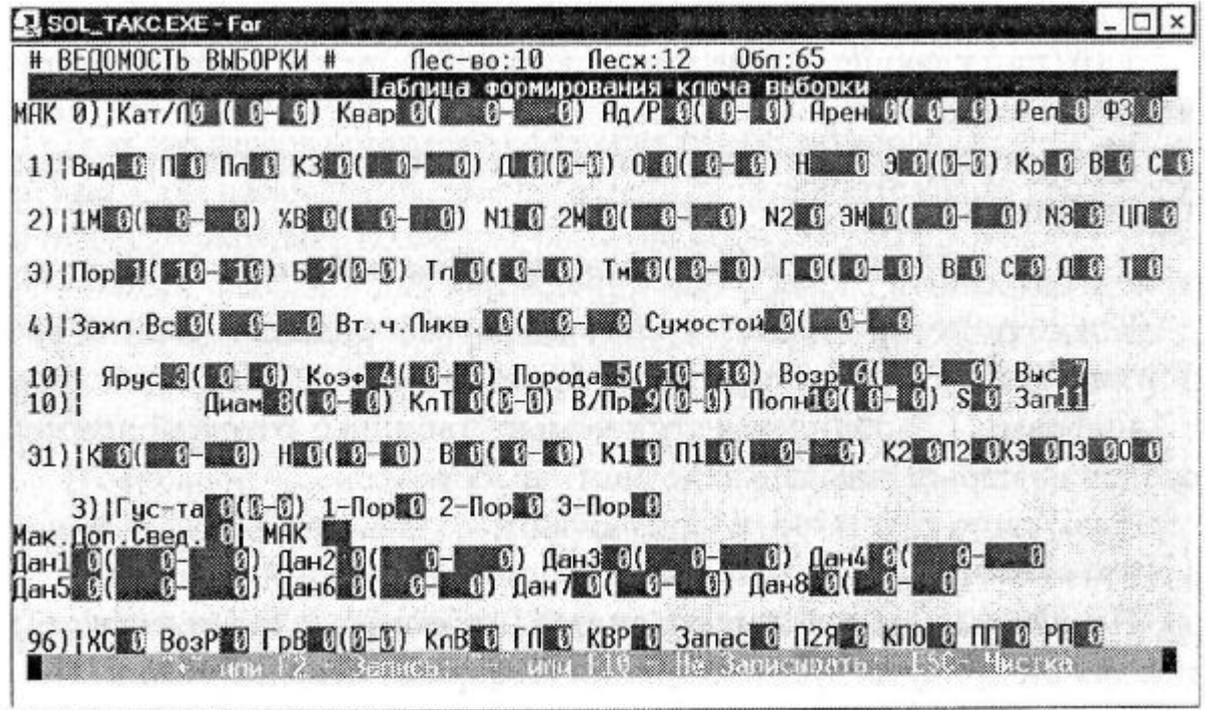


Рис. 6.2 Таблица формирования ключа выборки

В макете 96 - производные показатели:

- КПО - класс пожарной опасности;
- ЭД - эксплуатационная доступность; •Хоз_С -хозсекция;
- Воз_р - возраст рубки;
- Гр_В - группа возраста;
- Кл_В - класс возраста;
- ГТЛ - группа типов леса;
- Ц_Пор - целевая порода;
- РТК1, РТК2 - номер РТК хозмероприятий 1,2;
- 3-1Я - запас 1-го яруса на выделе;
- 3-2Я - запас 2-го яруса на выделе;
- Пз_2Я - признак экспл. значения 2-го яруса;
- П_Подс - пригодность подсочки;
- Р_Подс - рентабельность подсочки;
- ТОУ - тип охотоугодя;
- Рез0, Рез1, Рез2 -резерв.

Функциональные клавиши

F2 (или клавиша +) - записать таблицу и сохранить;

F10 (или клавиша -) - не записывать таблицу, т.е. оставить в прежнем состоянии;

ESC - выйти из таблицы и очистить ее, т. е. занулить все реквизиты таблицы.

Правило формирования ключа выборки

Ключ, по которому выбирается информация для ведомости выборки, составляется следующим образом:

цифрами 1 заполняется тот элемент таблицы, который должен стоять на первом месте в ведомости выборки;

2-----//-----//— на втором-----//-----;

3-----//-----//— на третьем-----//— и т.д.

В ключ выборки не должен входить реквизит - Лесничество, так как он присутствует в названии выборочной ведомости и используется в программе как индикатор чистки таблицы при входе в меню "ВЕДОМОСТЬ ВЫБОРКИ" из другого меню "ГЛАВНОЕ МЕНЮ".

Если данный реквизит таблицы, который входит в ключ выборки (т.е. в ведомость выборки), имеет предельные значения (0-0) или (_0-_0) или (_0-_0) и эти предельные значения необходимы пользователю, то эти предельные значения можно проставить для данного реквизита от начального значения реквизита (цифрой) и до конечного значения реквизита (цифрой).

Ключ выборки всегда должен начинаться с цифры 1, затем 2, потом 3 и т.д. в возрастающем порядке.

Нарушение возрастания формирования ключа выборки приводит к тому, что после нарушенного места возрастания в ведомости выборки будут отсутствовать эти показатели выборки.

Пример: Отметили цифрами 1 - номер квартала; 2 - номер выдела; (нарушение возрастания) 4 - площадь выдела; 5 - категория земель, которая проставлена, например, в пределах от 1 до 10 [вид - 5(1-10)]. Тогда после записи такого ключа выборки в выходной ведомости выборки не будет реквизитов - площадь выдела и категория земель, а будут только реквизиты - номер квартала, номер выдела.

6.1.6.Краткая характеристика и разначение нормативно-справочной информации

Таблица Т101_ " ШКАЛА БОНИТЕТОВ "

Предназначена для программного определения класса бонитета и контроля соответствия возраста, высоты и класса бонитета.

Шкала классов бонитетов содержит три бонитировочных таблицы: первая - для насаждений семенного происхождения (с кодом происхождения "О" в карточке таксации), располагается в первых 2 окнах на экране дисплея; вторая - для насаждений порослевого происхождения (с кодом происхождения " 1"), располагается в 3-м окне на экране дисплея; третья - для быстрорастущих насаждений (с кодом происхождения "2"), располагается в 4-м окне на экране дисплея.

В основной части таблицы для каждой градации возраста последовательно заполняются минимальные высоты из бонитировочной шкалы.

Контроль соответствия возраста, высоты и класса бонитета проводится только для пород с возрастом, не превышающим возраста в бонитировочной таблице. Поэтому целесообразно в бонитировочной таблице последней заполнять строку с максимальным возрастом, соответствующими минимальными высотами по классам бонитета.

Таблица Т102_ "ТАБЛИЦА ЗАПАСОВ В ДЕСЯТКАХ МЗ НА 1 ГА
ПРИ ПОЛНОТЕ 1.0"

Предназначена для вычисления запаса на 1 га на выделе. Заполняется для всех пород, имеющих в устраиваемом объекте. В графе "порода" проставляется шифр породы (род, вид), дальше записывается запас из стандартной таблицы по высоте при полноте 1.0. Если высота превышает 21 м, то заполняется для этой же породы следующая строка, при этом в графе для высоты 1 проставляется запас из стандартной таблицы для 22 м, в графе 2 - для 23 м и т.д. Если имеются высоты больше 42 м, для них заполняется следующая строка ниже и т. д.

При контроле запас насаждений вычисляется программно по средней высоте яруса для всех групп возраста и не должен отклоняться +/- 5 от проставленного.

Таблица Т104_ "СООТВЕТСТВИЯ ТИПА ЛЕСА, ТУМ, КЛАССОВ
БОНИТЕТА И ГРУППЫ ТИПОВ ЛЕСА "

Предназначена для контроля соответствия указанных параметров в каждом выделе.

При заполнении таблицы следует обратить внимание на соответствие всех показателей, т.е. типов леса, ТУМ, классов бонитета и группы типов леса.

Для каждого типа леса и ТУМ необходимо указать требуемые значения всех показателей.

При составлении таблицы необходимо указать шифры всех типов леса и ТУМ, которые приняты в обрабатываемом объекте.

Таблица Т115_ "СПРАВОЧНИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХОЗСЕКЦИЙ"

Предназначена для занесения в выдел кода хозсекции, продолжительности класса возраста и возраста рубки.

Обязательные показатели хозсекция, вариант учета, продолжительность класса возраста, класс возраста рубки, код категорий лесов (до 5), преобладающие породы (до 3).

Дополнительные показатели - номер показателя в машинном документе и его значения, поясняющие, по каким дополнительным признакам выделяется хозсекция (1 1 -хозкатегория, 21 -бонитет, 13 - крутизна, тип леса и т.д.). В графе "шифр хозсекции" проставляется код хозсекции. В графе

"вариант учета" - 0, 1, 2, 3.

Если 0, то группа возраста формируется обычным методом (2 класса молодняков, 1 класс приспевающих, 2 класса спелых).

Другие варианты учета выбираются из приведенной таблицы.

Графа "продолжительность класса возраста" заполняется продолжительностью класса возраста для данной хозсекции.

Графа "класс возраста рубки" заполняется по материалам 1 -го лесоустроительного совещания (принятый класс возраста рубки для данной хозсекции).

В графах "шифры категорий леса" записываются до 5 кодов категорий леса, входящих в данную хозсекцию.

Таблица 6.1

Таблица распределения классов возраста по группам возраста в зависимости от номера учета

| Группа возраста | | Номера учета группы возраста | | | |
|-----------------|-------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | молодняки | 1-2 | 1-4 | 1-2 | 1-2 |
| 2 | средне-возрастные | 3 - (квр-2) | 5 - (квр-3) | 3 - (квр-3) | 3 - (квр-3) |
| 3 | приспевающие | (квр-1) | (квр-1) (квр-2) | (квр-1) (квр-2) | (квр-1) (квр-2) |
| 4 | спелые | квр - (квр+1) | квр - (квр+3) | квр - (квр+1) | квр - (квр+3) |
| 5 | перестойные | > (квр+1) | > (квр+3) | >(квр+1) | > (квр+3) |

В графах "преобладающая порода" до 3 кодов пород. Если для описания хозсекции недостаточно 5 кодов категорий леса или трех пород или дополнительных показателей, то заполняется новая строка для хозсекции (шифр хозсекции, вариант учета, продолжительность класса возраста, класс возраста рубки и оставшиеся показатели, характеризующие хозсекцию).

В качестве дополнительных показателей определения хозсекции задействованы следующие номера показателей выдела:

- 11 -хозкатегория;
- 12 - экспозиция;
- 13-крутизна; •21 -бонитет; •22-тип леса;
- 23 - тум;
- 144 - количество подроста;
- 145,148 - высота и порода подроста.

Таблица T113_ "СООТВЕТСТВИЕ ГЛАВНОЙ ПОРОДЫ ТИПУ ЛЕСА"

Предназначена для контроля соответствия главной (преобладающей) породы древостоя типу леса. В графу "тип леса" заносится буквенный код типа леса. В графах "порода" заносятся цифровые коды пород (от, до). При необходимости список пород для данного типа леса можно продолжить во

второй строке. В этом случае буквенный код типа леса повторяется во второй строке.

Таблица Т105_ "КОНТРОЛЬ ХОЗМЕРОПРИЯТИЙ"

Предназначена для контроля хозмероприятий макета

2)j . j В графу "хозмероприятие" заносится цифровой код мероприятия, в остальных графах проставляются условия контроля хозмероприятий.

Контроль хозмероприятий производится по значению следующих номеров показателей выдела:

7 - категория лесов; 17- категория земель; 13- хозкатегория;

29 - крутизна;

175 - главная (преобладающая) порода;

22 - класс бонитета; 24-тип леса; 25-ТУМ;

49 - запас единичных деревьев;

50 - захламленность, всего;

51 -захламленность, ликвид;

52 - запас сухостоя;

177 - возраст преобладающего элемента леса;

20 - полнота древостоя 1 яруса;

61 - количество подроста;

60 - высота подроста;

54 - преобладающая порода подроста;

18 - группа возраста;

23 - группа типов леса.

8 графы, характеризующие условия контроля хозмероприятия, заносятся следующие данные: номер показателя - (по приведенному выше списку), значение его (от, до) цифровыми данными (кодами).

При необходимости список условий контроля может быть продолжен в следующей строке для данного хозмероприятия. При этом во второй строке повторяется код хозмероприятия.

Особые правила заполнения:

1) условия с одинаковыми номерами показателей не должны разрываться и перемешиваться с другими условиями;

2) если в условиях задействованы коды пород древостоя или подроста, то они должны заполняться последними.

Ввод информации карточек таксации выполняется через экранную форму (рис. 6.3.), которая полностью сохраняет структуру карточки таксации и поэтому не вызывает особых затруднений.

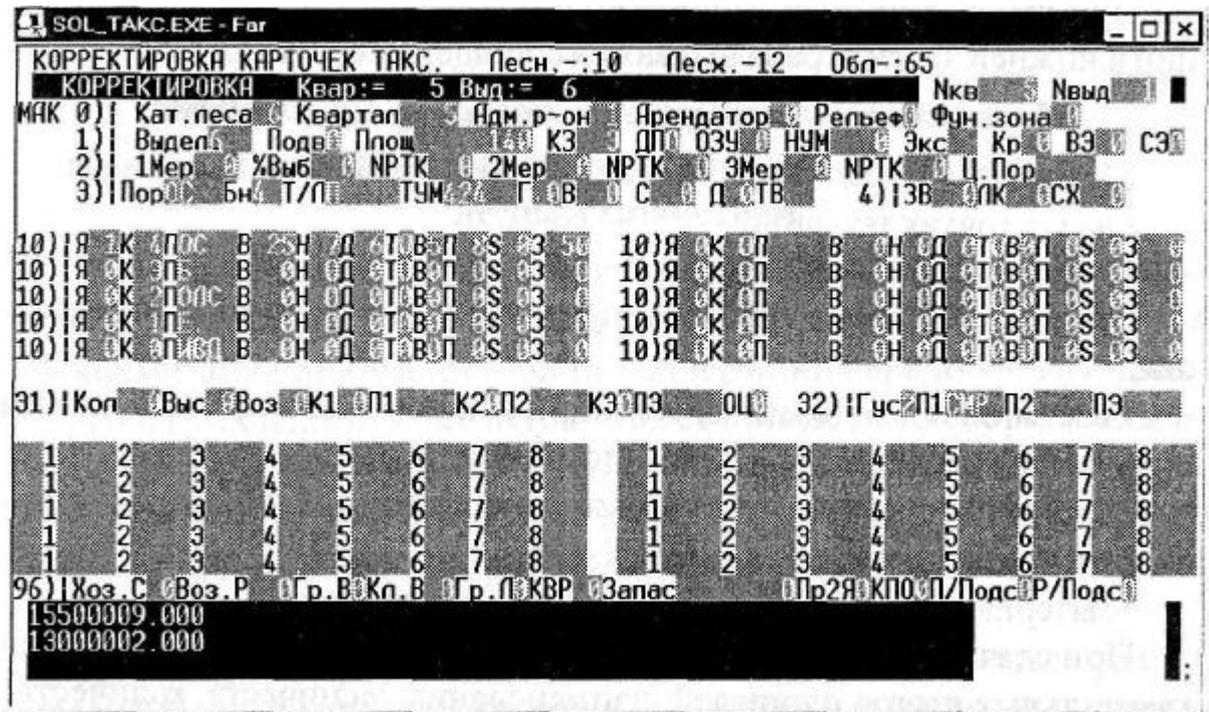


Рис. 6.3. Экранная форма карточки таксации для ввода, корректировки, контроля и просмотра лесоустроительной информации

Имеются следующие особенности, которые следует учитывать при вводе лесоустроительной информации.

- Показатели, имеющие десятичные значения: площадь, полнота, высота, количество подроста, расстояние - вводятся целыми числами, т.е. увеличиваются в десять раз.

- Макет 11 "Описание лесных культур" вводится только для созданных культур, т.е. для категорий земель: лесные культуры (код=2), насаждения, созданные реконструкцией (код=4), не сомкнувшиеся культуры (код=19). Поля 4 и 5 "Схема размещения" вводятся целыми числами, т.е. увеличиваются в 10 раз. Поле 6 "Количество посадочных мест" вводится целым числом в сотнях штук или сотнях гр. на га. Поле 7 "Состояние" переносится в следующую строку на место 1 данного без названия макета, т.е. является продолжением макета 11. Характеристика лесных культур выводится в таксационное описание при печати л/у документации.

- Описание погибших культур вводится через макет 12. При этом в поле 3 ставится год производства 2 последними цифрами года. Описание погибших культур из макета 12 не выводится в таксационное описание. Для полевого учета лесных культур, в том числе погибших, можно использовать задачу "Ведомость запросов (выборки)", которая с таким именем представлена в главном меню.

При вводе, контроле, корректировке информации карточек таксации в нижней части экрана выдаются сообщения об ошибках.

Порядок сдачи материалов таксации на обработку

Материалы таксации могут сдаваться на обработку в двух видах:

- на карточках таксации;
- на магнитных дискетах.

К передаваемым материалам предъявляются следующие требования:

- все записи в материалах таксации должны быть сделаны четким почерком в соответствии с "Технологической инструкцией";
- карточки таксации должны быть упорядочены по возрастанию номеров выделов внутри каждой обложки;
- материалы сдаются по лесничествам или лесхозу.

При сдаче материалов обязательно предоставляется ведомость поквартальных итогов площадей, наименования лесничеств, количество выделов по лесничествам, наименования и коды административных районов и арендатора, год устройства объекта, НСИ, по которой производилась подготовка данных.

Материалы, передаваемые на магнитных носителях, подвергаются полному контролю на НСИ, имеющейся в предприятии.

Материалы, передаваемые на карточках таксации, готовятся на магнитных носителях и контролируются специалистами по обработке информации.

Отметим, что при работе с АРМ-таксатора студенты наиболее эффективно приводят свои знания в систему.

6.2. Информационно-аналитическая система долгосрочного прогнозирования динамики лесного фонда лесхоза

6.2.1. Структура прогнозно-аналитической системы для разработки проекта устойчивого управления лесным хозяйством

История управления лесами в России и опыт других стран показывают, что концепция лесопользования, в основе которой лежит только максимизация дохода, без учета поддержания средообразующих и нерыночных полезностей лесов, может привести к необратимым изменениям ландшафтов и видового состава флоры и фауны, к общему обеднению природной среды, уменьшению биологического разнообразия и, в результате, к резкому снижению биологической устойчивости леса (Страхов, 1997).

Устойчивое управление лесами представляет собой совокупность целенаправленных, долгосрочных, экономически выгодных взаимоотношений человека и лесных экосистем. Эти взаимоотношения могут сопровождаться периодическим изъятием лесной продукции, а также использованием нерыночных полезностей леса, но не должны вести к деградации или исчезновению лесов, должны поддерживать на приемлемом для лесных экосистем и посильном для общества уровне состояние биологического разнообразия и продуктивности лесов. Традиционная лесная политика в России и бывшем СССР не учитывала в полной мере биосферную роль лесов. Историческая неравномерность освоения отдельных регионов в сочетании с неравномерностью размещения лесных ресурсов и командным стилем управления привели к сильным диспропорциям развития лесного сектора экономики и местами к почти полному истощению лесных ресурсов.

Из этого вытекает необходимость создания объективного информационного инструмента для разработки проектов устойчивого лесопользования в лесхозах. Понятно, что такой инструмент, назовем его прогнозно-аналитической системой разработки проекта устойчивого управления лесным хозяйством, должен обладать возможностями прогнозирования долгосрочной (вплоть до оборота рубки) динамики развития лесного фонда с учетом:

- антропогенных воздействий (главное и побочное промышленное лесопользование, лесохозяйственные мероприятия, загрязнение атмосферы и вод, рекреация, сельскохозяйственное использование -выпас, зеленые корма и т.д.), стихийных природных бедствий (пожары, массовые вспышки численности вредителей леса, ветровалы, изменения климата и др.);
- процессов взаимосвязи окружающей среды и леса (биогеоэкологической природы леса), формирования средообразующих функций леса (климат, гидрология водосборов, биологический круговорот и пр.), природоохранных функций (биоразнообразие и очистка окружающей среды,

местообитание и убежища животного мира и тд.).

На рис. 6.4 представлена общая схема прогнозно-аналитической системы для разработки проектов устойчивого управления лесным хозяйством уровня лесхоза. В следующих разделах приведем описание взаимодействия ряда основных модулей и блоков комплекса и некоторые результаты моделирования динамики лесного фонда на примере конкретного лесничества.

6.2.2. Моделирование пространственной динамики разновозрастного многопородного древостоя

Задачи, выбор программных средств и модельного объекта

В соответствии с "Инструкцией по проведению лесоустройства в лесном фонде России" (1995) одним из обязательных пунктов лесоустроительного проектирования является прогноз динамики лесного фонда и лесопользования. При этом указывается, что показатели прогноза динамики лесного фонда должны характеризовать эффективность проектируемых лесохозяйственных мероприятий и лесопользования, их влияние на улучшение лесов, на рациональное использование земель лесного фонда. Следовательно, при разработке прогноза необходимо учитывать последствия этих мероприятий. По инструкции прогноз динамики лесного фонда необходимо разрабатывать на длительный период, вплоть до оборота рубки. Такой прогноз невозможно сделать без моделей, адекватно отражающих динамику лесных насаждений под воздействием эндогенных и экзогенных, в том числе антропогенных факторов, и специальных программных средств, реализующих эти модели. Кроме того, методы имитационного математического моделирования и прогнозирования являются одним из мощных современных средств обеспечения научной и информационной поддержки принимаемых решений по устойчивому управлению лесами.



Рис. 6.4. Общая схема модульно-блочной структуры прогнозно-аналитической системы для проектирования устойчивого управления лесами

Последовательная разработка информационного комплекса государственной системы управления лесами подразумевает создание на одном из этапов разработки модуля, использующего в обработке информации методы математического моделирования. В зависимости от целевых установок такой модуль может выполнять функции прогноза, контроля, поддержки выбора оптимального решения и т.д.

Для работы выбран повыведельный уровень представления информации - производственный уровень лесхоза в иерархии государственной системы управления лесами. Это связано с тем, что информация именно этого уровня является базовой; на всех следующих ступенях иерархии управления лесным хозяйством происходит ее обобщение и интеграция. Кроме того, все

лесохозяйственные воздействия планируются и реализуются именно на этом уровне, что создает настоятельную необходимость создания именно для этого уровня блока прогноза развития древостоя и моделирования разных вариантов хозяйственных воздействий.

В работе был использован базовый модуль ЛИС совмещенной информационной системы "Таксационные показатели ГИЗЛ "Горки" на картографической основе 1:10 000 в среде MS-DOS".

Для выполнения поставленной задачи была выбрана имитационная модель динамики древостоя - специализированный комплекс программ "Лесной массив" (Чумаченко, Сысуев и др., 1996, 1997). Одним из основных преимуществ выбранной модели является то, что она позволяет давать долгосрочный прогноз-динамики сложного (разновозрастного) смешанного (разнопородного) древостоя с достаточно глубоким биоэкологическим обоснованием. Другой особенностью этой модели является возможность прогнозирования динамики древостоев с учетом их пространственного размещения. Важнейшим аргументом в выборе этого программного комплекса является также то, что исходными данными для моделирования служат стандартные таксационные и плано-картографические материалы лесоустройства. Модуль математического моделирования в своей работе использует данные атрибутивного и геоинформационного блоков ЛИС и обеспечивает исследование влияния различных вариантов хозяйственной деятельности на развитие лесонасаждений, позволяет моделировать различные ситуации ведения лесного хозяйства, применение оптимизационных моделей дает возможность наиболее рационально планировать проведение лесохозяйственных мероприятий с учетом имеющихся материально-технических, финансовых, трудовых и временных ресурсов.

Структура модуля и взаимодействие отдельных блоков

Общая схема прогнозного модуля специализированного комплекса программ "Лесной массив" и составляющих блоков представлена на рис. 6.5.

Комплекс программ "Лесной массив" состоит из нескольких целевых блоков, каждый из которых, в свою очередь, носит проблемный характер и является объектом специальных исследований в области математического моделирования. Глубину проработки любого блока разработчики старались оставлять таковой, чтобы результаты всего комплекса программ могли хорошо интерпретироваться с биологической точки зрения. При разработке модели учитывали следующие обстоятельства: во-первых, чрезмерная детализация разработки какого-либо блока закономерно приводит к запросу новых входных данных, что неизбежно увеличит трудозатраты исследователей, разработчиков (а в дальнейшем и конечных пользователей) и потребует дополнительные вычислительные ресурсы; во-вторых, точные результаты работы одних, более детально разработанных, блоков могут быть осреднены при использовании их другими блоками модели.

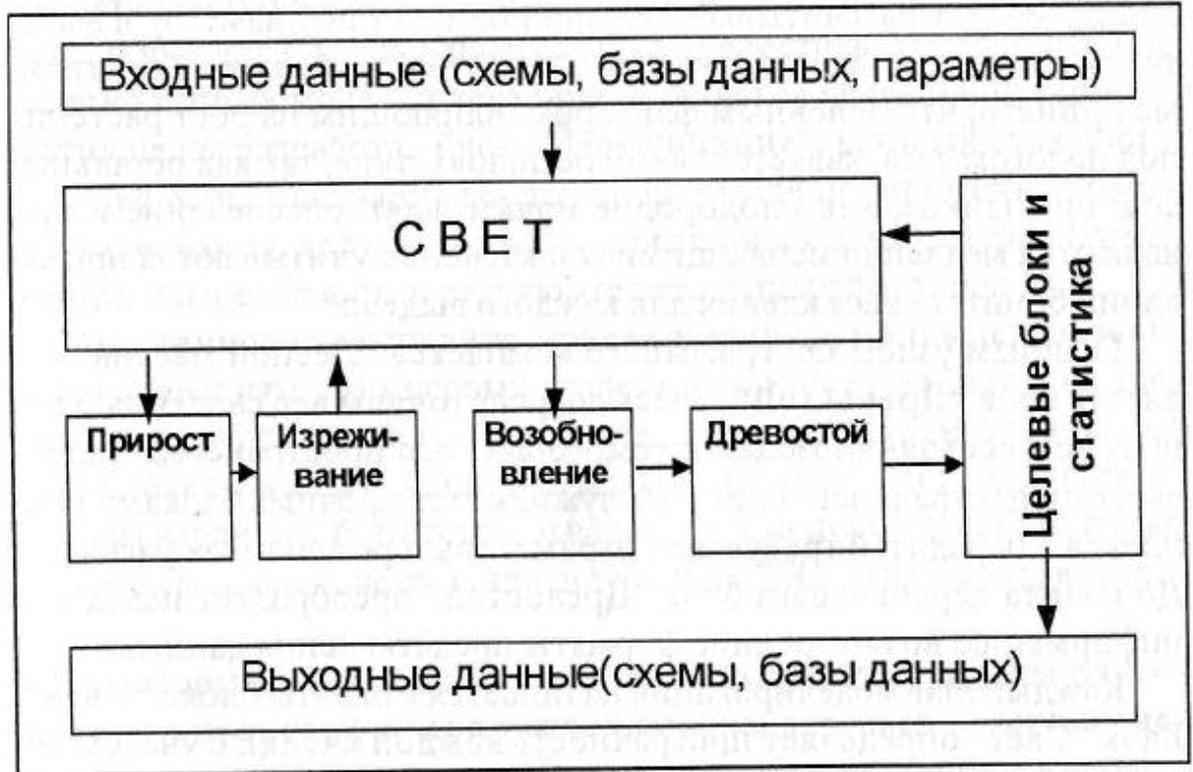


Рис. б. 5. Структура я схема работы модели динамики насаждений

Описание алгоритма работы модели роста древостоя

Данная модель должна решать поставленную задачу при достаточном минимуме входных данных и выдавать информацию, хорошо согласующуюся с биоэкологическими процессами, протекающими в реальных лесных сообществах. Таким образом, разработчики модели ориентировались на основной стандартный информационный поток, характерный для лесной отрасли, который базируется на параметрах таксационных описаний.

Продолжительность одного шага моделирования принята в модели за 10 лет. Длительность шага обусловлена тем, что для заданной местности за этот период времени происходит сглаживание климатических колебаний и неравномерности плодоношения древесных пород. Кроме того, большинство таблиц хода роста ориентированы на подобные временные интервалы, а в практике лесопользования все хозяйственные мероприятия планируются и выполняются, в основном, на отрезках времени, кратных 10 годам.

Используя данные о ходе роста видов, входящих в состав насаждений, модель рассчитывает текущий прирост по диаметру и высоте, учитывая при этом положение элемента в древостое. В программе принято, что основным фактором, влияющим на рост растения под пологом леса, является световое довольствие, так как остальные факторы (такие, как плодородие почвы, влагообеспечение и пр.) являются медленно меняющимися и косвенно

учитываются при задании бонитета насаждения для каждого выдела.

Главным узлом программного комплекса "Лесной массив" является блок "Древостой". Здесь сосредоточены все сведения о пошаговом состоянии моделируемого лесного пространства. Запросы этого центрального блока обслуживаются прочими блоками комплекса с передачей требуемых параметров и результатов расчетов. До начала первого шага блок "Древостой" преобразует исходную информацию во внутренние форматы представления данных.

Каждый шаг моделирования начинается с работы блока "Свет". Блок "Свет" определяет прозрачность каждой ячейки с учетом параметров древесных пород, находящихся в ней: количества особей каждой породы, средней высоты, протяженности и формы кроны, коэффициента пропускания света кроной. Интегральное значение фотосинтетической активной радиации (ФАР) в каждой точке пространства рассчитывается с учетом самозатенения и светопр-пускных особенностей окружения рассматриваемой ячейки. Рассчитанные в блоке "Свет" данные определяют прирост моделируемых видов, высоту, бонитет, онтогенетическое состояние и далее состав насаждения, полноту и запас древесины в расчете на каждый элемент.

Используя данные о ходе роста видов, входящих в состав насаждений, блок "Прирост" модели рассчитывает для каждого элемента текущий прирост древесных пород по диаметру и в высоту, учитывая при этом положение элемента в древостое. В модели принято, что основным фактором, влияющим на рост деревьев под пологом леса, является световое довольствие, так как остальные существенные факторы (такие, как плодородие почвы, влагообеспечение и пр.) являются достаточно устойчивыми обобщенными (10-летнее усреднение) характеристиками для каждой точки пространства и косвенно учитываются при задании биологического бонитета насаждения для каждого выдела.

Изреживание древостоев (естественное или искусственное) оказывает сильнейшее влияние на жизнедеятельность лесных ценозов. Без детального учета изменений, вызванных изреживанием численного, породного, возрастного состава древостоев, построение достаточно точных моделей леса представляется нереальной задачей. В этих целях разработан блок "Изреживание", который включает в себя два основных варианта поведения модели: эндогенное изреживание, как следствие внутри- и межвидовых конкурентных отношений, и изреживание в результате экзогенных факторов.

Эндогенное изреживание моделируется тремя последовательными операциями. Во-первых, модель отыскивает и удаляет из древостоя те группы особей, которые не достигают параметров по высоте, характерных для данной породы данного возраста для наихудшего из заданных бонитетов. Аналогично модель удаляет породы, достигшие предельного, согласно данным ТХР этих пород, возраста.

Во-вторых, так как в модели основным лимитирующим фактором выступает свет, то для каждой породы деревьев в данном элементе выдела вычисляется коэффициент потери прироста за один шаг. Коэффициент в

модели определен как отношение реального прироста к оптимальному (максимальному). Критерием отмирания данной породной группы является уменьшение рассчитанного коэффициента ниже заданного уровня (в текущей реализации модели-10%).

В-третьих, для поддержания плотности особей ниже критических значений (по биологическим параметрам) блок "Изреживание" выполняет перерасчет численности в элементе. В каждом ярусе древостоя определяется зона наивысшей конкуренции за пространство и доступная площадь для роста крон. Перераспределение площади в ярусе за счет межкрупных просветов начинается с теневыносливых видов. Тем самым они вытесняют более светолюбивые, изменяя пропорции занятых площадей каждым видом. Для нижнего яруса доступная площадь рассчитывается с учетом плотности взрослой части древесной синузии.

Изреживание в результате экзогенных факторов включает в себя антропогенные, техногенные и прочие внешние воздействия на моделируемые виды. Условия дополнительного изреживания могут подключаться на любом шаге и быть избирательными.

После моделирования изреживания осуществляется перерасчет светового довольствия каждого элемента с одновременным изменением данных о высоте прикрепления кроны для отдельных древесных пород элемента.

В модели учитывается и появление подроста в рассматриваемом элементе. Появление подроста определенной породы задается заносом зачатков (семян), интенсивность заноса зачатков зависит от степени удаленности элемента O_i генеративных (плодоносящих) особей данной древесной породы и световых условий их развития. Количественную оценку возможности поселения подроста определенной древесной породы в рассматриваемый элемент производит блок "Воспроизводство". Этот блок модели определяет видовой состав генеративных особей, находящихся в элементах окружения на расстоянии эффективного разноса зачатков для воспроизводства.

Моделируется также возможность порослевого возобновления подроста в элементе. Ввиду различной скорости роста и продолжительности онтогенеза, разных таблиц хода роста порослевых и семенных насаждений расчеты по ним проводятся дифференцированно.

После обработки каждого шага модели элемент содержит характеристики по породному и возрастному составу древостоя и его биометрическим показателям: древесная порода, возраст и возрастное состояние, средняя высота дерева и прикрепления кроны, средний диаметр ствола, площадь проекции и форма кроны, достигнутый (расчетный) и биологический бонитет. Кроме того, рассчитываются сведения о запасе и полноте древостоя.

Эти средние данные являются основой для работы различных прикладных программ. По заданным в модели правилам блок "Древостой" организует выборки, производит статистическую обработку, выполняет

сборку элементов в таксационные выделы.

Схема пользовательского интерфейса прогнозного модуля имитационной модели динамики древостоя

На рис.б.б представлено главное окно программного комплекса. Основное меню состоит из 5 пунктов: Моделирование, Параметры видов, Справочники, Сервисные функции, Выход.

Моделирование содержит 3 опции: Моделирование шага (задается шаг моделирования), Просмотр базы древостоя (осуществляется доступ в режиме просмотра к базе результатов задаваемого пользователем шага), Таблицы хода роста (просмотр и коррекция базы с таблицами хода роста всех участвующих в моделировании видов).

Параметры видов задаются в зависимости от возрастного состояния и включают в себя следующие пункты: Просветы в пологе (определяются в зависимости от максимальной сомкнутости крон чистого древостоя), Возрастные коэффициенты (коэффициенты перевода таксационных параметров в возрастные состояния на основе отношения текущей высоты и максимальной высоты чистого древостоя), Форма крон (задается отношением длины конической части кроны к цилиндрической), Зона активного роста (отношение высоты начала теневого конуса к общей высоте дерева), Изреживание экзогенное (процент отпада деревьев в разных возрастных состояниях, вызванного внутренними по отношению к лесному объекту причинами, - животными, случайными вывалами и пр.), Порослевое возобновление (количество поросли на пень), Прозрачность крон (коэффициент пропускания солнечной энергии единицей длины кроны дерева - расчетный коэффициент из режима "Сервисные функции- Коэффициент пропускания", см. ниже), Разнос зачатков (эффективное расстояние разноса зачатков), Требование к свету (пользователь задает значение относительной освещенности, при которой отмечается отмирание нижних ветвей; значение оптимального светового довольствия рассчитывается в режиме "Сервисные функции - Коэффициент пропускания").

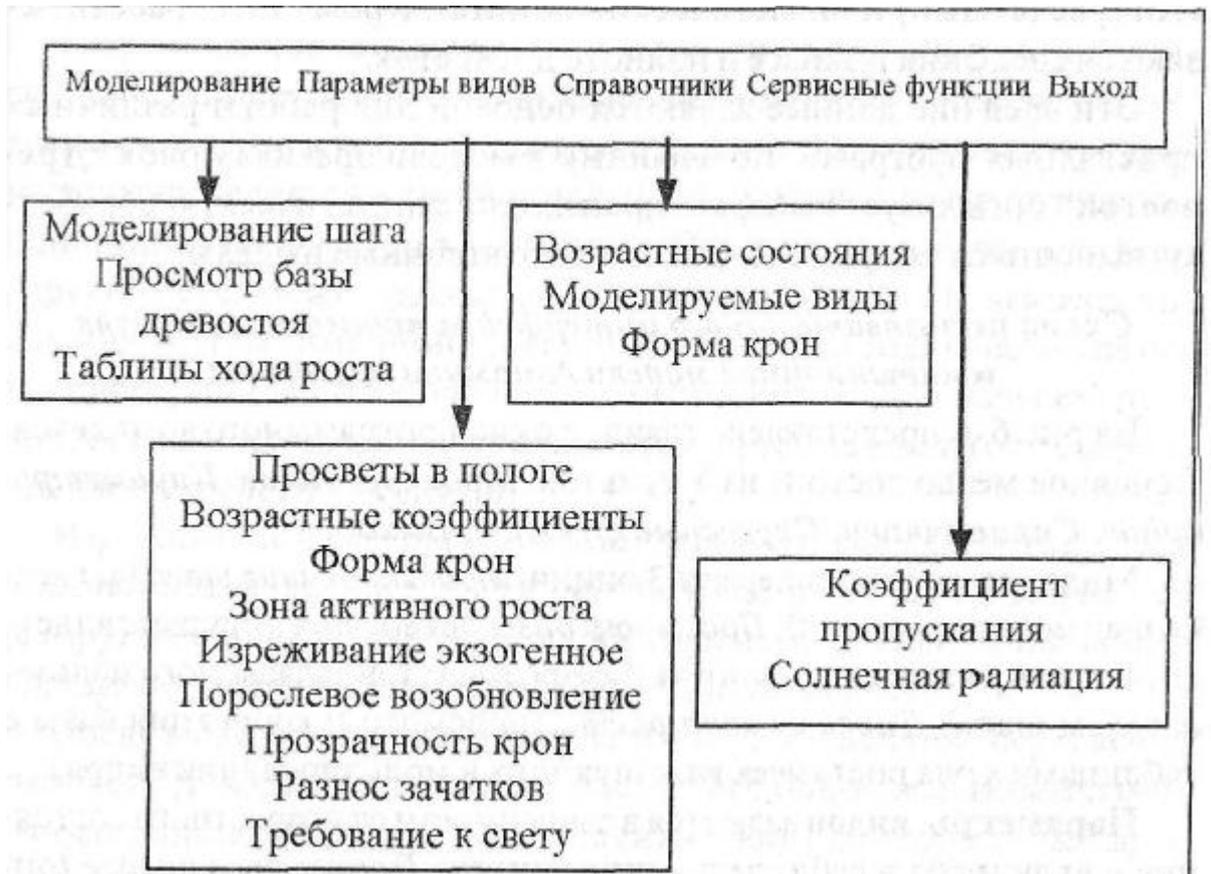


Рис. 6.6. Внешний вид экрана при работе модели

Задайте необходимые параметры

| | | | |
|-------------------------------|------|----------------------|-------------------|
| Моделируемый вид | 1 | Возрастное состояние | 1 |
| Абсолютный возраст | 10 | | <i>Имматурное</i> |
| Высота дерева | 2.9 | Расчетный бонитет | 2.92 |
| Высота прикрепления кроны | 1.0 | Форма кроны | 1 |
| Записать результат | | Точка свет. min %% | 7 |
| Нет да | | Под пологом %% | 6.99 |
| Коэффициент пропускания света | 0.03 | | |

Рис 6.7. Режим *Сервисные функции-Коэффициент пропускания*

Остановимся более подробно на режиме "Сервисные функции - Коэффициент пропускания" (рис. 6.7).

Для расчета трудно поддающегося измерению показателя - показателя пропускания света единицей длины кроны дерева - разработана программа его расчета на основе данных, которые измерить достаточно несложно (на рисунке данные, получаемые из других баз имеют нормальное начертание, а вводимые пользователем - полужирное).

Программа начинает подбирать коэффициент пропускания, начиная с 0. При этом сравнивается значение света, рассчитанное по используемому в

модели алгоритму, и значение светового довольствия под пологом (принято, что это значение равно значению точки отмирания нижних ветвей). Как только эти значения примерно сравниваются, пользователю предлагается выбор "Записать результат -ДА-НЕТ".

6.2.3. Тематические справочные базы данных и базы знаний

База данных - набор фактов, используемых и преобразуемых в информационной системе.

Справочная база данных - набор фактов, утверждений и заключений, используемых в информационной системе, но не преобразуемых ею.

База знаний - часть информационной системы, содержащая экспертные знания; база знаний как часть информационной системы использует технологии доступа и анализа информации на слабо формализованных принципах.

Алгоритм - упорядоченная формализованная совокупность операций, обеспечивающая устойчивое решение законченной задачи (т.е. задачи с законченной постановкой).

Справочные базы данных и базы знаний прогнозного модуля "Лесной массив"

Для настройки и успешной работы модели использованы собранные группой экспертов справочные базы данных и базы знаний, составленные на основе обширного фактического материала, данных из научной литературы. Кроме того, справочные базы данных были дополнены информацией, полученной путем экспертной оценки и расчета отдельных параметров по независимым моделям.

Комплекс справочных баз данных "Биологические характеристики развития древесных пород"

Информация, составившая эти базы, была собрана в результате анализа литературы и многолетних натурных исследований (Смирнова и др., 1990), [13]. Для работы модели составлены справочные базы основных биологических параметров древесных пород отдельно для каждого из этапов онтогенеза деревьев каждой породы. При составлении таких справочных баз основывались на концепции дискретного описания онтогенеза [13,92], которая описывает онтогенез растений как последовательность дискретных состояний. В каждом дискретном (онтогенетическом) состоянии особи характеризуются набором морфоструктурных и биометрических признаков, они выполняют определенную функциональную роль в популяции и сообществе. Для чистых насаждений параметры особей отдельных онтогенетических возрастов хорошо коррелируют с параметрами особей отдельных, соответствующих им абсолютных возрастов. Однако при

моделировании сложных древостоев применение концепции дискретного описания онтогенеза дает более достоверные результаты. Еще раз подчеркнем, что все ниже перечисленные справочные базы имеют характерные значения признаков для особей разных онтогенетических групп.

1.1. Требовательность древесных пород к свету. Для каждой породы задается эмпирическая зависимость между скоростью роста в высоту и локальным световым довольствием (Цельникер, 1978, Евстигнеев, 1989), [13]. Требовательность к свету определяется точкой светового минимума и падением прироста по лидерной оси при полной освещенности относительно максимально возможного по ТХР

1.2. Форма кроны моделируемых древесных пород в разных онтогенетических состояниях. Форма кроны аппроксимируется простейшими телами вращения: конусом и цилиндром. Особенностью модели является то, что в ней учитывается внутреннее пространство кроны (теневого конуса), в котором отсутствуют фотосинтези-рующие элементы (Носова и др., 1995).

1.3. Зона активного роста. Сравнение развития древостоев разной полноты показало, что прирост в высоту зависит от светового довольствия определенной части кроны (зоны активного роста), а не вершины дерева (Носова и др., 1995). Зоной активного роста называют часть кроны дерева, где сосредоточена большая доля ее зеленой фитомассы. В справочной базе эта зона задана положением теневого конуса в кроне дерева .

1.4. Просветы в пологе. В справочной базе данные представлены как процент площади проекции полога от площади насаждения для каждой древесной породы в данной лесорастительной зоне (экспертная оценка).

1.5. Расстояния разноса семенных зачатков древесных пород. Данные о расстояниях приведены в справочной базе с точностью до 100 м(Удра, 1988).

1.6. Способность древесных пород к порослевому возобновлению. Характеризуется средним количеством пневой поросли.

Справочные базы данных "Солнечная радиация"

2.1. При расчете светового режима в модели используются данные наблюдений за солнечной радиацией на заданной широте местности. Дифференцирование светового потока производится не только по азимуту, но и по высоте стояния Солнца над горизонтом, а также по количественному соотношению между прямой и рассеянной радиацией, исходящей от небесной полусферы. Тем самым, предварительно конкретно для региона, в котором расположен объект моделирования, сформированы следующие справочные базы данных: среднее многолетнее количество солнечных (пасмурных) дней в регионе за вегетационный период; состояние облачности и запыленности атмосферы по времени светового дня; общее загрязнение воздушной среды, ослабляющее естественные световые факторы.

2.2. На основе справочных баз данных: древесная порода, онтогенетическое состояние, биометрические характеристики кроны (протяженность и форма кроны, площадь проекции, зона активного роста)

программа рассчитывает коэффициент пропускания света кроной на единицу длины хода светового луча для древостоя данной породы каждого онтогенетического состояния.

Комплекс справочных баз данных "Местные таблицы хода роста"

ТХР, используемые в модели, должны содержать информацию, по крайней мере, до 4-го бонитета насаждений. При моделировании развития деревьев в условиях угнетения их характеристики могут стать хуже низшего (заданного) бонитета. Модель удаляет такие деревья из рассматриваемых элементов. Аналогично модель удаляет виды, достигшие предельного, согласно данным ТХР, возраста. Следовательно, для получения долгосрочного прогноза необходимо иметь, возможно, более полные ТХР по всем моделируемым видам. Отсутствие подробных ТХР для части видов приводит к тому, что виды, не имеющие ТХР, приходится объединять с одним из тех видов, для которых ТХР достаточно разработаны. Такое упрощение и искажение исходных данных приводит к упрощению получаемого прогноза и недопустимо для производственного прогнозирования.

В ходе подготовки справочных баз данных, необходимых для моделирования, проанализированы, откорректированы и введены в БД таблицы хода роста из широко известных справочников [64]. Весь введенный материал был проанализирован, выявлены основные недостатки изученных ТХР:

1. Для некоторых пород ТХР в известных нам лесотаксационных справочниках совсем отсутствуют. Это такие породы как вяз, ильм, разные виды кленов и ив и некоторые другие.

2. Отсутствуют региональные ТХР для Московской области по целому ряду видов (липе, ясеню, ольхе серой, ольхе черной), а по остальным видам - неполные данные (только по некоторым классам возраста и бонитетам).

3. Совершенно отсутствуют ТХР древесных видов подлеска и кустарникового яруса, таких как рябина, лещина и т.п., которые могут оказать существенное влияние на возобновление древесных пород и должны участвовать в моделировании.

4. ТХР для разных бонитетов имеют несовпадающие возрастные интервалы.

5. Возможность составления единых ТХР для такого сложного региона как Московская область вызывает сомнение (не говоря уже о более крупных регионах, где проходят границы разных географических зон, отличающихся климатическими и эдафическими условиями), т.е. необходим метод расчета локальных ТХР, наиболее близко отвечающих географическому положению данного лесхоза.

Рассмотренные здесь лишь основные недостатки существующих ТХР вызывают необходимость, во-первых, разработки методов их расчета на

основе таксационных данных, во-вторых, разработки или формализации (программной реализации) правил коррекции и продления ТХР для недостающих классов возраста и бонитетов. Для решения этих проблем была разработана специальная методика расчета локальных ТХР по лесотаксационным данным конкретного лесхоза.

***Расчет местных (локальных) таблиц хода роста чистых
и смешанных насаждений по таксационным данным
с использованием моделирования***

Алгоритм предназначен для автоматизированной разработки локальных ТХР, необходимых при моделировании динамики пространственного развития разновозрастного многовидового древостоя.

Действие алгоритма осуществляется на основании данных по выделенной территории, для которой будут разрабатываться локальные ТХР, а также данные о ТХР, которые имеются для наиболее близких регионов.

Результаты расчетов по алгоритму могут использоваться как справочные базы данных при проведении вычислений в специализированном комплексе программ "Лесной массив".

При реализации алгоритма используется следующий перечень массивов информации:

- по выделенной информации, сформированная из лесоустроительного проекта;
- таблицы хода роста для наиболее близких регионов;
- данные о параметрах модели по породам и бонитетам.

В результате реализации алгоритма формируется массив информации, который состоит из набора параметров модели, аппроксимирующей исходные данные, а также массив информации, который представляет данные, требуемые для дальнейшей работы комплекса программ "Лесной массив".

Алгоритм решения

Производится отбор данных о группах выделов по породам, полнотам, бонитетам и возрастам, на базе которых строятся кривые роста запасов, средних высот и средних диаметров. Сгруппированные данные обрабатывают графоаналитическими методами и получают обобщенную информацию о запасах, высотах и диаметрах локальных насаждений. Затем осуществляется сравнение этой информации с имеющимися табличными данными для регионов, наиболее близко расположенных к данной местности. Если полученные данные отличаются от имеющихся табличных более чем на 10%, производится их аппроксимация с помощью решения биогеофизической модели методом Рунге-Кутты 4-го порядка.

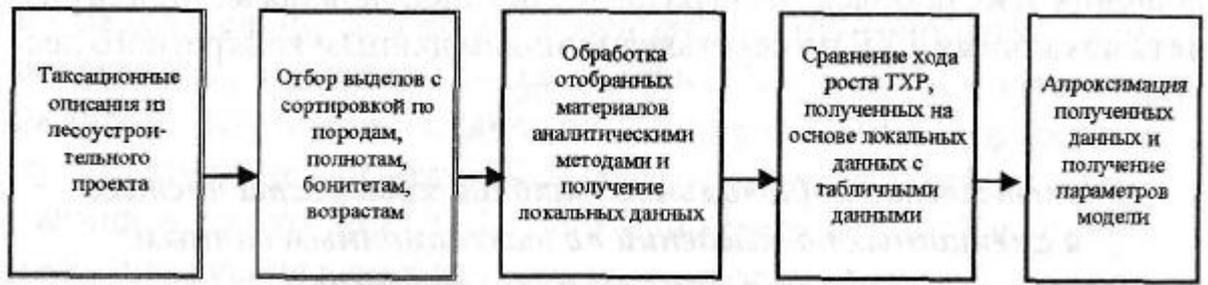


Рис. 6.8. Схема расчета местных таблиц хода роста чистых и смешанных насаждений по таксационным данным

Таблицы хода роста смешанных насаждений еще значительно менее многочисленны, чем таблицы хода роста чистых насаждений, т. е. имеется настоятельная необходимость их расчета. Как было показано (Бредихин, 1985), ход роста общей производительности смешанных насаждений, состоящих из двух пород, может быть описан с помощью системы дифференциальных уравнений:

$$\frac{dV_i^1}{dt^i} = \min B_i^1 (A_i^1 (1 - \exp(-(C_i^1 V_i^1 + C_i^2 V_i^2)) \frac{c_i^1 V_i^1}{C_i^1 V_i^1 + C_i^2 V_i^2} ;$$

$$\frac{dV_i^2}{dt^i} = \min B_i^2 (A_i^2 (1 - \exp(-(C_i^1 V_i^1 + C_i^2 V_i^2)) \frac{c_i^2 V_i^2}{C_i^1 V_i^1 + C_i^2 V_i^2} ,$$

где $B_i = c_i b_i / g_i A_i = R_i / b_i$; A_i - коэффициент для i -го ресурса; R_i - поток i -го ресурса, приходящийся на единицу площади насаждения; g_i - норма i -го ресурса, необходимая для увеличения биомассы на единицу; b_i - норма i -го ресурса, необходимая для поддержания единицы уже существующей биомассы; c_i - безразмерные коэффициенты. Коэффициенты c, b, g изменяются в зависимости от внешних условий (температура воздуха и почвы, кислотность рН, дефицит влажности и т.п.), и в уравнениях рассматриваются некоторые усредненные значения.

Высота древостоев является определяющим классификационным признаком их производительности, немаловажной характеристикой также является диаметр деревьев. Ствол является частью всего дерева, поэтому накопление биомассы в высоту и толщину, вероятно, должно подчиняться тем же логическим предположениям о ее зависимости от поглощаемых деревом ресурсов. Используя методы теории размерностей, получаем для динамики прироста высоты и диаметра деревьев отдельных пород в смешанных насаждениях следующие дифференциальные уравнения:

$$\frac{dH_i}{dt} = \min_i [B_{iH} (A_{iH} (1 - \exp(-C_{iH} H_i)) - H_i)];$$

$$\frac{dD_i}{dt} = \min_i [B_{iD} (A_{iD} (1 - \exp(-C_{iD} D_i)) - D_i)]$$

Адекватность метода расчета локальных ТХР проверялась сравнением с фактическими данными из опубликованных ТХР [64], (Захаров, Трулль. 1962 и др.). Результаты сравнения расчетных и фактических данных для различных смешанных и чистых древостоев показали, что величина средней относительной ошибки полученных данных даже в крайних случаях не превышала 7-10%.

Поскольку ошибки вычисленных данных значительно ниже нормативных, полученные результаты свидетельствуют об адекватности используемой модели и позволяют рекомендовать ее для расчета локальных таблиц хода роста.

Расчет локальных таблиц хода роста

Специально для долгосрочного моделирования развития лесного фонда в результате обработки таксационных описаний 74 выделов леспаркхоза "Горки Ленинские" Московской области (поучету 1990-91 гг.) были получены данные по смешанным насаждениям сосны и березы I бонитета: для запасов стволовой древесины, средним диаметрам и высотам этих насаждений. Для получения на основе этих данных локальных таблиц хода роста смешанных сосново-березовых насаждений были применены уравнения, приведенные на с. 176 и 177. Естественно, что конкретный ряд таксационных данных конкретного лесхоза может быть полным только в исключительных случаях и обычными методами статистики нельзя по ним построить полные ТХР. Достоинство применения моделей и состоит в том, что на основе отрывочных неполных данных можно рассчитать локальные таблицы на все классы возраста и необходимые классы бонитета смешанных сосново-березовых и других насаждений.

Методика биогеофизического моделирования была применена также для получения параметров модели хода роста лещины в различных условиях местопроизрастания. Дело в том, что когда понадобилось уточнить моделирование светового довольствия и возобновления пород под пологом леса с учетом воздействия кустарникового яруса, выяснилось, что таких данных вообще нет. Для моделирования оперативно был собран полевой материал по основному эдификатору кустарникового яруса - лещине обыкновенной. Полученные таксационные характеристики относятся к ходу роста лещины в условиях вырубок, в светлом лесу (березняки) и в темном лесу (под липой). Для каждого из этих типов условий местопроизрастания получено по три варианта хода роста лещины в зависимости от интенсивности ее роста.

База знаний "Список древесных пород"

Формируется из БД "Таксационные описания" моделируемого лесного

массива путем запроса к БД. Такой список создается отдельно для древостоев порослевого и семенного происхождения.

База знаний "Таблица биологических бонитетов"

Методика расчета биологических бонитетов (Смирнова и др., 1988) древостоев, характерных для тех или иных типов леса в определенных условиях местопроизрастания, пока еще недостаточно разработана, однако эти данные необходимы для моделирования особенностей роста древостоя в неоднородных условиях пространства моделируемого объекта. В настоящее время таблица биологических бонитетов получается в результате сложного запроса к базе первичных таксационных данных, в результате которого отбираются данные о максимально возможных бонитетах для всех преобладающих пород в разных типах условий местопроизрастания.

База знаний "Экзогенное изреживание"

Исходно задается в модели как вариант сценария внешних воздействий, во внутреннем представлении модели определяется как процент удаляемых деревьев от числа стволов по каждой породе.

Справочные базы данных целевых блоков

Разрабатываемый информационный комплекс предназначается для прогнозирования динамики древостоев с учетом имитации лесохозяйственных и лесовосстановительных мероприятий. Информационный комплекс рассчитан на получение прогнозных оценок развития древостоев специалистами лесхоза. Имитация всех лесохозяйственных и лесовосстановительных мероприятий в рамках информационного комплекса реализована согласно нормативным документам, принятым Федеральной службой лесного хозяйства России. Оптимизационные расчеты моделируемых лесохозяйственных и лесовосстановительных мероприятий проводятся в соответствии с данными о ресурсах конкретного лесхоза как хозяйственного объекта.

Только перечисление задач, которые решает информационный комплекс, показывает, что для его разработки должны быть привлечены разнообразные научные разработки, нормативные документы, справочники и пр. Использование такого рода текстовой информации потребовало преобразования ее в программно-читаемые информационные массивы: были созданы и создаются справочные базы данных, базы знаний и алгоритмы работы программ преобразования потока исходных данных.

Для разработки справочных баз данных целевых блоков использованы "Типовые нормы выработки на лесохозяйственные работы, выполняемые в равнинных условиях (механизированные и ручные работы)", "Типовые нормы выработки на лесокультурные работы, выполняемые в равнинных условиях (механизированные и ручные работы)", "Основные положения по лесовосстановлению и лесоразведению в лесном фонде Российской Федерации", "Основные положения организации и развития лесного

хозяйства Московской области", "Наставления по рубкам ухода в равнинных лесах европейской части России", "Правила рубок главного пользования в равнинных лесах европейской части России" и проч.

Базы знаний и алгоритмы целевых блоков

В связи с последовательной разработкой целевых блоков (модуль моделирования лесохозяйственных мероприятий, модуль моделирования лесовосстановительных мероприятий, модуль экономических расчетов, модуль оптимизации) проведена разработка алгоритмов преобразования потока информации. Создаваемые на основании разработанных алгоритмов программы определенным образом группируют и по этапам преобразуют исходные данные, изменяя их согласно требованиям нормативов по проведению мероприятий. Ниже представлены описания алгоритмов работы проектируемых целевых блоков информационного комплекса.

6.2.4. Подготовка исходных атрибутивных и пространственных данных

Исходными данными для работы комплекса программ "Лесной массив" являются стандартные таксационные описания (атрибутивная база данных) и планы лесных насаждений (пространственная база данных). Для работы модели необходимы также справочные базы данных и базы знаний.

Подготовка и корректировка исходных таксационных данных

А. Формула древостоя

Отсутствие местных таблиц хода роста для вяза, кленов, ивы привело к тому, что в данных, передаваемых модели, пришлось эти породы заменить на липу. Насаждения с участием дуба были разделены (на основании экспертной оценки) на порослевые (низкоствольные) и семенные (высокоствольные). К семенным были отнесены все известные лесные культуры дуба, к порослевым насаждениям - все остальные насаждения. Поскольку естественное возобновление дуба в лесах ГИЗЛ "Горки" происходит семенным путем, весь дуб в подросте отнесен к семенному (экспертная оценка). Насаждения с участием липы были разделены на семенные и порослевые липовые древостой, так как ход роста в этих „/-востоях различен. К семенным насаждениям были отнесены культуры липы, к порослевым - все остальные (экспертная оценка). Кроме того, осуществляется автоматическая проверка формулы древостоя на правильность ее составления. В том случае, когда сумма долей участия пород в формуле древостоя больше или меньше 10, модель требует внести исправления.

Б. Корректировка таксационных параметров на соответствие таблицам хода роста

На нулевом шаге моделирования проводится проверка соответствия основных таксационных параметров (средней высоты, среднего диаметра, запаса) таблицам хода роста. В случаях расхождения таксационных показателей из базы данных с показателями, рассчитанными на основе таблиц хода роста, система выдает список явных ошибок для последующего

экспертного анализа и коррекции.

В. Плотность произрастания подроста

Данные по плотности подроста в исходных таксационных описаниях указаны в одних случаях в виде балльной оценки (редкий, средний, густой), в других случаях в виде количественных оценок (штуки на гектар), поэтому необходимо привести эти данные к единой форме. Для перевода балльной оценки плотности произрастания подроста в количественную разработана табл. 6.2. Проверка исходных атрибутивных данных на непротиворечивость проводится с помощью справочных баз данных и программ.

Таблица 6.2

Перевод балльной оценки плотности подроста в количественную (шт./га)

| Классы высоты | Высота, м | Густота подроста в тыс. шт./га при категории | | |
|---------------|-----------|--|----------|----------|
| | | редкий | средней | густой |
| I | 0.5 | <5.0 | 5.1-10.0 | > 10.0 |
| II | 0.6-5.0 | <5.0 | 5.1-10.0 | > 10.0 |
| III | 1.6-5.0 | <3.0 | 3.1-5.0 | 5.1-10.0 |
| IV | 5.1-10.0 | <1.0 | 1.1-3.0 | 3.1- 5.0 |
| V | 10.1-15.0 | <0.5 | 0.6- 1.0 | 1.1- 3.0 |
| | | | | |

Проверка исходных атрибутивных данных на непротиворечивость

1. Параметры таксационных описаний должны соответствовать используемым в модели ТХР (по высоте, запасу, числу стволов и т.п.).
2. Ожидаемый бонитет (по условиям местопроизрастания) не может быть меньше расчетного по таблицам хода роста.
3. Параметры для расчета световых условий должны быть измерены по одной методике (или приведены к единой), т.к. все вычисления производятся с одинаковыми единицами измерения.

Подготовка пространственных данных

Одной из основных особенностей описываемой модели является то, что она учитывает взаиморасположение особей или групп деревьев при расчете их развития, т.е. учитывает их влияние друг на друга.

Преобразование исходных пространственных данных в требуемый формат начинается с построения равных трехмерных элементов с квадратным основанием путем разбиения карты лесных насаждений по сетке на равные квадратные элементы. В результате чего сложная конфигурация каждого выдела в плане аппроксимируется в виде набора элементов, обладающих свойствами выдела, которому они принадлежат. Элемент делится по вертикали на ячейки, например по 2-2,5 м. Ячейка (с точки зрения моделирования) является неделимой, т.е. комплекс программ оперирует ячейкой как минимальной единицей. Площадь элемента определяется геогра-

фической широтой местности и высотой верхнего яруса древостоя. Сторона элемента рассчитывается по формуле $l = \text{ctg}(a) * H_{\text{ср}}$, где a - угол высоты полуденного Солнца (в радианах); $H_{\text{ср}}$ - средняя высота верхнего яруса древостоя. Так, например, для широты Москвы при высоте древостоя 25 м площадь элемента составляет около 270 кв.м.

Количество особей рассчитывается исходя из формулы древостоя насаждения с учетом полноты яруса, а также данных о возрасте и высоте особей. Обработав средние характеристики таксационных показателей, определяют запас на единицу площади и объем одного ствола. Далее число стволов на гектаре приводят к площади элемента, получая в конечном итоге количество особей (в общем случае - дробное) на каждый элемент. Таким образом, вторым типом данных (пространственная база данных) являются оцифрованные планы насаждений, разбитые на пространственные элементы модели выбранных размеров.

Такое представление моделируемого пространства позволяет учитывать как самозатенение, так и световое затенение от соседних элементов при движении Солнца по небосводу (Чумаченко, 1993). В дальнейшем планируется трехмерное моделирование динамики древостоя с использованием цифровой модели рельефа.

6.2.5. Модуль лесохозяйственных мероприятий

Каждый шаг работы прогнозного модуля "Лесной массив" завершается формированием нового таксационного описания выделов. Данные новых таксационных описаний являются выходными данными прогнозного модуля и одновременно входными данными модуля лесохозяйственных мероприятий.

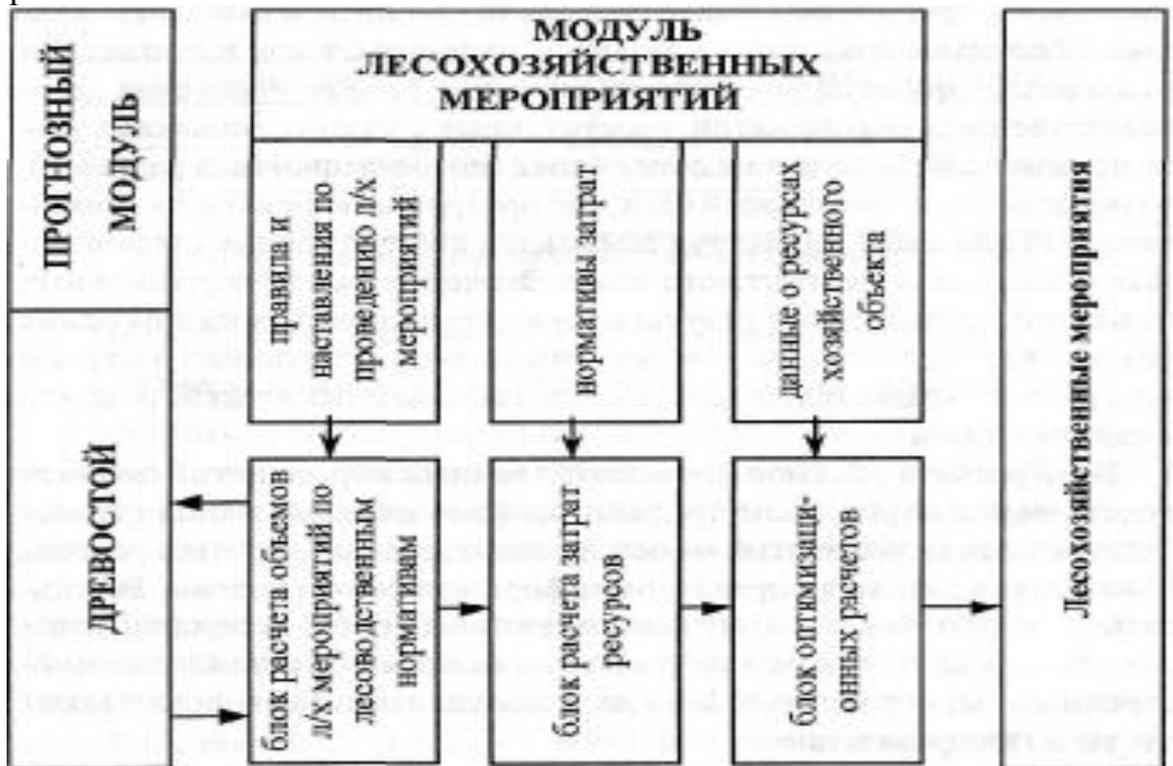


Рис. 6.9. Общая схема модуля лесохозяйственных мероприятий

Первый блок этого модуля - *блок расчета объемов лесохозяйственных мероприятий по лесоводственным требованиям* - формирует информацию об объемах запасов, которые необходимо удалить в результате рубок ухода, санитарных рубок и рубок переформирования на каждом выделе для дальнейшего наилучшего роста и развития моделируемых насаждений. Значения вычисляются согласно полученным таксационным описаниям и известным программе алгоритмам расчета объемов лесохозяйственных мероприятий (согласно "Основным положениям по рубкам ухода в лесах России" и "Основным положениям по рубкам главного пользования в лесах Российской Федерации").

Полученные данные об объемах далее передаются во второй блок модуля - *блок расчета затрат ресурсов*, - где проводится расчет затрат трудовых, материально-технических и финансовых средств.

В целом информационная схема модуля лесохозяйственных мероприятий представлена на рис. 6.9. Этот модуль обменивается данными как с прогнозным модулем модели (входные и выходные данные, обратная связь), так и с модулем целевых блоков и статистики (выходные данные на запрашиваемый шаг). Данные об объемах лесохозяйственных мероприятий, рассчитанных с учетом экономических возможностей (выходные данные блока оптимизационных расчетов), возвращаются в прогнозный блок, где программа корректирует таксационные описания, формируя тем самым окончательные таксационные описания моделируемого шага. Значения таких таксационных описаний соответствуют результатам имитационного моделирования развития древостоев с учетом реальных (соответствующих ресурсам конкретного хозяйства) объемов лесохозяйственных воздействий для каждого выдела.

Блок расчета объемов лесохозяйственных мероприятий по лесоводственным нормативам предназначен для моделирования лесохозяйственных мероприятий на основе повыдельных данных прогнозного модуля динамики древостоя информационной системы. Результаты расчетов по алгоритму используются для корректировки входных данных прогнозного модуля (согласно моделируемым лесохозяйственным мероприятиям), а также в модуле расчета экономических затрат на их проведение.

При реализации алгоритма используется следующая информация:

- данные о составе, возрасте, полноте древостоев (повыдельная информация, сформированная прогнозным модулем);
- справочные базы данных информационного комплекса (матрица оптимальных полнот древостоев, матрица видов лесохозяйственных мероприятий, матрица очередности лесохозяйственных мероприятий).

На основе данных о категории защитности определяются перечень допустимых лесохозяйственных мероприятий и возрасты рубок. На основе формулы древостоя, возраста и полноты древостоев в соответствии со справочными базами данных производится отбор выделов в лесохозяйственные мероприятия (различные виды рубок). В соответствии со

справочной базой данных определяется очередность лесохозяйственных мероприятий. На основе данных о материальных ресурсах определяются реальные объемы лесохозяйственных мероприятий (объем вырубаемой древесины для разных видов рубок). Моделирование лесохозяйственных мероприятий приводит к изменению таксационных показателей древостоев.

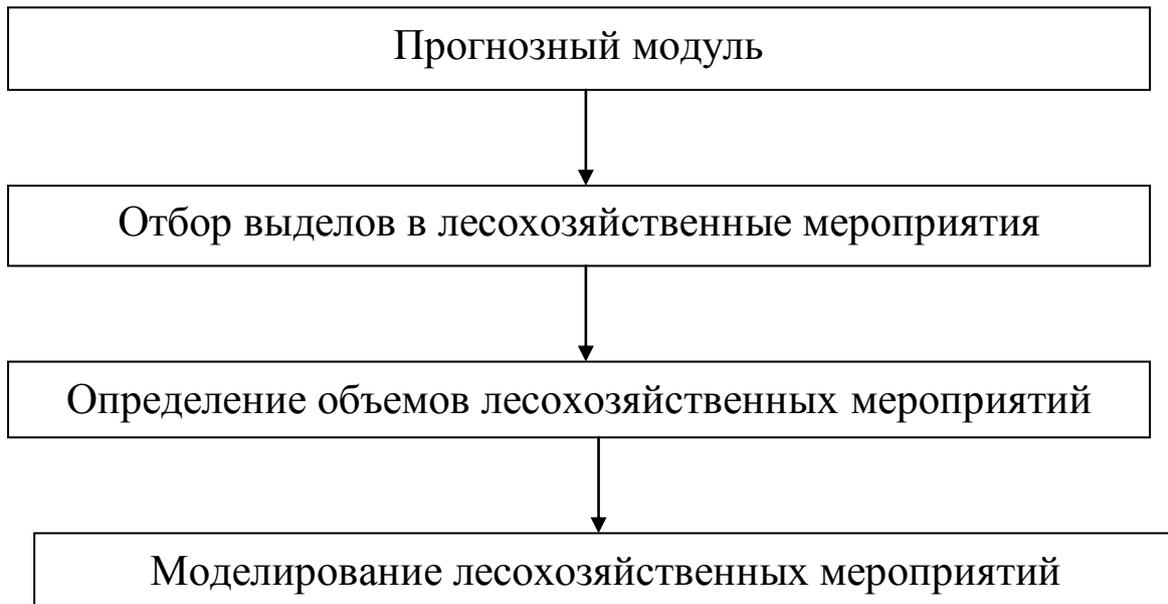


Рис.6.10. Схема моделирования лесохозяйственных мероприятий

Отбор выделов в лесохозяйственные мероприятия

Основными таксационными показателями, на которые обращается внимание при назначении тех или иных видов лесохозяйственных воздействий, являются формула древостоя, возраст и полнота насаждения. Кроме того, принимаются во внимание возрасты спелости насаждений и категория защитности земель. В основу правил при составлении алгоритма положены исходные нормативные документы: "Основные положения по рубкам ухода в лесах России" (1993); "Основные положения по рубкам главного пользования в лесах Российской Федерации"(1994). Все расчеты проводятся применительно к древостою первого яруса на основе повыдельных баз данных (как исходной, так и полученных в процессе моделирования).

На основе действующих в настоящее время "Наставлений по рубкам ухода..." (1991) и примерных нормативов по рубкам ухода [64] составлена матрица оптимальных полнот насаждений.

Для сокращения числа возможных комбинаций пород в формуле древостоя все породы объединены в следующие хозяйственно-биологические группы: 1) хвойные (сокращенно Х) - сосна, ель и лиственница; 2) твердолиственные высокоствольные (сокращенно Д) - дуб и ясень семенного происхождения; 3) широколиственные (сокращенно Ш) - дуб и ясень порослевого происхождения, липа, вяз, клен остролистный; 4) березняки

(сокращенно Б) - береза, 5) мелколиственные, кроме березы (сокращенно М) - осина, ольха серая, ива; 6) черноольшатники (сокращенно Олч).

Правила отбора выдела в лесохозяйственные мероприятия очень просты:

1) если полнота насаждения с определенными классом возраста и формулой древостоя превосходит оптимальную полноту, то на выделе планируется тот или иной вид рубки ухода, в результате которой формируется насаждение оптимальной полноты;

2) при полноте, меньше оптимальной, рубки ухода на выделе не проводятся;

3) снижение полноты в смешанных насаждениях происходит за счет наименее ценных пород, которые можно выстроить в ряд по мере увеличения их "ценности": М, Б, Ш, Х, Д.

В представленной матрице полнота "1" означает прекращение рубок ухода, а полнота "0" - определение выдела в рубку главного пользования.

Приведем пошаговое описание алгоритма решения задачи.

1) На основе данных о запасе по породам определяем формулу древостоя первого яруса для каждого выдела. Например: "5 Д 5Б" (пять долей дуба, пять долей березы).

2) По таблице правил отбора выделов в рубку определяем рекомендуемую полноту насаждений согласно формуле древостоя и возрасту. В нашем примере данной формуле и возрасту 70 лет соответствует рекомендуемая полнота, равная 0,7 ($R_{рек.} = 0,7$).

3) Вычисляем общую полноту древостоев первого яруса для выдела суммированием полнот каждой породы ($R_{выч.} = 0,9$).

4) Вычисляем полноту удаляемую ($R_{уд.}$) как разность между общей полнотой первого яруса и рекомендуемой полнотой:

$$R_{уд.} = R_{выч.} - R_{рек.} = 0,9 - 0,7 = 0,2.$$

5) Вычисляем общий запас древостоя (для контроля):

$$Z_{общ.} = Z_{березы} + Z_{дуба}. \quad 190,5 = 95,2 + 95,3.$$

6) Находим запас вырубаемой древесины перемножением общего запаса на полноту удаляемую, отнесенную к общей полноте:

$$Z_{выруб.} = Z_{общ.} \cdot R_{уд.} / R_{выч.} \quad 42,3 = 190,5 \cdot 0,2 / 0,9.$$

7) Преобразуем исходную базу данных таксационных описаний: производим удаление пород по очередности рубки (имитация лесохозяйственных мероприятий), придерживаясь следующей последовательности: сначала удаляются наименее ценные породы (ольха серая, осина, ива), затем береза, широколиственные (липа, клен, дуб низкоствольный, ясень низкоствольный), ель, сосна, дуб высокоствольный.

$$Z_{березы} - Z_{уд.} = Z_{березы ост.} \quad 95,2 - 42,3 = 42,9$$

На данном этапе настройки модели имитация специальных лесохозяйственных мероприятий для 2 яруса и подроста не проводится.

Если во втором ярусе присутствуют ценные породы (хвойные или семенной дуб) с долей участия больше трех единиц и полнота второго яруса больше 0,6, а в первом ярусе доминирующими выступают мелколиственные

или малоценные широколиственные породы (липа, клен, порослевой дуб), то имитируется рубка переформирования (полностью удаляется первый ярус, за исключением ценных пород).

8) В базу заносятся данные о вычисленном удаляемом и оставшемся запасе каждой породы ($Z_{уд.} = 42,3$ и $Z_{березы ост.} = 42,9$) и виде рубки.

9) Производится корректировка формулы древостоя и полноты насаждения. Формула древостоя вычисляется на основе соотношения запасов каждой породы первого яруса после проведения вырубki.

В ходе работы программ этого блока на каждом шаге моделирования происходит отбор выделов в лесохозяйственные мероприятия (разные виды рубок ухода и главного пользования), рассчитываются объемы вырубаемой древесины по породам и видам рубок, производится корректировка таксационных показателей (формулы древостоя, полноты, запаса) первого яруса в базе данных. Данная информация используется для проведения экономических расчетов, оптимизации лесохозяйственных мероприятий, а также для корректировки входной по выделной информации.

6.2.6. Блок моделирования лесовосстановительных мероприятий

Земли лесного фонда, предназначенные для создания лесных культур и проведения мер содействия естественному возобновлению леса, образуют фонд лесовосстановления, который подразделяется на следующие категории: 1) лесокультурный фонд; 2) фонд земель для естественного возобновления; 3) фонд лесоразведения. Работники лесхоза устанавливают по материалам лесоустройства и с учетом изменений, произошедших в лесном фонде, объемы, очередность, сроки, методы и способы восстановления и разведения леса отдельно для каждой категории земель фонда лесовосстановления. Соответственно, для разработки модуля лесовосстановительных мероприятий необходимо решить две задачи: во-первых, создать алгоритмы определения выделов в разные категории земель фонда лесовосстановления по выходным данным прогнозного модуля информационного комплекса. Во-вторых, разработать алгоритмы, моделирующие лесовосстановительные мероприятия, определенные нормативными документами Рослесхоза.

Алгоритм моделирования лесовосстановительных мероприятий

Действие алгоритма осуществляется на основании данных по выделной информации, предоставляемой прогнозированным модулем. Результаты расчетов по алгоритму могут использоваться для корректировки входных данных прогнозного модуля (согласно моделируемым лесовосстановительным мероприятиям), а также расчета экономических затрат на проведение лесовосстановительных мероприятий в модуле экономических расчетов информационного комплекса.

При реализации алгоритма используется следующий перечень информации:

- учетная по выделной информация, сформированная прогнозированным модулем модели;

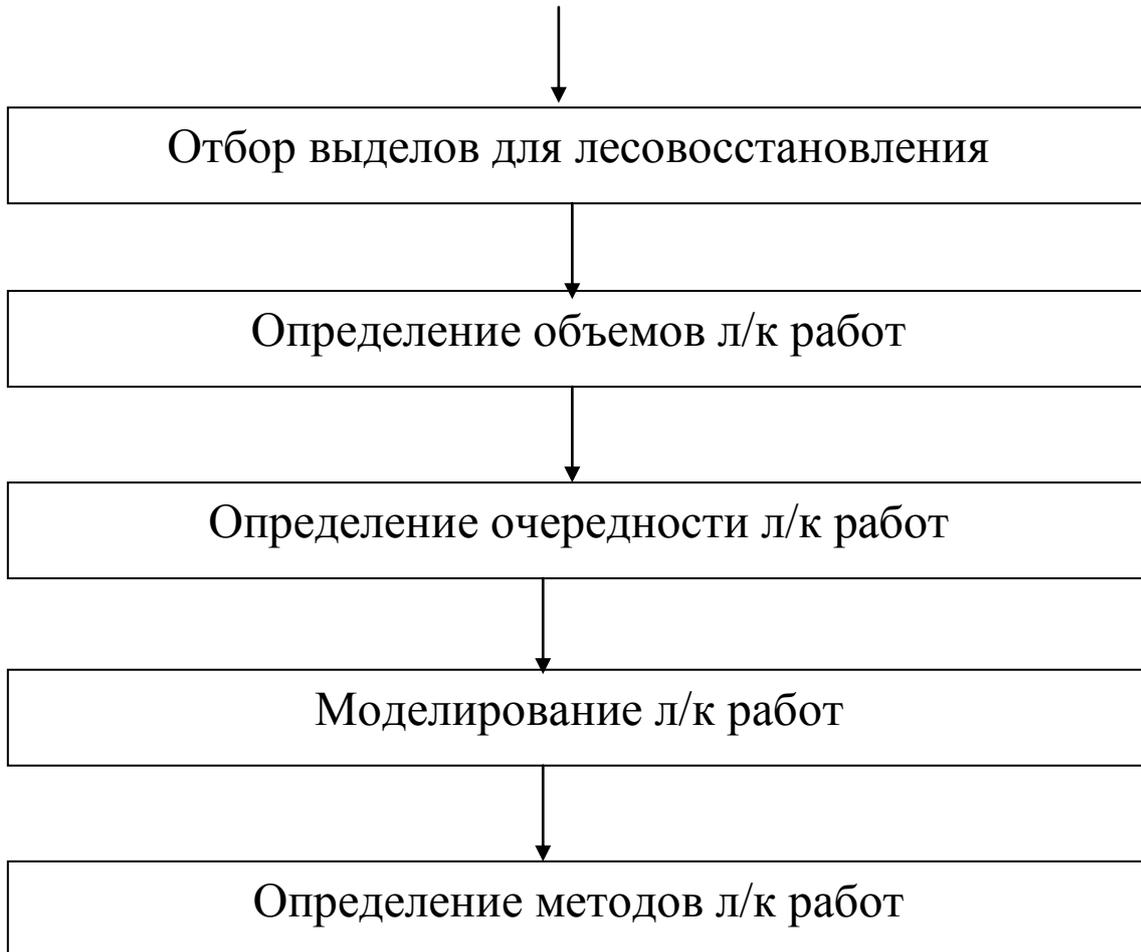


Рис. 6,11. Схема моделирования лесовосстановительных мероприятий
' справочные базы данных информационного комплекса (матрица определения выдела в лесовосстановительные мероприятия, шкала оценки состояния возобновления вырубке главными породами, очередность выполнения лесокультурных работ, матрица видов лесокультурных работ и мер содействия естественному возобновлению).

Производится отбор выделов в разные категории лесовосстановительных мероприятий (рис 6.11). Далее по накопленным площадям отобранных выделов устанавливаются объемы лесокультурных мероприятий. Для каждого выдела определяется очередность и задаются методы проведения лесокультурных мероприятий. Моделирование лесокультурных мероприятий приводит к изменению таксационных параметров отобранных модулем выделов.

Отбор выделов в лесовосстановительные мероприятия

Выходные данные прогнозного модуля комплексной информационной системы на каждом шаге моделирования являются входными данными для модуля лесовосстановительных мероприятий.

Первой задачей этого блока является определение выделов в разные категории земель фонда лесовосстановления. Ведущими параметрами

| Характер вырубок | Степень увлажненности | Количество жизнеспособного подроста в зависимости от высоты (тыс/га) | | | | Дуба и твердолиственных пород семенного происхождения высотой до 0.5 м |
|--|-----------------------|--|--------------------|----------------------|---------|--|
| | | Хвойных пород | | | | |
| | | Мелкого до 0.5 м | Среднего 0.6-1.5 м | крупного свыше 1.5 м | | |
| Вырубки, не нуждающиеся в искусственном лесовосстановлении | Сухие | Свыше 6 | Свыше 4 | Свыше 3 | Свыше 4 | |
| | Свежие | Свыше 5 | Свыше 3 | Свыше 1.5 | Свыше 3 | |
| | Влажные | Свыше 4 | Свыше 2 | Свыше 1 | Свыше 2 | |
| Вырубки, требующие проведения частичных культур или содействия естественному возобновлению | Сухие | 2- 5 | 1.5 -4 | 1 - 3 | 2 -4 | |
| | Свежие | 1.5 -5 | 1 -3 | 0.5 -1.5 | 1 -3 | |
| | Влажные | 1.5 -4 | 1 -2 | 0.5 -1 | 1 -2 | |
| Вырубки, требующие искусственного возобновления | Сухие | Менее 2 | Менее 1.5 | Менее 1 | Менее 2 | |
| | Свежие | Менее 1.5 | Менее 1 | Менее 0.5 | Менее 1 | |
| | Влажные | Менее 1.5 | Менее 1 | Менее 0.5 | Менее 1 | |

Шкала оценки состояния возобновления вырубки главными породами

алгоритма отбора выдела служат: плотность подроста и особенности типа условий произрастания. Так, для вырубок существенные параметры такого отбора отражены в табл. 6.3. Приведенная таблица положена в основу алгоритма отбора выделов в лесовосстановительные мероприятия модуля лесовосстановительных мероприятий информационного комплекса. Очередность проведения (моделирования) лесовосстановительных мероприятий в отобранных выделах устанавливается алгоритмом, разработанным согласно региональному наставлению по лесовосстановлению.

В результате реализации алгоритма формируются данные об объемах лесовосстановительных мероприятий, об изменении таксационных параметров выделов. Перечисленная информация используется для проведения экономических расчетов (модуль экономических расчетов) и для корректировки входной информации прогнозного модуля информационного комплекса.

2.7. Лесокультурные мероприятия: блок имитации проведения лесокультурных мероприятий

Алгоритмы, моделирующие лесокультурные мероприятия, были разработаны на основе нормативных документов Рослесхоза [65, 70]. При этом были учтены все этапы лесокультурных мероприятий (подготовка участка под лесные культуры, подготовка почвы и т.д.). В основу алгоритма положены следующие значения ведущего параметра: первоначальная густота культур, создаваемых посадкой саженцев, задается равной 4 тыс., на сухих почвах - 6 тыс., для культур дуба (на вырубках с естественным возобновлением хозяйственно ценных сопутствующих пород) - 2,5 тыс. посадочных мест на 1 га. При создании культур методом посева число посевных мест увеличивается на 20%. При наличии подроста и самосева хозяйственно ценных пород число посадочных мест уменьшается на 10-15 % [65].

Таким образом, составными частями модуля лесовосстановления являются (в последовательности потока данных): блок отбора выделов в лесовосстановительные мероприятия, блок определения объемов лесокультурных мероприятий и мер содействия естественному лесовозобновлению, блок моделирования лесокультурных работ и работ по содействию естественному возобновлению. Далее происходит коррекция данных для прогнозного модуля согласно проведенным мероприятиям, расчет экономических и трудовых затрат на проведение лесовосстановительных мероприятий и, при подключении модуля оптимизации, - моделирование оптимизации работ по лесовосстановлению.

6.2.8. Блок оптимизации лесохозяйственной деятельности

Алгоритм проведения экономических расчетов

Предназначен для расчета затрат трудовых, материально-технических и финансовых средств при проведении лесохозяйственных и лесокультурных

мероприятий. Действие алгоритма осуществляется на основании данных о нормативах применения вышеуказанных затрат на проведение этих мероприятий, а также объемов мероприятий, определенных в результате имитации лесоустойчивого проектирования (отбор выделов в лесохозяйственные и лесокультурные мероприятия) применительно к моделированию динамики пространственного развития разновозрастного многовидового древостоя либо непосредственно при лесоустойчивом проектировании.

При реализации алгоритма используется следующий перечень массивов информации, сформированных как выходные сообщения из следующих блоков информационного комплекса (рис. 6.12):

- нормативно-справочная информация о затратах трудовых, материально-технических и финансовых средств при проведении лесохозяйственных мероприятий, лесокультурных мероприятий, составляющая отдельные справочные базы данных информационного комплекса;
- информация блока расчета объемов лесохозяйственных и лесокультурных работ, основанная на данных прогнозного модуля и блока отбора выделов в лесохозяйственные и лесокультурные мероприятия.

Производится отбор площадей, для которых намечены лесохозяйственные и лесокультурные мероприятия, рассчитываются нормативные объемы этих мероприятий, затем из массива нормативно-справочной информации о затратах трудовых, материально-технических и финансовых средств выбираются необходимые для намеченных мероприятий нормативы, и перемножением этих отобранных чисел осуществляется определение затрат трудовых, материально-технических и финансовых средств, необходимых для проведения намеченных объемов лесохозяйственных и лесокультурных мероприятий.

В результате реализации алгоритма формируется массив информации, состоящей из данных по затратам трудовых, материально-технических и финансовых средств, необходимых для проведения намеченных объемов лесохозяйственных и лесокультурных мероприятий.

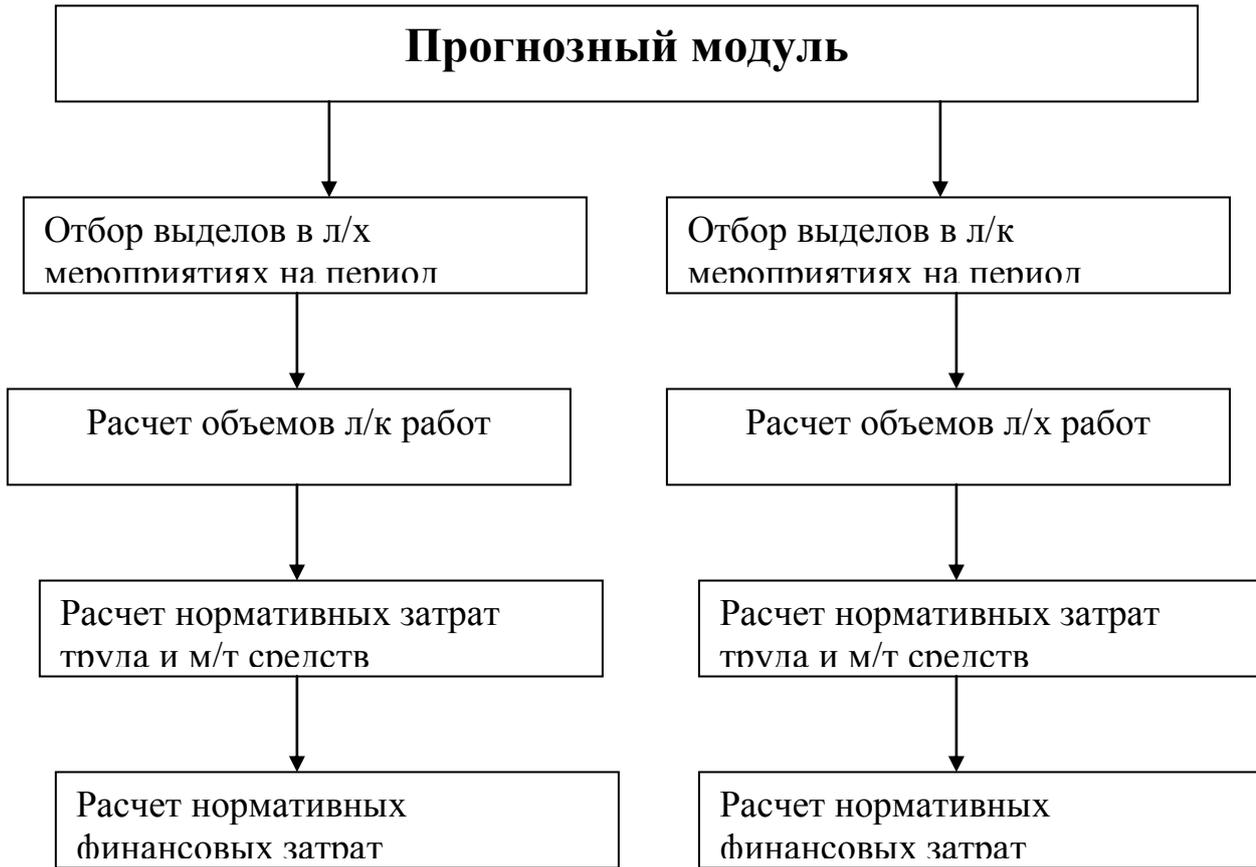


Рис. 6.12. Схема движения информации для экономических расчетов

Результаты расчета по алгоритму могут использоваться как непосредственно, так и как входные данные при проведении вычислений в блоке оптимизационных расчетов.

Алгоритм проведения оптимизационных расчетов

Предназначен для автоматизированной пошаговой оптимизации проведения лесохозяйственных и лесокультурных работ, объемы которых получены при лесоустроительном проектировании либо при моделировании динамики пространственного развития разновозрастного многовидового древостоя.

Действие алгоритма осуществляется на основании данных по выделной информации той территории, для которой намечаются лесохозяйственные и лесокультурные мероприятия, объемов этих мероприятий, а также данных о необходимых затратах труда, материально-технических и финансовых средств.

Результаты расчетов по алгоритму могут использоваться как входные данные при проведении вычислений в специализированном комплексе программ "Лесной массив", а также непосредственно как выходные данные, необходимые при планировании работ в лесхозе.

При реализации алгоритма используется следующий перечень

информации (рис. 6.13):

- учетная повидельная информация, сформированная из лесоустроительного проекта;
- повидельная информация, основанная на данных прогнозного модуля и блока отбора выделов в лесохозяйственные и лесокультурные мероприятия;
- нормативно-справочная информация о затратах трудовых, материально-технических и финансовых средств, необходимых для проведения намеченных объемов лесохозяйственных и лесокультурных мероприятий.

Производится отбор площадей, для которых намечены лесохозяйственные и лесокультурные мероприятия, приводятся объемы этих мероприятий, затем из массива нормативно-справочной информации о затратах трудовых, материально-технических и финансовых средств выбираются нормативы для намеченных мероприятий и, наконец, путем использования модели оптимизации, описанной ниже, происходит определение объемов лесохозяйственных и лесокультурных мероприятий, распределенных наиболее рациональным образом по сезонам и годам рассматриваемого периода при полном использовании имеющихся в хозяйстве трудовых, материально-технических и финансовых средств.

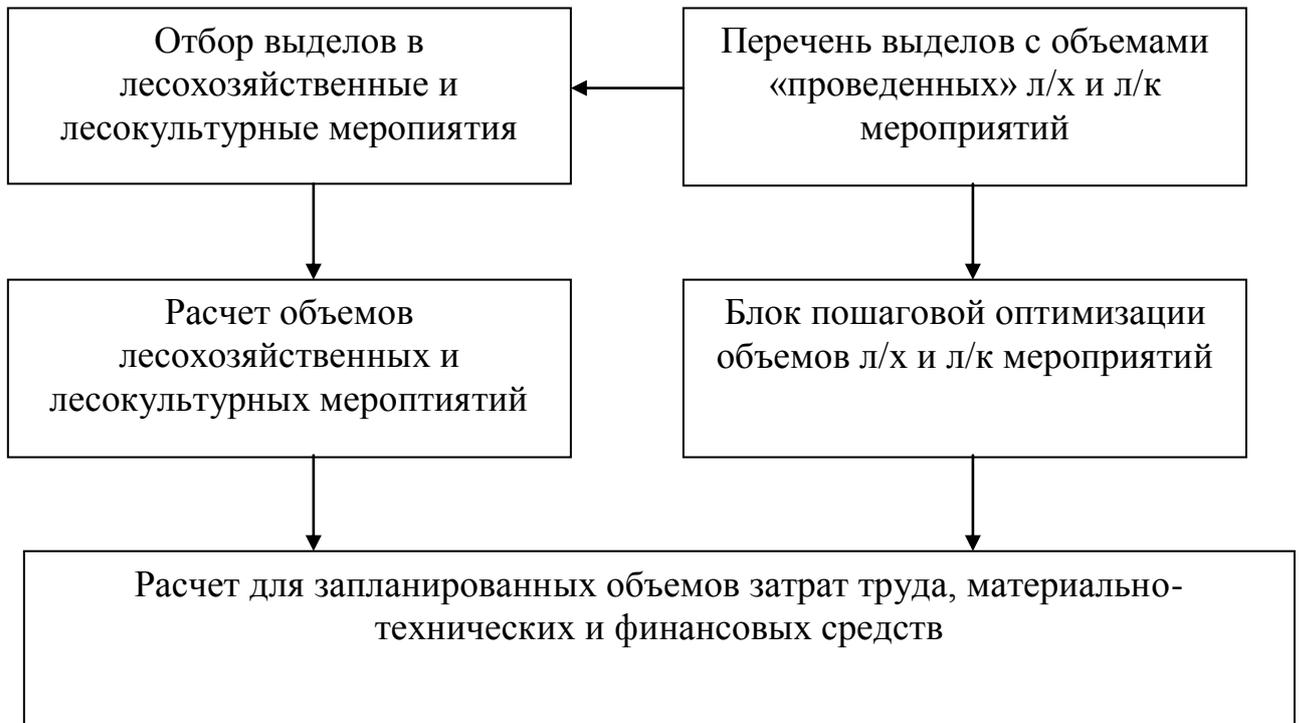


Рис. 6.13. Схема движения информации при оптимизационных расчетах

В результате реализации алгоритма формируется массив информации, который состоит из набора повидельной информации об объемах лесохозяйственных и лесокультурных мероприятий, распределенных по сезонам и годам проектируемого периода, а также исходных данных, требуемых для дальнейшей работы комплекса программ "Лесной массив".

6.2.9. Модель оптимизации ведения лесного хозяйства

Стратегическая задача лесного хозяйства заключается в максимальном использовании потенциальной производительности почв и климата за счет формирования насаждений из пород, наиболее полно отвечающих природе леса, почвенным условиям и потребностям экономики, а также в проведении мероприятий, способствующих повышению продуктивности лесов и их сохранению: лесоосушительная мелиорация, внесение удобрений, рубки ухода (прореживания и проходные), охрана леса и защита леса.

Вопрос о фактической (природной) и потенциальной продуктивности лесных площадей поднимался многими авторами. Исследования показали, что рациональное распределение тех или иных пород по соответствующим им почвенно-растительным условиям может привести к значительному увеличению продуктивности.

В связи с большой длительностью процесса воспроизводства лесов особое значение приобретает точное определение конечного результата и путей его достижения при наименьших затратах труда, времени и средств.

Зная потенциальную продуктивность леса в предельном состоянии, можно моделировать пути достижения этой цели, решив несколько задач:

- 1) задать темпы достижения и рассчитать оптимальные траектории с необходимым количеством средств при рациональности их использования;
- 2) рассчитать темпы достижения при сложившихся традициях выделения средств;
- 3) рассчитать как темпы, так и необходимые для этого ресурсы, при наличии ограничений на их общие величины с учетом реальных изменений.

При всех этих расчетах необходимо иметь в виду некоторую неопределенность, связанную с изменениями предельного состояния за счет достижений, вносимых научно-техническим прогрессом за длительный период роста древостоев, а также с колебаниями природно-климатических факторов, изменяющих прирост древостоев до 20-30%.

Рассмотрим сначала схему моделирования этого процесса. Для каждого типа условий местопроизрастания с учетом характеристик климата (Воробьев, 1972) определяются оптимальные составы и оптимальная плотность древостоев в зависимости от возраста. Затем определяется, какие достижения научно-технического прогресса на современном этапе и в каких пропорциях (минеральные удобрения, мероприятия лесоосушительной мелиорации и т. п.) могут быть использованы для повышения продуктивности лесов и как это повлияет на параметры, полученные на предыдущем шаге. Определяются также затраты трудовых, материальных и финансовых средств на проведение этих мероприятий.

На последнем этапе сравниваются по выделам составы и плотности древостоев с эталонными, а затем определяется, какими управляющими воздействиями можно привести существующее состояние в желаемое. Определяются необходимые затраты всех средств.

При долгосрочном планировании следует учитывать возможности как положительного влияния достижений НТР (удобрения, арборициды и т. д.),

так и отрицательных воздействий на существующие насаждения (пожары, вредители и т. п.).

Каждый тип условий местопроизрастания с учетом климата характеризуется своим набором ресурсов солнечной радиации, тепла, воды, почвенных питательных элементов. Ресурсы солнечной радиации, тепла, воды подвержены от года к году определенным колебаниям, причем колебания ресурсов солнечной радиации и воды зачастую находятся в противофазе.

Для того чтобы определить состав насаждения, наилучшим образом использующий биопотенциал условий местопроизрастания, можно воспользоваться методами линейного математического программирования.

Если исходить из конечного результата, надо взять показатели насаждения в возрасте количественной спелости и для него определить оптимальный состав, дающий наивысшую продуктивность или выполняющий наилучшим образом какую-либо специфическую функцию (водорегулирующую, полезащитную, рекреационную и т.п.). Поскольку следует учесть случайные колебания некоторых ресурсов, то наиболее адекватно этот процесс следует моделировать, используя стохастическое программирование. Тогда можно записать математическую модель в следующем виде.

Найти максимум математического ожидания целевой функции

$$M\left(\sum_{j=1}^n c_j * x_j\right) \Rightarrow \max ;$$

При условиях:

1) использования имеющихся природных ресурсов

$$M\left(\sum_{j=1}^n a_{pj} * x_j\right) \leq b_p ;$$

2) выполнения предъявляемых к насаждениям требований

$$M\left(\sum_{j=1}^n a_{kj} * x_j\right) \geq b_k ;$$

3) неотрицательности переменных

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, n,$$

где C_j - прирост или другая специфическая функция j -й породы в возрасте количественной спелости;

a_{pj} - норма потребности j -й породы в p -м ресурсе;

b_p - количество имеющихся p -х ресурсов;

a_{kj} - нормы требуемых от насаждения дополнительных специфических функций;

b_k - оценки требований к этим функциям; x_j - доля участия j -й

породы в данных условиях местопроизрастания.

После того как сделан выбор главных пород, необходимо провести выбор и сочетание мероприятий, которые направлены на обеспечение лесовозобновления и выращивания древостоев в соответствии с этим выбором: содействие естественному возобновлению, сохранение подроста, лесных культур, рубки ухода в молодняках, химический уход и реконструкция молодняков.

Максимальный объем мероприятий устанавливается во время проведения инвентаризации леса на основе лесохозяйственных требований и условий. Так, максимальный объем рубок ухода устанавливается согласно "Наставлению по рубкам ухода", мелиоративный фонд -согласно "Техническим указаниям по осушению лесных площадей" и т. д. Обычно мероприятия проводятся в меньших объемах, чем это установлено лесоводственными требованиями. Реальный объем зависит от наличия материально-технических, трудовых и финансовых ресурсов, а также определяется имеющейся дорожной сетью. Объемы мероприятий связаны с размером лесопользования, поскольку оно определяет площади вырубок и последующие мероприятия по лесовосстановлению.

Структура лесного фонда лесохозяйственного предприятия характеризуется распределением площадей по категориям земель, породной и возрастной структурой и средними запасами древостоев по классам возраста на 1 га.

Первичной единицей, по которой приводятся таксационные данные, является выдел. При расчетах объемов мероприятий выделы объединяются в группы - хозсекции. Используемые теперь хозсекции меняются почти при каждом лесоустройстве, хотя расчеты ведутся на длительную перспективу.

Ход естественного возобновления различается по группам типов леса, то же относится к выбору способов рубок. С группой типов леса тесно связан класс пожарной опасности, аналогично осушение и строительство дорог. Группы типов леса: сухие, нормального увлажнения, избыточного увлажнения.

Рубки ухода проводятся обычно в зеленомошной группе типов леса и не ведутся в группе типов сухих и заболоченных.

Назначение и цели хозяйства существенно различаются по категориям лесов, то же относится и к лесопользованию:

- в курортных и заповедных лесах, парках, лесопарковых хозяйствах зеленых зон, особо ценных массивах, в госполосах, в кедровниках - орехопромысловых зонах - главное пользование не допускается;
- в защитных полосах вдоль железных и шоссейных дорог и в полосах вдоль нерестовых рек разрешены только выборочные лесовосстановительные рубки, их обоснование диктуется в основном лесохозяйственными рекомендациями, а не экономическими расчетами, в остальных категориях лесов допускаются рубки главного пользования.

Без достаточно разветвленной сети дорог в лесу невозможно проведение различных лесохозяйственных мероприятий. Поэтому расчет

протяженности новой сети дорог необходимо вести исходя из объемов лесохозяйственных мероприятий. Нормативная длина дорог получится, если на всей площади предприятия построить дороги, исходя из нормы 1,2 км/100га общей площади. Протяженность дорог, необходимых для проведения всех мероприятий одновременно, равна сумме значений протяженности дорог, вычисленных отдельно для каждого мероприятия, за вычетом суммы отрезков дорог, являющихся общими и умноженными на п-1. Оптимальное размещение дорог на местности следует делать, используя схему транспортной задачи, сочетая с возможностями, предоставляемыми ГИС.

При определении объемов мероприятий по лесовосстановлению необходимо знать обязательный объем рубок ухода в смешанных молодняках, где в процессе последующего роста произойдет с неизбежностью нежелательная смена хвойно-лиственных на лиственные древостой.

Таблица 6.4

Вероятность смены пород в зависимости от коэффициента состава и класса возраста

| Преобладающая порода | Коэффициент состава | Процент площадей, где произойдет смена пород лиственными | | | |
|----------------------|---------------------|--|-----------|-------------------|-----------|
| | | I класс возраста | | II класс возраста | |
| | | за 10 лет | за 20 лет | за 10 лет | за 20 лет |
| Ель | 3 | 60 | 90 | 80 | 95 |
| | 4 | 40 | 28 | 35 | 40 |
| | 5 | 25 | 15 | 22 | 25 |
| | 6 | 14 | 4 | 12 | 15 |
| | 7 | 7 | 1 | 5 | 3 |
| Сосна | 3 | 50 | 65 | 68 | 80 |
| | 4 | 27 | 45 | 15 | 35 |
| | 5 | 15 | 22 | 9 | 20 |
| | 6 | 8 | 11 | 5 | 10 |
| | 7 | 4 | 7 | 3 | 5 |

Из табл. 6.4 видно, что с наибольшей интенсивностью смена пород происходит в хвойно-лиственных молодняках с наличием хвойных пород 3 единицы состава. Таким образом, получив варианты состояния лесного фонда для каждого предприятия лесного хозяйства с характерными для них величинами прироста древесины, а также необходимыми в каждом варианте затратами материальных, трудовых и финансовых средств, можно в масштабе области определить оптимальные объемы проведения лесокультурных и лесохозяйственных работ при ограничении на ресурсы этих средств.

Для решения этих вопросов ввиду длительности процессов изменения

лесного фонда и неопределенности многих факторов целесообразно применение стохастических М-моделей с вероятностными ограничениями. При этом следует отметить, что в лесном хозяйстве не надо использовать целочисленное программирование, так как любой вариант изменения состояния лесного фонда может быть осуществлен не на всей территории, а только на какой-то части.

Найти максимум математического ожидания целевой функции

$$M \left(\sum_{k=1}^n \sum_{s=1}^{\ln} c_{ks} * x_{ks} \right) \Rightarrow \max$$

при выполнении условий:

1) по удовлетворению потребностей экономики в лесной продукции

$$P \left(\sum_{k=1}^n \sum_{s=1}^{\ln} a_{rks} * x_{ks} \geq b_r \right) \geq a_r, r, R;$$

2) по распределению лимитированных ресурсов

$$P \left(\sum_{k=1}^n \sum_{s=1}^{\ln} a_{iks} * x_{ks} \geq L_i \right) \geq a_i, i, I_i;$$

3) по использованию других ресурсов

$$P \left(\sum_{s=1}^{\ln} a_{iks} * x_{ks} \geq b_{ik} \right) \geq a_i, i, I - I_1, k, K;$$

4) неотрицательных переменных

$$x_{ks} \geq 0, k, K, s, S,$$

где x_{ks} - доля использования s-го варианта в k-м участке;

a_{rks} - объем получения r-го вида лесной продукции в k-м участке при s-м варианте;

b_r - потребности экономики в r-м виде лесной продукции;

a_{iks} - норма затрат i-го ресурса на проведение s-го варианта в k-м участке;

L_i - объем i-го вида лимитированных ресурсов;

b_{ik} - объем i-го вида ресурсов в k-м участке;

I - множество всех ресурсов;

I_i - множество лимитированных ресурсов;

R - множество видов лесной продукции;

a_1, a_i - заданные вероятности соблюдения ограничений по удовлетворению потребностей и наличию ресурсов;

C_{ks} - чистый доход от проведения 5-го варианта в к-м участке.

При выборе между конкурирующими вариантами важно, чтобы полученные доходы были сопоставимы, а поскольку их получение относится к разным моментам времени в будущем, то их нужно привести к одному моменту; это же относится и к затратам на проведение этих вариантов. Для их проведения воспользуемся дисконтированием затрат с помощью неизменной нормы эффективности вложений. Тогда чистый доход будет определяться следующей формулой

$$C_{ks} = \sum_{t=u}^{T_{ks}} \frac{D_{ks}^t}{(1+E)^{t-u}} - \sum_{t=u}^{T_{ks}} \frac{Z_{ks}^t}{(1+E)^{t-u}},$$

Где D_{ks}^s - доход, полученный от реализации s-го варианта в к-м участке в t-м году;

Z_{ks}^t - затраты на проведение s-го варианта в к-м регионе в t-м году;

E - норма эффективности вложений; u - год, к которому приводится значение показателя; t - рассматриваемый год;

T_{ks} - время, в течение которого будет получен эффект от проведения s-го варианта в к-м участке.

Таким образом, оперируя лимитированными ресурсами, можно задавать темпы развития и в соответствии с моделью получать показатели основных пропорций развития.

Для функционирования описанных моделей в рамках экспертной системы необходимы экономическая характеристика лесохозяйственного предприятия, таблицы перехода хозсекций из одной в другую под воздействием мероприятий, способы рубок, средний процент выборки запаса по видам рубок в разрезе хозсекций и процент восстановления площади хозяйственно ценными породами, дополнительный годичный прирост древостоев по ступеням возраста, удельные капитальные вложения, товарные таблицы, таксы на древесину основных лесных пород.

6.2.10. Верификация работы модели

Развитие двухвидового елово-березового насаждения

В качестве исходных данных использовались ТХР чистых березовых и еловых насаждений. Верификацией работы модели послужило сравнение полученных в результате моделирования ТХР роста насаждений с ТХР смешанных елово-березовых насаждений (Козловский, Павлов, 1967).

Развитие смешанных насаждений имеет свою специфику. В приведенном случае соотношения пород быстрорастущая береза на начальном этапе развития вытесняет ель во второй ярус. Ель развивается в условиях светового угнетения и поэтому темпы роста в высоту у нее

замедленные. К возрасту старения березы (60-80 лет) естественный отпад деревьев этой породы усиливается, и ель получает существенно больше светового довольствия. В результате темпы ее роста увеличиваются. Ель изменяет свой бонитет от 3 в 30 лет до 1 к 100 годам (с тенденцией дальнейшего роста бонитета).

На рис. 6.14 показаны зависимости средней высоты и возраста ели в смешанном насаждении, взятые из ТХР и полученные в процессе моделирования. Ошибка оценки средней высоты составляет менее 5 %, что показывает высокую точность работы модели.

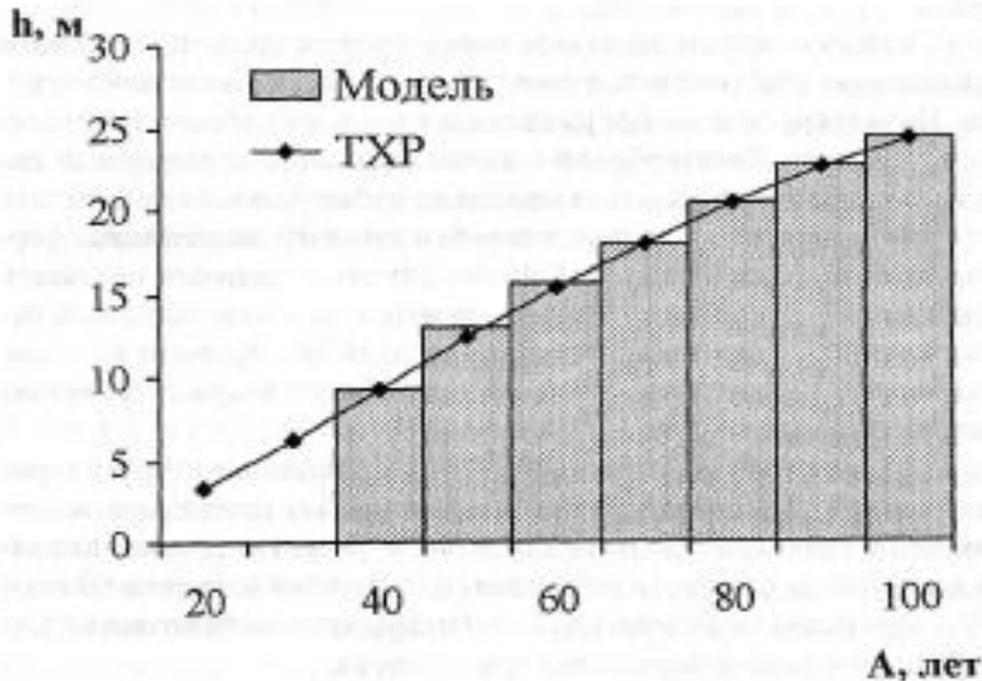


Рис. 6.14. Соотношение результатов работы модели и данных ТХР для смешанных насаждений

Эксперимент по лесохозяйственным воздействиям

Связан с имитацией в ходе моделирования различных видов лесохозяйственных воздействий. Модельным объектом для проведения вычислительного эксперимента было выбрано 60-летнее березовое насаждение с формулой древостоя 9Б 1Д и дубово-липовым подростом (7Лп 3Д). Типусловий местопроизрастания СЗ, биологические бонитеты: дуба -1, березы - 1а, липы -1.

Моделирование двух вариантов внешних воздействий:

- 1) отсутствие внешних воздействий - равномерное естественное изреживание древесных пород;
- 2) проведение рубок ухода (с преимущественным удалением березы и липы в 1 ярусе и в подросте). При отсутствии внешних воздействий соотношение древесных видов в первом ярусе насаждения через 4 шага моделирования (40 лет) не изменилось, в подросте немного увеличилась доля липы. При моделировании проведения рубок ухода (второй вариант воздействий) состав первого яруса изменился слабо (немного увеличилась доля дуба), в то время как в подросте произошли коренные изменения

состава древесных пород.

С каждым шагом моделирования происходило постепенное уменьшение участия липы и увеличение доли дуба в составе подроста. На четвертом шаге сформировался подрост с абсолютным господством дуба. Таким образом, вычислительный эксперимент показывает перспективность проведения рубок ухода за подростом, которые позволяют до проведения рубки главного пользования сформировать молодое поколение необходимого породного состава и исключить в будущем затраты на проведение лесокультурных мероприятий. В то же время вычислительный эксперимент показал, что уход за 1 ярусом в насаждениях подобного возраста и состава мало перспективен.

Как видно из результатов, полученных в процессе второго варианта, дуб развивается недостаточно быстро. Так при заданном первом биологическом бонитете для дуба его развитие происходит замедленно из-за светового угнетения (полученный бонитет в 60 лет -3.99). Это позволяет сделать вывод о недостаточности интенсивности удаления особей березы из первого яруса.

Результаты вычислительных экспериментов модели показали, что модель достаточно адекватно описывает реальные процессы в древостоях. С помощью моделирования можно составить прогноз основных характеристик древостоя каждого таксационного выдела (по каждому виду и классу возраста), а также получить прогнозный план насаждений. Участие комплекса программ "Лесной массив" в разрабатываемой информационной системе по лесным ресурсам позволяет получить прогноз динамики основных лесобразующих пород в лесных экосистемах большой площади, проанализировать сукцессионные процессы в лесах разной степени нарушенности, изучить изменение структуры лесных ценозов под воздействием антропогенных факторов различной интенсивности, в том числе провести сравнительный анализ альтернативных вариантов лесохозяйственных мероприятий, построить таблицы хода роста многовидовых насаждений, используя законы развития чистых насаждений

Возобновление древесных видов

Выше были проанализированы изменения запасов древесины различных древесных пород на разных шагах моделирования при разных сценариях лесохозяйственных мероприятий. В настоящем разделе основное внимание уделяется анализу возобновления древесных пород на разных шагах моделирования.

Для анализа возобновления были выбраны два варианта насаждений, различающихся уровнем освещенности под пологом: березняки (относительно светлый лес) и липняки (относительно темный лес). При этом выбирались насаждения с долей участия березы или липы в формуле древостоя больше 6 единиц и полнотой большей 0,7. Для анализа выбран вариант моделирования без лесохозяйственных воздействий. Оценка возобновления проводилась на 0,1, 5 и 10 шагах моделирования.

В исходном состоянии (0 шаг) подрост полностью отсутствует под

пологом липовых насаждений, а в березняках в подросте присутствуют 5 видов. Усредненный состав подроста всех возрастов -5.3Лп4.5Ос 1.3Д Ш0.8Б, подроста старше 20 лет-5Лп3.3Е 1.7Б. На 1 и последующих шагах моделирования подрост появляется как под пологом липовых, так и под пологом березовых насаждений, что не соответствует реальным ситуациям приживания семян под пологом березняков и липняков. В настоящей модели реализуется равномерный семенной "дождь", при котором одинаково успешно распространяются и прорастают семена всех моделируемых видов. При этом наблюдается высокое видовое разнообразие подроста. Подавляющая часть подроста не выживает более 10 лет и отмирает на следующих шагах моделирования. В связи с этим, более четкую картину можно получить лишь при анализе подроста старше 20 лет

Под пологом березняков на 1 шаге резко доминирует липовый подрост, а на 5 и 10 шагах резко увеличивается доля березового подроста, остальные виды (Яс, Е, Лп) сохраняют лишь незначительное участие.

Как известно, отношение древесных пород к свету видоспецифично и изменяется в ходе онтогенеза дерева. В модели предусмотрена возможность изменять характеристики световых кривых фотосинтеза (точки насыщения, точки компенсации) для каждой из 11 моделируемых пород в разных онтогенетических состояниях.

Полученные в ходе вычислительных экспериментов данные о резком доминировании березового подроста в моделируемых насаждениях свидетельствуют об использовании в модели недостаточно выверенных характеристик отношения к свету березы и других мелколиственных пород. Для проверки модели были изменены характеристики световых кривых фотосинтеза мелколиственных пород и заново просчитано 10 шагов.

В результате изменения параметров настройки модели (отношение древесных пород к свету) изменился и характер полученных данных по возобновлению древесных пород. Данные численных экспериментов с уточненными параметрами настройки модели показали, что под темным пологом липовых насаждений подрост либо отсутствует (1,10 шаги), либо представлен лишь наиболее теневыносливыми породами (липа, ясень) на 5 шаге. В светлых березовых насаждениях состав подроста более разнообразен, возобновляются липа, ель, ясень, береза, дуб. Полученные данные соответствуют экспертным прогнозам возобновления в березовых и липовых древостоях. Этот пример показывает возможность настройки параметров модели по конкретным данным и необходимость дальнейшего уточнения видоспецифичных характеристик древесных пород, особенно по отношению к освещенности.

Включение в моделирование кустарникового яруса

Вторым аспектом уточнения работы имитационной модели "Лесной массив" по возобновлению древесных пород было включение в моделирование кустарникового яруса, оказывающего существенное влияние

на возобновление древесных пород. Для его моделирования был собран полевой материал по основному эдификатору кустарникового яруса - лещине обыкновенной. По материалам полевых исследований составлены предварительные таблицы хода роста, включающие несколько биометрических параметров лещины (высота, диаметр кроны, высота прикрепления кроны) в разных условиях роста (под пологом светлого мелколиственного леса, под пологом липового леса, на вырубках). На основании полученных данных была построена локальная модель динамики изменения средних высот лещины, а также высот и диаметров ее кроны.

6.2.11. Моделирование динамики древостоев с имитацией различных видов лесохозяйственных воздействий

Моделировалось три варианта внешних воздействий:

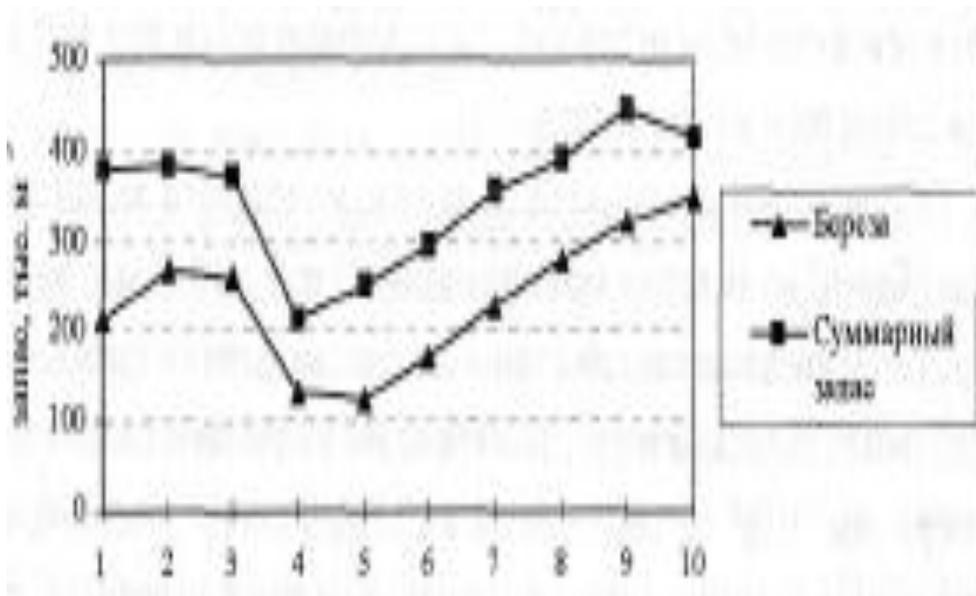
- 1) без проведения каких-либо рубок (моделируется лишь естественное самоизреживание и естественный распад древостоев);
- 2) только с рубками главного пользования (имитируются сплошные рубки при достижении древостоем возраста спелости);
- 3) с рубками ухода и рубками главного пользования (имитируются основные виды рубок ухода и сплошные рубки при достижении древостоем возраста спелости).

Получены поведельные базы данных модельного лесного массива "Горки" на 10 шагов моделирования (1 шаг = 10 годам) по трем вариантам внешних воздействий. Полученные данные требуют специального анализа, который был проведен с помощью специальной программы "Itog", реализованной в СУБД "FoxPro", рассчитаны и проанализированы суммарные запасы древостоев по породам, суммарные запасы древостоев в лесном массиве, объем удаляемой древесины на каждом шаге моделирования.

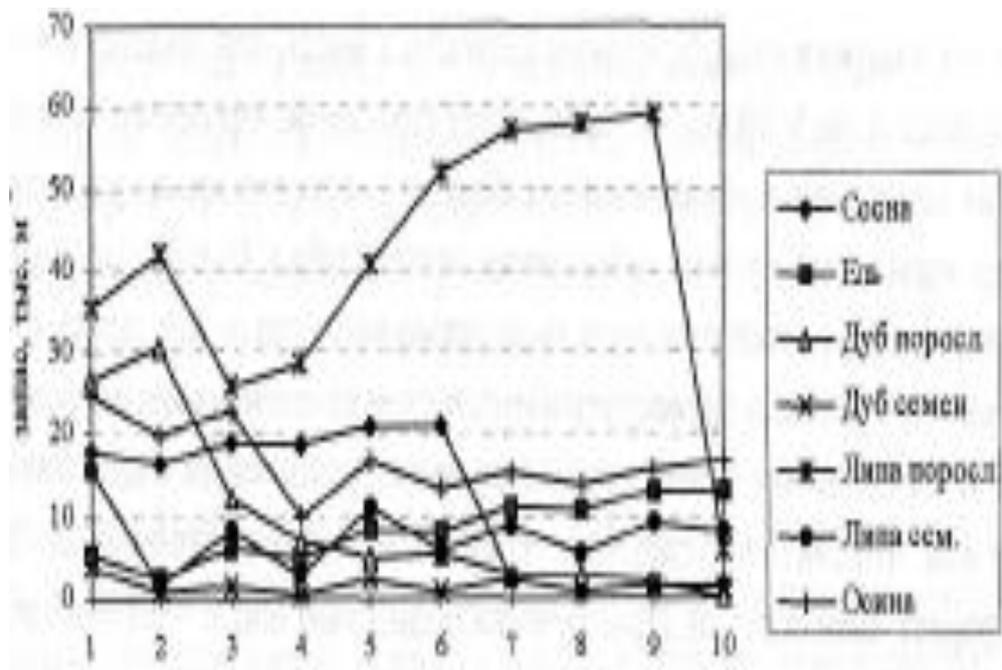
Для первого варианта (рис. 6.15) на 4 шаге моделирования (через 40 лет) произошло резкое уменьшение общего запаса древостоев в результате массового распада одновозрастных березовых древостоев, достигших к этому времени предельного возраста. Однако после 7 шага моделирования запас березовых древостоев восстанавливается и в последующем (на 9-10 шагах) превышает исходный, что связано с активным семенным возобновлением березы и естественным развитием березовых насаждений. Запас порослевого дуба к 10 шагу моделирования плавно уменьшается и полностью исчезает в результате естественного распада древостоев и отсутствия естественного порослевого возобновления. Запас семенного дуба держится на очень низком уровне, что связано с сильным угнетением подростка этой породы быстрорастущей березой. Практически полностью после 7 шага моделирования исчезает сосна, изначально представленная только в культурах. Это связано с отмиранием существующих древостоев сосны и с отсутствием естественного возобновления в условиях жесткой конкуренции с подростом березы и широколиственных пород. На 9 шаге моделирования произошел массовый распад порослевых липовых древостоев, в то же время наблюдается небольшое плавное увеличение запаса семенной липы и ели -

древесных пород, способных нормально

Вариант без рубок



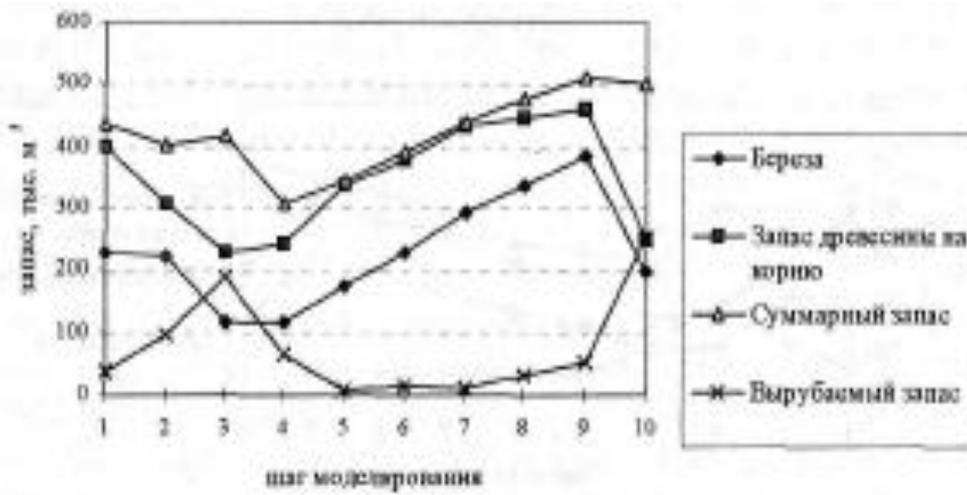
Вариант без рубок



шаг моделирования

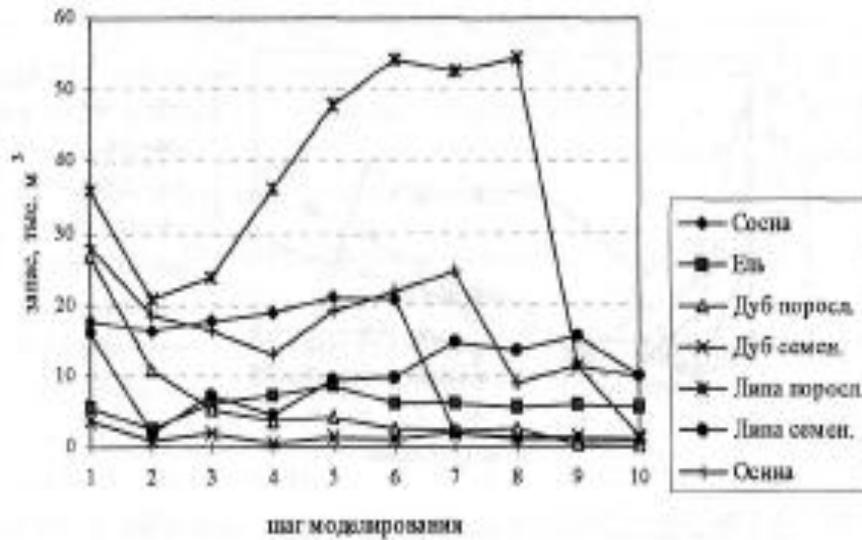
Рис. 6.15. Изменение запасов древесных пород по шагам моделирования без влияния рубок

Рубки главного пользования



шаг моделирования

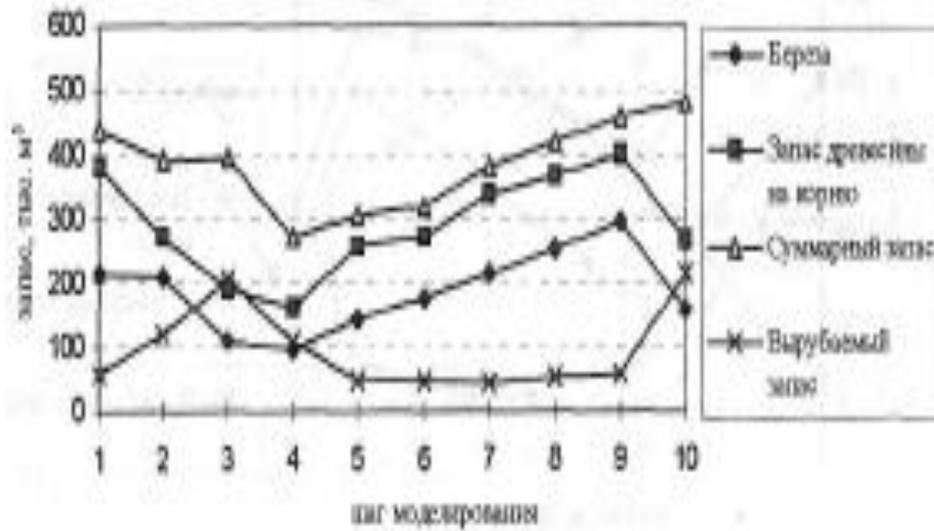
Рубки главного пользования



4 5 6 7 шаг моделирования

Рис. 6.16. Изменение запасов древостоев по шагам моделирования: вариант с имитацией сплошных рубок главного пользования (без рубок ухода)

Вариант с рубками ухода



шаг моделирования Вариант с рубками ухода

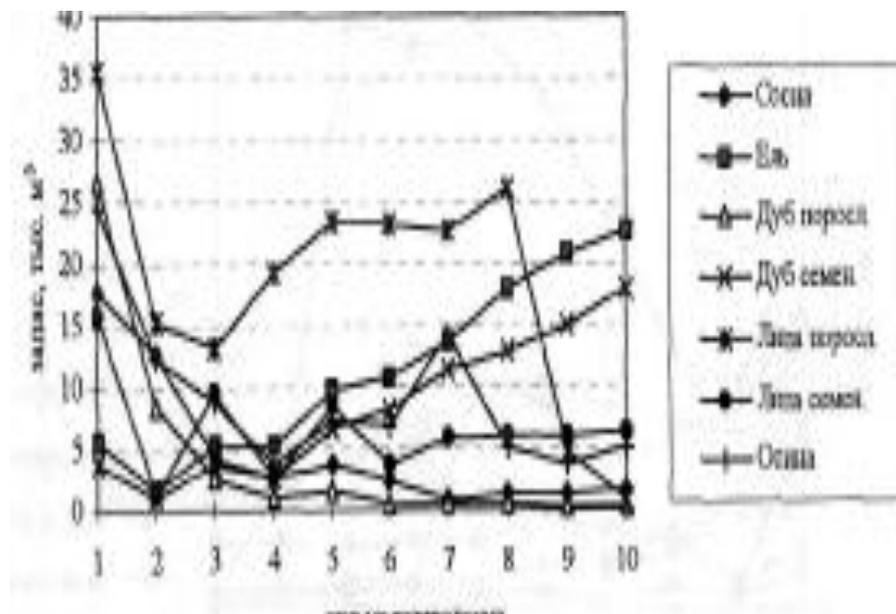


Рис. 6.17. Изменение запасов древостоев по шагам моделирования: вариант с имитацией рубок главного пользования и рубок ухода

развиваться под пологом березы. Что касается осины, то после 5 шага моделирования запас этой породы вышел на плато.

Для второго варианта моделирования (имитация сплошных рубок) динамика изменения запаса древесины на корню также тесно связана с динамикой изменения запаса березовых древостоев (рис. 6.16). Для этого варианта моделирования резкое падение запаса березы происходит на 3 шаге,

что на 1 шаг раньше, чем в первом варианте. Это связано со сплошной рубкой березовых древостоев, достигших возраста спелости. Кроме того, падение запаса березы отмечено на 10 шаге моделирования, что также связано с проведением сплошных рубок спелых березовых древостоев. Значительны колебания запасов другого пионерного вида - осины. Резкое возрастание участия осины на 5-7 шаге моделирования произошло после проведения массивованных сплошных рубок на 3 шаге моделирования. Доля ценных пород (семенного дуба и ели) при таком режиме хозяйственного использования остается на очень низком уровне.

Третий вариант моделирования отличается имитацией рубок ухода (рис. 6.17). Основным отличием этого варианта от предыдущих является плавное возрастание доли ценных пород (семенного дуба и ели) в составе древостоев, начиная с 3 шага. Следует отметить, что при проведении рубок ухода запасы березы и осины находятся на более низких уровнях, чем в первых двух вариантах моделирования. Кроме того, регулярное проведение рубок ухода позволяет обеспечить постоянный объем вырубаемой древесины не менее 50 тыс. кубм за каждый шаг моделирования.

6.2.12. Оптимизационные расчеты объемов лесохозяйственных мероприятий

В результате функционирования комплекса программ "Лесной массив" имеем таксационные показатели на выделах через каждые 10 лет, а также объемы лесохозяйственных и лесокультурных мероприятий, определенные по лесоводственным требованиям. На основании этих данных определяем на каждом 10-летнем шаге необходимые для проведения этих мероприятий затраты трудовых, материально-технических и финансовых средств. Помимо этого получены с помощью оптимизационных моделей последовательно по годам и сезонам объемы этих работ, определенные с учетом ограничений трудовых и материально-технических ресурсов.

В начальный период для Коробовского лесопарка в результате проведения лесоустройства имеем следующие объемы лесохозяйственных мероприятий (табл. 6.5).

Таблица 6.5

Объемы лесохозяйственных мероприятий на 1992-1999гг. по материалам лесоустройства

| Наименование вида работ | Объемы, м3 |
|-------------------------|------------|
| Осветление | 2 |
| Прочистка | 7 |
| Прореживание | 440 |
| Проходные | 812 |
| Рубки переформирования | 1395 |
| Санитарные рубки | 1057 |

После проведения поэтапных оптимизационных расчетов с учетом

ограничений трудовых и материально-технических средств получены следующие объемы работ (табл. 6.6). В результате проведения расчетов по комплексу программ "Лесной массив" получены объемы лесохозяйственных мероприятий на период 2000-2009 гг (табл. 6.7).

Распределение объемов лесохозяйственных работ

Таблица 6.6

| Наименование вида работ | 1992 г. зима | 1992г. лето | 1993 г. зима |
|-------------------------|--------------|-------------|--------------|
| Осветление | 2 | | |
| Прочистка | | 7 | |
| Прореживание | | 440 | |
| Проходные | 812 | | |
| Рубки перестройки | 400 | 400 | 595 |
| Санитарные рубки | 787 | 270 | |

Таблица 6.7

Объемы лесохозяйственных мероприятий на 2000-2009 гг. по модели "Лесной массив"

| Наименование вида работ | Объемы, м3 |
|-------------------------|------------|
| Осветление | 127 |
| Прочистка | 1422 |
| Прореживание | 226 |
| Проходные | 6115 |
| Рубки перестройки | 16410 |
| Санитарные рубки | 4000 |

В результате проведения поэтапных оптимизационных расчетов с учетом ограничений трудовых и материально-технических средств получены следующие объемы работ (табл. 6.8).

Таблица 6.8

Распределение объемов лесохозяйственных работ по периодам

| Периоды | Осветление | Прочистки | Прореживание | Проходные | Рубки перестройки | Санитарные |
|---------------|------------|-----------|--------------|-----------|-------------------|------------|
| 2000г. (зима) | 127 | | | 1806 | 400 | |
| 2000г.(лето) | | 663 | | 2209 | 400 | 1000 |
| 2001г.(зима) | | | 50 | 1707 | 400 | |
| 2001г.(лето) | | 663 | 50 | 393 | 1680 | 1000 |
| 2002г.(зима) | | | 50 | | 789 | 1000 |
| 2002г.(лето) | | 96 | 50 | | 2400 | 1000 |

| | | | | | | |
|--------------|--|--|----|--|------|--|
| 2003г.(зима) | | | 26 | | 1817 | |
| 2003г.(лето) | | | | | 3356 | |
| 2004г.(зима) | | | | | 1849 | |
| 2004г(лето) | | | | | 3319 | |

Таким образом, применение оптимизационных моделей дает возможность наиболее рационально распределить проведение лесохозяйственных мероприятий в пределах периода с учетом имеющихся материально-технических, финансовых и трудовых ресурсов. На рис. 6.18 представлены объемы удаляемых запасов для моделируемого лесного массива, рассчитанные на десятилетние периоды с 2000 по 2099 годы. В результате работы модуля лесохозяйственных мероприятий для вышеуказанных десятилетних периодов были получены объемы необходимых затрат для проведения этих работ. Сопоставление этих объемов с имеющимися ресурсами трудовых и материально-технических средств модельного объекта показывает, что не всегда намечаемые работы могут быть выполнены. На рис. 6.19 представлены скорректированные объемы удаляемых запасов, полученные с учетом имеющихся ресурсов трудовых и материально-технических средств. Сравнение рис. 6.18 и 6.19 показывает, что учет ресурсов трудовых и материально-технических средств приводит к более сглаженным результатам, так как происходит некоторое перераспределение объемов работ по периодам.

В результате проведенного анализа становится очевидной необходимость введения обратной связи в информационную схему работы модели, а также введение блока оптимизационных расчетов. Оптимизационные расчеты предлагается проводить в два этапа для тех периодов, в которых нет возможности провести намеченные лесохозяйственные мероприятия в полном объеме. На втором этапе следует брать только выделы, где должны быть проведены рубки перестройки и на них провести оптимизацию с целью получения очередности их осуществления.

Объем удаляемого запаса по лесоводственным требованиям



Рис. 6.18. Моделирование с учетом лесоводственных требований

Объем удаляемого запаса с учетом экономических возможностей

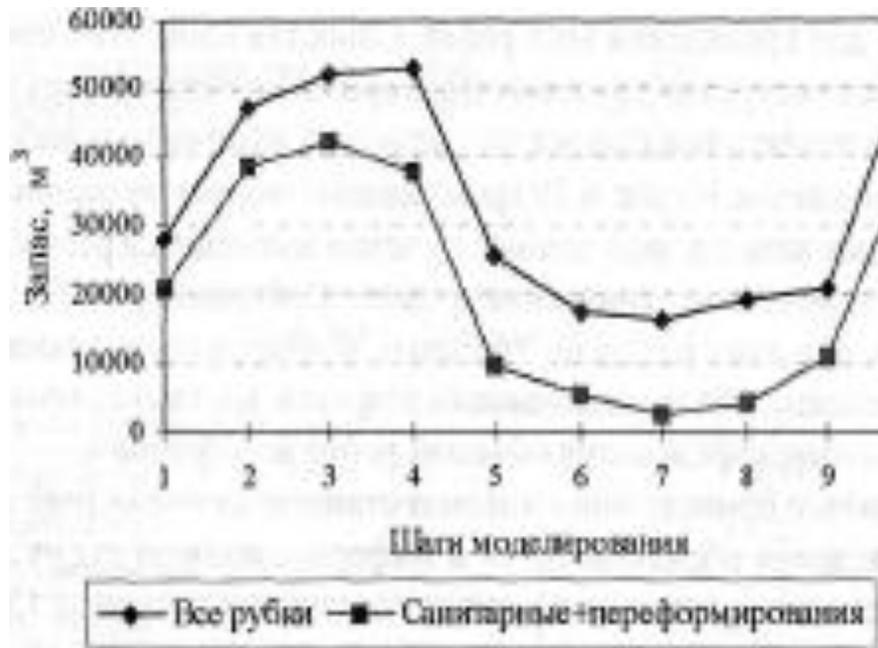


Рис. 6.19. Моделирование с учетом экономических условий

6.2.13. Оценка биоразнообразия лесных массивов при имитации разных вариантов лесохозяйственного воздействия

Мировое сообщество обеспокоено сохранением биологического разнообразия и разработкой технологий устойчивого использования его компонентов с возможностью получения выгод в результате разумной хозяйственной деятельности. На это направлена вступившая в силу в 1993 г. Конвенция о биологическом разнообразии (Convention on Biological Diversity). Исследователи констатируют, что биологическое разнообразие существенно сокращается в результате антропогенной деятельности, в том числе, несомненно, при ведении лесного хозяйства. Влияние разных вариантов лесохозяйственной деятельности на изменение биоразнообразия лесных экосистем исследовалось в рамках информационного комплекса МОДЕЛЬ-СУБД-ГИС с точки зрения следующих задач: 1) выбор таксационных показателей, которые можно использовать для оценки биоразнообразия лесных экосистем на уровне отдельного лесного хозяйства; 2) оценка влияния на биоразнообразии разных способов ведения лесного хозяйства.

Выбор показателей для оценки, биоразнообразия

При всем многообразии подходов к оценке биоразнообразия (Magurran, 1988) их применение в лесном хозяйстве ограничено -возможно использовать только показатели, рассчитанные на основе стандартных таксационных параметров древостоев. Такое ограничение набора исходных параметров представляется допустимым, поскольку известно, что возрастной и породный состав древесного яруса в значительной степени определяет биоразнообразие экосистем, в частности, флористическое разнообразие нижних ярусов леса. Это положение основывается на современных представлениях о структуре и динамике лесных экосистем (гэп-парадигме), согласно которым состояние эдификаторной древесной синузии в значительной степени определяет состояние подчиненных синузий автотрофных и гетеротрофных организмов [13,106].

Для формирования показателей оценки биоразнообразия лесных массивов из перечня стандартных таксационных параметров были выбраны следующие: 1) породный состав древостоев, 2) класс возраста древостоев, 3) площадь таксационного выдела с определенными значениями параметров таксационного описания, 4) запас на таксационном выделе с определенными значениями параметрами таксационного описания, 5) ярусная структура, 6) полнота. Выбор этих показателей был основан на перечне параметров, используемых для расчета индикаторов для критерия сохранения и поддержания биологического разнообразия лесов и вклада их в глобальный углеродный цикл [49]. Указанные "Критерии и индикаторы устойчивого управления лесами Российской Федерации" разработаны для оценки биоразнообразия лесных экосистем территорий отдельных регионов. Ниже предпринята попытка расширить перечень указанных индикаторов для территорий уровня отдельного лесного хозяйства.

На основе выборок из базы данных таксационных описаний по названным признакам для всего лесного массива и отдельных его частей были получены следующие показатели: 1) соотношение площадей, занятых древесными породами разных типов стратегии, 2) соотношение площадей,

занятых древостоями разного породного состава, 3) соотношение площадей, занятых разным числом древесных пород, 4) соотношение площадей, занятых древостоями с разной полнотой первого яруса, 5) соотношение площадей, занятых древостоями с разной ярусной структурой, 6) соотношение запасов древостоев разного породного состава, 7) соотношение площадей, занятых древостоями разного класса возраста, 8) частотное распределение выделов по размерным классам (как показатель пространственной структуры).

Использование этих показателей позволяет получить некоторые оценки биоразнообразия как для реальных лесных массивов (на основе баз данных лесотаксационных описаний), так и для моделируемых лесных массивов (в рамках информационного комплекса МОДЕЛЬ-СУБД-ГИС).

Оценка биоразнообразия при моделировании лесохозяйственных воздействий

На примере леспаркхоза "Горки" моделировали динамику древостоя при двух вариантах лесохозяйственных воздействий: 1) только рубки главного пользования при достижении древостоем возраста спелости (далее по тексту "первый сценарий"); 2) рубки ухода и рубки главного пользования (далее по тексту "второй сценарий"). В результате проведения вычислительных экспериментов были получены повыдельные базы данных модельного лесного массива на 10 шагов моделирования (100 лет) по двум сценариям лесохозяйственных воздействий (подробнее см. предыдущие разделы).

Соотношение площадей, занятых видами разных типов стратегий

Для ненарушенного лесного покрова в экологически благоприятных условиях характерно абсолютное доминирование конкурентных видов (70-80%) и небольшое участие толерантных (10-20%) и реактивных видов (5-10%) [104,106]. Доля участия древесных видов разных типов стратегий тесно связана со степенью нарушенности лесов. Для послепахотных лесов в настоящее время характерно преобладание реактивных видов, представленных березой и осинкой, а доля конкурентных и толерантных видов крайне мала. Для менее нарушенных лесов на длительно лесных территориях характерно преобладание конкурентных и толерантных видов. Имитационное моделирование позволяет показать влияние разных видов лесохозяйственных воздействий на изменение соотношения древесных видов разных типов стратегий. Площади, занятые конкурентными видами, представляют собой старовозрастные порослевые древостой дуба, уходящие в рубки на первых шагах моделирования. С этим связано уменьшение доли конкурентных видов на 5 шаге моделирования по сравнению с исходным состоянием. Сплошные рубки приводят к абсолютному преобладанию реактивных видов по площади и резкому сокращению доли конкурентных и толерантных видов. Проведение наряду со сплошными рубками рубок ухода приводит к увеличению доли насаждений, в древостоях которых доминируют конкурентные виды (дуб и ель), особенно на длительно лесных землях (рис.

6.20).

Возрастная структура

Для современной возрастной структуры древостоев модельного объекта характерно резкое преобладание 70-80-летних насаждений, что связано с проведением сплошных рубок в начале XX века. Для нормального леса распределение площадей по возрастным классам должно быть выровненным. Прогноз изменения возрастной структуры с помощью моделирования показал, что ни один из вариантов лесохозяйственных воздействий применительно к модельному объекту не обеспечивает приближения его к нормальному лесу. Моделирование позволяет предсказывать возрастную структуру лесов на многие десятилетия вперед при разных сценариях хозяйственного использования территории (рис. 6.21).

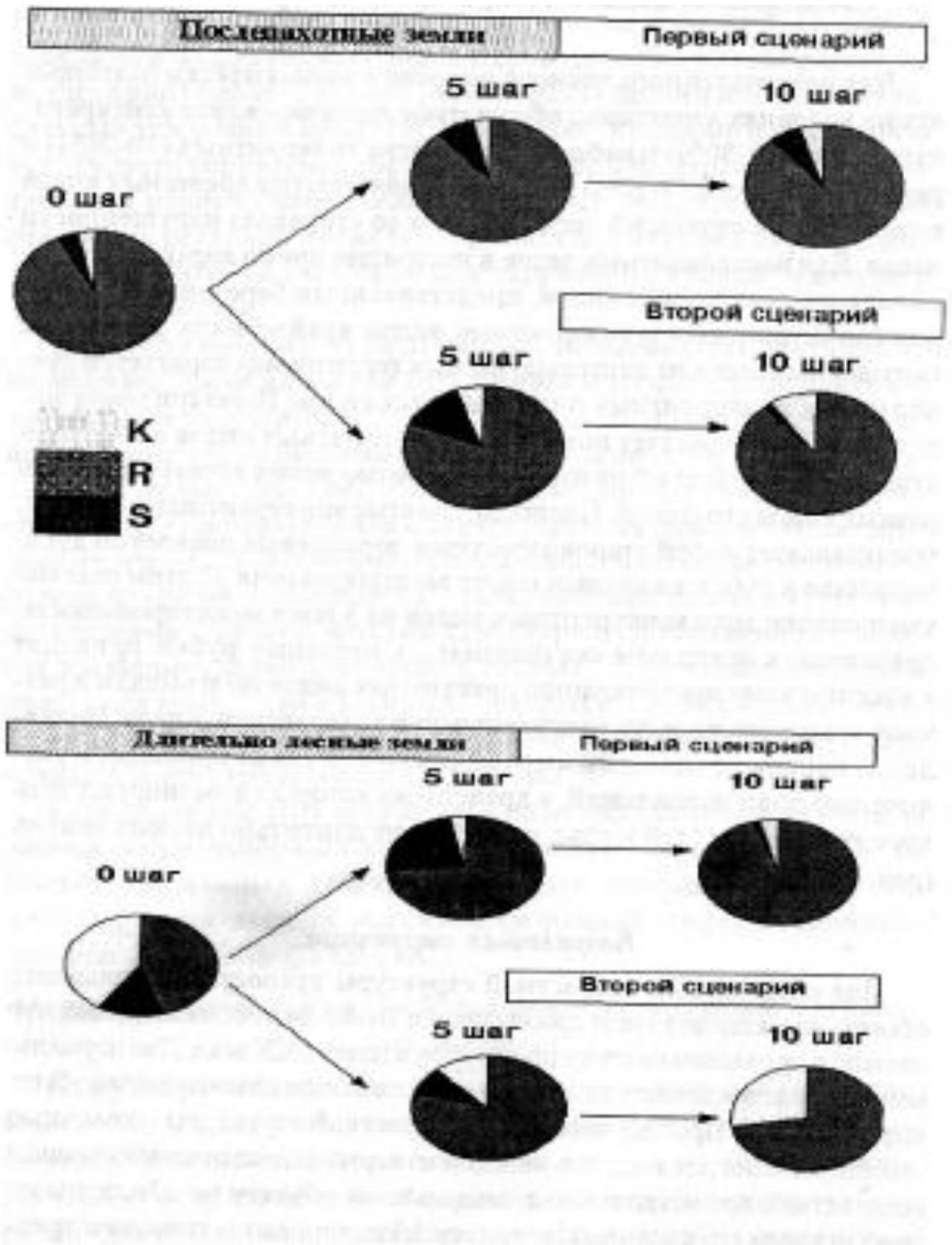


Рис. 6.20. Изменение площадей насаждений, образованных древесными породами разных типов стратегий (K - конкуренты, S - толеранты, R - рудералы)

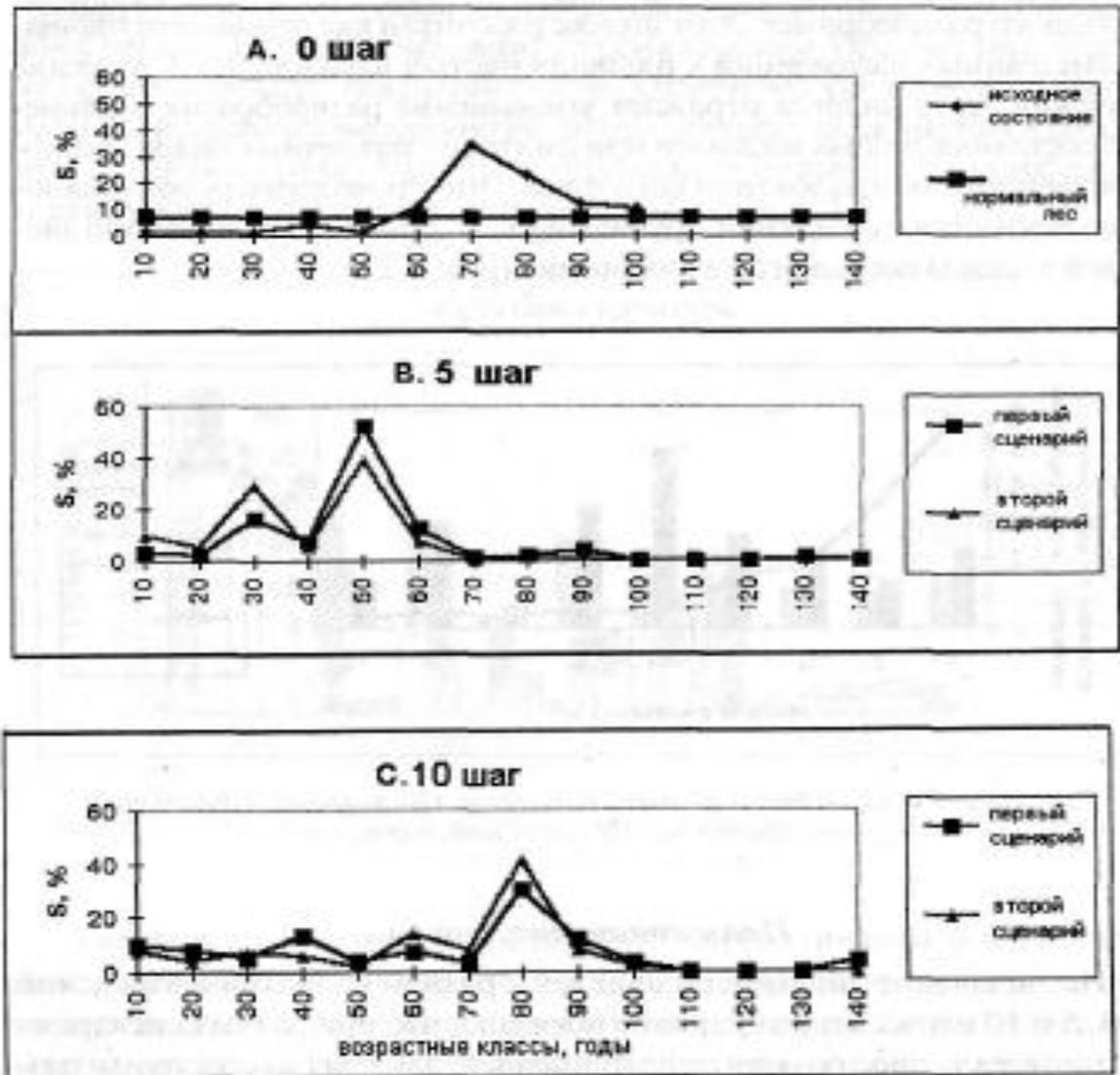


Рис. 6.21. Возрастная структура насаждений при разных сценариях моделирования динамики древостоев

Пространственная структура

Распределение выделов модельного объекта по размерным классам площадей показывает преобладание выделов небольшой площади (рис. 6.21). Кроме того, для каждого размерного класса был вычислен индекс породного разнообразия. Этот индекс рассчитан как отношение площади смешанных насаждений к площади чистых насаждений. Снижение значения этого индекса отражает уменьшение разнообразия. Сравнение состояния лесных массивов при имитации различных видов лесохозяйственного использования показывает, что проведение рубок главного пользования в сочетании с рубками ухода приводит к снижению значений индекса породного разнообразия (рис. 6.22).

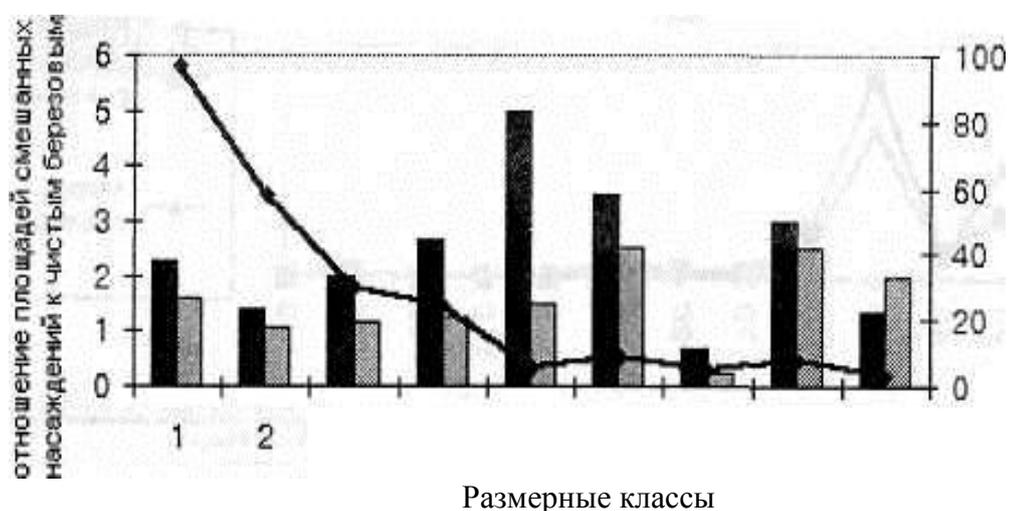


Рис. 6.22. Распределение площадей выделов (N) и индекса породного разнообразия на 10 шаге моделирования

Полнотная структура

Исследование динамики площадей с разной полнотой насаждений на 0, 5 и 10 шагах моделирования показало, что при разных сценариях достигается разное соотношение площадей, занятых древостоями разной полноты. Больше структурное разнообразие наблюдается для первого сценария, в котором были смоделированы только рубки главного пользования без рубок ухода (ГП - в легенде рисунка). Вторым сценарий, в котором были смоделированы рубки главного пользования в сочетании с рубками ухода (РУ - в легенде рисунка), приводит к преобладанию в лесном массиве насаждений с полнотой 0.6 - 0.7.

Ярусная структура

Для исследования ярусной структуры были посчитаны доли площадей модельного объекта, занятые выделами с разной вертикальной структурой древостоя. Были просуммированы площади выделов с одним, двумя (отдельно - для выделов с первым и вторым ярусами и для выделов с первым и третьим ярусами) и тремя ярусами. Просчитаны их доли от общей площади, покрытой лесом. Отмечено, что второй сценарий лесохозяйственных мероприятий (рубки главного пользования в сочетании с рубками ухода) постепенно приводит к большему разнообразию вертикальной структуры лесных экосистем (рис. 6.23).

Ярусная структура

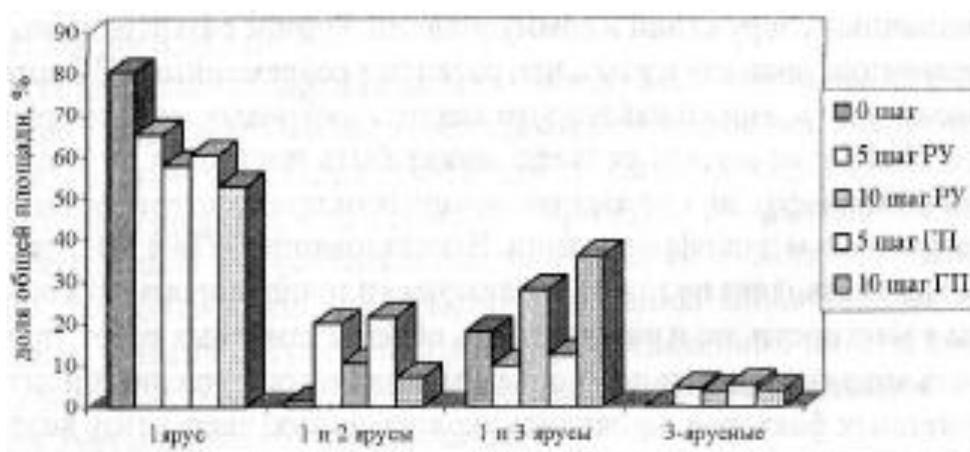


Рис. 6.23. Ярусная структура древостоев модельного объекта на разных шагах моделирования

Таким образом, применяя методы математического моделирования для построения прогноза динамики древостоев, можно учитывать экологические последствия планируемых лесохозяйственных мероприятий, т.е. получать оценку эффективности проектируемых лесохозяйственных мероприятий для моделируемой территории с позиций сохранения биоразнообразия. Представленная информационная технология помогает предвидеть и объяснить причины изменения биоразнообразия лесных экосистем, моделировать последствия разных сценариев лесохозяйственной деятельности, получать прогноз влияния отдельных заповедных участков или участков с особым режимом использования на поддержание биоразнообразия всего лесного массива. Кроме того, описанный программный комплекс может послужить инструментом анализа нормативов ведения лесного хозяйства с точки зрения сохранения биоразнообразия.

6.3. Выделения потенциальных типов условий местообитания

6.3.1. Ландшафтно - лесоводственное обоснование постановки задачи

В последние десятилетия интенсивное развитие получили методы построения трехмерного анализа цифровой модели местности (Digital Terrain Model - ДТМ) при проектировании на местности различных сооружений и коммуникаций. Бурное развитие этого направления привело к тому, что развитые современные ГИС имеют блоки построения и некоторого анализа цифровых моделей рельефа. Цифровая модель рельефа может быть построена по топографической карте или по аэрокосмоснимкам при их стереофотограм-метрическом дешифрировании. Использование ДТМ в ГИС-технологиях позволяет не только геодезически точно привязывать объекты к местности, но и рассчитывать объемы земляных работ, проводить анализ воздействия на объекты различных природных и антропогенных факторов, проводить экологическую экспертизу воздействия объектов на окружающую среду и т.д. Методы ДТМ становятся серьезным инструментом при проектировании различных территориальных мероприятий.

Основным методом лесоустройства является метод классов возрастов, а

в лесах с особо высокой интенсивностью ведения лесного хозяйства - участковый метод. Недостатки традиционных первичных лесохозяйственных учетных единиц выделов, получаемых на основе метода классов возрастов, хорошо известны и обусловлены, главным образом, отсутствием жесткой привязки к местности и меняющимися границами в процессе лесопользования и лесовосстановления [4]. "Участковый метод лесоустройства заключается в образовании постоянных хозяйственных участков, представляющих собой один или совокупность таксационных выделов, которые хотя и могут отличаться по таксационной характеристике насаждений, но территориально объединены общностью типа лесорастительных условий, целью лесовыращивания и соответствующей направленностью комплекса проектируемых мероприятий" [32]. Для проведения лесоустройства по участковому методу требуется выполнение до начала лесоустроительных работ специального почвенно-типологического обследования с составлением почвенной карты, а также схемы типов лесорастительных условий и групп типов леса. Это требование ввиду высокой трудоемкости, необходимости наличия почвенно-аналитической лаборатории и специалистов (почвоведов) ограничивает реальное использование участкового способа в практике лесоустройства. Тем не менее в 60 - 70 годы был накоплен определенный опыт по проведению лесоустройства этим методом в Литве, Казахстане, Московской, Ленинградской областях и некоторых других регионах. Этот опыт был обобщен на кафедре лесной таксации и лесоустройства Ленинградской лесотехнической академии (Байтин и др., 1967).

Для широкого внедрения данного метода лесоустройства и организации лесного хозяйства необходимы более простые, оперативные и, по возможности, не требующие полевых исследований (т.е. осуществимые в подготовительный период) методы выделения и привязки типов лесорастительных условий к местности. По-видимому, реальным подходом к такому выделению типов лесорастительных условий могут стать современные численные методы анализа рельефа с использованием геоинформационных систем и методов дистанционного зондирования.

ГФ. Морозов, классик отечественного лесоводства, еще в начале текущего столетия в своем труде [54] перечислял важнейшие факторы-лесообразователи, которые обуславливают лесоводственные свойства насаждений, в следующей последовательности: 1) климат, 2) почвенно-геологические условия, 3) рельеф, 4) лесоводственные свойства пород и 5) вмешательство человека.

"Тип насаждений, стало быть, должен быть приурочен к определенной климатической обстановке, затем к типу рельефа и к определенным почвенно-геологическим условиям" [54, т. 2, с. 60-61]. "Разделение (типов насаждений) должно быть произведено по условиям рельефа и почвенно-грунтовым признакам" [там же, с. 77].

Анализируя применение шкал бонитетов для различных реальных насаждений, ученый отмечал: "При таких условиях выход один: выделение

участков (таксационных) по условиям местопроизрастания, по ним непосредственно, а не по их отражениям в составе, высоте и пр." [54, т. 2, с. 77]. Эти важнейшие положения не только остались не реализованными в широкой практике лесоустройства и лесопользования, но и оказались забытыми в лесной науке. Например, современный учебник по лесной таксации [3] дает следующие понятия: "Тип леса дополняет таксационное описание характеристикой природной обстановки"(с. 263), а таксационные участки выделяют, "если: 1) в двух смежных насаждениях преобладают разные древесные породы; 2) разница в составе древостоя равна двум и более десятым единицы; 3) в возрасте преобладающей породы спелых и перестойных насаждений имеется разница на два класса возраста, а у насаждений остальных возрастных категорий - на один класс; 4) условия местопроизрастания различаются на один класс бонитета; 5) разница в полноте составляет две десятых; 6) разница между средними диаметрами ..." (с. 508) ит.д. ит.п.

Вопросам возможности использования при лесоустройстве и лесопользовании ландшафтной основы, которая могла бы служить жестким каркасом для проведения разнообразных и разнонаправленных лесохозяйственных мероприятий, посвящен ряд работ отечественных лесоводов и географов (Волков и др., 1990, 1995; Грибанов, 1960,1965;Громцев, 1992; Калашников, 1975; Тетенькин, 1975; Киреев, 1973, 1977; Столяров и др., 1992 и др.). Ряд исследователей особо подчеркивают ведущую роль лито-генной основы, т.е. геолого-геоморфологических факторов (Шевченко, Шевченкова, 1989; Юнина, 1991), или непосредственно рельефа с его мезо- и микроформами (Седых, 1990) в формировании типов леса и пространственной структуры лесного покрова. В этом отношении весьма показательны результаты проведения лесоустройства в сосновых лесах казахского мелкосопочника на площади трех лесничеств (18 тыс. га) по методу участков. Основным диагностическим признаком типа леса было принято местопроизрастание в рельефе с учетом топографического положения, причем, была разработана эколого-топографическая схема рядов типов леса. Благодаря хорошо разработанной классификации типов леса, которые легко выделялись на аэрофотоснимках, было признано, что нет необходимости в картировании почв, и оно не производилось (Грибанов, 1965).

Лесная растительность в нормальных естественных условиях произрастания очень тесно взаимосвязана с другими компонентами ландшафтов (климат, рельеф, почвы), которые собственно и определяют формирование условий местопроизрастания. Другими словами, в естественных условиях существует строгая приуроченность конкретных лесных насаждений к определенным структурным частям (элементам) ландшафтных систем. Таким образом, пространственная структура ландшафтов и функциональная ландшафтно-геохимическая сопряженность структурных частей ландшафтов (фаций, подурочищ, урочищ, сложных урочищ и т. д.) должны рассматриваться как определенные категории лесных

местопроизрастаний.

Для прикладных целей можно считать эквивалентными понятия "фация" и "биогеоценоз" по В.Н. Сукачеву; "тип фации", "тип биогеоценоза" и "тип леса" по Г.Ф. Морозову (Волков и др., 1990, 1995). Близко к понятию "биогеоценоз" понятие "элементарный ландшафт" в геохимии ландшафтов. Во всех случаях речь идет о выделении наименьших системных единиц, характеризующихся прежде всего однородностью взаимодействия основных составляющих компонентов (безотносительно того, включаются или нет некоторые компоненты в число основных).

Наиболее консервативным компонентом ландшафтов, устойчивым в различных условиях окружающей среды, является рельеф. Именно по рельефу выделяются ландшафтные структуры и ландшафтные классификационные единицы в географии. Как известно, именно по элементам рельефа выделяются также границы почвенных ареалов различного таксономического уровня при почвенных съемках различного масштаба. Основным понятием структуры почвенного покрова является понятие элементарного почвенного ареала (ЭПА), являющегося почвенно-географической единицей. Чередования в пространстве в той или иной степени генетически связанных ЭПА образуют почвенный покров, т.е. трехмерное тело, горизонтальное простираение которого определяется простираемостью почв на рассматриваемой территории, а вертикальное - мощностью почв (Фридланд, 1972).

Специальными исследованиями, проведенными для выявления соотношения традиционных лесохозяйственных выделов и независимо выделенных природных территориальных комплексов (Калашников, 1975; Тетенькин 1975) было показано, что выделяемые таксационные участки общепринятым в лесоустройстве способом в большинстве случаев не соответствуют природным территориальным комплексам (ПТК), т.к. при их выделении не учитывается структура ландшафта и границы природных комплексов. Наибольшее согласование выделов и ПТК наблюдалось на покрытых лесом площадях, незначительно измененных антропогенной деятельностью, причем, в наибольшей степени соответствовали по площадям и таксационным характеристикам фации и их сочетания выделам, устанавливаемым по Iа - II разрядам лесоустройства, а урочища - выделам, устанавливаемым по IV разряду лесоустройства. Изменчивость древостоя по всем изученным таксационным характеристикам оказалась в несколько раз ниже в фациях (!), чем в выделах, т.е. в фациях древостой оказался существенно однороднее, чем на традиционных выделах. Детальный анализ показал, что ошибки оконтуривания границ древостоев в один выдел произошли прежде всего из-за недоучета реального рельефа и структуры ландшафтов при дешифрировании аэрофотоснимков. Дело в том, что полог леса имеет маскировочные свойства: он не только скрывает рельеф поверхности земли, но и искажает его, чаще всего сглаживая относительные превышения. На основании этих работ делается вывод о большей объективности и универсальности ландшафтного метода выделения

лесохозяйственных участков (Калашников, 1975).

Однако известны и трудности применения таких подходов для практических целей лесоустройства и лесопользования - отсутствие количественных объективных методов выделения ландшафтных единиц, особенно при крупномасштабных работах в равнинных лесах, когда требуется высокая точность выделения первичных лесохозяйственных выделов.

Краткий обзор показывает: какую бы дифференциацию природно-территориальных систем мы не рассматривали, все они основаны на выделении элементарных (не делящихся далее) пространственных систем, выделение которых напрямую (или косвенно) связано с выделением элементов рельефа земной поверхности. В этом проявляется объективно определяющая роль рельефа в дифференциации местообитаний. В связи с этим опыт, накопленный в геоморфологии и, в частности, в морфометрии рельефа, может быть полезным и в лесоводстве. Реальным подходом к решению этих проблем становятся современные автоматизированные методы морфометрического анализа цифровых моделей рельефа с использованием геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования.

6.3.2. Методика обработки данных

Автоматизированный анализ цифровой модели рельефа местности применен на конкретном примере леспаркхоза "Горки" в целях выбора объективных морфометрических классификационных параметров и оценки возможности их использования в лесном хозяйстве. Подробное описание объектов исследования, природных условий, истории развития насаждений можно найти в работе [78]. При постановке задачи формализации морфометрического анализа рельефа, методов расчета и обоснования выбора расчетных параметров, обзора применения в ландшафтных исследованиях мы опирались на собственные материалы, а также публикации (Шарый, Степанов, 1991; Shary, 1995 и др.; Шарый, Сысуев, 1998).

На основе использования технологии анализа рельефа, реализованной в программе ЕСО, версия 1.04, (разработчик Шарый П.А., ИПФС Пущинского научного центра РАН):

- оцифрованы горизонтالي высот сечением через 1 м, основные дороги и гидрографическая сеть с топокарт М 1:10 000;
- оцифрованы границы выделов и кварталов ГИЗЛ "Горки" по планшетам лесоустройства 1990 г;
- по введенным с топокарт горизонталям построена матрица высот рельефа с шагом решетки 16,667 м размером 456 столбцов • 561 строк = 255 816 элементов; матрица высот построена на 4 листа топографических карт масштаба 1:25 000; шаг решетки матрицы обоснован при дискретизации полога леса показателями высоты древостоя и географической широтой конкретной местности (Чумаченко, Сысуев и др., 1997);
- эта матрица вместе с векторными данными по гидрографической сети, дорогам, границам выделов и кварталов и картографической сетке составила цифровую модель местности, использовавшуюся для дальнейших расчетов и

графического представления результатов;

- на основе цифровой модели рельефа в каждой точке (элементе матрицы) рассчитаны модифицированным методом Эванса и представлены графически (помимо карты высот земной поверхности, являющейся источником исходных данных):

- 1) крутизна склонов (угол наклона склона) в градусах;
- 2) освещенность склонов (симуляция рельефа) в процентах от значения освещенности при перпендикулярном к земной поверхности падении солнечных лучей (освещенность рассчитывалась для угловой высоты источника освещения над горизонтом 25° и северном азимуте источника освещения);

- 3) ориентация (направление) склонов в градусах от северного направления меридиана через $360/41 = 8,78$ градусов;

- 4) горизонтальная кривизна в относительных единицах (полученных логарифмированием значения кривизны в $1/м$ по формуле $\text{sign}(kh) \cdot \ln(1+106|kh|)$, где kh - значение кривизны в $1/м$, $\text{sign}(kh)$ равен 1 при $kh > 0$, 0 при $kh = 0$, -1 при $kh < 0$);

- 5) вертикальная кривизна в относительных единицах (полученных логарифмированием значения кривизны в $1/м$ по формуле $\text{sign}(kv) \cdot \ln(1+106|kv|)$, где kv - значение кривизны в $1/м$, $\text{sign}(kv)$ равен 1 при $kv > 0$, 0 при $kv = 0$, -1 при $kv < 0$);

- б) зоны аккумуляции построены наложением двух предыдущих карт.

На карты распределения морфометрических показателей были наложены границы лесохозяйственных выделов, а также гидрографическая сеть и главные дороги. После этого на морфометрические показатели также были наложены карты выделов, дифференцированные по основным лесотаксационным характеристикам насаждений (преобладающая порода, бонитеты, запасы древесины на выделе и т.д.). Анализ и обсуждение полученных результатов приведены ниже.

6.3.3. Обсуждение полученных результатов

Ландшафтная структура исследуемой территории характерна для моренно-водноледниковой равнины: плоские междуречья, покрытые чехлом покровных суглинков, прорезаются долинами ручьев и рек, сложенных делювиальными и аллювиальными отложениями. Таким образом, основными являются две группы типов условий местообитаний (ТУМ): ТУМ плоских и пологонаклонных холмистых равнин и покатых склонов и ТУМ склонов овражно-балочных и речных долин. Повсеместное распространение покровных суглинков определяет довольно высокую трофность в первой группе ТУМ, причем, наиболее благоприятные условия находятся на пологих склонах с лучшей дренированностью почв. В днищах балок и ручьев почвы оглеены, но трофность этих местообитаний также достаточно высокая. Относительные превышения рельефа в пределах исследуемой территории в среднем составляют порядка 50 м при максимуме 100 м, отдельные долины прорезают четвертичные отложения до коренных юрских глин и карбоновых известняков.

На морфолитогенетическую основу ландшафтной структуры накладываются особенности длительного хозяйственного использования территории, что обуславливает своеобразную структуру растительности и, прежде всего, древесной.

На территорию расположения ГИЗЛ "Горки" была выполнена ландшафтная съемка сотрудниками Географического факультета МГУ (Низовцев, 1995). Основным объектом ландшафтных исследований в данном районе явились ПТК ранга урочища, объединенные на ландшафтной карте масштаба 1:25 000 до типологической категории вида. Поскольку выделены только урочища, которые могут (в лучшем случае) соответствовать только выделам при лесоустройстве низших разрядов, нельзя ожидать тесного соответствия границ ПТК и лесохозяйственных выделов. Ландшафтно-морфологические границы в некоторых случаях могут удовлетворительно совпадать, но могут объединять несколько лесохозяйственных выделов или вообще не совпадать с их границами.

Лесные насаждения на территории леспаркхоза "Горки" представлены фрагментарными массивами. Для более детального анализа было выбрано компактное Коробовское лесничество, на территории которого присутствует практически все разнообразие природных условий данной территории. Границы выделов и кварталов (в скобках) Коробовского лесничества ГИЗЛ "Горки" представлены на рис. 6.24.

Практическое назначение карт освещенности склонов - получение наглядных изображений, позволяющих быстро оценить рельеф и его связь с расположением объектов на нем. Кроме того, освещенность позволяет грубо оценить потенциальный термический (инсоляционный) режим склонов. Как видно на рис. 6.25, на котором нанесены также границы выделов, лишь наиболее крутые склоны оказываются освещенными менее чем на 50% и более чем на 66% по сравнению с освещенностью прямым солнечным светом.

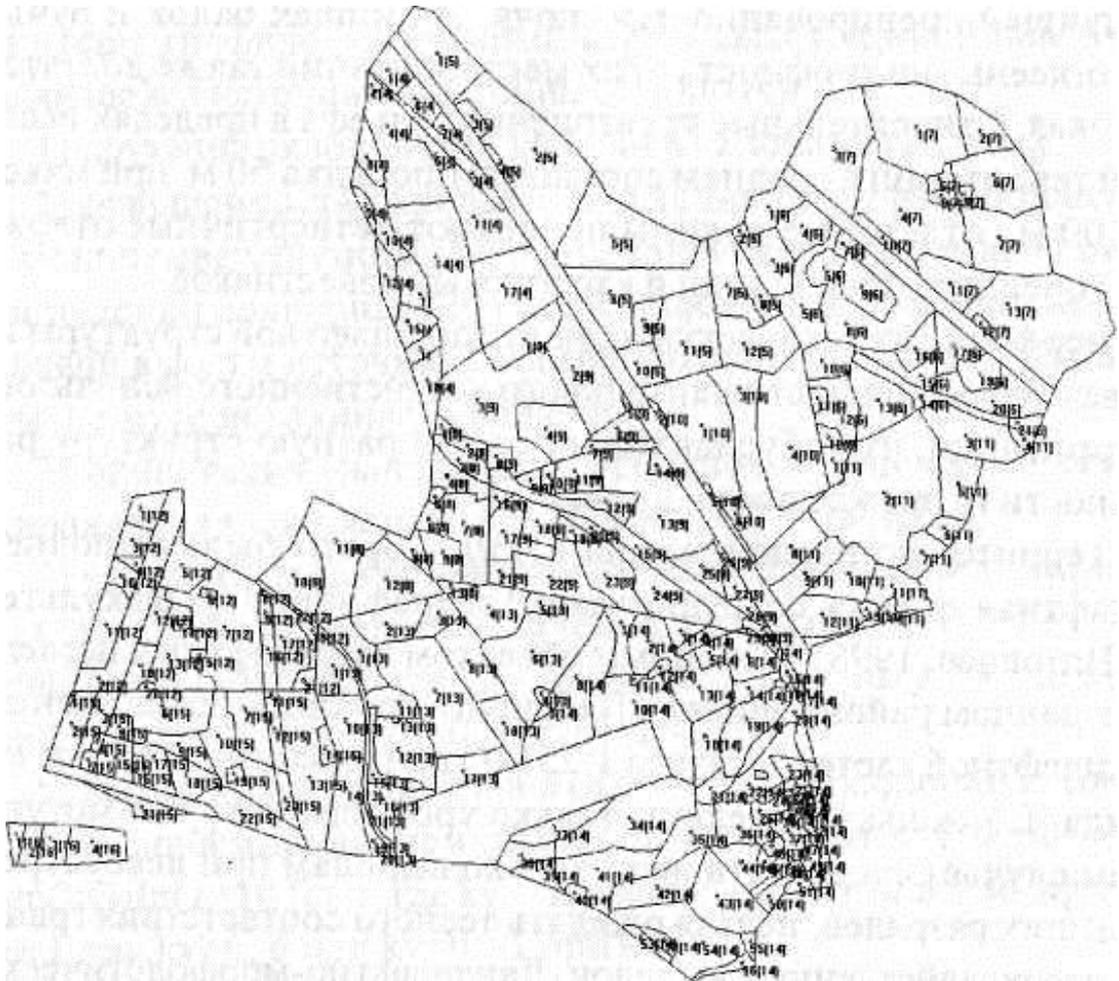


Рис. 6.24. Схема выделов и кварталов Коробовского лесничества

Для представления о том, каковы реальные угаи наклона склонов на этом рисунке, проведено районирование участка местности с помощью изолинии 3° крутизны (изолиния нанесена цепочками белых точек). Это значение крутизны известно в литературе как пороговое, начиная с которого процессы эрозии почв водными потоками приводят к наблюдаемым изменениям рельефа.

Для лесоводственных целей более важным является то, что значение крутизны 3° имеет пороговое значение для выделения морфологических элементов рельефа краевой зоны московского оледенения, которому принадлежит весьма существенная роль в формировании рельефа и дифференциации природных условий Подмосковья. По генезису и морфологии на территории ГИЗЛ "Горки" четко выделяются два типа рельефа:

1) ледниковый и водно-ледниковый рельеф московского возраста, сохранившийся в пределах Междуречий, и 2) флювиальный рельеф позднего и послемосковского возраста, представленный долинами реки Пахры, "малых рек Людовки, Купеленки, Туровки и овражно-балочной сетью Рельеф междуречий- кажется однообразной пологоволнистой равниной с небольшими перепадами высот, плавными переходами от положительных форм рельефа к отрицательным с очень пологими склонами $1-2^\circ$, редко до 3° .

Таким образом, изолиния крутизны: склонов 3° может быть принята в качестве границы между двумя выше названными типами рельефа. В интерактивном режиме в системе ЕСО можно всегда уточнить, в каких участках карты крутизна больше 3° , а в каких - меньше, работая в режиме точки, в котором значения морфологических параметров выводятся непосредственно на экран. Впрочем, очевидно, что крутизна больше на склонах оврагов и долин. Значение ориентация склонов в данной точке местности показывает, в какую сторону света направлен в этой точке склон. Высокая чувствительность ориентации к небольшим изменениям направлений склонов и наглядность графического изображения позволяют использовать эту карту уже при оцифровке рельефа местности - для коррекции ошибок производящего оцифровку оператора. На рис. 6.26 приведена карта ориентации склонов с нанесенным слоем границ выделов. Крутой и пологий склоны одинаково изображены на карте ориентации склонов (если тот и другой одинаково ориентированы), что существенно отличает ее от карты освещенности. Легенда для карт ориентации склонов всегда одна и та же, от 0° до 360° (оба эти значения отвечают склонам, ориентированным на север, для южных склонов ориентация равна 180°).

При сравнении карт освещенности (рис. 6.25) и ориентации (рис. 6.26) склонов видно, что ориентация существенно яснее отражает положение основного водораздела склона, южная часть которого показана на ней темным, северная - светлым. На карте ориентации также очень отчетливо отражаются тальвеги различного порядка. Довольно ясно видна ортогональность направлений тальвегов (и водоразделов) - основное направление с северо-запада на юго-восток и перпендикулярное ему - с юго-запада на северо-восток.

На морфометрические показатели с помощью ГИС были наложены некоторые лесотаксационные показатели.

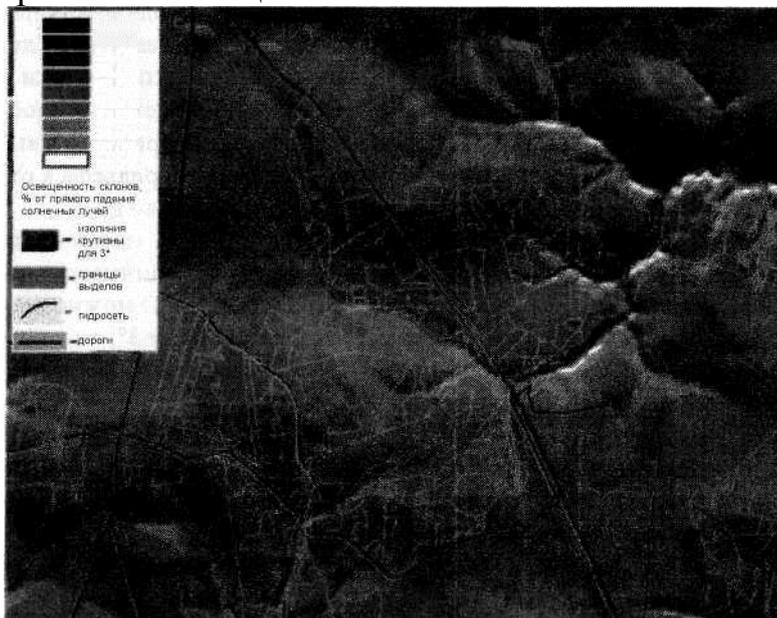


Рис. 6.25. Карта освещенности рельефа Коробовского лесничества. Нанесены границы выделов, гидрография, основная дорожная сеть

и изолиния крутизны склонов 3°

На рис.6.26 на карту освещенности наложен слой типов условий местопроизрастания по П.С. Погребняку, полученный визуализацией в ГИС лесотаксационной базы данных. Все выделы (см. рис. 6.26) территории Коробовского лесничества классифицированы как типы условий местообитания с относительно богатыми почвами с преобладанием условий влажности от свежих до влажных (С2-С3). Лишь местообитания по днищу оврага в центральной части территории классифицируются как С4 (выдел 3 восьмого квартала и выдел 15 девятого квартала) и С5 (выдел 30 девятого квартала). Кроме того, два маленьких выдела в юго-западной части имеют тип С5 (выдел 19 пятнадцатого квартала и выдел 13 тринадцатого квартала) и маленький выдел С 4 в восточной части. Эти небольшие выделы расположены в небольших западинах на плоской поверхности равнины, при морфо-метрическом анализе рельефа (см. ниже данный раздел) они четко попадают в зоны минимальных отрицательных значений как вертикальной, так и горизонтальной кривизн.

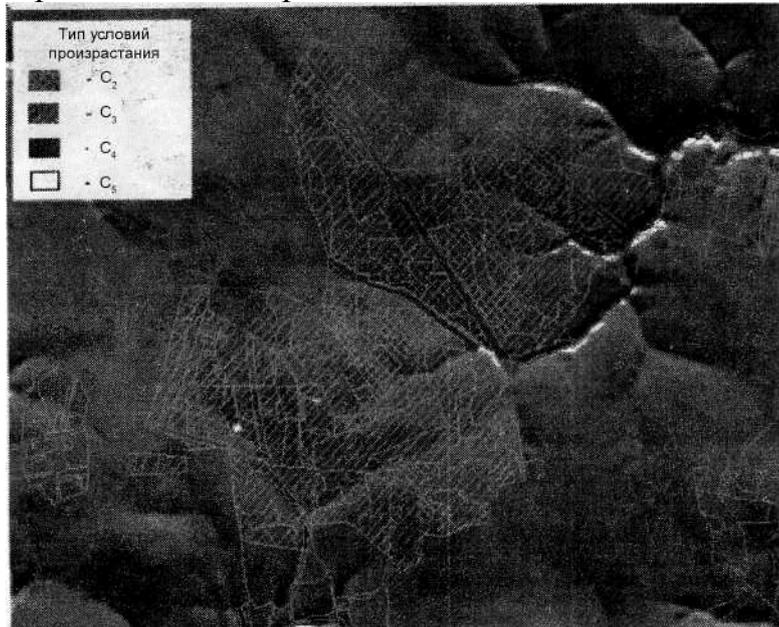


Рис. 6.26. Карта ориентации склонов с наложенным слоем типов условий местопроизрастания (по П.С. Погребняку)

На рис. 6.27 показано наложение слоя бонитетов 1-го яруса насаждений на карту освещенности. Отчетливо выделяются насаждения 3-го бонитета. Такие бонитеты обусловлены условиями местоположения (по-видимому, переувлажнением) только в днищах балок - это выделы 14(6), 21(6), 14(11), 17(14) и др. Третий бонитет насаждений на выделах 13, 14,15, 16 четвертого квартала, на выде-лах 18,19, 20, 23, 24 девятого квартала, на выделах 5, 6,14 четырнадцатого квартала, а также на выделах 6, 8, 9 шестого квартала явно искусственного происхождения: столь низкие бонитеты не соответствуют условиям местопроизрастания, поскольку по всем показателям это лучшие местопроизрастания, и здесь должны произрастать древостой не ниже 1 - 2-го бонитетов.

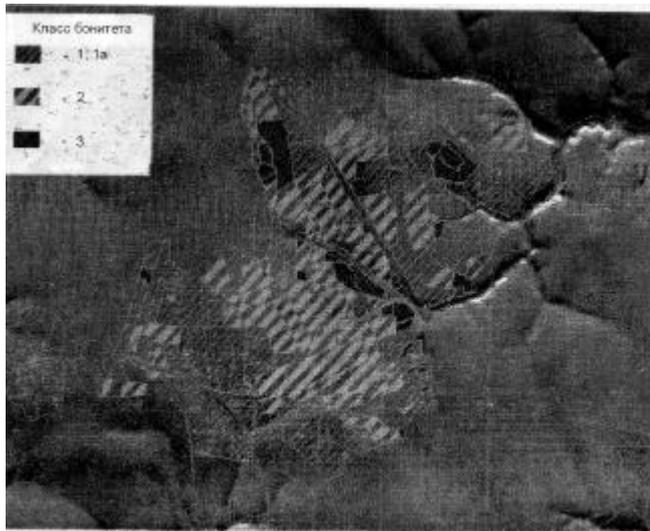


Рис. 6.27. Наложение слоя значений бонитетов на карту освещенности

Анализ совмещенной базы данных и рис. 6.28 показывает очевидные причины такого положения: выделы б-го квартала - неудачный пример создания лесных культур липы на старопахотных сильнозадернованных землях; а на выделах 4-го, 9-го и 14-го кварталов - насаждения низкобонитетного порослевого дуба, сформировавшиеся в результате многолетних рубок.

Таким образом, можно очень быстро и наглядно выявить площади для проведения специализированных лесохозяйственных мероприятий, например, рубок переформирования. Подчеркнем характерную особенность: необходимость назначения лесохозяйственных мероприятий для оптимизации насаждений на этих выделах становится совершенно очевидной только при анализе потенциальных условий местопроизрастания методами морфометрии.

Сравнивая рис. 6.25 - 6.28, можно видеть, что применение стандартных нормативов не приводит к отбору этих выделов в лесохозяйственные мероприятия!



Рис. 6.28. Преобладающая порода 1-го яруса (нанесено штриховкой)

Известно, что карты горизонтальной (отроги) и вертикальной (террасы) кривизн земной поверхности описывают два механизма аккумуляции мигрирующих по склонам веществ. Сравнение двух карт рельефа - вертикальной и горизонтальной кривизн земной поверхности (или карт отрогов и террас, соответственно) - для одного и того же участка местности показывает, что плавный рельеф равнинных поверхностей четко дифференцируется на отдельные элементы микрорельефа. Эти микроформы существенно влияют на перераспределение влаги и тем самым на состояние растительности, и кроме того, они играют ведущую роль, "контролируют" заложение эрозионных форм низких порядков (потяжин, промоин и т.п.), вершин овражно-балочной системы.

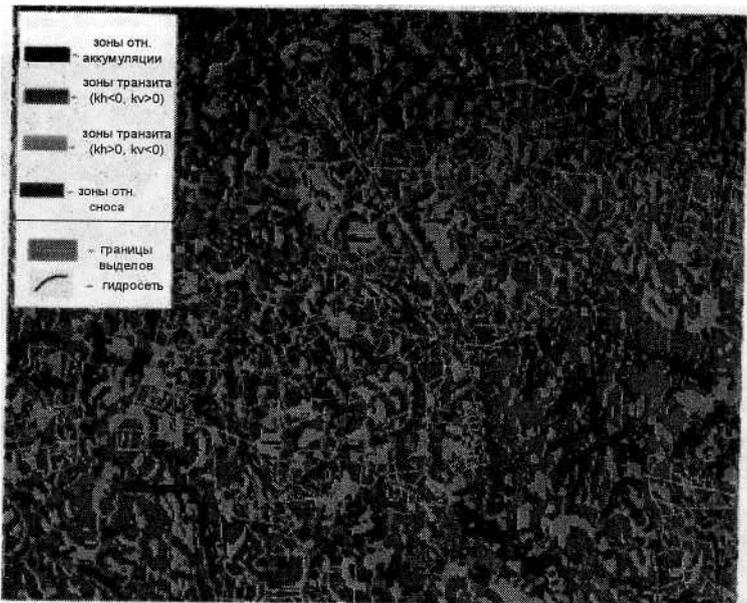


Рис. 6.29. Карта зон относительной аккумуляции и сноса

Характерная особенность применяемого метода: морфометрический анализ кривизн позволяет отчетливо выявить и оконтурить микроформы рельефа, имеющие существенное значение для условий местообитания и определяющие структуру и производительность растительного покрова, т.е. объективно выделяется микрорельеф, не заметный при простом анализе даже детальных топокарт масштаба 1:10000.

Понятия двух основных механизмов аккумуляции и их связи с кривизнами позволяют наложением карт горизонтальной и вертикальной кривизн земной поверхности построить гибридную карту зон относительной аккумуляции и сноса (рис. 6.29). Зонами относительной аккумуляции называются участки земной поверхности, в которых оба механизма аккумуляции действуют одновременно (места пересечения вогнутых отрогов и вогнутых террас). Зонами относительного сноса называются участки земной поверхности, в которых ни один из этих механизмов не действует - на этих участках потоки мигрантов расходятся и испытывают относительное ускорение. На карте зон относительной аккумуляции и сноса зоны аккумуляции показаны черным, зоны сноса - красным.

Анализ таксационных данных, наложенных на карту зон относительной

аккумуляции и сноса показывает, что значительная часть выделов, полученных при лесоустройстве по контурам овражно-балочной сети (например, выделы 9,10,12,13,15,1 б, 18 квартала 4; выделы 1,2, 3 квартала 8; выделы 4, 7,12,15 17, 20,32, 38 квартала 14; выделы 15,30 квартала 9 и другие), соответствует в общих чертах положению зон, полученных морфометрическим анализом. Сравнение рис. 6.29 и рис. 6.26 показывает, что при морфометрическом анализе типы условий местопроизрастания выделяются гораздо более детальным образом. Причем, отчетливо надо представлять, что это потенциальные типы условий местопроизрастания, обусловленные формами рельефа. Конкретная реализация этих условий в типы леса и бонитеты насаждений будет существенным образом зависеть от внешних условий и истории развития насаждений (это предмет дальнейших детальных исследований). В конкретном исследованном случае нет достаточно тесного соответствия - слишком сложна история развития данных насаждений, подвергавшихся неоднократной рубке, распахиванию земель, рекреационной нагрузке и т.д.

Морфометрическая формализация формирования зон относительного накопления и выноса имеет полное соответствие ландшафтно-геохимическому пониманию сопряжения элементарных ландшафтов, формирования геохимического ландшафта по Б.Б. Польшину (Польшин, 1953). Основная идея геохимии ландшафтов - все ландшафты сопряжены потоками вещества и энергии, так что по условиям миграции химических элементов (биогеогенной, водной, атмосферной) земная поверхность может быть подразделена на элювиальные (автономные) и аккумулятивные (подчиненные) элементарные ландшафты. Аккумулятивные ландшафты могут быть супераквальными (надводными) и субаквальными (подводными). Естественно, между этими образованиями имеется ряд переходных ландшафтов (трансэлювиальные, трансаккумулятивные, элювиально-аккумулятивные и др.). Процессы миграции химических элементов связывают эти образования в единое целое - геохимический ландшафт. Такое трактование зон относительной аккумуляции имеет непосредственную связь с понятием трофности местообитаний - в подчиненных ландшафтах растительности доступно дополнительное питание биогеогенными элементами, привносимыми с водной миграцией.

Накопление повышенного количества элементов питания в почвах сопряженных подчиненных ландшафтов - хорошо известный в геохимии ландшафта факт (Глазовская, 1964; Польшин, 1953). Необходимо также учитывать тип водного режима данного местообитания (пермацидный, импермацидный, поверхностно-импермацидный, мерзлотно-импермацидный, семиаридный и т.д.), поскольку избыточное увлажнение тоже может лимитировать трофность местообитания. Избыточное увлажнение может быть отчетливо дешифрировано на аэрофотоснимках по растительности, по наличию болот и заболоченных участков на топографической карте или расчетом генерализированного уровня грунтовых вод. Многочисленными исследованиями показано, что для экосистем лесной зоны

влагообеспеченность и, в частности, уровень грунтовых вод (УГВ) - важнейший фактор производительности и структуры лесных насаждений [9]. Прямая отчетливая зависимость лесных насаждений от УГВ наблюдается в районах широкого распространения почвообразующих пород легкого механического состава с хорошей водопроницаемостью (песчаных, супесчаных, песчано-галечниковых и т.п. пород различного происхождения). Расчет УГВ для таких территорий, как правило, не представляет труда, простейшие расчетные схемы дают хорошее соответствие с измерениями и позволяют четко классифицировать местообитания (Дроздова, Зацепин, 1982; Сысуев, 1982). В условиях избыточного увлажнения подзоны средней тайги оптимальные лесорастительные свойства почв и продуктивность ельников и сосняков напрямую связывают с условиями наилучшей дренированности склонов и УГВ (Второва, 1982).

В общем случае на площади водосборов выделяются полосы с различной степенью увлажнения почв, на которых произрастают типы леса, соответствующие лесорастительным условиям (по увлажнению и трофности почв). Располагаясь параллельно водотоку (талвегу) и водораздельной линии, полосы различной продуктивности в ряде случаев могут прерываться участками, на которых возможно активное развитие процессов заболачивания. Литологический состав зоны аэрации определяет фильтрационную способность грунтов и почв, в результате создаются различные условия дренированности на водосборах, что является одной из причин возникновения и развития процессов заболачивания. Глобальной причиной развития заболачивания являются уровни грунтовых вод, которые обусловлены водным балансом, водопроницаемостью грунтов и развитостью дренажной (овражно-балочной, гидрографической) системы конкретного региона.

Таким образом, для более доказательного выделения типов условий местопроизрастания насаждений необходимо формализовать рельеф также по отношению к стоковым (поверхностным, внутрипочвенным и грунтовым) водам: рассчитать водоразделы, линии тока, зоны выхода грунтовых вод, ареалы подтопления и затопления в пределах водосборных площадей, удельную площадь водосбора и т.п.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Предложен метод формализованного выделения потенциальных типов условий местопроизрастания на основе численного морфометрического анализа рельефа.

Главные достоинства этого метода: объективность, физическая обоснованность анализа типов условий местопроизрастания, возможность выполнения в подготовительный, долевой период лесоустроительных работ, автоматизация вычислений, использование ГИС-технологий и методов дистанционного зондирования.

2. Установлено, что классификация рельефа на зоны относительного выноса (автономные ландшафты) и зоны относительного накопления (подчиненные ландшафты) с использованием формализованных

морфометрических процедур расчета кривизн поверхности рельефа может стать базовым методом выделения лесохозяйственных выделов для участкового метода лесоустройства.

3. В ряде случаев для детализации метод кривизн требует дополнения другими морфометрическими процедурами, например, такими как расчет углов наклона склонов, морфометрических показателей водосборных бассейнов.

4. Необходимо в дальнейшем провести дополнение методов морфометрии детализацией водного режима элементов рельефа (например, уровнем грунтовых вод).

5. Совмещение карт морфометрических показателей рельефа с имеющейся лесотаксационной информацией может способствовать более обоснованному назначению лесохозяйственных мероприятий и рациональному использованию насаждений.

6.4. Лесоустроительная геоинформационная система - ЛУГИС

На Северо-Западном государственном лесоустроительном предприятии разработана автоматизированная компьютерная система -ЛУГИС (АКС ЛУГИС) [85]. Система предназначена для камеральной обработки материалов лесоустройства, ведения непрерывного лесоустройства, поддержания в актуальном состоянии совмещенных по выделным баз данных, компьютерная поддержка ведения лесного хозяйства.

Для лесоустроительного проектирования используются две подсистемы - ПЕТЛЕСПРО (PLP) и автоматизированная система лесного картографирования (АСЛК).

PLP - инструмент для обработки по выделной тематической информации периодического и непрерывного лесоустройства, получения выходных лесоустроительных документов.

С помощью ПЕТЛЕСПРО выполняют следующие виды камеральных лесоустроительных работ:

- получение таблиц к объяснительной записке и всех приложений к проекту организации и ведения лесного хозяйства согласно лесоустроительной инструкции 1995 года;
- актуализация данных таксации на заданную дату с интервалом в 1 год;
- внесение текущих изменений в по выделную базу данных;
- получение статистических данных о состоянии лесного фонда по форме государственного учета леса;
- получение материалов по аренде лесов: расчеты и таблицы для оформления разрешительных документов, объяснительная записка к проекту лесопользования и ведения лесного хозяйства, план рубок.

Обмен данными обеспечивается с помощью конвертеров "экспорт - импорт" в форматах: "PLP" —> "СОЛИ" --> "PLP" и "С'ОЛИ-2"~>"Р'БР".

Пользователь системы в зависимости от квалификации и обязанностей может быть наделен определенными правами по степени доступности к нормативно-справочной информации, к по выделной базе данных, к

подсистеме реализации запросов, а также к расчетно-корректирующей подсистеме.

Работоспособность программного обеспечения сохраняется при модификации структуры (за исключением программы ввода и контроля данных). Запись данных о выделе в канонической структуре является записью переменной длины.

Подсистема SRZ (Система Реализации Запросов) обеспечивает обработку записей переменной длины и является простейшим и одновременно мощным средством формирования документов произвольного характера.

Подсистема RKS (Расчетно - Корректирующая Система), в сочетании с SRZ, обеспечивает пользователя уникальным средством корректировки выходных документов в широком диапазоне (доввод значений в пустые поля, замена значений в полях, функциональный перерасчет неключевых полей на основе значений в других полях - аналог электронных таблиц).

АСЛЖ - автоматическая подсистема лесного картографирования для обработки повыдельной картографической информации и получения картографических материалов лесоустройства (лесных карт).

Основные принципы подсистемы:

- использование сертифицированных программных продуктов, наиболее приближенных к лесоустроительному производству;
- сканерный ввод информации при наличии технических возможностей дигитайзера;
- обеспечение возможности изготовления электронного образа лесоустроительного планшета с первичных документов полевых лесоустроительных работ - АФС, абриса, как основной базовой процедуры процесса изготовления лесных карт;
- надежная многофункциональная связь двух баз данных - повыдельной тематической и картографической;
- открытость подсистемы для её постоянного совершенствования путем модификации отдельных программных блоков и связей между ними.

Подсистема представляет собой аппаратно-программный комплекс, включающий в себя набор снабженных специальным программным обеспечением персональных компьютеров и периферийного оборудования (сканирующее устройство, принтеры, плоттер). В качестве базового программного обеспечения в подсистеме используется профессиональная геоинформационная система WinGIS, работающая под управлением операционной системы Windows.

Подготовка картографической продукции осуществляется на четырех автоматизированных рабочих местах системы "Лугис":

- АРМ СКАНирование;
- АРМ ВЕКторизация;
- АРМ РЕДактирование; •АРМ ПЕЧАТЬ.

Автоматизированное рабочее место "СКАНирование". На начальном этапе технологической схемы выполняется подготовка растровой основы

топографических карт, аэрофотоснимков, фотопланов и других картографических материалов. Для этого с помощью сканера картографические материалы вводятся в компьютер в виде растрового изображения. Растровое изображение топографической карты может быть введено частями. Для этого случая в системе предусмотрен модуль, предназначенный для "сшивки" частей растрового изображения. Одновременно с выполнением процедуры "сшивки" частей растрового изображения проводится его координатная привязка, в результате чего координаты растрового изображения на экране компьютера приводятся в соответствие с координатами исходных картографических материалов.

Процедуры координатной привязки и "сшивки" частей растрового изображения могут быть произведены как с использованием стандартной функции системы WinGIS "Преобразование растра", так и с помощью специальной программы ADJUST. В первом случае у оператора имеется возможность устранить линейные искажения растра, возникшие при сканировании. Устранение такого искажения производится путем изменения местоположения растра, увеличения или уменьшения масштаба его изображения. Во втором случае может быть произведено изменение угла наклона изображения и его нелинейная деформация. Преобразование растра обоими методами производится с использованием системы опорных точек. При применении функции "Преобразование растра" в качестве опорных точек могут быть использованы две точки, применение программы ADJUST позволяет увеличить число опорных точек до четырех.

В случае, когда в качестве топографической основы используется топокарта, а лесоустроительная информация переносится с обработанного таксатором аэрофотоснимка, для более точного совмещения изображений может быть применена функция "Прозрачность растра". При этом растровое изображение аэрофотоснимка устанавливается прозрачным, затем путем изменения его размеров и местоположения добиваются максимального совпадения расположенных на топокарте и аэрофотоснимке объектов.

Автоматизированное рабочее место СКАНирование оснащается специальным программным обеспечением входящих в комплект поставки сканеров, геоинформационной системой WmGIS, программой ADJUST, предназначенной для координатной привязки растровых изображений.

Автоматизированное рабочее место ВЕКторизация. На этом рабочем месте производится векторизация как материалов, используемых в качестве топографической основы, так и лесных картографических материалов. При векторизации информация разносится по слоям, совокупность которых представляет собой формируемый проект. Например, озера, ручьи и реки наносятся на слой "Гидрография", грунтовые и проселочные дороги на слой "Лесн. дор." и т. д.

По завершении векторизации элементов топографической основы на соответствующие слои проекта переносится информация с обработанного таксатором аэрофотоснимка. Для этого проект, содержащий векторизованное изображение элементов топографической основы, возвращается на АРМ

СКАНирование, где растровое изображение аэрофотоснимка по системе опорных точек совмещается с векторным изображением топографической основы. Совмещенные части растрового изображения аэрофотоснимка векторизуются при сохранении принципа разноса информации по слоям. Одновременно формируется слой "Ситуация", содержащий линии - границы будущих выделов. В дальнейшем этот слой преобразуется в слой, на котором размещены выделы, превращенные в площадные объекты. К такому слою осуществляется привязка таблицы обмена данными (ТОД), представляющей собой перечень номеров кварталов и выделов. В ходе привязки ТОД устанавливается связь между графическим объектом (выделом) и соответствующей ему строкой таблицы обмена данными, а также автоматическое вычисление площадей выделов.

Сформированный таким образом проект передается на редакцию.

Автоматизированное рабочее место РЕДактирование. На этом рабочем месте производится подготовка проекта планшета к печати, а на основе готовых планшетов формируются схемы и планы лесоустройства.

Подготовка проекта планшета к печати заключается в формировании слоя, содержащего таксационные формулы и названия, преобразовании линий в установленные Инструкцией условные знаки, анализе материалов планшета с целью поиска полигонов, заключенных в полигон большей площади, формировании зарамочного оформления.

Для формирования слоя "Семантика", содержащего таксационные формулы выделов, предназначена специализированная программа TEXTEDIT. В качестве исходной информации о таксационных характеристиках, расположенных на планшетах выделов, программа TEXTEDIT использует материалы специализированной базы данных PLP.

Следующим этапом редактирования является замена сплошных линий, которыми выполнена векторизация объектов, расположенных на всех информационных слоях, на установленные Инструкцией по созданию и размножению лесных карт условные знаки. Эта операция производится с помощью специализированной программы LLNEEDIT. На заключительном этапе подготовки планшета проект пополняется слоями, содержащими зарамочное оформление, и передается на рабочее место, предназначенное для печати и архивации.

По окончании подготовки всех планшетов лесничества они объединяются в план. Для этого планшеты копируются в единый проект и размещаются в нем в соответствии со "сквозной" системой координат.

Следующим этапом формирования планов является их автоматическая раскраска. Оператор производит запрос из базы данных, результаты которого отображаются на отдельном слое. Предварительно производится наполнение таблицы тематической информацией о таксационной характеристике входящих в обрабатываемый планшет выделов. Эта информация состоит в том, что оператор через конвертор запрашивает необходимые таксационные характеристики из тематической базы данных PLP. Набор запрашиваемых характеристик ограничивается только теми данными, которые отображаются

на цветных планах лесничеств (типы леса, категории защитности, категории земель ит. д.).

В процессе запроса оператор запрашивает в тематической базе данных выделы, преобладающей породой на которых является лиственница. Для отображения этого запроса на плане или схеме формируется слой, параметры которого (цвет закрашки, штриховка) устанавливаются в соответствии с Инструкцией о порядке создания и размножения лесных карт. Аналогичным образом производится автоматическая раскраска по породам, хозяйственным мероприятиям и т. д. Подготовленные схемы лесничеств передаются на печать.

Раскрашенные планы лесничеств собираются в проект схемы лесхоза. Эта операция по своему проведению аналогична сбору из планшетов плана лесничества. Собранный план лесничества обрабатывается с целью генерализации, при которой выделы площадью меньше заданной объединяются по принципу сходности ситуации с соседними, имеющими наибольшую площадь. Генерализация выполняется автоматически с использованием программы GENERATE, после применения которой планы лесничеств передаются на печать.

Автоматизированное рабочее место ПЕЧАТЬ. На автоматизированном рабочем месте ПЕЧАТЬ помимо вывода на печать готовой лесной картографической продукции производится её архивация на устройства долговременного хранения. Поступающие на это рабочее место проекты планшетов печатаются с применением широкоформатных черно-белых плоттеров, а проекты схем и планов разбиваются на части формата А4 и печатаются на цветных принтерах соответствующего формата. В целях обеспечения сохранности при длительном использовании планшетов, схем и планов на бумажных носителях картографические материалы ламинируются.

Цифровые копии изготовленных материалов архивируются с применением устройства записи на компакт-диски.

Следует отметить, что аналогичная технология лесоустroительного проектирования разработана Западно-Сибирским лесоустroительным предприятием на основе ГИС Mapinfo.

Вопросы для самопроверки

- 1. Какая нормативно-справочная информация необходима для функционирования комплекса задач АРМ-таксатора?*
- 2. Как формируется ключ запроса для отбора информации из повыдельного файла данных ?*
- 3. Какая вспомогательная программа используется для перекomпоновки лесоустroительной информации ?*
- 4. Какова структура входной информации комплекса задач АРМ-таксатора ?*
- 5. Опишите логическую схему функционирования комплекса задач АРМ-таксатора.*
- 6. Какие базы данных имеет "Повыдельный банк данных"?*
- 7. Какие возможности имеет автоматизированная система*

"Повыделный банк данных"?

8. Что Вы понимаете под термином "База знаний"?

9. Какие преимущества дает математическое моделирование лесохозяйственной деятельности конкретного объекта?

10. Как можно уточнить тип лесорастительных условий по цифровой модели рельефа?

11. Опишите виды камеральных лесоустроительных работ.

12. Перечислите причины перехода лесоустроительного проектирования на новую технологию.

7. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

7.1. Автоматизированная система управления "Лесные ресурсы"

Автоматизированная система управления "Лесные ресурсы" (АСУЛР) разработана в Карельском научно - исследовательском институте лесной промышленности в 1990 году на ПК, совместимых с ШМРС[1].

При разработке комплексов задач использовались действующие в отраслях (лесном хозяйстве и лесной промышленности) законодательные акты, инструкции, нормативы, правила, наставления и т.д. Кроме того, использовались ТПР АСУ по комплексам задач "Учет и оценка лесосырьевых баз предприятий", Информационно - справочная система (ИСС), "Лесосырьевые базы (лесной фонд)", "Учет и оценка лесосечного фонда предприятий" и ИСС "Лесосечный фонд".

7.1.1. Назначение автоматизированной системы управления "Лесные ресурсы"

Цель создания АСУЛР - комплексная автоматизация всех видов учета лесных ресурсов на единой информационно-методической основе и организация решения большого круга задач по учету и оценке лесных ресурсов, анализу их состояния и планированию лесохозяйственного и лесозаготовительного производства.

АСУЛР предназначена:

- для упорядочения учета всех видов лесных ресурсов на единой информационной основе путем создания соответствующих баз данных по минимальным единицам учета (таксационный выдел, делянка);

- для оперативного обеспечения достоверной информацией о характеристике лесных ресурсов и их реальном состоянии ИТР, связанных с учетом, оценкой и планированием их использования.

Целесообразность автоматизации функций управления лесными ресурсами на ПК заключается в следующем: трудозатраты инженерно-технических работников (ИТР) на ведение учета лесных ресурсов в связи с большим объемом учетной информации составляют до 50% фонда рабочего времени. Кроме того, ежегодно подлежит обработке большой объем информации при подготовке отчетных и статотчетных документов, большая часть которых базируется на одних и тех же исходных данных.

Автоматизация учета лесных ресурсов позволит создать единую информационную базу данных при одноразовом ее вводе и периодической корректировке и многократном ее использовании при получении необходимых выходных данных.

При незнании реального состояния лесных ресурсов в межревизионный период лесоустройства возникает много ошибок, просчетов и несбалансированности в планировании объемов, размещении и использовании лесных ресурсов. Оторванность ИТР от информации по характеристике лесных ресурсов ограничивает возможности оперативного вмешательства в конкретный процесс производства в нестандартных ситуациях или при обнаружении ошибок в планировании. Организация прямого доступа пользователей к информации по лесным ресурсам и ведение этой информации позволит повысить ответственность ИТР за достоверность данных и оперативность в принятии правильных управленческих решений.

АСУЛР не является локальной человеко-машинной системой для группы специалистов из разных отделов комплексного лесного предприятия, связанных с управлением лесными ресурсами. Работа каждой из них организуется в рамках автоматизированного рабочего места (АРМ).

Автоматизации подлежат функции учета лесного, эксплуатационного и лесосечного фонда, реализуемые в трех комплексах задач на основе создания банка данных о лесных ресурсах.

Комплексы задач предназначены для предприятий и их подразделений (лесничества, лесопункты) и автоматизируют деятельность ИТР следующих отделов предприятия: лесного хозяйства (ОЛХ); производственно-технического (ПТО); планово-экономического (ПЭО). Автоматизации подлежат функции, выполняемые ИТР вышеперечисленных отделов предприятия: инженером лесного хозяйства (ОЛХ); инженером по лесным культурам (ОЛХ); инженером по лесфонду (ОЛХ или ПТО); инженером-экономистом (ПЭО).

7.1.2. Перечень комплексов задач

При определении состава комплексов задач учитываются специфика различных видов учета, характер выполняемых каждым специалистом функций по конкретному виду учета и удобство организации и ведения информационной базы в пределах комплексов задач. Состав задач внутри комплекса определяется с учетом определенных функций, которые отображены в названиях задач. Кроме того, учитывались особенности технологии выполнения видов работ по каждой задаче (функции).

1) Комплекс задач "Учет и анализ состояния лесного фонда". Инженер лесного хозяйства решает следующие задачи:

- формирование и ведение нормативно-справочной информации;
- формирование повидельной базы данных лесного фонда (с ЕС ЭВМ на ПК);
- ведение повидельной базы данных лесного фонда;
- формирование и ведение базы данных по формам государственного учета лесов;

- ведение государственного лесного кадастра;
- расчет фонда площадей для рубок ухода за лесом.

Инженер по лесным культурам использует задачу - формирование и ведение базы данных по текущим изменениям в лесном фонде.

2) Комплекс задач "Учет и анализ состояния лесосырьевых баз предприятий".

Инженер по лесфонду использует и решает следующие задачи:

- формирование и ведение по выделной базы данных эксплуатационного фонда лесосырьевых баз предприятий;
- расчет характеристик эксплуатационного фонда лесосырьевых баз.

3) Комплекс задач "Учет и оценка лесосечного фонда". Инженер лесного хозяйства и инженер по лесфонду используют и решают следующие задачи:

- формирование и ведение базы данных по характеристике лесосечного фонда;
- материально-денежная оценка лесосек;
- расчет характеристик годичных лесосек в разрезе делянок;
- формирование документов по характеристике лесосечного фонда.

Инженер-экономист и инженер по лесному фонду используют и решают задачу по расчету характеристик лесосечного фонда к техпромфинплану предприятия.

Следует отметить, что задача "Формирование и ведение нормативно-справочной информации" входит в состав первого комплекса задач, но выполняет функции формирования и ведения НСИ для всех комплексов задач.

В 1997 году АСУЛР усовершенствована с реализацией комплекса программ на СУБД FOXPRO-2, ГИС MapInfo и языке программирования MapBasic.

Структурно ГИС организована в виде отдельных автоматизированных рабочих мест (АРМ) конкретных специалистов.

АРМ подготовки цифровой картографической базы данных (ЦКБД):

- конвертация лесоустроительных данных в среду MapInfo (функция не разработана);
- создание слоев карты;
- привязка баз данных к слоям карты;
- контроль ЦЭК с по выделной базы данных.

АРМ инженера лесного хозяйства

Работа в этом АРМ ведется с ЦКБД лесничеств и ЦКБД лесхоза. Внесение изменений, ведение ЦКБД и совмещенных баз данных:

- выполнение чертежей трасс и делянок вручную и по натурной съемке;
- разброска невязок при выполнении чертежа;
- вывод таксационных характеристик и товарной структуры древостоев выделов, вошедших в делянку, а также задаваемых на карте выделов и кварталов;
- вывод различных отчетов, содержащих фрагменты карт, и

сопровождающей информации;

- накопление изменений, внесенных в ЦКБД;
- корректировка слоев карты и повыдельной базы данных в системе;
- формирование и ведение нормативно-справочной информации;
- материально-денежная оценка делянок.

Решены задачи, связанные с АСУЛР:

- вывод форм госучета для выбранного объекта на карте;
- вывод товарной оценки древостоев на выбранные объекты на карте;
- получение текущего состояния повыдельной базы данных в АСУЛР по результатам корректировки ЦКБД;
- расчет поквартальных данных по преобладающим характеристикам кварталов;
- загрузка из АСУЛР нормативно-справочной информации и ее ведение в ГИС.

Разработаны программы сравнений ЦКБД с ПБД, архивация, актуализация баз данных по товарной оценке насаждений и поквартальных итогов после внесения изменений в ПБД.

АРМ лесопользователя предоставляет пользователю возможность решать следующие задачи:

- расчет характеристик эксплуатационного фонда;
- получение форм госучета;
- составление дислокации мест рубок, а также 5- и 10-летних планов рубок и подсочки леса;
- расчет товарной и сортиментной структуры эксплуатационного фонда;
- материально-денежная оценка лесосек;
- расчет характеристик поступающего в рубку лесосечного фонда и технико-экономических показателей освоения лесосек;
- получение документов статотчетности;
- получение информации для организации технологии рубок на лесосеках и многие другие задачи.

7.2 Автоматизация материально-денежной оценки лесосек

7.2.1. Анализ существующих комплексов программ по МДОЛ

В соответствии с наставлениями по отводу и таксации лесосек и правилами отпуска леса на корню в лесах страны выполнение этих работ и материально-денежная оценка лесосечного фонда возложена на работников лесохозяйственных предприятий. Объемы таких работ ежегодно составляют около 1 млн. га. Для автоматизации задачи по материально-денежной оценке лесосек (МДОЛ) привлекались программисты и специалисты лесного хозяйства в научно-исследовательских институтах, вузах, на лесоустроительных предприятиях. В настоящее время имеется множество вариантов программ для решения задачи по МДОЛ.

А. Разработка ЛенНИЛХ

Первые разработки по автоматизации материально-денежной оценки лесосек (МДОЛ) на ЭВМ появились в ЛенНИЛХ в 60-х годах.

Использовались технические средства: "Проминь"(1967 г.), "Минск-22"(1973 г.), ЕС-1029, ЕС-1033(1976 г.). С развитием технических средств и программного обеспечения задача по МДОЛ совершенствовалась. В последней версии комплекса программ по МДОЛ вычисляется ряд новых показателей:

- распределение деловой древесины по сортиментам;
- выход дров из кроны;
- число деревьев на 1 га;
- распределение пней по диаметрам;
- итоги оценки лесосек на ЭВМ по лесхозу и области за квартал или текущий год.

В комплексе программ реализованы методы таксации лесосек: 1) сплошной пересчет, ленточный пересчет, круговые площади постоянного радиуса; 2) круговые площадки без пересчета на узких лентах; 3) по материалам лесоустройства.

Эта версия активно эксплуатировалась на Северо-Западном лесоустроительном предприятии, которое обслуживало Ленинградскую, Псковскую, Новгородскую, Мурманскую области и Карелию по оценке лесосек на ЭВМ.

Б. Разработка ВНИИЛМ

Комплекс программ по МДОЛ разработан в 1985 году для ЕС ЭВМ. В результате его работы специалист получает все необходимые данные для оформления лесорубочного билета при передаче лесосек в рубку. Реализованы следующие методы таксации лесосек:

- сплошной и ленточный пересчеты;
- круговые площадки с узкими лентами пересчета;
- круговые площадки без узких лент пересчета;
- линейная выборка;
- по материалам лесоустройства.

Независимо от метода таксации лесосек программа выдает единый выходной документ: общий запас; запас крупной, средней и мелкой деловой древесины; запас сырья для технологической переработки, дров, отходов, ликвид из кроны; стоимость стволовой древесины и ликвида из кроны. Если на лесосеке есть подрост, то выдается его характеристика - состав, густота, высота, сохранность. Кроме того, указывается способ очистки лесосек и способ лесовосстановления. По результатам работы программы формируется на магнитном диске информационно-справочный массив (ИСМ). В комплекс программ по МДОЛ входит программа "Многовариантная оценка лесосечного фонда на основе максимального выхода сортиментов (МВС)". Решение этой задачи позволяет разработать оптимальный сортиментный план области, края, республики по 13 основным сортиментам. Оптимизацию сортиментной структуры лесосечного фонда объекта пользователь производит в диалоге. Комплекс программ поддерживается базой данных "Нормативно-справочная информация" (НСИ). В НСИ входят:

- сортиментные таблицы;

- таблицы разрядов;
- товарные таблицы;
- таксы;
- ряды распределения числа стволов по ступеням толщины;
- названия сортиментов; их коды и размеры;
- таблица процентного соотношения выхода сортиментов;
- список ранжированных по стоимости сортиментов;
- классификатор предприятий лесного хозяйства;
- классификатор хозеекций;
- классификатор способов очистки лесосек;
- классификатор обсеменителей;
- классификатор способов лесовосстановления;
- классификатор типов леса.

Годовой экономический эффект от использования комплекса программ составил 170 тыс. руб. в ценах 1985 года

. В. Разработка ДальНИИЛХ

Автоматизированная обработка материалов отвода лесосек на Дальнем Востоке началась активно внедряться с 1970 года на базе ЭВМ НАИРИ-С. В 1985 году для всех лесообразующих пород Дальнего Востока составлены сортиментные таблицы по новым ГОСТам на круглые лесоматериалы и разработана система МДОЛ (ДВОЛ-85) на базе ЭВМ СМ-4. В системе реализованы методы таксации лесосек - сплошной и ленточный. Методы таксации лесосек, основанные на применении полнотометра Биттерлиха, отсутствуют, так как они неприменимы из-за вертикальной сомкнутости полога древостоев и густого подлеска. В системе МДОЛ учтены способы рубок. В лесах 3 группы в лиственных, сосновых и еловых хозеекциях на Дальнем Востоке распространены сплошные и условно-сплошные рубки. В кедровых лесах проводятся условно-сплошные и подневольно-выборочные рубки. Это обстоятельство и потребовало необходимость разработки региональной системы по МДОЛ. В алгоритме ДВОЛ-85 предусмотрена проверка ограничений при назначении в рубку.

- относительная полнота остающегося древостоя (до 0,4-0,5);
- интенсивность выборки по запасу (30%, 25%, 20%);
- оставляемое число стволов, для кедра:
 - не менее 25 экз. на 1 га;
 - вырубаемая минимальная ступень толщины (для кедра равна 44 см);
 - возможный вырубемый запас по породе. В НСИ входят:
- объемные и сортиментные таблицы ;
- таблицы сумм площадей сечений и запасов на 1 га при полноте 1.0;
- прейскурант такс (12 групп древесных пород);
- древесные породы (20 пород).

Г. Разработка кафедры лесной таксации и лесоустройства

Ленинградской лесотехнической академии МДОЛ реализована в двух вариантах: на базе ПК "Искра-1256" (язык программирования - FORTRAN) и ЮМ РС (язык программирования

- Clipper). Отличительной особенностью данных вариантов программ от других является то, что алгоритм разработан на использовании математических моделей, описывающих лесотаксационные закономерности: объемы стволов по ступеням толщины, разряды высот (кривая высот), распределение числа стволов по ступеням толщины, запас зеленой биомассы элемента леса и т.д.

Описываемые программы предназначены для таксации лесосек по методам: сплошной перечет, ленточный, круговые площадки без узких лент перечета и материалам лесоустройства.

Д. Разработка кафедры лесной таксации и лесоустройства МарПИ и СП "Лина"

Комплекс программ МДОЛ реализован в двух вариантах: для ПК "Роботрон 1715" в 1988 году (язык программирования-Basic) и для ПК ЮМ РС/АТ в 1994 году (СУБД FoxPro 2.5a). Программа на языке BASIC позволяет произвести МДОЛ по методам сплошного и ленточного перечета. НСИ представлена в табличной форме в виде подпрограмм. Второй вариант комплекса программ (версия 1.0) предназначен для проведения МДОЛ в лесах Горного Урала (Пермская область) по следующим методам: сплошной перечет; ленточный перечет; круговые площадки постоянного радиуса; круговые реласкопические площадки; по материалам лесоустройства.

Отличительной особенностью этого программного продукта является то, что система предоставляет пользователю возможность получить требуемую информацию в любой момент времени. Система настраивается на конкретный объект на уровне предприятия. А для оценки сортиментной структуры лесосеки в выходной форме МДОЛ деловая древесина подразделяются на сортименты и рассчитывается их рыночная стоимость.

Нормативно-справочная информация является региональной и хранится в базе данных "Сортиментные и товарные таблицы для лесов Горного Урала".

С 1994 г по 2000 г комплекс программ по МДОЛ имеет семь версий (1.0, 2.0, 3.0, 3.5, 3.9,4.0 и 5.0). С каждой новой версией система расширялась и совершенствовался интерфейс пользователя. В настоящее время этот комплекс программ называется АРМ "Лесопользование". Он внедрен и успешно работает в Пермской области, Чувашской Республике, Кировской области, Республике Татарстан, Республике Марий Эл, Республике Мордовия, Нижегородской, Костромской и Ярославской областях.

Е. Разработка ИВЦ "Маршес"

МДОЛ реализована на базе ПЭВМ ЮМ, совместимых в среде СУБД dBASE 3 PLUS, которая имеет компилятор CLIPPER. Рабочая версия программы имеет исполнительный программный модуль для операционной системы MS DOS и носит имя "LESOSECA". Программы предназначены для МДОЛ по методам сплошного и ленточного перечетов. НСИ представлена в табличной форме.

Итак, лесное хозяйство России с 1967 года использует средства вычислительной техники в производстве. Методы таксации лесосек и

комплексы программ по МДОЛ совершенствовались одновременно с развитием средств вычислительной техники и программного обеспечения.

Следует отметить, что первые разработки программ были недоступны широкому кругу специалистов лесного хозяйства из-за отсутствия малогабаритных и недорогих СВТ. В настоящее время, когда появились надежные ПК с разнообразным программным обеспечением (ПО), ситуация изменилась. Пользователь получил возможность непосредственно выполнять расчеты по МДОЛ на своем рабочем месте. Например, в Республике Марий Эл четыре лесхоза оснащены ПК ЮМ РС, а в 1994 году все лесхозы республики оснащаются персональными компьютерами ЮМ РС.

Существующие комплексы программ различаются по регионам использования, составу НСИ, реализованным методам МДОЛ, сложности алгоритма, средствам вычислительной техники, языкам программирования, интерфейсу пользователя и др. При выборе программ или комплексов программ следует учитывать эти различия. На современном этапе, естественно, предпочтение отдается программе по МДОЛ, реализованной на ПК, с НСИ по региону использования, по методам таксации лесосек, применяемым в регионе пользователя.

Из всех программ по МДОЛ наиболее приемлемой, в практическом смысле, оказалась разработка ИВЦ "Марилес". Ее достоинства: наглядность, надежность, удобный и понятный интерфейс пользователя. Недостатком программы является реализация минимального числа методов таксации лесосек (сплошной и ленточный перечеты) и отсутствие статистической отчетности. Перечисленные недостатки отсутствуют у комплекса программ по МДОЛ для Пермской области. Наш опыт показал, что лесничий-практик осваивает технологию работ на ПК с программой "МДОЛ" за один час по одному элементу леса

7.2.2. Алгоритм задачи материально-денежной оценки лесосек

Перед назначением в рубку насаждения проводятся работы по отводу, таксации и материально-денежной оценке лесосек. Отвод и таксация лесосек - это полевые работы, а материально-денежная оценка лесосек - это камеральные работы. От метода таксации лесосек изменяется алгоритм задачи материально-денежной оценки лесосек.

Различают следующие методы таксации лесосек, которые наиболее широко используются на практике:

- 1) сплошной пересчет;
- 2) ленточный пересчет, круговые площадки постоянного радиуса;
- 3) круговые реласкопические площадки;
- 4) по материалам лесоустройства с их проверкой в натуре.

Введем общие обозначения:

m - количество ступеней толщины j -го элемента леса;

S - площадь лесосеки, га;

S_n - площадь перечета, га;

M — запас, м³;

V — объем дерева, м³;

D - диаметр дерева на высоте 1,3 метра, см;

N — количество деревьев на лесосеке, шт;

N' - количество деревьев на площади перече́та, шт;

h — номер разряда высот, ед;

j — индекс древесной породы;

i — индекс ступени толщины;

t - индекс разряда такса;

C - стоимость 1 м³ древесины, руб;

G - сумма площадей сечения деревьев, м²;

K - коэффициент состава древесной породы по запасу, ед;

PD - выход деловой древесины, %;

P_k — выход крупной деловой древесины, %;

P_c - выход средней деловой древесины, %;

P_M - выход мелкой деловой древесины, %;

$P_{др}$ - выход дров из деловых деревьев, %;

P_{mc} - выход технологического сырья из деловых деревьев, %;

P'_{mc} - выход технологического сырья из дровяных деревьев, %;

$P_{др}$ - выход дров из дровяных стволов, %;

Π_k - количество полных круговых площадок, шт.

А. Расчетные формулы материально - денежной оценки лесосек по методам таксации - сплошной, ленточный и круговые площадки постоянного радиуса

Сортиментные таблицы выражают выход деловой древесины по категориям крупности (сортиментам) от объема ствола в коре* а также сырья для технологической переработки и дров из деловых и дровяных стволов в процентах или в кубометрах.

Различие между методами таксации лесосек сплошного и ленточного заключается в том, что при ленточном перече́те производится сплошной перече́т на определенной ее части и составляет 8-12% от общей площади лесосек. Следовательно, можно эти методы таксации объединить в один алгоритм путем введения переходного коэффициента

$$P_k = \frac{S}{S_n}$$

где P_k - переходный коэффициент;

S - площадь лесосеки, га;

S_n - площадь перечета на лесосеке, га.

Количество деловых и дровяных деревьев на лесосеке по элементу леса определяется по формуле:

$$N_{ij(\text{дел})} = P_k * N_{ij(\text{дел})}^{\cdot}$$

$$N_{ij(\text{др})} = P_k * N_{ij(\text{др})}^{\cdot}$$

По замерам диаметров и высот для элемента леса определяются средний диаметр и высота, а по числовым значениям устанавливается разряд высот.

Запас на лесосеке по элементу леса:

$$M_j = 0,01 * \sum_{i=1}^n V_{ji(rh)} * [N_{j(\text{дел})i} + N_{j(\text{др})i}]$$

НЕТ РАЗДЕЛОВ 7.2.3 И ДО 7.2.4



Рис. 7.31. Диалог пользователя для печати отчетов ЛХ-3 и ЛХ-4

Формы отчетности ЛХ-13 и ЛХ-14 формируются автоматически в комплексе программ после приема информации подвеем лесничествам. Формирование сводной ведомости очередной лесосеки на уровне лесхоза производится при работе с комплексом программ "FARM" в диалоге автоматически после выбора требуемого года отчетности. Готовые отчеты на дату формирования выводятся на принтер или в файл.

Передача информации вышестоящей организации производится путем выбора подменю "Передать данные в Управление" и ввода отчетного года (рис. 7.32).

До передачи отчетов пользователю необходимо открыть директорию на жестком диске или на гибком диске для их записи в виде файлов. Например, на диск "С" создадим директорию "С \ОТСЧЕТ~1". При передаче данных пользователь открывает требуемую директорию "С :\ОТСЧЕТ~1" и выполняет функцию "Select". Комплекс программ запишет на диск в директории "ОТСЧЕТ-1" следующие файлы в формате "*.dbf": comp2000.dbf
lx132000.dbf
lx142000.dbf

lx3b2000.dbf
lx3h2000.dbf
lx4b2000.dbf
lx4h2000.dbf
mate2000.dbf
rela2000.dbf
lx3h2000.fpt
lx4h2000.fpt

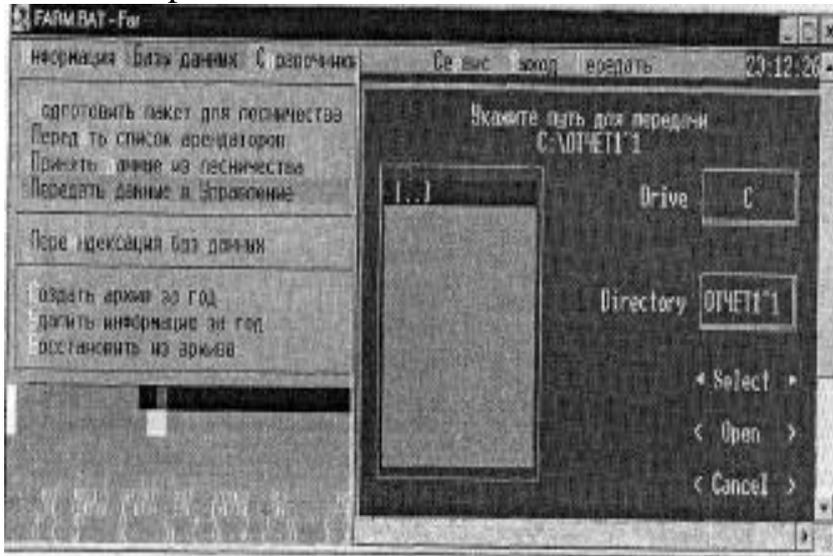


Рис. 7.32. Диалог пользователя для передачи всех отчетов на региональный уровень

Каждый лесхоз предоставляет в управление лесами вышеперечисленные файлы.

Государственная статистическая отчетность на уровне управления лесами

Для работы с программой для формирования государственной статистической отчетности на уровне региона необходимо лишь запустить командный файл ARMLP.BAT. Командный файл ARMLP.BAT имеет следующее содержание:

```
c:\FPD26\FOXR -t -cc:\FPD26\CONFIG.FP mdolmaiaarp
```

На рис. 7.33 показано информационное меню.

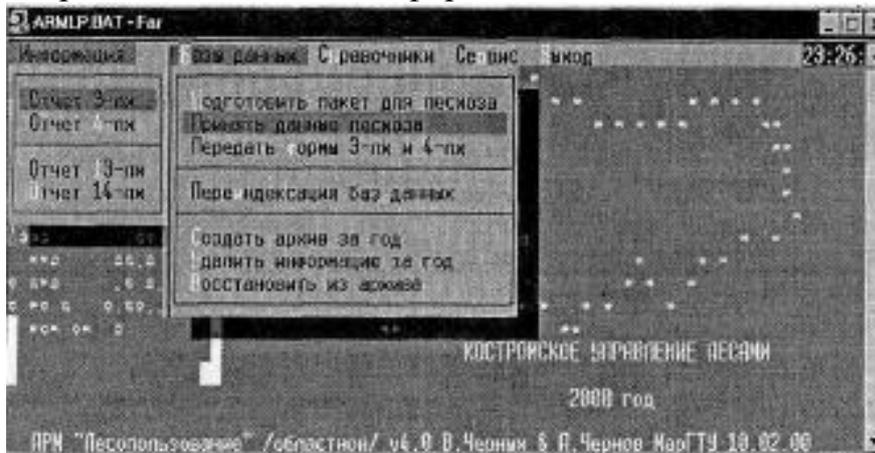


Рис. 7.33. Диалог пользователя на региональном уровне

Прием данных

Для приема данных в головной АРМ пользователю необходимо иметь файлы по лесхозам. Обратите внимание на то, что файлы отчетов по лесхозам должны храниться на разных дискетах или в разных директориях.

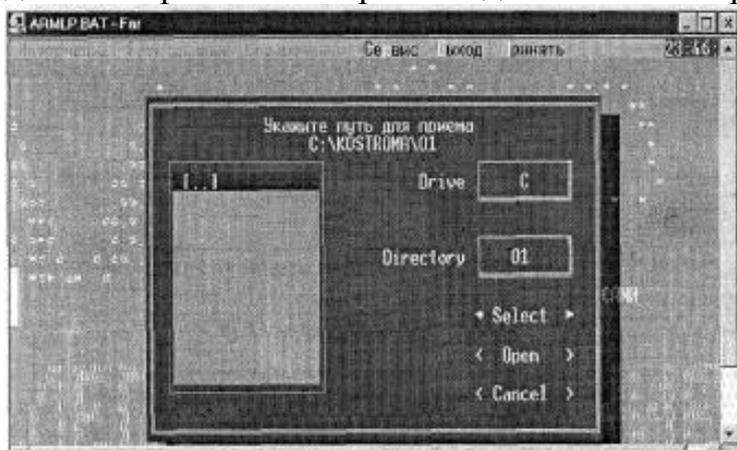


Рис. 7.34. Диалог пользователя для приема всех отчетов

Для приема данных пользователю необходимо выбрать подменю "Принять данные лесхоза", определить путь хранения данных и выполнить функцию "Select" (рис. 7.34). В случае, когда все данные приняты, можно приступать к формированию отчетов.

Сводные отчеты

Для формирования сводных отчетов ЛХ-3, ЛХ-4, ЛХ-13 и ЛХ-14 пользователю необходимо выбрать требуемый отчет в подменю, указать номер планируемого года. Для получения сводных ведомостей пользователь выбирает меню "Ведомости", а для получения итоговых данных по республике - "Итоги"(рис. 7.35).

Печать сформированных отчетов пользователь выполняет аналогично диалогу (см. рис. 7.35). Требуемый отчет можно записать в файл или вывести на печать.



Рис. 7.35. Диалог пользователя на уровне управления лесами при получении отчетов

Сводные отчеты ЛХ-3 и ЛХ-4 передаются на федеральный уровень на дискете или по электронной почте. Для этого формируется файл "svbaza.dbf" в формате DBF.

7.2.4.6. Формирование копии комплекса программ для лесхоза и

лесничества

Головной АРМ "Лесопользование" создает копию программ для установки его в конкретном предприятии.

Для этого необходимо выбрать функцию "Подготовить пакет" (рис. 7.33), выбрать хозяйство (рис. 7.36), указать путь для записи копии (рис. 7.37) и выбрать функцию "Select".

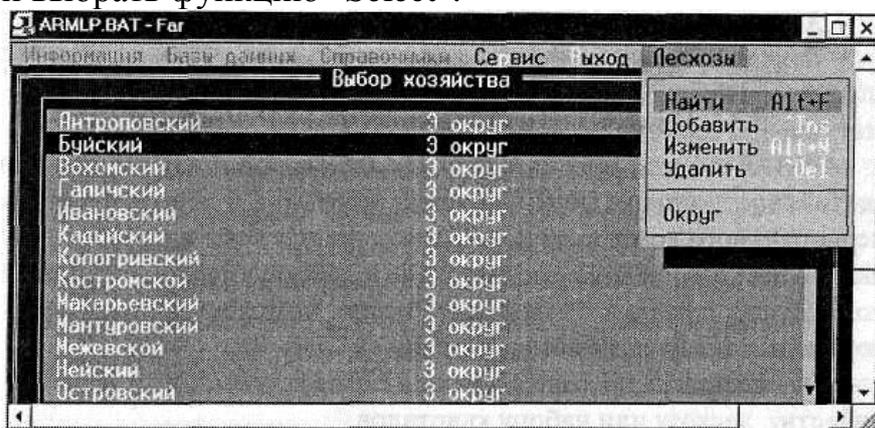


Рис. 7. 36. Окно для выбора и корректировки наименования лесхоза, лесничества

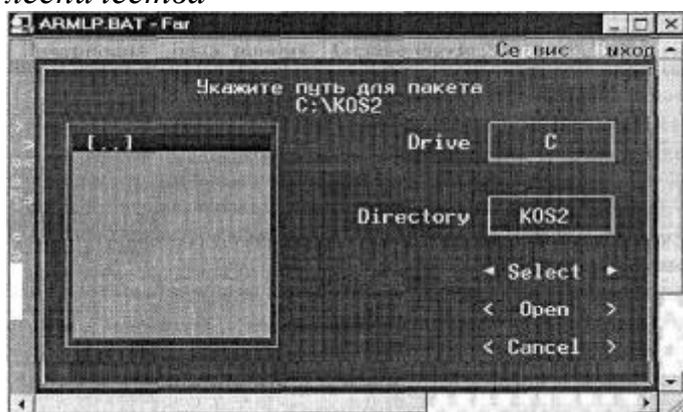


Рис. 7.37. Диалог пользователя для формирования копии программ для лесхоза

Копия комплекса программ передается в лесхоз и устанавливается в соответствии с требованиями раздела 7.2.4.3 и 7.2.4.4. Копия программ для лесничества формируется аналогично, но комплексом программ на уровне лесхоза FARM. APR

7.3. Автоматизированное рабочее место инженера лесного хозяйства "Лесфонд"

7.3.1. Назначение и возможности АРМ "Лесфонд"

АРМ "Лесфонд" предназначен для автоматизации повседневной деятельности специалистов лесного хозяйства с использованием персонального компьютера. АРМ включает в себя набор баз данных по лесному фонду в соответствии с действующей инструкцией по лесоустройству в лесном фонде России. Комплекс программ предоставляет следующие возможности:

- Осуществлять просмотр и печать поквартальных итогов по лесничеству, лесхозу или набору кварталов.

- Получать на экране изображения выделов, кварталов, отобранных по заданному критерию поиска с помощью механизма QBE.

- Производить отвод лесосек и трасс в выбранном таксационном выделе лесничества.

- Производить материально-денежную оценку лесосеки по материалам лесоустройства, используя настраиваемые справочники лесных податей и товарных таблиц.

- Изменять конфигурацию и таксационное описание выделов в связи с изменениями, произведенными в лесном фонде.

- Получать отчеты "Государственного учета лесного фонда". АРМ "Лесфонд" поддерживает простые и наглядные средства:

- копирования, сохранения, уплотнения и восстановления данных;

- ведения списка зарегистрированных пользователей и их прав на основе иерархической структуры:

- администратор системы;

- привилегированный пользователь;

- пользователь;

- интерактивной коррекции данных в текстовом и графическом режимах с защитой от случайных ошибок оператора (при наличии соответствующих прав доступа);

- создания новых баз, экспорта и импорта данных, выделения необходимых фрагментов и т.д.

АРМ "Лесфонд" разработали специалисты ТОО "Лабмастер" Кац С.С., Плаксин С.В., Луценко А.В. и др.

7.3.2. Базы данных в АРМ "ЛЕСФОНД"

Исходными материалами для создания картографической части базы данных могут быть как готовые (и используемые в настоящее время) лесоустроительные планшеты, планы лесонасаждений, так и аэрофотоснимки, используемые при лесоустройстве. В качестве источника таксационных данных используются таксационные описания, создаваемые в процессе лесоустройства.

При создании картографической части базы данных используется сканирование носителя информации с его последующим преобразованием в цифровую форму. После этого производится объединение картографической и таксационной информации по каждому выделу в отдельности.

Программа АРМ "Лесфонд" рассматривает квартал как самостоятельную неделимую единицу. Картографическая информация (контуры всех выделов и кварталов) не отделима от таксационных данных. Поэтому при удалении номера квартала из состава базы данных удаляется таксационное описание всех его выделов и их границы. По этой же причине есть возможность сохранения квартала в каком-то его состоянии на данный

момент времени.

Так как один квартал никак не зависит от другого, существует возможность производить операции с набором кварталов. Указания программе о каких-либо действиях с набором кварталов производится при помощи "селектора кварталов" (списка кварталов). Селектор кварталов применяется для формирования отчетов по нескольким кварталам базы данных или для копирования указанных кварталов (например, для хранения информации о предыдущем состоянии кварталов). Эта операция производится при помощи "импорта и экспорта". При экспорте кварталы, занесенные в селектор, копируются в любой указанный Вами файл). При этом они остаются в составе базы данных. С помощью операции импорта Вы можете вернуть в состав базы данных скопированные ранее кварталы.

В АРМ "Лесфонд" система хранения номеров выделов такова, что при удалении какого-либо выдела номера всех последующих выделов уменьшаются на единицу. При этом получается так, что на место удаленного выдела перемещается следующий за ним выдел. Таким образом, выделы связаны между собой только нумерацией.

7.3.3. Управление сеансом работы с АРМ "ЛЕСФОНД"

1. При запуске программа запрашивает пароль. В ответ на запрос необходимо выбрать имя пользователя и нажать ввод (рис. 7.38).

На этом шаге можно установить уровень полномочий при работе с программой. В зависимости от полномочий специалисту доступны те или иные возможности АРМ. В системном каталоге расположен файл для хранения паролей "PASS.DAT". Файл паролей представляет собой справочник пользователей программы в данной организации. Заполнять этот список желательно для каждой организации (лесхоза, управления лесами). Для каждого пользователя система хранит специальный номер, содержащий в себе код области, лесхоза и лесничества. Эти коды похожи на обозначения баз данных в Лесфонде.

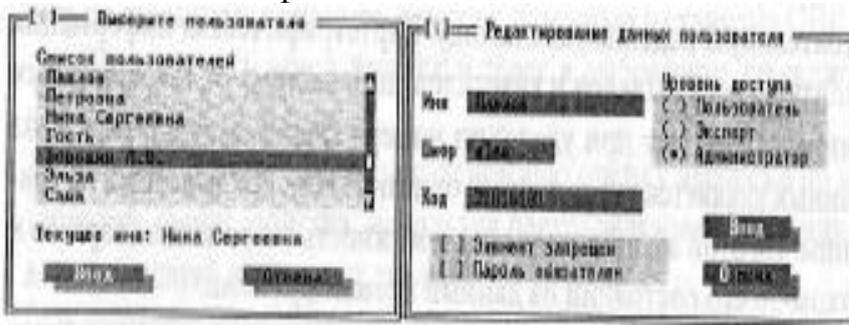


Рис 7. 38. Меню для выбора и редактирования данных пользователя

Коды выглядят следующим образом - "71 01 01 01". Первые шесть цифр обозначают область, лесхоз и лесничество, в котором производится работа. Последняя цифра обозначает порядковый номер пользователя в текущем лесничестве. Номера обязательно должны быть уникальны. При добавлении нового пользователя в список программа автоматически формирует его номер, поэтому исправлять его не требуется. Если в программе не прошит

код, тогда программа использует номер, который указан в файле FIRM.INI, расположенном в системном каталоге (название группы "Предприятие", поле "Код"). При распространении зарегистрированных программ файл FIRM не потребуется. В противном случае его необходимо заполнять для каждого лесхоза и указывать там код области и лесхоза. Если программа установлена в лесничестве, то целесообразно добавить код лесничества.

Режим работы, в котором пользователь вводит пароль при входе в программу, мы предлагаем заменить на выбор имени из списка. При этом можно заставить подтверждать паролем выбор из списка тех пользователей, для которых установлены особые полномочия.

Переключение режима работы программы с пользователями производится при помощи изменения значения параметра "123456789" в группе "Лесфонд": 0 соответствует отключенному состоянию системы паролей и автоматическому разрешению всех действий; 1 - режиму выбора пользователя из списка; 2 - соответствует режиму, когда при входе в АРМ "Лесфонд" обязательно запрашивается пароль. После изменения файла MAP.LNI программа будет каждый раз предоставлять список пользователей.

2. Перед началом сеанса работы необходимо открыть базу. Это делается через пункты меню База данных / Открыть базу или нажатием клавиш АН+F3 (рис.7.39). Команда Открыть базу позволит специалисту из списка доступных подразделений выбрать интересующие лесхоз и лесничество и загрузить связанную с ними базу данных. Справа на информационной панели будут отображаться текущие характеристики базы данных.

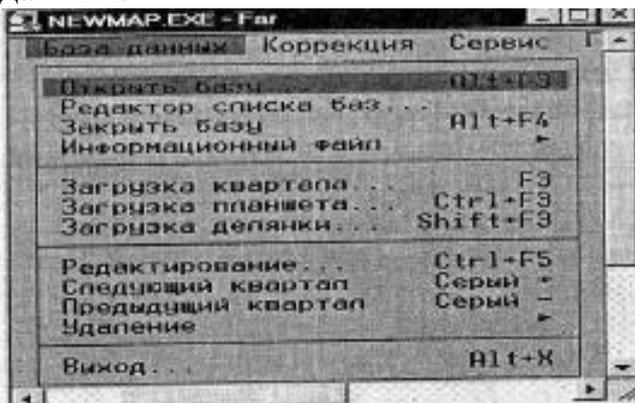


Рис. 7.39. Информационное меню для работы с базами данных

В случае отсутствия базы данных или неверного открытия программа предложит специалисту создать базу заново, с уничтожением старого ее состояния.

Имея открытую базу, можно проводить выборки из нее или работать с графической картой лесного хозяйства.

Работа со списком баз

Пункт меню База данных/Редактор списка баз позволяет специалисту откорректировать список доступных подразделений (добавить новую базу, исключить из списка и т.д.). Команда доступна только администратору

системы.

База данных/ Список баз / Добавить лесхоз предназначена для включения в список доступных хозяйств еще одного лесхоза.

База данных/Список баз /Добавить лесничество предназначена для добавления к выбранному лесхозу еще одного лесничества.

База данных / Список баз / Удалить из списка предназначена для исключения из списка доступных хозяйств одного из подразделений.

Пункт меню **База данных / Загрузка квартала** предназначен для считывания заданного квартала из базы данных в оперативную память. Эта операция должна быть проделана перед использованием информации по кварталу (Просмотр, Модификация, Карта квартала). Последний из загруженных кварталов становится текущим, все команды просмотра (модификации) данных относятся к нему. Статус текущего квартала отображается на информационной панели. Загрузка в оперативную память квартала повторно не производится.

Пункт меню **База данных / Просмотр данных** предназначен для получения подробной информации о текущем квартале в специальном окне просмотра. В окне просмотра отображаются:

- общие данные квартала;
- тип, площадь и другие характеристики текущего выдела,
- информация по текущей породе (не для всех типов выделов).

Для управления экраном просмотра необходимо использовать кнопки управления, доступные через мышь или через клавишу Tab или обозначенные на них клавиши, дублирующие функции кнопок.

Пункт меню **База данных /Редактирование данных** предназначен для модификации данных текущего квартала. Работа производится в специальном диалоговом окне редактирования. Поля ввода и кнопки управления помогут специалисту легко и безошибочно выполнить модификацию данных (рис. 7.40).

Диалоговое окно ввода является многоуровневым. В ответ на некоторые команды редактирования открываются вложенные диалоговые окна, позволяющие вводить дополнительную информацию. При помощи диалогового редактирования можно вводить данные во вновь организованные кварталы и выделы. Редактирование квартала доступно только оператору с уровнем полномочий не ниже эксперта.

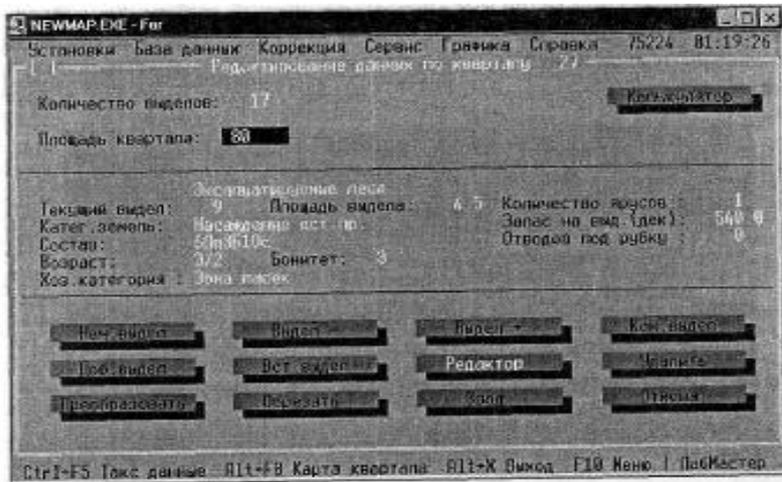


Рис. 7.40. Окно для редактирования конкретного кадастрового выдела

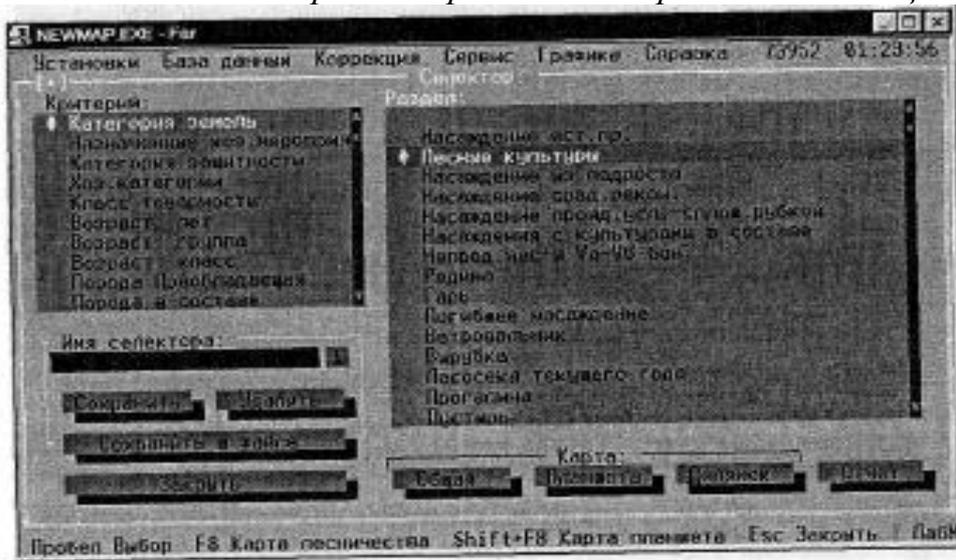


Рис. 7.41. Окно для формирования запроса из базы данных

Выборку из базы можно делать после установки селектора кварталов. Селектор кварталов определяет диапазон кварталов, в которых будет производиться поиск.

В окне селектора мышью назначается критерий, выбирается раздел путем нажатия клавиши "пробел" (рис. 7.41). По выбранному разделу создается отчет, который можно записать в файл и получить тематическую карту.

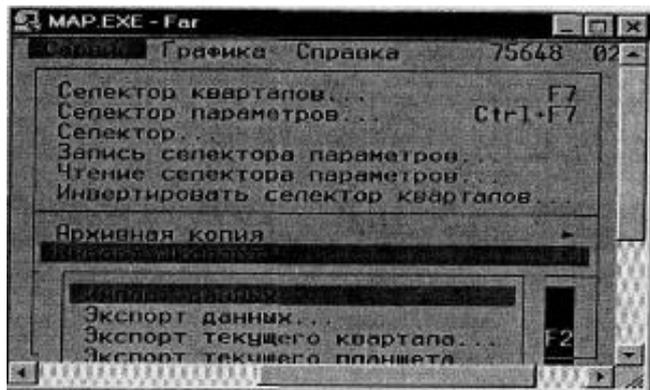


Рис. 7.42. Окно для выбора конкретных значений параметров из поведельной базы кадастровых данных

Команда **База данных /Заккрыть базу** выполняется всегда после окончания сеанса работы с базой, перед выходом из программы.

Пункт меню **Сервис** предназначен для проведения сервисных работ с Вашей базой данных: экспорта данных, импорта числовых и графических данных, уплотнения базы, создания архивной копии и т.д. (рис. 7.42).

Команда **Сервис /Импорт / Экспорт** предназначена для чтения и записи данных, подготовленных в текстовом формате, анализа их и занесения в Вашу базу данных.

Пункт меню **Графика** предназначен для работы с картографическим материалом. Работа с графической частью базы возможна в режимах: работа с общей картой и работа с отдельным кварталом, картой лесхоза, планшетом, последней картой и тематическими картами (рис. 7.43).

Работа с общей схемой (картой) расположения территорий лесничеств возможна уже после открытия базы через выбор меню **Графика /Общая карта**. В этом случае выводится общая схема расположения территорий лесничеств, на которой выделено выбранное лесничество. После нажатия Enter выбранное лесничество разворачивается навесь экран и на нем появляется квартальная сетка (рис. 7.44).

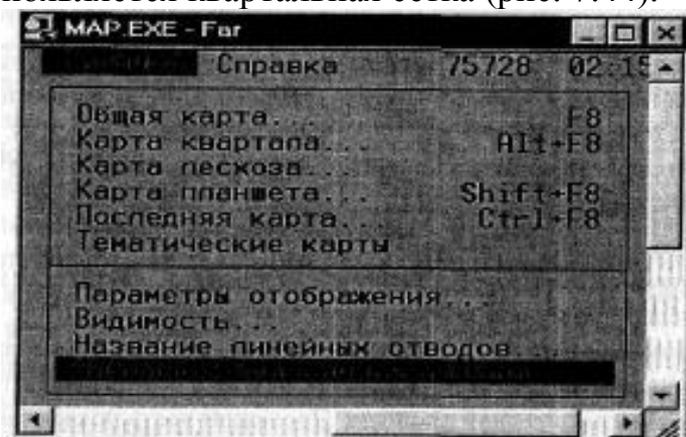


Рис. 7.43. Возможности графического режима АРМ "Лесфонд"



Рис. 7.44. Панели инструментов и фрагменты плана лесонасаждений лесничества

Работа с картой квартала становится возможной только после загрузки

квартала в оперативную память.

Изображение карты планшета можно вывести на экран, вызвав команду **Карта планшета** в меню **Графика**. При этом, если нет ни одного текущего планшета, будет предложен диалог загрузки. После выбора на экран будет выведено графическое изображение текущего планшета.

Элементы экрана в графическом режиме

В графическом режиме верхняя строка экрана постоянно видима и используется для отображения следующих данных.

- Номер квартала и выдела. Самая левая позиция используется для вывода номера текущего квартала, выдела, в скобках его таксационной и графической площади. Последняя часть показывает категорию земель данного выдела.

- Индикатор наличия данных в текущем выделе. Он загорается таким же образом, как и закладки, при просмотре таксационных данных выдела. При переходе к любому выделу этот индикатор отражает наличие у выдела информации по следующим разделам:

- Зеленый цвет означает наличие формулы состава.

- Красный цвет - наличие информации о подросте, подлеске, типе леса, хозяйственных мероприятиях, запланированных лесоустройством и т.п.

- Синий цвет означает наличие у текущего выдела макетов дополнительных сведений или комментария.

- Строка сообщений, в которой система пишет о производимых ею в данный момент операциях или выводит комментарий к выделу.

- Объем свободной памяти для ориентации пользователя о текущей нагрузке на программу. При критическом объеме памяти индикатор загорается красным цветом для предупреждения аварийных ситуаций. Если это происходит часто или программа странно себя ведет, обратитесь в раздел "Проблемы и их решение".

В графическом режиме на экране постоянно присутствуют две полосы прокрутки: вертикальная и горизонтальная. Они используются для перемещения карты и в качестве индикаторов текущего положения.

В нижней части, как и в текстовом режиме, присутствует строка подсказки.

Процентный индикатор появляется при длительных операциях (печать квартала, обсчет МДОЛ и т.д.). Он располагается на месте часов, временно закрывая их собой. В процессе выполнения программа показывает красным цветом выполненный объем работ.

Поверх часов также может располагаться кнопка вызова контекстной помощи. При перемещении мыши в область часов на их месте появляется изображение знака вопроса. Если в этом состоянии нажать любую кнопку мыши, будет выдана подсказка, соответствующая текущему состоянию программы. Помощь также можно вызвать из любого места программы, нажав клавишу F1.

При выводе различных карт участок экрана "Название участка карты"

используется для индикации названия текущей карты. Если это схема лесничества, то выводится надпись на голубом фоне с его названием. В данном случае изображен планшет номер 11.

При создании делянок их номер и общее количество отражаются в правом верхнем углу индикатором зеленого цвета. В левом нижнем углу расположен индикатор текущего масштаба.

Хозяйственное мероприятие на части выдела

Для того чтобы провести хозяйственное мероприятие на части выдела, необходимо ввести границы этого участка. Ввод границ участка производится в режиме отвода. Для этого нажимаем клавиши Alt+E и ставим точки левой клавишей мышки по границе предполагаемого участка. Далее нажимаем комбинацию клавиш Alt+%. Появляется окно выбора типа хозяйственного мероприятия - в нем необходимо выбрать тип. После этого производится оконтуривание участка, как при создании отводов. Если Вы выбираете мероприятие по изъятию древесины, появится окно редактирования изымаемого запаса. Остальные действия аналогичны работе с одним выделом.

Внесение изменений в картографическую базу данных

Внесение изменений в картографическую базу данных производится в режиме отвода. Отвод можно формировать как в режиме общей карты, так и в режиме карты квартала. Первоначально необходимо выбрать участок, на котором будет производиться отвод. Для этого необходимо выбрать и увеличить требуемый участок карты. Для нанесения отвода на карту квартала необходимо нанести его границы. Границы отвода задаются точками.

Для нанесения границ лесосеки необходимо произвести следующие действия.

1. Выберите квартал, на котором будет производиться отвод. Для этого переместите указатель мыши внутрь квартала, в котором предполагается внесение изменений, и щелкните левой клавишей мыши. Отвод можно формировать только в текущем квартале!

2. Нажмите комбинацию клавиш Alt+E или соответствующую кнопку на панели инструментов. При этом в строке состояния системы (в верхней части экрана) появится сообщение: "Режим ввода".

3. Границы отвода можно ввести с помощью мыши и с помощью клавиатуры.

Поместите указатель мыши на место границы нового отвода и нажмите левую клавишу мыши. В указанном месте появится точка. Остальные точки вводятся аналогичным образом. Замыкать контур отвода не надо, т.к. последняя точка соединяется с первой автоматически. Последнюю введенную точку можно удалить, нажав правую кнопку мыши.

Для ввода границ отвода с клавиатуры необходимо нажать комбинацию клавиш Alt+M. Последовательно будут запрошены данные об угле и расстоянии(рис. 7.45).

Румб вводится с помощью стрелок на дополнительной клавиатуре. Если Вы вводите румб, который требует уточнения, то Вам необходимо ввести угол (для ввода минут используется разделитель - точка).

Отметим, что за точку отсчета отвода первоначально берется левый верхний угол квартала. Вы можете изменить точку, от которой будет проводиться привязка делянки, инструментом "Перейти на следующую точку отсчета".

Для ввода каждой последующей точки можно нажать комбинацию клавиш **Alt+M** либо продолжить ввод мышью.

В режиме ввода границ отвода Вы можете увеличить участок карты для более точного нанесения точек. Для этого используйте клавиши перемещения по карте или инструменты на вертикальной панели. Для изменения положения ранее введенных точек необходимо подвести мышь к требуемой точке и, когда указатель примет вид, изображенный слева, удерживая левую кнопку мыши, переместить точку в новую позицию. При некорректном вводе формы отвода программа выдаст сообщение об ошибке, но Вы можете занести и ошибочно нарисованный отвод.

После того как границы отвода будут нанесены на карту, можно провести его материальную оценку. Для этого нажмите комбинацию клавиш **Alt+C**. На экран будет выведена таблица с рассчитанными данными, перемещаться по которой можно клавишами **стрелка вверх и вниз**. В заголовке отчета указывается общая площадь отвода. Для регулировки площади, изымаемой из каждого выдела, нажмите **Enter** на текущем выделе и укажите новое число. После изменения общая площадь отвода пересчитывается и в заголовке отражается новая число.

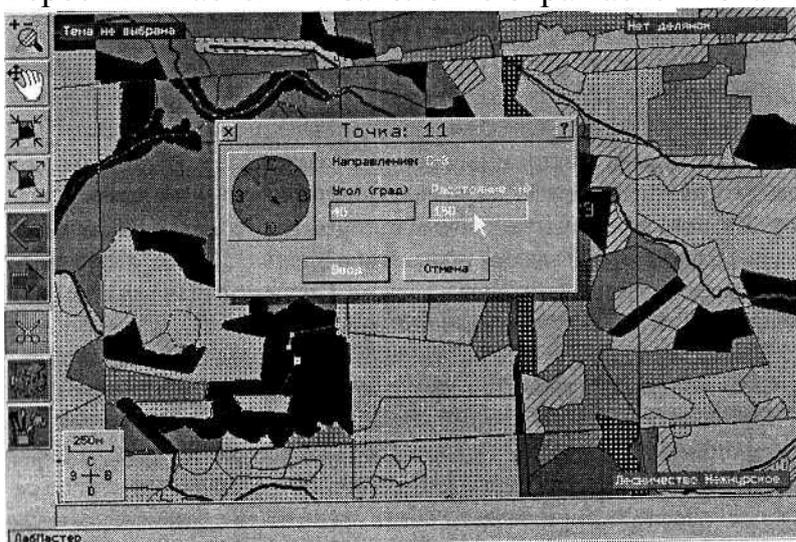


Рис. 7.45. Пример ввода грант/ отвода

Для облегчения ввода точек служит "Переключатель установки границ отвода на границу квартала". При использовании данного переключателя границы отвода автоматически устанавливаются на границы квартала. Обрабатываются те точки, которые находятся на расстоянии 20-30 метров от границ квартала.

7.3.4. Программа создания отчетов государственного учета лесного фонда

Программа создания отчетов государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) называется REPORT.EXE.. Для получения отчетов по формам 1,2 и 3 используются повывдельная база данных АРМ "Лесфонд" и текущие изменения, внесенные в течение года (рис. 7.46). Описание участков экрана программы

Опишем экран программы по частям.

1 В верхней части экрана расположен индикатор выбранного отчета и степени обобщения. Если выбранная степень обобщения - лесничество, то Вы можете указать диапазон кварталов и параметров для формирования отчета. Для этого необходимо войти в окно селектора кварталов или селектора параметров в меню "Сервис".

2. В середине находится индикатор "Выборка", также показывающий выбранную степень обобщения. Состояние этого индикатора устанавливается с помощью подменю "Организация".

3. Зона экрана "Индикация процесса" активна только во время создания отчета и показывает текущее лесничество, лесхоз и область. Счетчик "Кварталов" показывает общее количество обрабатываемых кварталов. Например, при выборе степени обобщения "Лесхоз" указывается общее количество кварталов в лесхозе. Процентный индикатор указывает общий процент выполненной работы.

В пункте меню "Установки" находятся команды, с помощью которых можно произвести настройку различных параметров программы.

Код области. Позволяет выбрать из списка область, с которой будет производиться работа. После выбора этого пункта на экране появится окно со списком областей. Выбор осуществляется обычным образом. После выбора области будет предъявлен список лесхозной-ственных зон, выбор которого осуществляется аналогичным образом.

Формат данных. Позволяет задать делитель данных и количество десятичных знаков при формировании расчетов. Делитель данных устанавливается с помощью переключателей, а количество знаков вводится с клавиатуры. После выбора данного пункта на экране появится меню для ввода требуемого формата пользователя.

Площадь. Позволяет задать формат отображения данных, выраженных в тысячах гектаров или в гектарах.

Запас. Позволяет задать формат отображения данных, выраженных в кубических метрах, тысячах кубических метров или миллионах кубических метров.

Сортировка кварталов. Команда позволяет переключить порядок сортировки кварталов при формировании поквартальных итогов по лесничеству. Сортировка по номеру обеспечивает последовательную запись кварталов в отчет по возрастанию номеров. Сортировка по категории защитности группирует кварталы с совпадающими категориями в блоки и подсчитывает суммы блоков.

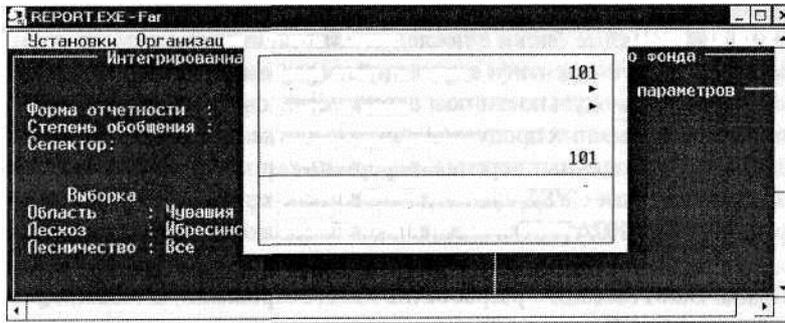


Рис. 7.46. Меню для формирования отчетов ГУЛФ и по запросу пользователя

Для того чтобы формирование отчетов было возможным, необходимо, чтобы были загружены лесничество и лесхоз. При входе в программу после закрытия информационного окна на экране будет предъявлен список доступных лесничеств и входящих в них лесхозов. Выбор из списка осуществляется обычным образом.

В программе создания отчетов предусмотрена возможность формирования отчетов как по всей базе, так и по выбранным кварталам, т.е. с использованием селектора. Работа с селектором осуществляется таким же образом, как и АРМ "Лесфонд" с селектором кварталов.

В данном разделе мы рассмотрели основные возможности АРМ "Лесфонд". Система постоянно обновляется и расширяются возможности тех или иных функций. Поэтому новую информацию о системе можно получить непосредственно у разработчиков.

Наш опыт показывает, что при работе с системой студенты и лесничий-практики очень быстро адаптируются к интерфейсу пользователя. Для изучения основных возможностей АРМ "Лесфонд" достаточно 4 академических часа.

7.4. Информационные системы производственного уровня (лесхоз, лесничество)

Рассмотрим опыт, полученный во ВНИИЦлесресурсе при разработке трехуровневой информационной системы для управления лесным хозяйством. Проработаны отдельные фрагменты ГИС каждого уровня, которые, однако, могут дополняться другими блоками и модулями. Использование выделения картографической и фактографической информации в отдельные блоки с последующим их связыванием на основе пространственно-идентифицирующей информации, а также применение принципа модульности позволило исследовать возможности различных программных продуктов при разработке многоуровневой ГИС. Например, в различных версиях информационных систем использовались реляционные СУБД Clarion и FoxPro, иерархическая СУБД МАГИС (разработчик - ИСА РАН) и специальная база лесотаксационных данных L; для создания картографического интерфейса использовались SDP (Spatial Data Processor - разработчик М. А. Островский) и VectEdit (разработчик ВНИИЦлесресурс).

Типовая структура взаимодействия модулей разрабатываемых

фрагментов ГИС приведена на рис. 7.47.



Рис. 7.47. Схема взаимодействия блоков совмещенной информационной системы

Система с такой структурой является открытой для добавления других блоков, в том числе предназначенных для анализа и принятия управленческих решений, и имеет несколько другие особенности и предназначение, чем ГИС в общепринятом понимании.

Совмещенная информационная система реализована для конкретных объектов трех уровней обобщения информации, принятой в отрасли: на федеральном, региональном и лесхозном уровнях.

Необходимость тщательной разработки ГИС лесхозного уровня связана с тем, что основной поток информации в лесной отрасли начинается именно с этого уровня и базируется на этом уровне. На региональном и федеральном уровнях используется интегрированная информация, первичными данными для которой являются данные таксационных описаний. Разработку прогнозного и модельного модулей информационной системы также рационально ориентировать именно на этот уровень, поскольку именно здесь осуществляется управление реальными лесами.

ГИС обеспечивает хранение, обновление, быстрый поиск информации, выполнение пространственных и атрибутивных запросов к данным, дает возможность пространственного анализа и отображения (аналитические карты) информации. Переход от уровня к уровню реализован в виде "гиперкарты" - наподобие гипертекстовых справочников. Использование стандартных инструментальных средств позволяет сохранять систему независимой от конкретного разработчика, поддерживать ее как открытый комплекс, способный к дополнению и наращиванию его следующими модулями.

7.4.1. Совмещенные повыведельные базы данных лесхоза

Объединение в систему картографической базы данных и повыведельной лесотаксационной базы данных с помощью картографического интерфейса было названо совмещенной повыведельной базой данных лесхоза. В начальной стадии для создания совмещенной базы данных (ГИС) лесхоза во ВНИИЦлесресурсе была проведена адаптация графического редактора "Spatial Data Processor (SDP) - Release 1.5B" (фирма OMA-Soft) к аппаратно-программному комплексу и задачам лесного хозяйства. Объединение SDP и

повыдельного банка данных в единый комплекс совмещенной базы данных было осуществлено с помощью специальной программы.

С использованием пакета МАГИС, разработанного на основе функционально полной иерархической отечественной СУБД НИКА, и картографического интерфейса SDP создана совмещенная информационная система лесхоза "Таксационные показатели ГИЗЛ "Горки", масштаба 1:10 000. Описание построения базового модуля ЛИС лесхоза, предварительных результатов ее использования приведено в разделе б.3.3. DOS-версия системы была передана для опытной эксплуатации в ГИЗЛ "Горки".

Для загрузки данных в СУБД НИКА и Clarion из используемых в лесном хозяйстве СУБД "L", "СОЛИ", "СОЛИ-Г и "СОЛИ-2" приходилось писать специальные программы-конверторы. Зачастую это сопровождалось рядом трудностей из-за различия кодировок в разных лесохозяйственных предприятиях, которые создавали эти данные. Графический редактор SDP использоваться в целях непрерывного лесохозяйства не может, поскольку не имеет средств обработки геодезических материалов, развитых математических методов расчета картографических проекций, возможности работы с растровыми изображениями и т.д., хотя в качестве визуализатора и простоты интерфейса его преимущества неоспоримы. Вследствие этого в дальнейшей работе использовались другие ранее созданные и используемые в отрасли системы VectEdit и L.

VectEd.it - картографическая система, предназначенная для формирования базы картографических данных на конкретный участок территории по информации, поступающей по нескольким информационным каналам: с аэро- и космических снимков, топографических карт, планово-картографических материалов лесохозяйства, данных наземного обследования и пр.

L - система формирования и использования базы таксационных (тематических) данных на заданный участок. Содержанием базы являются лесохозяйственные показатели участков леса (выделов, кварталов) такие как запас, полнота, возраст, высота, диаметр и пр. до 150 показателей на выдел, показатели состояния насаждений. Показатели собираются в результате наземного обследования участков, а также сочетания дешифрирования снимков с наземной таксацией лесов.

Для создания ГИС-технологии лесхоза необходимо создать совмещенную (картографическая + таксационная) базу данных, объединяющую в себе картографические и тематические данные для каждого участка (выдела, квартала). Ключевыми элементами такой базы являются номера соответствующих участков. Совмещенная база может быть создана как заранее, так и динамически в ходе обработки информации.

Такая технология создания совмещенных баз данных была разработана во ВНИИЦлесресурс и названа VectEdit+L, или кратко VE-L технологией [Старостенко, 1996].

Эта технология передана в ряд организаций и лесхозов Рослесхоза и в настоящее время в производственном режиме используется для проведения

непрерывного лесоустройства в двух лесхозах Московской области.

По принятой сейчас классификации ГИС-продуктов интегрированная система VE-L + VectEdit + L относится к классу программ визуальной работы с электронной картой, так называемых ГИС-визуализаторов или ГИС-вьюеров (GIS-viewer). Программы такого класса - самая массовая разновидность ГИС-программных продуктов за рубежом, однако у нас они только начинают получать распространение. Они достаточно просты в использовании и не требуют специального уровня знаний в геоинформатике. В противоположность им инструментальные ГИС могут быть весьма сложными системами, но и решаемые с их помощью задачи обычно качественно намного сложнее.

7.4.2. Использование ГИС начального уровня для создания цифровой топоосновы картографической базы данных лесхоза

Общая схема создания цифровых карт ГИС лесхоза. Производственными картами традиционно являются плано-картографические материалы лесоустройства: схемы лесхозов (окрашенная по породам, противопожарных мероприятий, арендуемых земель, неокрашенная), планы лесничеств (окрашенный по породам, проектируемых мероприятий, размещения эксплуатационного фонда, ягодников, лекарственного и технического сырья, по техническим участкам, обходам, неокрашенный), лесоустроительные планшеты.

Типичные масштабы лесных карт:

- карта-схема лесхоза М 1:100000,1:300000
- планы лесничества М 1:25000,1:50000
- лесоустроительные планшеты М 1:10000,1:25000

Минимальным лесохозяйственным объектом карт является лесотаксационный выдел (за исключением карт схем, имеющих поквартальное содержание).

Цифровые карты формируются в рамках единого подхода, заключающегося в формировании цифровой топоосновы, корректировании ее, индексации и проверке точности, а только затем в наполнении ее внутренним содержанием. Цифровая топооснова включает в себя единую систему опорных точек, окружные границы планшетов, квартальную сеть, гидрографию и дорожную сеть.

При формировании цифровых карт создается единая топооснова на весь объект картографирования - лесохозяйственное предприятие или лесничество. Затем топооснова разрезается на планшеты и производится ее поквартальное заполнение.

Создание цифровых карт представляет собой последовательность взаимосвязанных операций, позволяющих из исходной информации получить цифровую информацию о лесных картах в виде картографической базы данных с возможностью выдачи этих данных на экран и различные носители. К исходной информации относятся: таблицы геоданных топоосновы (азимуты и меры линий окружных границ планшетов и

квартальной сети), лесные карты прежнего лесоустройства, топографические карты, абрисы, фотоабрисы, на аэро- и космических снимках, информация тематических баз данных на магнитных носителях.

Создание лесных цифровых карт включает основные этапы:

а) сбор и подготовка исходных данных, выбор и нумерация опорных точек;

б) ввод и редактирование цифровой топоосновы:

-ввод окружных границ планшетов по геоданным или по планшетам прежнего лесоустройства, их редактирование, взаимная увязка, вычисление площадей;

-ввод квартальной сети и приведение ее к единой системе координат, редактирование и увязка, индексация;

-вычисление площадей кварталов, контроль невязок;

ввод линейных элементов;

в)пофрагментный ввод (поквартально) сети границ лесных выделов с абрисов или фотоабрисов:

-разделение топосновы на кварталы;

-поквартальный ввод границ выделов и приведение к системе координат топоосновы;

-корректурa линейных элементов;

-редактирование выдельной сети и увязка с границами кварталов;

- индексация выделов;

-вычисление площадей выделов, контроль невязок;

г) ввод необходимой таксационной информации и формирование таксационных формул;

д) формирование зарамочного оформления и проверка;

е) вычерчивание и проверка карт.

Изложенная схема является основной для создания цифровых карт с поведельной информацией. Для получения цифровых карт с поквартальной информацией в этой схеме отпадают операции с границами выделов и другой поведельной информацией, вместо которой вводится поквартальная информация.

В уменьшенном виде пример планшета, созданного по указанной схеме и использованного для визуализации пространственных запросов в программе Ve-L, можно увидеть на рис. 7.54, 7.55 и др.

Накопления ошибок геоданных и возможности их решения

Большинство лесоустроительных планшетов, составленных для территорий центра европейской части России, включают геодезические данные по их окружным границам. Это данные землеустройства, относящиеся, как правило, к 30-60-м годам XX века. Именно эти данные закрепляют в натуре границы владений различных землепользователей. Именно они переписываются с планшета на планшет, от одного лесоустройства к другому, из одного геожурнала в другой (с внесением определенной доли ошибок). Но на практике при лесоустройстве они в

большинстве случаев не используются, окружные границы просто "перекальваются" из десятилетия в десятилетие. И связано это прежде всего с чрезвычайно высокой трудоемкостью ручных методов работы с геоданными.

Однако в практике лесного хозяйства геоданные часто используются в качестве опорных данных при выполнении различных отводов, при этом работникам лесного хозяйства подчас непросто оценить, насколько имеющиеся у них геоданные корректны и им можно доверять.

ГИС Ve-L включает программные средства, которые дают возможность использования существующих геоданных и получения новых геоданных для отводов при очень малых трудозатратах. Таким образом, появилась реальная возможность, с одной стороны, использовать геоданные для уточнения окружных границ планшетов, с другой - дать работникам лесхоза точные ориентиры в оценке пригодности тех или иных геоданных для использования в качестве опорных, а заодно выявить и устранить ошибки, связанные с многократным переписыванием этих данных.

Формат данных геохода традиционный для лесоустройства (румбы и меры линий). Пример записи геохода показан в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Пример записи данных геохода

| № точки | Румбы | Мера длины, м |
|---------|--------------|---------------|
| 1 | СВ:17°31.5' | 19.92 |
| 2 | СВ:24°10.10' | 105.45 |
| 3 | ЮВ:78°36.5' | 27.34 |
| 4 | ЮЗ:46°49.7' | 26.60 |
| 5 | ЮВ:0°0' | 25.80 |
| 6 | ЮЗ:39°40.6' | 22.87 |
| 7 | ЮЗ:19°27.4' | 39.03 |
| 8 | ЮЗ:68°32.4' | 31.16 |

Обработка геоданных при создании цифровой топоосновы для лесничества

Технологии обработки геоданных отрабатывались по планово-картографическим материалам Данковского лесничества Опытного лесохозяйственного управления "Русский лес" Московской области. При создании топоосновы использовались журнал геоданных и лесоустроительные планшеты (1994 года). Картографические данные на лесничество состоят из схемы и 9 планшетов.

Геодезические данные на лесничество состоят из данных двух видов: во-первых, это данные базового землеустройства 1936 года, во-вторых - геоданные позднее (прирезанных) переданных в лесной фонд колхозно-совхозных лесов.

Данные базового землеустройства включают 6 замкнутых ходов окружных границ планшетов (1 и 2 планшеты имеют общий геоход) и два незамкнутых (по-видимому, имеют продолжение в соседнем лесничестве,

данными по которому мы не располагали). После устранения небольшого числа ошибок все 6 ходов замкнулись с неплохими невязками (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Типовые ошибки в геоданных

| Записано | Должно быть |
|-------------------|----------------|
| ЮЗ:76 320.3 24 | ЮВ:76 24 320.3 |
| ЮЗ:06 287.9 53 | ЮЗ:06 53 267.9 |
| ЮЗ:03 82.7 08 | ЮЗ:63 08 82.7 |
| СВ:23 17 109.2 | СЗ:23 17 109.2 |
| СЗ:21 21 191.5 | СЗ:21 21 151.5 |

Очевидно, все они являются типичными описками и в значительной степени вызваны рукописным способом заполнения геожурналов.

При сравнении контуров окружных границ, вычерченных на плоттере в масштабе лесоустроительных планшетов (1:10 000) с самими планшетами на проклеенной бумажной основе, наблюдается следующая типовая картина: контуры, построенные по геоданным, оказываются во всех случаях несколько больше тех, которые мы видим на бумажных планшетах. Таким образом, бумажные планшеты имеют склонность к "усадке", и многократное "перекалывание" границ от одного лесоустройства к другому приводит к постепенному уменьшению контуров. Величина уменьшения размеров контуров в направлениях север-юг и запад-восток для данных планшетов составила от 0,5 мм до почти 2 мм (от 5 до 20 м на местности).

Что же касается площадей планшетов, то только в одном из них (8-м) площадь внутри геохода является действительной площадью планшета. Для этого планшета площадь, вычисленная по геоданным, точно совпала с площадью, определенной землеустройством.

Теперь о геоданных, которые задают позднейшие "прирезки" к контурам базового землеустройства. Они, как правило, не образуют замкнутых контуров, а начинаются и заканчиваются в некоторой точке базового геохода, и проблем с этими геоданными оказалось несоизмеримо больше.

Геоходов, определяющих замкнутые контуры в "прирезках", оказалось только три, и все - в 3 планшете. Самый большой замкнутый геоход этого типа - это "окно" в 17 квартале. После исправления одной ошибки он замкнулся с хорошей невязкой:

- длина хода (периметр) (м): 2396.5;
- линейная невязка абсолютная (м): 1 0;
- линейная невязка относительная: 1 / 2335.

Однако при попытке встраивания его в топооснову выяснилось, что он приближается к ситуации, изображенной на планшете только после разворота хода на 4° по часовой стрелке (рис. 7.48). Возможно, в геоданных

не было учтено магнитное склонение.

Два других контура находятся в квартале 84 (полностью состоящем из "прирезок").

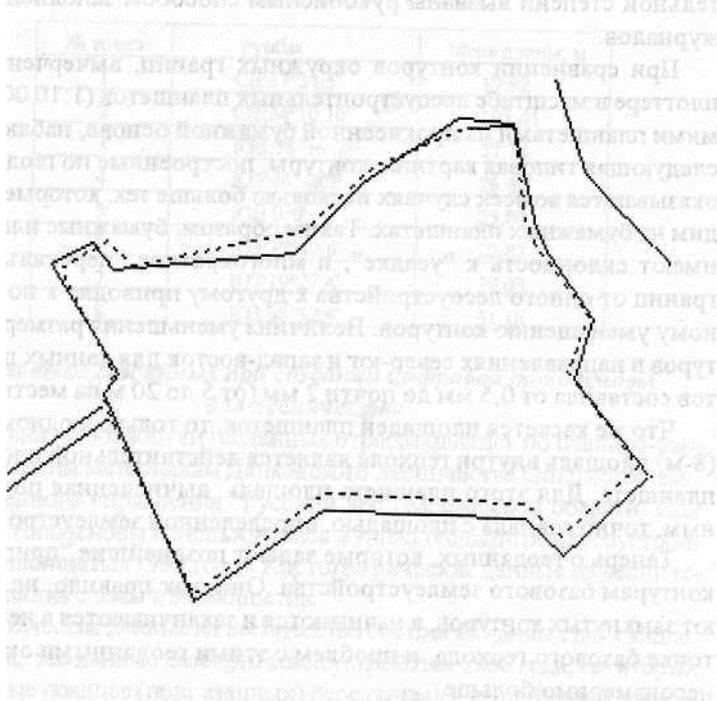


Рис. 7.48. Контур геохода: - - с планшета показан пунктиром; — развернутый геоход средствами ГИС — сплошной линией

В участке 1 все геоданные оказались перепутаны вследствие того, что при переписывании по колонкам в столбце углов поворотов хода произошел сдвиг на одну строку. Вычисленный по этим данным ход мало напоминал замкнутый контур (рис. 7.49) После перевычисления румбов ход замкнулся:

длина хода / периметр (м): 1560.5;

линейная невязка абсолютная (м) : 0. б;

линейная невязка относительная: 1/2812.

Второй контур - участок 2 - после исправления первого и получения его точки привязки сразу занял свое место:

длина хода/периметр (м): 631.2;

линейная невязка абсолютная (м): 0.1;

линейная невязка относительная: 1/> 10000.

■

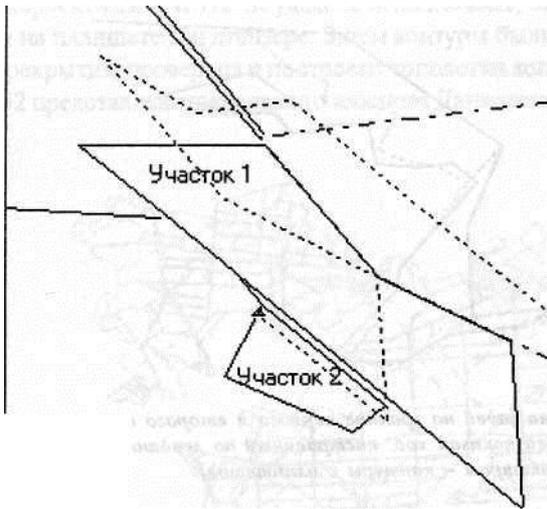


Рис. 7.49. Пунктиром показан геоход, построенный по исходным данным, сплошной линией - геоход вокруг участка 1 после исправления ошибок и пересчета румбов, а также геоход вокруг участка 2

Контур, построенный по геоданным (показаны сплошными линиями), не вполне совпадают с контурами с планшетов (показаны пунктиром). К сожалению, для контуров "прирезок" такая ситуация наблюдается достаточно часто. Еще хуже, когда даже после проверки и исправления явных ошибок контур все равно не приходит в заданную точку базового геохода. Таких ходов встретилось достаточно много. Единственный положительный результат, который при этом можно получить, - это то, что такими геоданными нельзя пользоваться в качестве опорных при выполнении отводов. На рис. 7.50 показан пример подобной ситуации у границы первого и второго планшетов.

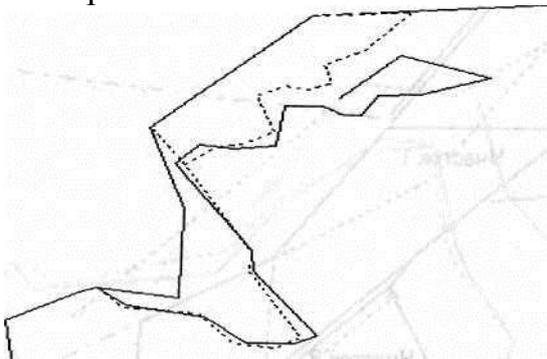


Рис. 7.50. Прирезка площадей на границе первого и второго планшетов (сплошной линией показан ход, построенный по геоданным, а пунктиром - контуры с планшетов)

Еще одна интересная ситуация была обнаружена на границе 3 и 4 планшетов. Все геоданные замкнулись с хорошими невязками (меньше 1 метра), но контур прошел не через ту точку, через которую он проходит на бумажном планшете (рис. 7.51). На планшете граница лесного фонда на 60 м дальше и площадь соответствующих выделов больше.

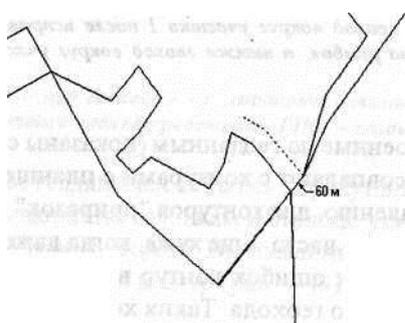


Рис. 7.51. Граница между 4 планшетами (пунктиром показано место ответвления границы, как это изображено на планшете)

После завершения обработки геоходов остальные данные, составляющие топооснову лесничества: квартальные границы, просеки, реки, различные трассы и дороги, вводились с помощью планшета-дигитайзера и "вшивались" в окружные границы, построенные по геоданным. Те участки прирезок к базовым геоходам, которые оказались настолько некорректными, что их не удалось использовать, были также оцифрованы на планшете-дигитайзере. Затем контуры были сшиты, исключены перекрытия, проверена и построена топология контурной сети. На рис. 7.52 представлена цифровая топооснова Данковского лесничества.

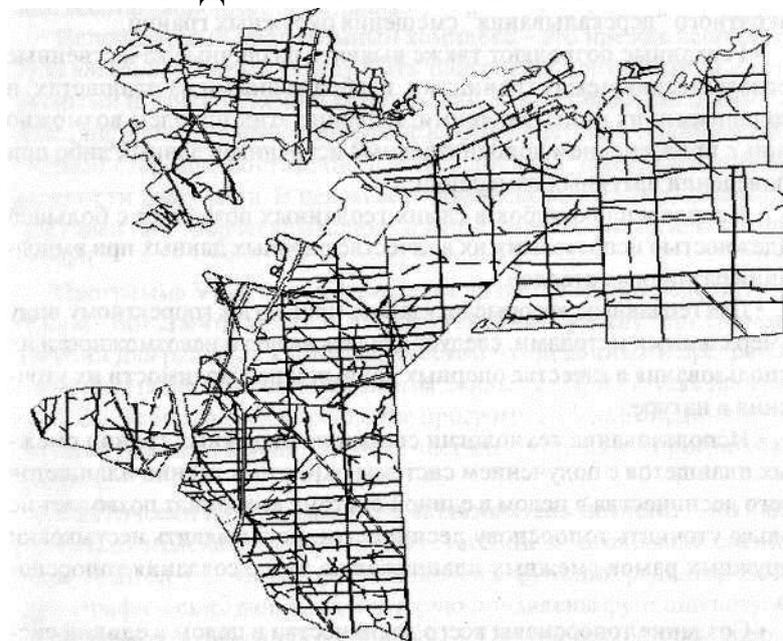


Рис. 7.52. Цифровая топооснова Данковского лесничества, созданная средствами ГИС начального уровня

Практика подтвердила работоспособность технологии и программного обеспечения при выполнении практических задач. Эта технология позволяет эффективно и при минимальных трудозатратах обработать имеющиеся геоданные и использовать их для уточнения топоосновы. Краткий перечень основных практических результатов:

- Построение замкнутых окружных границ планшетов по геоданным позволяет оценить корректность самих геоданных и исправить описки, которые были внесены в них при многократном переписывании.

- Построение контуров "прирезок" к основным ходам, как и для окружных границ, позволяет оценить корректность геоданных относительно

базовых геоходов, исправить описки и. кроме того, выявить нестыковки геоданных по азимутам.

- Построенные по геоданным окружные ходы позволяют уточнить границы планшетов и исключить накопившиеся в процессе многократного "перекалывания" смещения окружных границ.

- Геоданные позволяют также выявить различные качественные несоответствия между границами, изображенными на планшетах, и геоданными, их описывающими. Решение этих проблем возможно лишь с привлечением дополнительных источников данных либо при проведении натуральных измерений.

- Исправление ошибок в самих геоданных позволяет с большей надежностью использовать их в качестве опорных данных при выполнении различных отводов.

- Для геоданных, которые не удалось привести к корректному виду камеральными методами, следует сделать вывод о невозможности их использования в качестве опорных данных и необходимости их уточнения в натуре.

- Использование технологии сшивания окружных границ смежных планшетов с получением системы окружных границ планшетов всего лесничества в целом в единой системе координат позволяет не только уточнить топооснову лесничества, но и выявить нестыковки окружных рамок смежных планшетов на этапе создания топоосновы.

- Создание топоосновы всего лесничества в целом в единой системе координат позволяет исключить дополнительную операцию сшивки планшетных рамок отдельных планшетов.

- Использование более точной топоосновы лесничества, построенной с использованием геоданных, в дальнейшем позволяет существенно повысить точность выполняемых на ее основе отводов, в том числе с использованием программных средств ГИС.

7.4.3. Связь картографической и таксационной баз данных в программе VЕL

Краткое описание программы VE-L

Программа VE-L позволяет обеспечить связь между данными картографической базы данных программы VectEdit и таксационными данными, хранящимися в системе L. Реализована эта связь с использованием возможностей многозадачного режима графической операционной среды Microsoft Windows. Использованный подход основан на возможности совместной работы и взаимодействия нескольких программ в среде Windows (программа VectEdit), возможности запуска в этой среде одновременно нескольких сеансов выполнения DOS-программ (программы системы L, в которой хранятся повидельные лесотаксационные базы данных).

Используемый программный комплекс - это прежде всего *инструментарий*, который может быть настроен в соответствии с конкретными потребностями и использован для решения различных ле-

сохозяйственных задач. Интерфейс взаимодействия с пользователем, с одной стороны, достаточно прост, с другой - имеет большие возможности настройки. В целом весь комплекс может быть весьма эффективен при творческом использовании заложенных в нем возможностей.

Программа VE-L в этом комплексе является своего рода интегратором, обеспечивающим взаимодействие между программой VectEdit для работы с картографической базой данных и программами из пакета лесотаксационной базы данных L. При запуске программа VE-L берет на себя управление программой VectEdit, динамически перестраивая ее меню, а также частично управляет программами пакета L.

Фактически программы VE-L пользователь не видит - он видит несколько измененную программу VectEdit с заголовком главного окна VectEdit + L, из которой исключены функции редактирования картографических данных и в которую добавлены функции визуализации результатов запросов. Сеансы DOS для генератора запросов системы L и для программы подготовки таксационных описаний запускаются из меню VectEdit + L.

Меню VectEdit + L содержит вызов диалога настройки параметров связи и способов показа результатов запросов. Имеется доступ к настройкам видов линий VectEdit. Полностью доступны функции создания окон увеличенного просмотра, увеличения /уменьшения/ "прокрутки" картографического изображения в окнах VectEdit + L. Пользователю предоставляются два рабочих режима программы: в режиме **запросов** он может выполнять запросы по таксационным данным и в цвете показывать характер пространственного распределения полученных результатов, сопровождаемый развернутой легендой, изменять масштаб просмотра, измерять расстояния, подготавливать отводы, получать их площади и геоданные для построения и натуре, встраивать геоходы в картографическую базу данных и т.п.; дополнительный режим **Карта** позволяет интерактивно продвигаться по карте на экране и видеть номера кварталов, выделов и их площади.

Функцию просмотра таблиц таксационного описания, результата выполненного запроса и получаемых геоданных программа VE-L перекладывает на стандартный текстовый редактор Write оболочки Windows, он же выполняет и печать полученных документов. Функции просмотра также вызываются из меню VectEdit+L.

В программе VE-L реализована автоматическая генерация легенды электронной карты, получаемой в результате запроса к лесотаксационной базе данных "L". Интеллектуальный модуль генерации легенды в каждом случае воспроизводит наиболее информативный ее вариант с учетом имеющихся входных данных и содержания настроечных таблиц, при наличии текстовых справочных данных раскрывает коды базы данных "L" в виде текстов (например, названий пород или классов бонитета) либо выдает непосредственно значения из таблицы результата запроса с предписанным для них цветом, либо при отсутствии в настроечных данных предписанного

цвета пытается определить его значение через величину результата. Легенда автоматически форматируется (как цветовые клетки, так и тексты) и в случае, когда она не помещается по высоте экрана, может быть просмотрена методом прокручивания.

В программу введены средства, позволяющие автоматизировать процедуру подготовки контуров отводов участков леса непосредственно из сеанса работы с совмещенной базой данных прямо на экране компьютера. При этом появляется возможность мгновенного получения площади отводимого участка, измерения его геометрических размеров, получения в текстовом файле редактора Write геодезических данных как самого отводимого полигона, так и геохода для его привязки к имеющимся ориентирам.

Автоматизирована процедура печати твердых копий картографических документов, получаемых в результате запроса к лесотаксационной базе данных "L" или при проектировании отводов участков леса. Для этого используется графический редактор Paintbrush, причем печатаемые документы могут содержать легенду, краткое название запроса либо значение площади отводимого участка.

Автоматизирован ряд вспомогательных операций, что снимает с пользователя системы необходимость подстройки параметров программ вручную: программа автоматически определяет имя файла номеров выделов, автоматически подстраивает параметры ориентации страницы при просмотре и печати документов через редактор Write (результата запроса к БД "L", таксационного описания и геоходов), автоматически копирует площади выделов в буфер обмена для использования их в экранном калькуляторе. Более естественно задается масштаб картографической БД. Дополнительные настраиваемые возможности позволяют автоматически устранять излишнюю страничную разбивку и пустые строки в документах, конвертируемых в формат редактора Write из системы "L".

Принципиальная схема работы с программой VE-L

В процессе работы программа VE-L переходит из одного рабочего состояния (режима) в другое. Переход из одного режима в другой и возврат в исходный режим инициирует пользователь, выбирая те или иные пункты меню VE-L.

Сразу после старта программа находится в пассивном режиме и ожидает, пока Вы не выберете через меню Файл - > Открыть файл типа Ant с границами объекта из картографической базы данных.

После выбора файла границ программа переходит в свой основной режим - режим выполнения запросов. Этот режим мы считаем основным, потому что из него возможен переход во все остальные режимы. Например, выполнив пункт меню Окна— "Закрывать все", Вы вновь попадете в пассивный режим. Из режима запросов через различные пункты меню Файл вызываются программы системы L и текстовый редактор Write с документами, полученными в процессе работы программ системы L - это тоже отдельные

режимы работы программы VE-L. Текстовый редактор Write позволяет не только просматривать полученные документы, но и распечатывать их на принтере, используя все гибкие настройки печати в Windows. И, наконец, вызывается специальный режим Карта, в котором Вы можете, оперируя мышкой, просматривать номера и площади выделов прямо на экране.

Типовая последовательность работы с программой VE-L может иметь следующий вид: после открытия файла программа автоматически выполняет необходимые настройки VectEdit и показывает диалог настройки VE-L, в котором необходимо задать соответствующие параметры. С этого момента программа переходит в режим запросов. В окне DOS вызывается генератор запросов системы L и выполняется необходимый запрос. Далее можно просмотреть полученный результат запроса в виде полноэкранный таблицы уже в Windows, при необходимости распечатать эту таблицу и затем, вернувшись в VE-L, посмотреть пространственное размещение и распределение по заданным классам (выделяется цветом и сопровождается легендой) отобранных выделов. Кроме того, можно, используя возможности масштабирования VectEdit и задания окон просмотра, увидеть интересующий участок карты в крупном масштабе, повторить раскраску в этом масштабе. Далее переходим в режим **Карта**, позволяющий указывать мышкой интересующие выделы, получая в ответ в информационной строке экрана их номера вместе с номером квартала, а также площадь выдела. Наконец, если понадобилось таксационное описание по интересующему выделу, можно вернуться в режим запросов, вызывать в окне DOS функцию подготовки таксационного описания, затем функцию просмотра полученного описания и посмотреть в полноэкранном формате типовую таблицу, сформированную программой системы L. Затем можно распечатать таксационное описание.

Данковское лесничество

Опытно производственное п\х объединение "Русский лес» Данковское лесничество

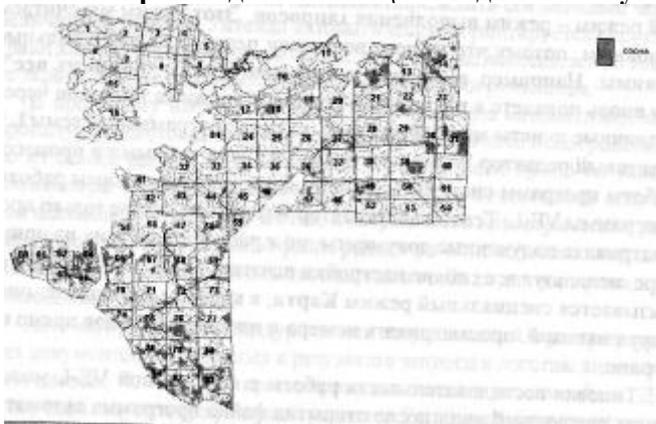


Рис.7.53. Выборка сосняков старт

Выбрав интересующие участки леса, пользователь может выполнить подготовку контуров отводов участков леса непосредственно из сеанса работы с совмещенной базой картографических и лесотаксационных данных прямо на экране компьютера. Описанная выше типовая последовательность

является лишь иллюстрацией, на практике пользователь может работать в такой последовательности, которую найдет более полезной. Управление программой и переходы из режима в режим, как правило, не вызывают трудностей у пользователя. Описание системы Ve-L и ее настройки приведено в "Инструкции пользователя"

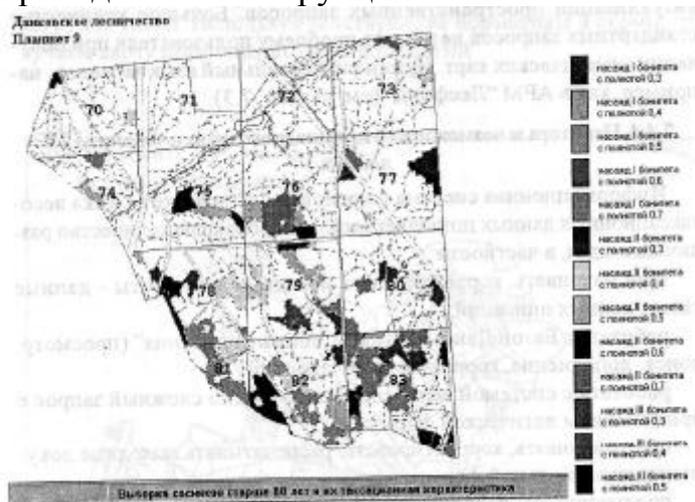


Рис. 7.54. Выборка сосняков по бонитетам и полнотам на отдельном планшете

Для ОЛХ "Русский лес" были разработаны, например, следующие варианты запросов, реализуемых в ГИС:

- выборка вырубок и несомкнувшихся культур;
- выборка лесных культур и их таксационная характеристика;
- выборка несомкнувшихся еловых культур и распределение по классам бонитета;
- выборка еловых молодняков возрастом до 10 лет;
- выборка еловых молодняков возрастом от 11 до 20 лет;
- выборка еловых молодняков возрастом от 11 до 20 с долей участия ели от 4 до бед.;
- выборка сосняков старше 80 лет и их таксационная характеристика;
- выборка сосняков, включенных в РГП, старше 80 лет с запасом более 250 м³/га;
- распределение сосняков, включенных в РГП, старше 80 лет по классам товарности и группам запасов (170-250, >250 м³/га и т.д.

Представленный список запросов далеко не полный и может быть расширен. На рис. 7.53- 7.55 приведены примеры тематических лесных карт, которые получены с использованием программы Ve-L для визуализации пространственных запросов. Большое количество стандартных запросов не решает проблему пользователя при получении тематических карт. Нужен универсальный язык запросов, например, как в АРМ "Лесфонд" (см. раздел.7.3).

7.4.4. Некоторые возможности прикладного использования ГИС лесхоза

Информационная система на основе повидельного банка лесотаксационных данных позволяет выполнять большое количество различных задач, в частности:

просматривать, корректировать исходные документы -данные таксационных описаний;

работать с Базой Данных "Таксационные описания" (просмотр, поиск, дополнение, корректировка, справки);

работать с системой запросов (сколь угодно сложный запрос с применением логической формулы);

подготавливать, корректировать, распечатывать выходные документы произвольной формы;

просматривать, корректировать, распечатывать подготовленные аналитические карты;

подготавливать, просматривать, распечатывать произвольные аналитические карты;

работать с картами выделов и кварталов как объектами геоинформационной системы.

Так, например, можно проанализировать структуру породного и возрастного состава лесных массивов по площади и запасу, получить перечень кварталов / выделов, удаленных от какой-либо дороги на определенное расстояние или с определенным диапазоном любого параметра таксационных описаний, получить выкопировку из планшета группы выделов, провести деление полигона выдела на два и более с перерасчетом площади и всех характеристик таксационного описания на каждый новый полигон.

Большие возможности информационная система "Таксационные описания" представляет для отбора выделов в лесохозяйственные мероприятия, например в рубки ухода. При этом формируется сложный запрос, в котором отбираются выделы с определенным породным составом, возрастом и полнотой в соответствии с рубками ухода, как это сделано на рис. 7.55, для Коробовского лесничества леспаркхоза "Горки", существующими нормативами и схемами рубок ухода. Используя действующие нормативы и схемы, получаем карту рекомендуемых мероприятий.

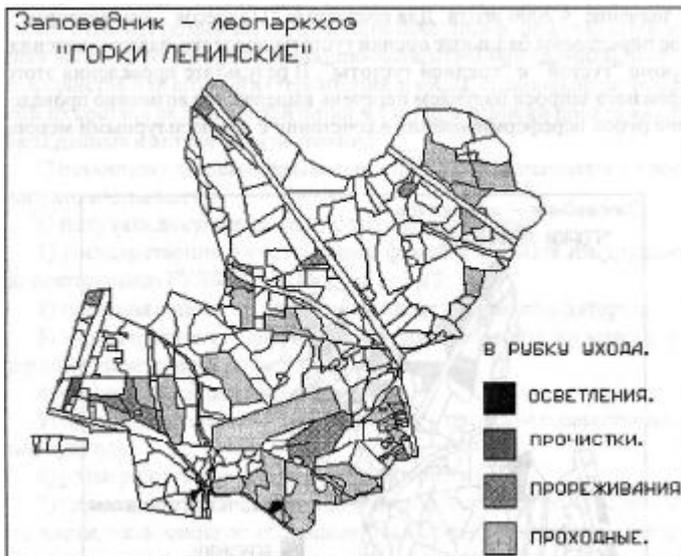


Рис. 7.55. Отбор выделов в рубки ухода на основе визуализации сложного пространственного запроса к базе лесотаксационных данных

В качестве примера сложного запроса рассмотрим выбор выделов мелколиственных лесов, наиболее перспективных для восстановления дубрав. Для этого необходимо выбрать спелые березняки и осинники, в которых отсутствует или немногочислен подрост и/или подлесок, который после проведения рубок переформирования и создания культур будет оказывать угнетающее влияние на развитие дуба и вызовет необходимость увеличить затраты на проведение рубок ухода. Последовательность проведения этого запроса следующая. Для показателя "Формула древостоя 1 яруса" задаем значение 10Б или +Б или ЮОс или +Ос. Затем для показателя "Возраст древостоев 1 яруса" задаем значение >51 года. Для показателя "Формула подроста" задаем значение, кроме ЮЛп или кроме +Лп, для показателя "Плотность подроста" - значение < 2000 шт/га. Для показателя "Подлесок - комментарий", где определены балльные оценки густоты подлеска, задаем значения, кроме "густой" и "средней густоты". В результате проведения этого сложного запроса получаем перечень выделов, где возможно проведение рубок переформирования в сочетании с лесокультурными мероприятиями для формирования дубрав. В дальнейшем с помощью SDP проводится пространственный анализ размещения выбранных выделов, где учитываются близость дорог, возможности вывозки древесины и т.д. (рис. 7.56).

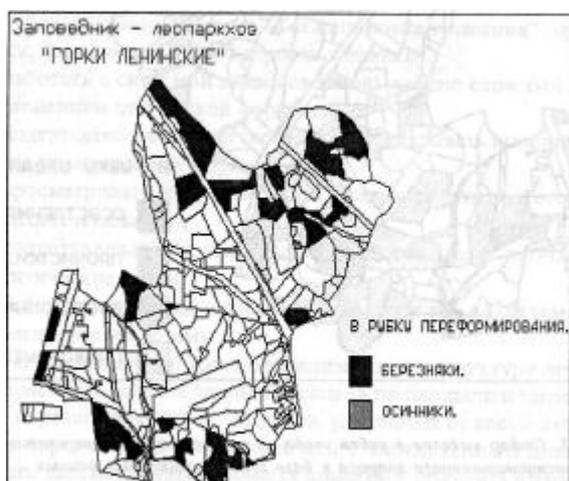


Рис. 7.56. Отбор выделов в рубки перестройки

7.4.5. Подсистема лесное хозяйство ЛУГИС-ЛХ

Подсистема ЛУГИС-ЛХ разработана на Северо-Западном лесостроительном предприятии. Предназначена для компьютерной поддержки ведения лесного хозяйства в лесничествах, лесхозах и управлениях лесами субъектов федерации.

Для целей использования в лесном хозяйстве система формируется из отдельных блоков АКС "ЛУГИС" по модульному принципу.

ЛУГИС-ЛХ позволяет подготовить исчерпывающую характеристику лесного фонда организационно-хозяйственной единицы лесного хозяйства или его части (территории аренды, специально выделяемой из состава лесхоза территории и т.п.) при условии поддержания базы данных в актуальном состоянии.

С помощью программ подсистемы ЛУГИС-ЛХ специалисты лесного хозяйства могут:

- а) получать документы следующего содержания:
 - 1) государственный учет лесного фонда в формате инструкции по составлению ГУЛФ. 1997. Формы 1, 2 и 3;
 - 2) сведения о лесах по категориям владельцев и арендаторов;
 - 3) характеристику лесного фонда в разрезе категорий земель, по породам производительности, типам леса;
 - 4) средние таксационные показатели;
 - 5) полную информацию об изменениях в площади и качестве лесных культур,
- б) размер потерь древесины и гибели лесов;
- 7) характеристику эксплуатационного фонда всего хозяйства или его части, включающую объемные показатели, возрастную, товарную и сортиментную структуру;
- 8) оценку качества выполнения основных видов лесохозяйственных работ;
- 9) при необходимости исчисление расчетных лесосек по главному использованию;

- 10) то же по определению размера промежуточного пользования;
- 11) с помощью модуля системы регуляции запросов (SRZ) произвольные запросы любой сложности из повыведельной базы данных;
- б) выполнять операции с повыведельной базой данных:
 - 1) внесение текущих изменений на хозяйственную деятельность;
 - 2) актуализацию повыведельной базы данных на естественный рост (через 5, 10 лет после базового лесоустройства).

Картографический модуль подсистемы, поддерживаемый программным продуктом WINMAP, позволяет решать следующие задачи:

- 1) хранение на электронных носителях и возможность визуального просмотра картографических материалов лесоустройства;
- 2) внесение текущих изменений в лесоустроительные планшеты в соответствии с требованиями действующей инструкции о внесении текущих изменений;
- 3) графическое отображение проектов ведения лесного хозяйства (делянок, вырубок, участков лесных культур и проч.);
- 4) нанесение участков ведения лесного хозяйства на планшет по данным измерений в натуре (буссольная, теодолитная съемка, данные GPS или ГЛОНАСС и т. п.).

Задачи, решаемые модулем "ЛЕСОСЕЧНЫЙ ФОНД":

- 1) материально-денежная оценка лесосек (МДОЛ) по данным сплошного или частичного перечета и по данным лесоустройства;
 - 2) вести учет лесосечного фонда в электронном формате "Книги расхода леса" (базе данных ЛЕСОСЕЧНЫЙ ФОНД);
 - 3) получать товарную структуру лесосечного фонда;
 - 4) получать ведомости МДОЛ;
 - 5) распечатывать материалы отвода лесосек;
 - 6) получать документы отчетности лесного хозяйства: 3-ЛХ, 10-ЛХ, 14-ЛХ;
 - 7) с помощью системы реализации запросов (SRZ) формировать документы произвольной формы по отпуску древесины, лесонарушениям, отсрочке и вывозке древесины, проектируемым лесовосстановительным мероприятиям.
- В настоящее время подсистема ЛУГИС-ЛХ активно внедряется на Северо-Западе России.

7.5. Информационные системы регионального уровня

7.5.1. Разработка базового ресурсного модуля локальной информационной системы управления лесами субъекта федерации

Функции и средства обработки лесотаксационных и планово-картографических материалов в ЛИС лесхоза разрабатываются с учетом требований построения на их основе единой иерархической информационной системы для обеспечения управления лесным хозяйством с элементами интеллектуальных

систем, с использованием математического моделирования и прогнозирования, баз знаний, экспертных систем и др. систем обеспечения принятия управленческих решений. Эти программные средства созданы таким образом, чтобы быть основой для агрегации локальных информационных систем (ЛИС) лесхозов в единую Региональную ЛИС управления лесным хозяйством субъекта федерации, а затем агрегации ЛИС субъектов федерации в единую Информационную систему лесного хозяйства России (ИСЛР).

В связи с общей тенденцией развития программного обеспечения во ВНИИЦлесресурс была выполнена разработка базового модуля ЛИС регионального управления лесами в операционной оболочке MS Windows, которая не только обеспечивает удобный и наглядный интерфейс для операций с файлами, дисками и т.п., но и предоставляет новые возможности для работы и взаимодействия отдельных программ и различных приложений фирмы Microsoft. В качестве интегрирующей среды, способной решать комплекс задач по интеллектуализации региональной ЛИС, использована система IRIS [Г. Андриенко, Н. Андриенко, 1995]. В качестве картографического интерфейса использована SDP. Формулирование запросов в базовом модуле производится путем заполнения понятиями базы знаний (БЗ) типовых форм. Таким образом, при работе с системой используются только профессиональные термины и понятия, составляющие БЗ лесного хозяйства. Система сама сопоставляет их с индексными записями документов базы данных и формирует выходные таблицы. Одновременно система отбирает картографические документы, выбирает графическое представление для визуализации отобранных параметров (например, в виде круговых диаграмм, знаков и т.д.) и создает тематическую карту, которая вместе с текстом запроса, таблицей выходных результатов связывается в гипертекст. Гипертекст предьявляется пользователю в качестве результата поиска. Формирование региональных цифровых карт выполняется по листам топографической карты, привязываясь к существующим разграфкам карт. При этом создается единая система опорных точек на объект картографирования, привязанных к сторонам и углам листов карт. Дальнейшая работа идет по листам карты с преобразованием информации в заданную картографическую систему.

7.5.2. Интеллектуальная информационно-аналитическая система по лесному фонду- базовый модуль локальной информационной системы регионального (федерального) уровня

Интеллектуальная информационная система "Отдельные показатели ГУЛФ 1966-1993 гг." была создана во ВНИИЦлесресурс на картографической основе с полесхозной (региональной) агрегацией данных с прототипом базы знаний по лесному хозяйству. Система предназначена для создания помощи пользователю в исследовании больших массивов табличных данных, имеющих пространственную привязку. Система способствует выявлению особенностей, закономерностей, взаимосвязей

исследуемых данных, отличается легкой в освоении логикой работы с табличными данными; возможностью расчета показателей на основе данных таблицы; понятным интерфейсом; разработанным текстом поддержки пользователя, описывающим основы работы системы; возможностью сохранения данных в текстовом или табличном формате с поддержкой дальнейшего обращения средствами IRIS (Information Retrieval Intellectual System - Интеллектуальная система информационного поиска) к созданным пользователем таблицам.

Принципы разработки систем, основанных на базах знаний, а также описание построения базового модуля ЛИС регионального (федерального) уровня приведены ниже.

Краткое описание системы IRIS

Ключевым моментом подхода к разработке интеллектуальных информационных систем (рис. 7.57) является БЗ проблемной области. Эта БЗ содержит следующие виды знаний:

1. Понятия проблемной области и отношения между ними. Понятия применяются, во-первых, для описания содержания документов, во-вторых, для построения запросов. Отношения нужны для систематизации понятий и обеспечения ориентации в БЗ, а также для задания ограничений на слоты фреймов, используемых при индексировании и формулировке запросов.

2. Набор фреймов, описывающих содержание документов. При заполнении слотов фрейма понятиями БЗ формируется ИНДЕКСНАЯ ЗАПИСЬ документа. Множество индексных записей составляет ИНДЕКС документов, используемый для поиска информации. Ограничения на слоты фреймов определяют, какие понятия могут быть подставлены в них. В БЗ может быть задано несколько различных фреймов как для отражения существенных отличий документов, так и для множественного индексирования одних и тех же документов с разных точек зрения.

3. Фреймы - шаблоны типовых запросов. Пользователь формулирует свой запрос путем заполнения слотов понятиями БЗ, удовлетворяющими ограничениям на содержание слотов. С точки зрения интерфейса, типовой запрос представляет собой фрагмент текста с полями (пропусками), которые нужно заполнить понятиями. Для каждого типового запроса в БЗ задаются правила его трансформации в аналог индексной записи документа. В процессе поиска информации осуществляется сопоставление индексных записей с запросом.

4. Эвристические правила управления процессом поиска. Эти правила определяют поведение системы в ситуациях, когда а) нет ни одного документа, в точности соответствующего запросу; в этом случае система может попытаться найти документы, содержащие нужную информацию в неявном виде; б) содержание найденного документа может быть дополнено другими документами (например, графической иллюстрацией или картой).

Термины и понятия

Приложение. Программная часть системы является полностью проблемно-независимой. Программа настраивается на конкретные нужды

пользователя путем создания приложения. Для этого в отдельной поддиректории рабочей директории системы (содержащей exe-модуль) создаются файлы базы знаний проблемной области, описывающие основные понятия, связи между ними, а также содержание анализируемых документов. Можно создавать произвольное число приложений системы.

Документ. Файл с данными, подлежащими анализу. Настоящая версия рассчитана на работу с файлами в формате dbf.

Структура системы IBIS. Взаимодействие между компонентами системы, организация работы с данными и знаниями.



Рис. 7.57. Структура интеллектуальной системы информационного поиска

Параметры, или независимые переменные. Элементы содержания документа, задающие привязку данных (к чему они относятся): время, место, объект и т.п. Например, данные об учете лесного фонда по лесхозам Московской области определяются параметрами Год (1988, 1993), Лесхоз (значениями являются различные лесхозы Московской области), Породы (сосна, ель, дуб низкоствольный и т.д.), Возрастная группа (молодняки, спелые, приспевающие, все возрасты и т.д.). Параметры могут быть инвариантными (принимать одно и то же значение для всех данных), например, таблица относится к 1993г

Данные, или зависимые переменные. Значения различных атрибутов (например, площадь, запас), зарегистрированные для различных наборов значений параметров.

База знаний проблемной области

Основу БЗ составляют понятия. Понятия формируют словарь для формулировки запросов и индексирования документов. Выделяются три категории понятий: **Сущности**, **Свойства** и **Значения** свойств.

Сущностями являются объекты проблемной области, как абстрактные, так и конкретные. Примеры сущностей: "земли лесного фонда", "хвойные" и др. Свойства, или понятия со значениями, используются для описания

характеристик объектов. Примеры свойств: "площадь" с множеством возможных значений из положительных вещественных чисел и "возраст древостоя" с множеством значений "молодняки", "приспевающие", "спелые" и "перестойные".

Для задания семантических связей между понятиями используются **Отношения**. Рассматриваются только бинарные отношения. Некоторые отношения предопределены: "есть" (или is-a) связывает видовое понятие с родовым; "имеет свойство" (или has-property) -с характеризующими их свойствами; "имеет значение" (или has-value) задает множества возможных значений свойств. В каждой ЛИС могут использоваться специфические отношения. Для них задаются математические свойства: рефлексивность, транзитивность, симметричность и антисимметричность, учитываемые системой при интерпретации БЗ. Важным свойством отношений является наследование по is-a иерархии: из "A г B" и "C is-a A" следует, что "C г B", где A, B, C - понятия БЗ, г - наследуемое отношение. Примерами наследуемых отношений являются has-property и part-of.

Понятия бывают **Простые** и **Составные**. Простые понятия задаются своими именами. Составные понятия включают слоты, которые могут быть заполнены другими понятиями (в том числе и составными). На содержимое слотов могут быть наложены **Ограничения**. Для формулировки ограничений используются отношения БЗ. Слоты могут иметь модификаторы OPTIONAL (слот не обязателен для заполнения) и MULTIPLE (слот может иметь несколько значений).

Составное понятие с заполненными слотами называется **Экземпляром** составного понятия, например:

Факт (Объект: Покрытые лесом земли,

Свойство: Площадь (га),

Значение: 12,736

Фреймы для описания документов определяются в БЗ аналогично составным понятиям. Индексные записи документов являются экземплярами этих фреймов. Слоты фреймов подбираются разработчиком с точки зрения важности для соответствующего приложения. Например, для обеспечения возможности поиска объекта по его наблюдаемым свойствам в БЗ вводится составное понятие "признак", включающее слоты "свойство" и "значение"; в индексные записи документов включаются экземпляры этого понятия, т.е. пары (<свойство>, <значение>).

Типовой запрос представляет собой текст с полями, которые заполняются понятиями. Поля играют ту же роль, что и слоты в составных понятиях и фреймах описания документов. Ограничения определяют, какие понятия могут быть подставлены в поля запроса. Интерфейс по составлению запросов показан на рис. 7.58. Пользователь формулирует запрос, нажимая на экранные кнопки. Понятия подставляются на место кнопок, помеченных символом <?>. При нажатии на такую кнопку пользователю предъявляется список понятий, удовлетворяющих ограничениям. Выбранное понятие заменяет кнопку на экране. Кнопки с символом <-> обозначают

необязательные (optional) фрагменты запроса, которые удаляются при нажатии на названную кнопку.

Найти площади земель ?

-год(ы): ?

- для группы лесов: ?

- для выбранных лесхозов: ?

Рис. 7.58. Пример пользовательского интерфейса

При формулировке запросов и индексировании документов используются фреймы различной структуры. Для обеспечения возможности их сопоставления в БЗ задаются правила преобразования запросов в вид, аналогичный индексной записи. В этих правилах указывается, какие фреймы документов соответствуют запросу, и способ их заполнения по содержимому полей запроса. На рис. 7.59 графически представлен один из типовых запросов и соответствующее ему правило преобразования.

Типовому запросу может соответствовать несколько фреймов документов. Каждый из них задает отдельный пункт запроса, который будет сопоставляться с индексом документов в процессе поиска.

Поиск и представление отобранной информации

Основной метод отбора информации - это сопоставление пунктов запроса с индексными записями, описывающими содержание документов.

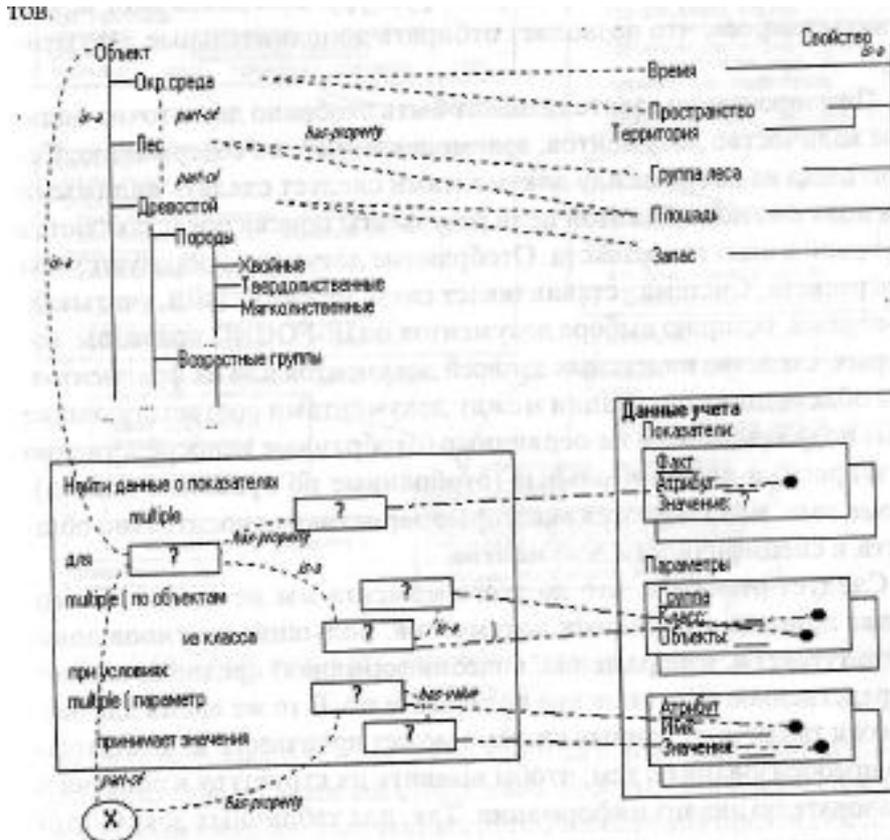


Рис. 7.59. Схема и правила преобразования типового запроса

Если запрос состоит из нескольких пунктов, документ отбирается с целью сопоставления его индексной записи хотя бы с одним из пунктов. Помимо сопоставления, в процессе поиска могут использоваться правила поиска, задаваемые в БЗ. Выделяются 2 типа правил: `3-NOT-FOUND` и `IF-FOUND`. Правила первого типа определяют поведение системы в случае, если ни один документ не соответствует какому-либо пункту запроса. Предполагается, что часть информации может присутствовать неявно. Например, в системе может не оказаться документа, в точности соответствующего запросу о запасах древостоя конкретного породного состава. В этом случае система может предложить пользователю таблицу с данными по соответствующей группе пород.

Правила второго типа позволяют дополнить отобранные документы семантически близкой информацией. Например, отобранные таблицы могут быть проиллюстрированы при помощи карты. Правила обоих типов имеют сходную структуру. Они добавляют новые пункты запроса, что позволяет отбирать дополнительные документы.

По запросу пользователя может быть отобрано достаточно большое количество документов, взаимосвязанных по содержанию. Семантические связи между документами следует сделать видимыми для пользователя. Для этой цели результаты поиска представляются системой в виде гипертекста. Отобранные документы образуют узлы гипертекста. Система устанавливает связи между узлами, учитывая, во-первых, историю выбора документов по `IF-FOUND` правилам, во-вторых, сходство индексных записей документов или их фрагментов. Для облегчения ориентации между документами соответствующие узлы подразделяются на первичные (отобранные непосредственно по запросу) и дополнительные (отобранные по правилам поиска). Кроме того, используются некоторые эвристики относительно общности и специфичности документов.

Следует отметить, что до этого момента мы не касались того, какова природа отобранных документов. Большинство типов документов (тексты, изображения, видеоинформация) предполагают непосредственное предъявление пользователю. В то же время для числовых и табличных данных система может произвести дополнительные преобразования с тем, чтобы выявить их структуру и облегчить пользователю анализ информации. Так, для табличных документов обеспечивается возможность переструктурирования, отбора строк и столбцов и т.д. В случае данных, имеющих территориальную привязку, обеспечивается интерактивное построение аналитических карт с различными способами картографического изображения. Наконец, учитывая характеристики данных (типы значений и отношения между соответствующими понятиями БЗ) и цели пользователя (выражающиеся в выбранном типовом запросе), система может автоматически построить когнитивно-графическую иллюстрацию.

Рассмотрим последовательность взаимодействия пользователя с системой при анализе данных по учету лесного фонда на примере регионального уровня (данные по учету лесного фонда за 1988-1993 гг. для

лесхозов Московской области).

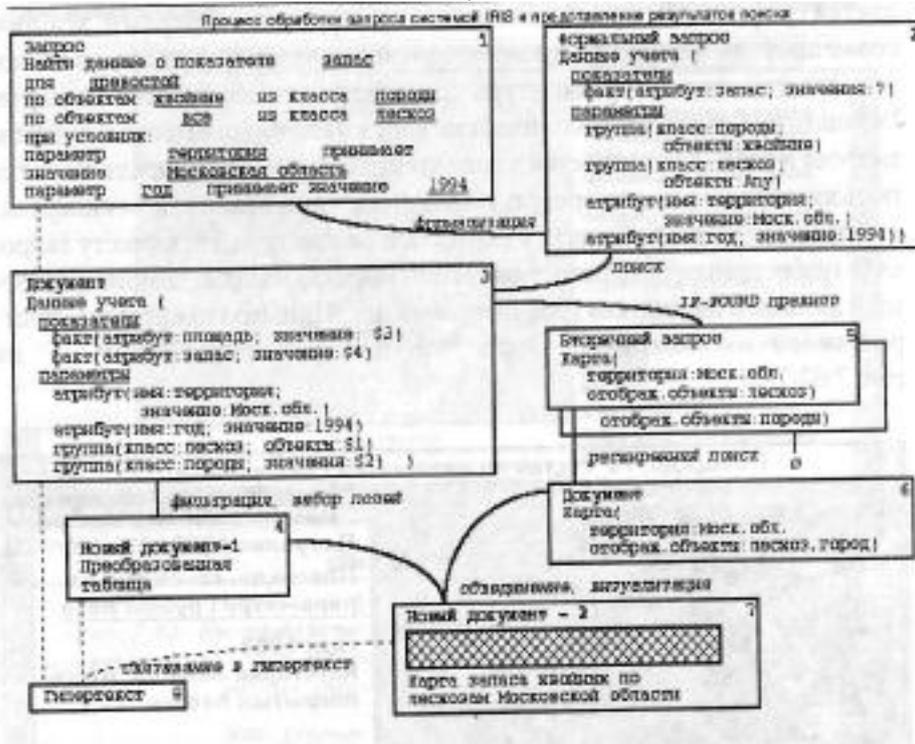


Рис. 7.60. Графическое представление правила поиска и отображения Информации

На рис. 7.60 показаны действия пользователя и системы, начиная с формулировки запроса и заканчивая представлением отобранной информации. Блок 1 содержит запрос пользователя, полученный путем заполнения понятиями БЗ типового запроса. Запрос преобразуется системой в выражение 2, которое затем сопоставляется с индексными записями документов. Сопоставление приводит к отбору табл. 3, содержащей сведения о площади и запасе древостоя различных пород по лесхозам Московской области в 1993 году. Проводится отбор строк и столбцов таблицы: исключается из рассмотрения столбец "Площадь" и выбираются только те строки, которые относятся к хвойным породам. При этом система руководствуется базой знаний, в которой имеются понятия "ель", "сосна", "пихта" и другие, связанные отношением is-a с понятием "хвойные". Результатом является преобразованная табл. 4.

Отбор таблицы активизирует правило поиска IF-FOUND, по которому строится вторичный пункт запроса 5. Этот пункт приводит к отбору документа 6 (карта Московской области с отображенными на ней территориями лесхозов). Для данных, представленных табл.4, выбирается графическое представление в виде круговых диаграмм, которое совмещается с картой: диаграмма, соответствующая каждому из лесхозов, помещается внутри контура соответствующего лесхоза на карте. Результатом является тематическая карта 7, которая вместе с текстом запроса и табл. 4 связывается в гипертекст 8. Гипертекст предьявляется пользователю в качестве результата поиска. Основным узлом гипертекста является узел с таблицей, от

которого можно перейти к тексту запроса (в целях припоминания ограничений поиска) и карте, демонстрирующей данные в наглядном графическом виде. Пример гипертекста, построенного системой по запросу, приведен на рис. 7.62-7.63.



Рис. 7.61. Пример визуализации сложного запроса
Анализ данных

Для анализа данных таблицы доступны различные операции, список которых предъявляется по выбору в меню пункта "Операции" или по нажатию правой кнопки мыши в окне таблицы. Наиболее важными операциями является фильтрация, изменение структуры таблицы, расчет новых показателей на основе табличных данных и визуализация данных.

Фильтрация включает выборку записей, удовлетворяющих заданному ограничению на значения параметров или данных, и включение-отключение показа столбцов.



Рис. 7.62. Интерфейс юльзователя: возможности обработки и визуализации сложных запросов с автоматическим созданием легенды и разных способов представления данных

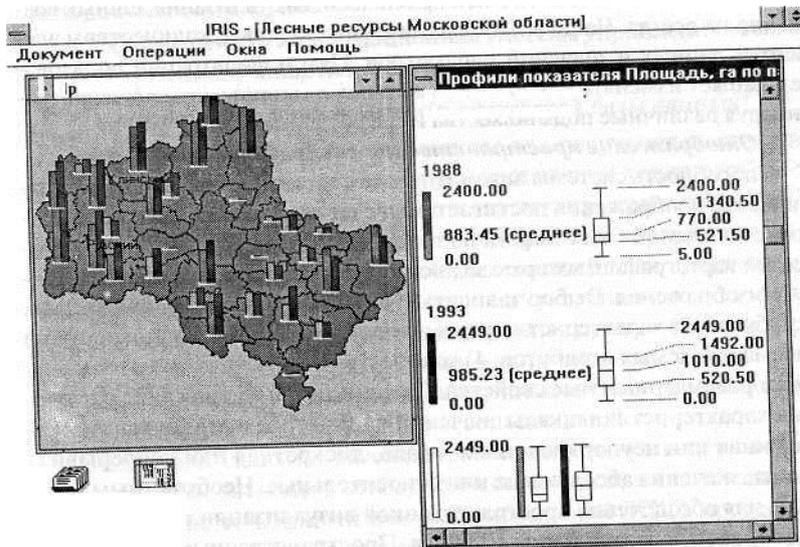


Рис. 7.63. Возможности интерактивного расчета статистических показателей и пространственной визуализации данных по лесному фонду Московской области

Преобразование структуры включает: отбор нужных атрибутов из всех отображенных в таблице, отбор интересующих пользователя значений параметров, изменение порядка атрибутов, параметров и их значений, "переброска" значений параметров из столбца в шапку и наоборот. Следует иметь в виду, что переброска в шапку параметра означает, что текущее количество столбцов с данными умножается на число выбранных для анализа значений параметра, что может привести к очень большому числу столбцов и отказу системы выполнять некоторые функции. При изменении структуры данные переписываются в новую таблицу, при этом старая таблица сохраняется на экране. Все вновь созданные таблицы считаются временными и удаляются при закрытии их окон. Имеется операция сохранения таблицы в виде текстового файла или в виде dbf-файла.

Расчет новых показателей на основе данных таблицы. Названная операция позволяет пользователю вычислять новые показатели на основе табличных данных. Так, например, можно рассчитать относительные характеристики (доля площади, занятая хвойными породами, доля пахотных земель и т.д. для конкретных пространственных объектов).

Визуализация данных производится системой автоматически в соответствии с имеющимися в ней правилами. Визуализация данных возможна не всегда. Чаще всего ограничения связаны с количеством элементов данных и значений параметров. Путем фильтрации пользователь может изменять число отображаемых в таблице элементов, визуализируя различные подмножества и срезы данных.

Отображение пространственно распределенных данных

Способность системы автоматически строить иллюстративные графические изображения достигается за счет включения в нее проблемно-независимой базы знаний по графическим построениям и тематической

картографии, которые задают правила выбора подходящего способа изображения. Выбор зависит: 1) от характеристик отображаемых атрибутов; 2) характеристик параметров; 3) количества одновременно рассматриваемых атрибутов; 4) количества параметров, от которых зависят рассматриваемые свойства. Принимаются во внимание следующие характеристики шкалы значений параметров и атрибутов: упорядоченная или неупорядоченная шкала, дискретная или непрерывная шкала, значения абсолютные или относительные. Необходимым условием для обеспечения пространственной визуализации является наличие заранее подготовленных файлов. Пространственные данные, подготовленные для работы в системе IRJS2, представляют собой совокупность следующих файлов:

а) файлы контуров или координат пространственных объектов, к которым относятся данные (файлы *.ovr);

б) файлы контуров объектов, составляющих основу (фон), на которой отображаются анализируемые объекты (файлы *.ovr);

в) файлы описания слоев основы (файл *.mwi): названия, цвета, толщина линий и т. п.;

г) файлы связи с понятиями базы знаний (*.tar).

В случае несоблюдения этого условия система LRIS2 отображает анализируемые объекты в виде точек, размещенных в узлах прямоугольной решетки, к которым приурочено графическое представление отобранных данных.

Сохранение данных

Система предлагает сохранить данные (преобразованные таблицы, переструктурированные таблицы, таблицы расчетных данных) в двух форматах: в виде текстового файла или в виде dbf-файла, который система всегда сопровождает файлом описания данных. Сохраненную таблицу можно будет впоследствии загрузить и работать с ней, как с обычным документом системы.

7.5.3. Совмещенная информационная система управления лесами поквартального уровня агрегации

Создание цифровой картографической базы данных

В качестве картографической основы для получения электронной базы данных использовали "Планы лесонасаждений лесничеств" (1990, масштаб 1:25 000) и топографические карты открытого масштаба [Топографические карты "Подмосковье", 1990]. Таким образом, планы лесонасаждений для сшивки в единый электронный план привязывали к топокарте масштаба 1:200 000 с обеспечением точности в соответствии со степенью генерализации топокарты. Привязка производилась по опорным точкам. Предусмотрена возможность (в следующие этапы создания ГИС) вшить границы выделов с внесением актуальных изменений в границы квартальной сетки планов лесонасаждений.

Оцифровка планов лесонасаждений лесничеств, сети опорных точек и характерных элементов топографической карты, а также сшивание отдельных листов в единый план лесонасаждений ОПЛХ проведены с использованием векторного графического редактора VectEdit. На рис. 7.64 приведена распечатка фрагмента электронного плана лесонасаждений ОПЛХ "Русский лес".



Рис. 7.64 Фрагмент карты-схемы лесонасаждений ОПЛХ "Русский лес" с нанесенными номерами кварталов, масштаб 1:200 000.

Методическая важность данной работы в том, что совмещенная поквартальная информационная система является максимально детализированной геоинформационной системой последнего открытого топографического масштаба для региональных ЛИС общего пользования, с одной стороны, и одновременно квартальная сеть является точной основой для повыведельной совмещенной системы, с другой стороны. Таким образом, сохраняется единство пространственной привязки и агрегирования лесотаксационных данных: все реальные лесохозяйственные и другие работы, ведущиеся и учитывающиеся на повыведельной основе, будут совершенно корректно картографически (геодезически) переноситься в агрегированном виде [Инструкция о порядке ведения государственного учета, 1997] в информационные системы следующего иерархического уровня управления лесным хозяйством.

Создание базы данных поквартальных итогов

Исходными данными для фактографической (атрибутивной) базы данных служили данные поквартальных итогов опытно-производственного лесохозяйственного объединения "Русский лес" на 1991 г (Ведомости...,1991).

Разработанная совмещенная автоматизированная информационно-

поисковая система позволяет выполнять следующие задачи:

- просматривать, корректировать исходные документы - данные о запасах и площадях древесных пород, данные о площадях по категориям защитности земель, сгруппированные по кварталам и отдельным лесничествам;

- работать с базой данных "Русский лес" (просмотр, поиск, дополнение, корректировка, справки);

- работать с системой запросов (сложный запрос с применением логической формулы);

- подготавливать, корректировать, распечатывать выходные документы произвольной формы;

- просматривать, корректировать, распечатывать подготовленные аналитические карты;

- подготавливать, просматривать, распечатывать произвольные аналитические карты;

- работать с картами кварталов как объектами геоинформационной системы.

Так, например, можно проанализировать структуру породного состава лесных массивов по площади и запасу (рис. 7.65), получить перечень кварталов земель разной категории защитности (рис. 7.66) или с определенным диапазоном любого параметра исходных атрибутивных или расчетных данных, получить выкопировку-планшет группы кварталов, провести деление полигона квартала на два и более и т.д.

7.6. Информационное обеспечение управления лесным хозяйством федерального уровня

7.6.1. Географическая информационно - справочная система для органов управления лесным хозяйством (полссхозная агрегация)

Географическая информационно-справочная система - это тематический электронный атлас в настольном компьютере работника службы управления лесного хозяйства федерального уровня. С одной стороны, такая система должна быть чрезвычайно проста в использовании, чтобы для ее освоения достаточно было в течение четверти часа прочитать встроенное руководство и попробовать работу с системой на практике, в затем всегда действовать по аналогии. С другой стороны, она должна позволять находить необходимую информацию (в системе Рослесхоза 1763 лесхоза и 30 национальных парков) гораздо быстрее, чем в бумажном атласе и других традиционных документах. И не просто находить нужную карту или таблицу, а и иметь возможность легко скопировать ее в свой документ или вывести на печать.

Распределение кварталов с участием спелых и перестойных древостоев березы

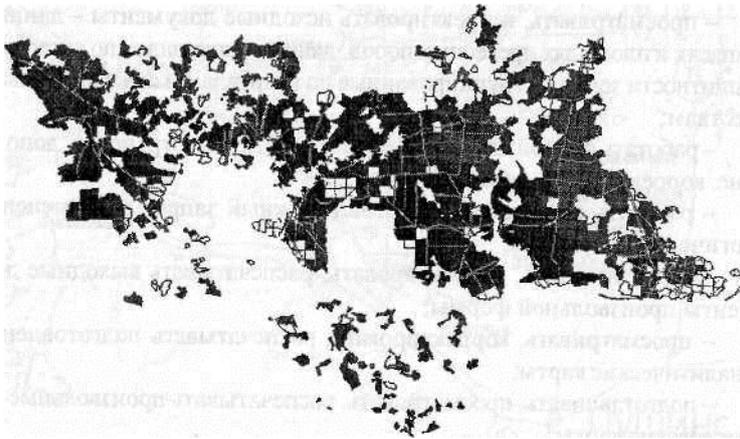


Рис. 7.65. Тематическая карта распространности березовых древостоев

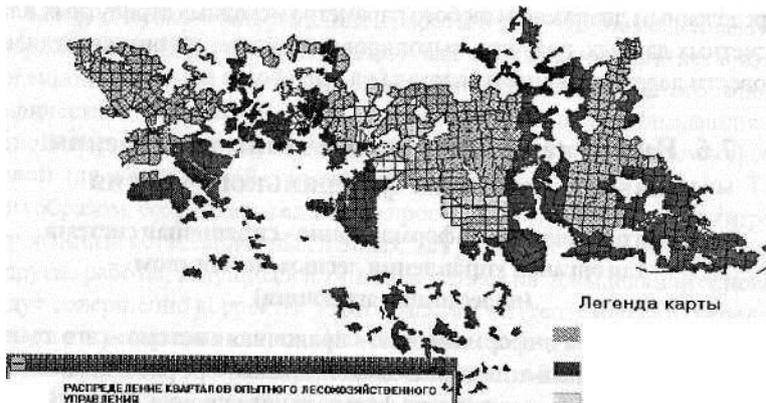


Рис. 7.66. Тематическая карта по категориям защитности

При этом система должна одинаково хорошо работать как в операционной системе Windows 95, так и в Windows 3.1x. Желательно, чтобы для ее функционирования не требовалось каких-либо дополнительных программных систем и ее тиражирование в службах управления отрасли осуществлялось при минимальных затратах.

С учетом вышеперечисленных требований была принята в качестве программной основы стандартная справочная система Windows - **WinHelp**. В качестве структурной основы системы использованы два базовых принципа: тематическое разделение информации и иерархическая организация по методу гиперкарты в пределах темы, когда путем выбора объекта карты на текущем уровне осуществляется переход к уровню с более детальной информацией об этом объекте.

Гипертекстовые структуры и аналогичные им структуры типа гиперкарты очень удобны для анализа информации, но в то же время могут способствовать потере представления пользователя о его местонахождении в справочной системе. Чтобы пользователь мог уверенно ориентироваться в системе, она должна иметь четкую структуру и единообразный набор средств навигации. Вариант предполагаемой структуры системы показан на рис.7.67.

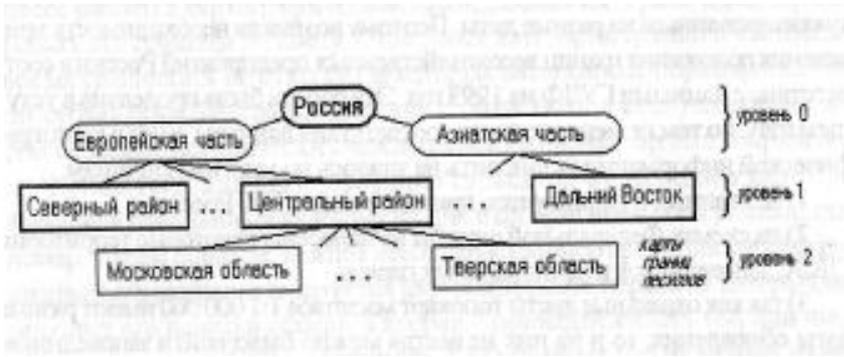


Рис. 7.67. Гипертекстовая структура географической информационной системы органов управления

7.6.2. Формирование цифровой топоосновы ГИС федерального уровня

Для картографического отображения информации, собираемой в процессе Государственного учета лесного фонда России, была поставлена задача создания цифровой картографической базы данных, содержащей информацию о границах лесхозов (лесохозяйственных предприятий). В качестве топоосновы были выбраны листы топографических карт масштаба 1:1 000 000. Эти карты содержат границы административного деления от уровня областей и выше, границы некоторых заповедников, но, к сожалению, не содержат границ административных районов. На эти карты наносились границы лесохозяйственных предприятий, заповедников и прочих землепользований. Источником информации для проведения этих работ служили материалы Федеральной службы лесного хозяйства России в виде схем лесохозяйственных предприятий, областных и краевых карт границ лесохозяйственных предприятий, а также приказов об изменении положения их границ.

Процесс формирования цифровой топоосновы для ГИС федерального уровня можно разбить на этапы: 1. Сбор информации. 2. Расчет базовой сетки опорных точек. 3. Цифрование и редактирование. 4. Совмещение картографических данных с данными ГУЛФ.

Сбор информации

Так как работа по сбору данных о границах лесохозяйственных предприятий, выявлению изменений и нанесению границ на листы топографических карт является очень трудоемкой и, как следствие, растянутой во времени, то положение границ лесохозяйственных предприятий оказалось актуализированным на разные даты. Поэтому возникла необходимость приведения положения границ лесохозяйственных предприятий России в соответствие с данными ГУЛФ на 1993 год. Эта работа была проделана в текущем году, но тем не менее полного соответствия данных ГУЛФ и картографической информации установить не удалось по многим причинам:

- 1) нет данных о территориях, принадлежащих МО России;

2) на схемах Федеральной службы не нанесены некоторые территории ГЛЮХ, заповедников и национальных парков.

3) так как отдельные листы топокарт масштаба 1:1000 000 имеют разные даты обновления, то и на них не всегда можно было найти заповедники, указанные в ГУЛФ.

Областные и краевые карты границ лесохозяйственных предприятий имеются лишь на некоторые регионы России и, как правило, по дате создания не совпадают с датой ГУЛФ.

Расчет базовой сетки опорных точек

Базовая сетка опорных точек листов топокарт масштаба 1:1 000 000 для равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса вычислялась с помощью пакета программ расчета картографических проекций ПКО "Картография".

Географическое положение России таково, что территория ее отображена на топокартах, представляющих широтные пояса K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U. Для каждого из широтных поясов базовая сетка опорных точек считалась отдельно, но с одинаковым шагом - 3° по широте и 2° по долготе. Таким образом, сетка опорных точек содержит:

- для одинарных листов топокарт K, L, M, N, O - 9 опорных точек,
- для сдвоенных листов топокарт P, Q, R, S - 15 опорных точек,
- для счетверенных листов топокарт T, U - 27 опорных точек.

Выпускаемые "Роскартографией" топокарты масштаба 1:1 000 000 имеют различную проекцию - кроме вышеназванной проекции Гаусса встречаются карты поликонической видоизмененной проекции, выпущенные в тот же период времени. Однако с учетом реальной точности нанесения границ и относительно небольшой результирующей разницы в геометрии листов этих топокарт все листы были приведены к вычисленной сетке проекции Гаусса с использованием обобщенного линейного преобразования координат.

Цифрование и редактирование

Перед вводом информации с карты были определены типы границ, подлежащих оцифровке, и составлен кодификатор, позволяющий в процессе работы с картографической базой данных на экране идентифицировать эти границы по цвету. Отдельные категории границ в настоящее время сравнивались по статусу (некоторые автономные образования стали субъектами Федерации наравне с областями и республиками), но, тем не менее, исторически сложившийся кодификатор был сохранен.

Кроме того, для идентификации субъектов Федерации в картографической базе данных каждому из них был присвоен свой уникальный номер. Таким образом, каждое лесохозяйственное предприятие как пло-щадный объект характеризуется двумя цифрами, первая из которых

определяет его номер в списке, а вторая - принадлежность той или иной области или республике. Например, 7(3 8) означает что на данной территории расположен Кирилловский механизированный лесхоз Вологодской области.

Информация о границах вводилась путем цифрования карт с помощью дигитайзера (точность ввода 0,1 мм). Редактирование осуществлялось с помощью векторного картографического редактора Vectedit, простого в обращении и обладающего удобным интерфейсом. Кроме того, использование опорных точек позволяет быстро и достаточно точно вносить изменения и дополнения в уже существующие цифровые карты.

Совмещение картографических данных с данными ГУЛФ

Оцифрованные 142 листа топокарт с границами лесохозяйственных предприятий (масштаб 1:1 000 000) представляют всю территорию Российской Федерации. Для примера на рис. 7.68 приведен лист карты с границами лесохозяйственных предприятий. К сожалению, процесс создания цифровых карт с границами лесохозяйственных предприятий первоначально не имел целью совмещение с данными ГУЛФ, по этим картам планировалось решать задачи дистанционного слежения из космоса за лесными пожарами. Поэтому задача обновления картографических данных не связывалась со сроками ГУЛФ и долгое время эти работы шли независимо друг от друга. В настоящее время возникла необходимость совмещения картографических данных и данных ГУЛФ.

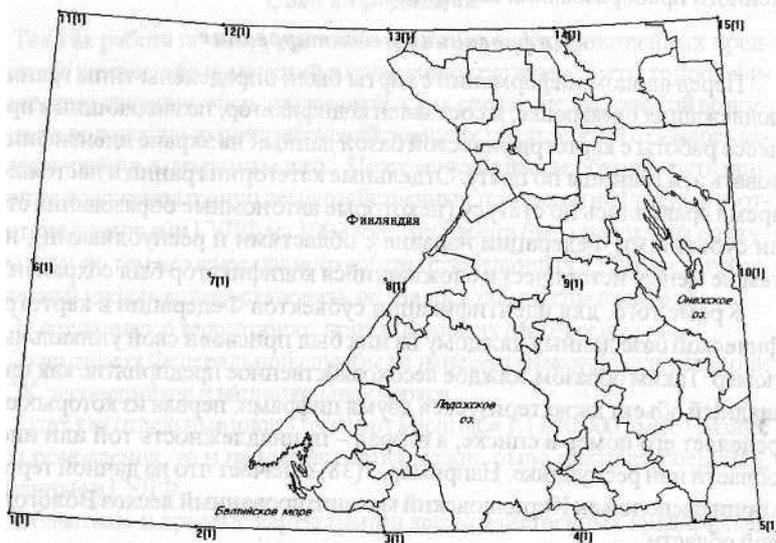


Рис. 7.68. Лист Р-35,36 карты М:1:1 млн. с нанесенными границами лесхозов и рассчитанной координатной сеткой

Данные ГУЛФ хранятся в файлах формата .DBF системы FoxPro. Кроме систем управления базами данных с файлами этого формата успешно работают табличные процессоры (электронные таблицы). Было решено для работы с данными ГУЛФ использовать электронную таблицу Excel. В первые два столбца были помещены номер и название лесхоза, соответствующие классификатору ГУЛФ (полученные из ГУЛФ в виде файлов формата .DBF).

В следующие столбцы таблицы были занесены цифры, характеризующие соответственно номер лесохозяйственного предприятия, область или республику, а также экономический район, к которому данное предприятие относится. Таким образом, каждый лесохозяйственный объект имеет в этой таблице две характеристики, позволяющие идентифицировать любую единицу учета как в ГУЛФ, так и в картографической системе.

В результате проделанной работы стало очевидно, что необходимо как можно скорее приступить к разработке программы, позволяющей конечному пользователю работать совместно как с табличными, так и с картографическими данными.

Республика Карелия - границы лесхозов

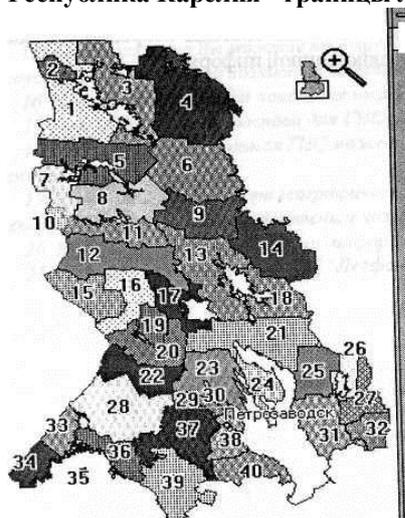


Рис 7.69. Фрагмент экрана географической информационно - справочной системы для органов управления лесным хозяйством

Оцифрованы все границы лесхозов на территории Российской Федерации по листам карты масштаба 1:1 000 000. На 95% эти границы выверены по имеющимся документам по состоянию на дату ГУЛФ 1993 года. Из отдельных листов собраны карты границ лесхозов для субъектов Российской Федерации, например, на рис. 7.69 показаны границы лесхозов Республики Карелия. Подготовлены карты экономико-географических районов и России в целом. Подготовлены и уточнены данные административного деления Российской Федерации до уровня сельских районов с идентификацией всех городов областного и районного подчинения.

На основе части этих данных создан действующий прототип географической информационно-справочной системы и на нем проработаны функции дополнительного программного обеспечения по осуществлению навигации в системе, функции копирования и печати картографических и текстовых данных.

Географические информационно-справочные системы на региональном (управления лесами субъектов Федерации) и федеральном уровнях предназначены для поддержки принятия решений и получения руководящим аппаратом требуемой информации. При непосредственной работе с такой системой пользователю открываются новые возможности анализа

лесохозяйственной информации.

Вопросы для самопроверки

1. Какие комплексы задач реализованы в АСУЛР?
2. Дайте характеристику повыведельной базе данных в АРМ "Лесфонд".
3. Какие методы таксации лесосек Вы знаете?
4. Какие комплексы программ по МДОЛ Вам известны? Их различия, преимущества, недостатки.
5. Что дает автоматизация работ по МДОЛ?
6. Что понимается под базой данных лесосечного фонда объекта?
7. Опишите уровни информационных потоков и их содержание в АРМ "Лесопользование".
8. Оцените возможности АРМ "Лесопользование".
9. Как получить доступ к повыведельной базе данных?
10. Как управлять графической частью пакета программ АРМ "Лесфонд"?
11. Опишите последовательность внесения изменений в картографическую базу данных.
12. Как управлять графической частью пакета программ АРМ "Лесфонд"?
13. Дайте определения терминам "базы знаний" и "базы данных".
14. Какие задачи можно решить, имея "Информационную систему производственного уровня (лесхоз, лесничество)"?
15. Какие различия Вы можете выделить у ГИС, используемых для целей лесоустройства и лесного хозяйства на примере ЛУГИС?
16. Какие задачи решает локальная информационная система?
17. Как создается топооснова для ГИС федерального уровня?
18. Какая профессиональная ГИС может быть принята для внедрения в лесную отрасль?
19. Какие задачи выполняет географическая информационно - справочная система для органов управления лесным хозяйством?
20. Каковы тенденции развития информационных технологий?
21. Оцените возможности АРМ "Лесфонд".

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемое учебное пособие обобщает накопленный опыт по информационным технологиям в лесном хозяйстве и показывает студентам на конкретных примерах достижения научно-технического прогресса в лесной отрасли.

В настоящее время отрасль реально ощутила потребность в общероссийской автоматизированной системе управления лесным хозяйством.

Для достижения качественно нового уровня информатизации отрасли необходимо решить ряд задач и проблем. Отметим некоторые из них:

- создать отраслевую систему передачи данных;
- перейти на полную автоматизации проектных, опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ;
- создать систему отраслевых банков данных по лесным ресурсам и технико-экономическим показателям предприятий;
- перевести лесоустройство на комплексное техническое автоматизированное проектирование;
- создать и ввести в эксплуатацию геоинформационные системы в лесхозах России;
- создать автоматизированную систему лесного мониторинга;
- организовать подготовку кадров для разработки, внедрения и эксплуатации автоматизированных систем в лесном хозяйстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированная система управления лесными ресурсами комплексных лесных предприятий: Отчет НИР /КарНИИЛП; рук. работ Пилинович В.А. Петрозаводск. - 1989, - 21 с.
2. Андриенко Г.Л., Андриенко Н.В. Построение информационно-аналитических inultimedia-систем, основанных на знаниях // Изв.РАН. Техническая кибернетика. - 1995. - №5.
3. Анучин Н.П. Лесная таксация. - М.: Лесн. пром-сть, 1982 - 552 с
4. Участковый метод лесоустройства/ А.А.Байтин, И.В.Логвинов, Д.П.Столяров и др. - М.: Лесн. пром-сть, 1967. - 200 с.
5. Богачев А.В. Модель прогноза роста сосновых насаждений // Лесоведение.- 1991.- №1. - С.3-11.
6. Опыт создания геоцентрической системы координат ПЗ-90 / В.В.Бойков, В.Ф.Галазин, Б.Л.Каплан и др. // Геодезия и картография. - 1993. - № 11.- С.17.
7. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA- Статистический анализ и обработка данных в среде Windows - М.: Информ.-издат. дом "Филинь", 1997. - 608 с.
8. Бредихин М.А. Динамическая модель роста древостоя // Математическое моделирование в биогеоценологии. - Петрозаводск: КФ АН СССР, 1985.- С.36.
9. Влияние гидрологического режима на структуру и функционирование биогеоценозов: Тез. докл. всесоюз. совещ.: В 2ч. - Сыктывкар, 1982. -С.118-120.
10. Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура, динамика)/А.Д.Волков, А.Н.Громцев, Г.В. Еруков, и др.- Петрозаводск: ИЛ Карельского НЦ РАН, 1990. - 284 с.
11. Экосистемы ландшафтов запада северной тайги / А.Д.Волков, А.Н.Громцев, Г.В.Еруков и др. - Петрозаводск: ИЛ Карельского НЦ РАН, 1995. - 193 с.
12. Воробьев Д.В. Типы лесов европейской части СССР. - Киев:Изд-во АНУССР, 1972- 450 с.
13. Восточноевропейские широколиственные леса / Под ред. О.В. Смирновой.- М.: Наука, 1994. - 364 с.
14. Второва В.Н. Связь структуры и продуктивности ельников и сосняков подзоны средней тайги с уровнем грунтовых вод // Влияние гидрологического режима на структуру и функционирование биогеоценозов: Тез. докл. всесоюз. совещ. В 2ч. - Сыктывкар, 1982. -С.84-87.
15. Герасимов А.П., Ефимов Г.Н., Насретдинов К.К. Совместное уравнивание астрономо-геодезической и космических сетей // Геодезия и картография.- 1993. - № 11. - С.23.
16. Гинзбург Г.А., Салманова Т.Д. Атлас для выбора картографических проекций //Тр./ ЦНИИГАиК. - М.,1957. - Вып.110.
17. ГИС-обозрение. - М. - 1999- №1. - 46 с.

18. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. - М.: Изд-во МГУ, 1964. - 229 с.
19. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. - 2-е изд., испр.-М.. Наука, 1987. - 552 с.
20. Грибанов Л.Н. Степные боры Алтайского края и Казахстана. - М.: Гослесбумиздат, 1960. - 156 с.
21. Грибанов Л.Н. Вопросы лесоустройства в условиях интенсивного лесного хозяйства // Тез. докл. науч.-техн. конф. / Литовская сельскохозяйственная академия. Каунас, 1965.
22. Громцев Г.В. Лесорастительное районирование на ландшафтной основе. // Лесн. хоз-во. - 1992. - №2-3. - С.24-25.
23. Грошев В.В., Кононов А.А. Обзор российского рынка приемников спутниковых навигационных систем, используемых для создания и обновления цифровых карт // Информ. бюллетень ГИС Ассоциации. - М-1996. - № 1,- С.54-56.
24. Гусев ЮГ., Лебедев М.Г. (ВКС МО, Россия). Перспективы развития спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС и ее интеграция с зарубежными навигационными средствами // Планирование глобальной радионавигации: Сб. тр. междунар. конф. - М., 1995. - Т. 1. - 297 с.
25. Джон М. Бьюкерс. Противоречия между гражданскими и военными потребителями спутниковых систем, используемых в целях позиционирования и навигации //Планирование глобальной радионавигации: Сб. тр. междунар. конф. - М., 1995. - Т. 1. - 297 с.
26. Дистанционное зондирование в лесном хозяйстве / Е.П. Данюлис, В.М.Жиринов, В.И.Сухих, РМ.Эльман. - М.: Агропромиздат, 1989. - 223 с.
27. Дроздова Н.Н., Зацепин Т.С. Исследование зависимости элементов растительного покрова от уровня грунтовых вод // Влияние гидрологического режима на структуру и функционирование биогеоценозов: Тез. докл. всесоюз. совещ.: В 2 ч. - Сыктывкар, 1982. -С.122-123.
28. Дюк В. Обработка данных на ПК в примерах. - СПб: Питер, 1997. - 240 с.
29. Евстигнеев О.И. Особенности развития широколиственных деревьев под пологом леса при разной освещенности // Ботан. журн. - 1988. - Т. 72, № 12. - С. 1730-1736.
30. Загреев В.В. Баранов А.В. Сортиментные и товарные таблицы для лесов центральных и южных районов европейской части РСФСР/Госкомлес СССР, МЛХ РСФСР, ВНИИЛМ. - М., 1987. - 128 с.
31. Захаров В.К., Трулль О.А., Мирошников В.С. Лесотаксационный справочник. - Минск, 1962. - 300 с.
32. Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. М.: ВНИИЦлесресурс, 1995. - 4.1. - 175 с; Ч. 2.-112 с.
33. Инструкция о порядке создания и размножения лесных карт. - М.: Гослесхоз СССР, 1987. - 80 с.
34. Казанцев Н.Н., Флейс М.Э., Яровых В.Б. Проекционные

преобразования в геоинформационных системах // ГИС-обозрение. - 1995. -
Лето. -С. 23-25.

35.Калашников Е.Н. Соотношение лесохозяйственных выделов и
природных территориальных комплексов // Аэрометоды изучения лесных
ландшафтов. - Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1975. - С.167-178.

36.Калашников Е.Н., Тетенькин А.Е. Варьирование древостоев в
фациях //Аэрометоды изучения лесных ландшафтов. - Красноярск: ИЛИД СО
АН СССР, 1975. - С. 82-92.

37. Карта "Леса СССР" М 1:2,5 млн. - М.: Гослесхоз СССР, 1990.

38. Киреев Д.М. Ландшафтный метод изучения лесов по аэроснимкам
// Ландшафтный сборник. - М.: Изд-во МГУ, 1973. - С. 256-272.

39. Киреев Д.М. Методы изучения лесов по аэроснимкам. -
Новосибирск: Наука, 1977. - 212 с.

40. Козловский В.Б., Павлов В.Н. Ход роста лесообразующих пород
СССР. -М.: Лесн. пром-сть, 1967. - 327 с.

41.Комплекс задач АРМ - таксатора на ПК в системе обработки
лесоустроительной информации: Техно-рабочий проект. - Нижний Новгород:
Г/О "Леспроект", 1996. - 17 с.

42.Новое в АРМ "Лесфонд": Руководство пользователя. - Екатеринбург:
ЛабМастер, 1998. - 14 с.

43. Коновалов Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС: Учеб. пособие. -
М.: Комитет ГИС - образование, 1997. - 160 с.

44.Концепция информатизации лесного хозяйства. М.:
ВНИИЦлесресурс, 1990. - 70 с.

45. Концепция устойчивого управления лесами Российской Федерации.
- М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. - 15 с.

46. Королев Ю.К., Баранов Ю.Б. Современный рынок данных
дистанционного зондирования // Информ. бюллетень. - 1996. - №1(3). - М.:
ГИС Ассоциации. - С. 66-75.

47. Королев Ю.К., Баранов Ю.Б. Методы обработки данных
дистанционного зондирования // Информ. бюллетень.ГИС-Ассоциация. - М.,
1996- №2(4). - С. 51-55.

48.Крамм Р. Системы управления базами данных dBASE 11 и dBASE
111 для персональных компьютеров.-М.: Финансы и статистика, 1988. -383 с.

49.Критерии и индикаторы устойчивого управления лесами Российской
Федерации. - М.: Рослесхоз, 1996. - 12 с.

50.Теоретические основы САПР: Учебник для вузов / В.П. Крячко,
И.П. Норенков. - М.: Энергоиздат, 1987. - 400 с.

51.Максимов Ю., Осипов С, Симоненков О. Практическая работа на
компьютерах семейства ГВМ РС в операционной среде MS-DOS 4.01 - М.:
Диалог - МИФИ, 1991. - 156 с.

52. Манаков Ю.М. Информационные сканерные технологии // Информ.
бюллетень ГИС Ассоциации. - М., 1996. - № 2(4). - С.63.

53.Методические указания по решению производственных ситуаций в
соответствии с программой "Сосна"/ Сост. Богачев А.В., Самсонова Л.П. -

Пушкино: ВИПКЛХ, 1990. - 10 с.

54.Морозов Г.Ф. Избр. труды. В 3 т. - М.: Лесн. пром-сть, 1994.

55.Москалев А. ГИС ИнБ. - М. -1996. - № 1. - С. 65; № 2. - С. 73.

56.Мошкалев А.Г. Материально-денежная оценка лесосек на ЭВМ с применением математического моделирования: Метод, указания. - Л.: ЛенНИИЛХ, 1978. - 80 с.

57.Мошкалев А.Г. Составление сортиментных и товарных таблиц с применением ЭВМ: Метод, указания. - Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. - 68 с.

58.Мюллер С. Модернизация и ремонт ПК: Краткий справочник: Пер. с англ.- 2-е изд. - М.; СПб.: "Вильяме", 1999. - 144 с.Наставления по отводу и таксации лесосек в лесах Российской Федерации.-М.: ВНИИЦлесресурс, 1993. - 72 с.

59.Наставления по рубкам ухода в равнинных лесах европейской части России.- М.: ВНИИЦлесресурс, 1994. - 189 с.

61.Низовцев В.А. Ландшафтно-экологическая характеристика района ГИЗЛ "Горки Ленинские" //Сохранение и восстановление природно-культурных комплексов Подмосковья. - М.: Изд-во "Улисс", 1995. - С. 17-23.

62.Носова Л.М., Французов А.В., Чумаченко СИ. Моделирование структуры фитомассы древостоя лесной экосистемы // Проблемы мониторинга и моделирование динамики лесных экосистем. - М., 1995. - С.244-251

62.Обработка пробных площадей на ЕС ЭВМ: Метод, указания для самостоятельной работы студ. спец. 31.12 / Сост. Черных В.Л., Бакеева Р.Я. - Йошкар-Ола: МарПИ, 1992. - 24 с.

63.Общесоюзные нормативы для таксации лесов: Справочник. - М.: Колос, 1992. - 495 с.

Основные положения по лесовосстановлению и лесоразведению в лесном фонде Российской Федерации: Приказ №344 от 27.12.1993 г. - М., 1994.- 16 с.

66.Полищук Ю.М., Хон В.Б. Теория автоматизированных банков информации:Учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 1989. - 184 с.

67.Полынов В.В Учение о ландшафтах // Вопр. географии. - 1953. Вып.33- С. 30-44.

68.Разработка САПР: В 10 кн. Кн. 1. Проблемы и принципы создания САПР: Практ. пособие/ Под ред. А.В.Петрова. - М.: Высш. шк., 1990. - 144 с.

69.Рогачев И.Б. Программирование в СУБД FOXPRO: Руководство программиста. - Нижний Новгород, 1992 - 114 с.

70.Руководство по восстановлению и лесоразведению в лесостепной и степной зонах Европейской части Российской Федерации: Приказ №328 от 13.12.1993 г.

71.САПР лесохозяйственных мероприятий: Метод, указания для студ. спец.1512 / Сост. Сабо Е.Д. - М.: МЛТИ, 1987. - 28 с.

72.Свалов Н.Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. - М.: Лесн. пром-сть, 1979. - 216 с.

73.Седых В.П. Аэрокосмические методы мониторинга лесного покрова Западной Сибири: Автореф. дис.....докт. биол. наук. - Красноярск, 1990. -

С. 42.

74.Смирнова А.А., Филипов Г.В. Обработка пробных площадей на ЕС ЭВМ-Л., 1983. - 30 с.

75.Популяционная организация растительного покрова лесных территорий / Смирнова О.В., Чистякова А.А., Попадюк Р.В. / НЦБИ РАН. - Пушкино-на-Оке, 1990. - 92 с.

76.Совершенствование методов учета лесосырьевых ресурсов и лесоустроительного проектирования. - М.: Лесн. пром-сть, 1988. - 216 с.

77.Соколов П.А., Черных В.Л. Вариационная статистика: Учеб. пособие. -Йошкар-Ола: МарПИ, 1990. - 104 с.

78.Сохранение и восстановление природно-культурных комплексов Подмосковья. - М.: Изд-во "Улисс", 1995.

79.Справочник лесничего. - М.: ВНИИЦлесресурс, 1994. - 662 с.

80.Старостенко ДА. Внедрение ГИС-технологий: лесное хозяйство Российской Федерации: Ежегод. обзор ГИС Ассоциации. - М.,1996. -Вып.2. - С.92-94.

81.Столяров Д.П., Бурневский Ю.И., Романюк Б.Д. Географические ландшафты и лесные экосистемы // Лесн. хоз-во.- 1992.- №12.- С.22-24.

82.Страхов В.В. Новые элементы лесной политики России //Устойчивое развитие бореальных лесов: Тр. VII ежегод. конф. МАИБЛ. - М.: Рослесхоз, 1997. - С.148-155.

83.Страхов В.В., Сысуев В.В. Перспективы использования географических информационных систем для устойчивого управления лесами // Лесное хоз-во. - 1998. - №3. - С.19-22.

84.Требования к лесным электронным картам, совмещаемым с таксационной базой данных: Временная инструкция. - М.: Рослесхоз, 1999. - 14 с.

85.Трейфельд РФ. "АКС ЛУГИС" в среде Windows. ГИС-технологии в лесоустройстве и лесном хозяйстве: Обзор по состоянию на 1999 год и ближайшую перспективу // Проблемы и перспективы развития лесоустройства. Тез. докл. всерос. совещ. по лесоустройству. -Новосибирск, 1999. - С.67-70.

86.Удра И.Ф. Распространение растений и проблемы палео- и биогеографии. - М: Наука, 1988. - 196 с.

87.Усольцев В.А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. - Екатеринбург: УрО РАН, 1998. - 542 с.

88.Фигурнов В.Э. ШМ РС для пользователя. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА, 1996. - 432 с.

89.ФридландВ.М. Структура почвенного покрова. - М.:Мысль, 1972- 423 с. .

90.Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. - М.: Финансы и статистика, 1998. - 288 с. .

91.Цельникер Ю.Л. Физиологические основы теневыносливости древесных растений- М.: Наука, 1978. - 212 с.

92.Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). -

М.:Наука, 1988. - 183 с.

93.Черных В.Л Проблемы внедрения новых информационных технологий в лесную отрасль // Проблемы и перспективы развития лесостроительства: Тез. докл. всерос. совещ. по лесостроительству. - Новосибирск, 1999. - С.149-154.

94. Черных В.Л. Автоматизированные системы в лесном хозяйстве: Учеб. пособие. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 1995. - 134 с.

95.Черных В.Л., Мошкалева А.Г. Математические модели сортиментных таблиц для Мурманской области и севера КАССР // Мошкалева А.Г. и др. Лесотаксационный справочник по Северо-Западу СССР. - Л.: ЛТА, 1984. - С. 222-225.

96.Черных В.Л., Чернов А.П. Комплекс программ АРМ "Лесопользование": Инструкция пользователя. -Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. - 40 с.

97.Черных В.Л., Чернов А.П., Мальков Д.П. Математическая модель бонитировочной шкалы семенных и порослевых насаждений // Рациональное использование лесных ресурсов: Материалы междунар науч.- практ. конф., 20-22 апр. 1999 г. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. - С. 250-251.

98.Чумаченко СИ. Базовая модель динамики многовидового разновозрастного лесного ценоза. Вопросы экологии и моделирования лесных экосистем: Науч. тр. МГУЛ. - М., 1993. - С. 147-180.

99.Моделирование динамики древостоев с учетом лесохозяйственного воздействия. / С.И.Чумаченко, В.В.Сысуев, М.М. Паленова и др. //Устойчивое развитие бореальных лесов: Тр. VII Конф. Междунар. Ассоциации Исследователей Бореальных Лесов (BFRA). - М.: Рослесхоз, 1997. - С.184 -190.

100. Шарый П.А., Степанов И.Н. О методе вторых производных в геологии // Докл. АН СССР. - М., 1991. - Вып. 319 (1). - С.456-460.

101. Шевченко П.Г., Шевченкова Т.Ф. Литогенная основа как фактор дифференциации лесов //Современные леса Брянской области и рациональное лесопользование. -М., 1989. - С.21-30

102. Штарке М., Болльманн Р. Word для Windows 2.0: Пер. с нем. - Киев.: Торгово -издательское бюро ВНУ, 1993. - 440 с.

ЮЗ.Юнина В.П. Влияние абиотических факторов на продуктивность лесных экосистем //Теоретические проблемы эволюции и экологии. - Тольятти, 1991.- С.164-174.

104. Grime J.P. Plant strategies and vegetation processes. Chichester; N.Y.: Willey, 1979.- 222 p.

105.Magurran A.E. Ecological diversity and its measurement. London, Sydney: doom Helm, 1988. - 186 p.

106.Current state of broad-leaved forests in Russia, Belorussia, Ukraine: historical development, biodiversity, structure and dynamic / Popaduk R.V., Smirnova O.V, Evstigneev O.I. a.o. - Pushchino: PRC RAS, 1995. - 74 p.

107.Snyder J.P., Voxland P.M. An Album of Map Projection //US Geological Survey professional paper 1453. Washington, 1989.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абстракция - процедура структуризации (типизации) данных. Различают два вида абстракции: обобщение и агрегация.

Автоматизированная справочно-информационная система (АСИС) - автоматизированная система обслуживания потребителей информации в удобной для восприятия и переработки форме.

АСИС фактографическая - автоматизированная информационная система, информационный массив которой составляется из формализованных записей.

Агрегативные данные - набор данных для формирования объекта из его частей на основе процедур агрегации.

Агрегация - процедура структуризации данных. Заключается в конструировании объекта из других базовых объектов, на основе чего создается агрегативная модель. Соотносится с понятием "есть некоторое...".

Алгоритм векторизации - алгоритм, который осуществляет автоматический поиск растровых аналогов векторных объектов заданных типов (примитивов) и создает векторные аналоги найденных фрагментов растрового изображения.

Аналитическая обработка - математическая обработка фотограмметрических или геодезических измерений для построения модели объекта при помощи компьютера.

Атрибут - элементарное данное, описывающее свойства сущностей.

Атрибутивные данные - числовая и текстовая информация заданной структуры, характеризующая графические объекты карты и включающая кодовые обозначения (классификационные коды) элементов содержания лесных цифровых карт.

База данных - совокупность данных, организованных по определенным правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными.

Большой круг - воображаемый круг на земной поверхности, образованный плоскостью, проходящей через центр земного шара.

Буферные зоны - зоны, границы которых удалены на известное расстояние от любого объекта на карте. Буферные зоны различной ширины могут быть созданы вокруг выбранных объектов на базе таблиц сопряженных характеристик.

Векторизация - процедура (ручная или автоматизированная) выделения векторных объектов с растрового изображения и получения их в векторном формате.

Векторные (объектные) модели ГИС - модели данных ГИС, строящиеся на векторах, занимающие часть пространства в отличие от занимающих всё пространство растровых моделей. При построении векторных моделей создаются целостные объекты путем соединения точек прямыми линиями, дугами окружностей, полилиниями, поэтому векторные

модели называют также объектными. Основные части векторной модели: геометрические объекты (точки, линии и полигоны); атрибуты (признаки, связанные с объектами); связи между объектами

Векторный рисунок - совокупность векторных объектов.

Векторная карта - совокупность графических объектов, описывающих элементы карты с помощью графических примитивов (точечных объектов, линейных объектов, площадных объектов).

Векторным файл - файл, содержащий информацию о векторном рисунке

Верификация — процедура проверки. Может осуществляться автоматически или с помощью эвристических методов, вызываемых явной директивой пользователя или запускаемых при возникновении специфических ситуаций

Генерализация - в ГИС представляет собой набор процедур классификации и обобщения, предназначенных для отбора и отображения картографических объектов соответственно масштабу, содержанию и тематической направленности создаваемой цифровой карты. Относительно информационного моделирования генерализация может быть рассмотрена как группа методов, позволяющих сохранить информативность даже при уменьшении объема данных

Географическая информационная система - аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных и знания о территории для их эффективного использования при решении задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением.

Географический объект (ГО) - объект, имеющий характеристики, определяющие его однозначное содержание и границы местоположения на местности в виде набора геоданных.

Геокодирование - соединение табличных данных адресных файлов с географическим положением объектов.

Геоид — общая фигура Земли, образованная поверхностью, которая совпадает с поверхностью Мирового океана в состоянии покоя и равновесия и продолжена под материками.

Долгота - угол в плоскости экватора между меридианом точки и главным (нулевым) меридианом, проходящим через Гринвич (Англия). Она изменяется от -180° (западная долгота) до $+180^\circ$ (восточная долгота).

Запись данных - формализованное представление сложной информационной модели без описания ее структуры. Запись может быть логической и физической.

Запись логическая - информационная единица, соответствующая одному шагу обработки информации.

Запись физическая - порция информации, которая является единицей обмена данными между внутренней и внешней памятью ЭВМ.

Звено (ребро, дуга) - линейный объект ГИС, отрезок, соединяющий

две точки отрезка (вершины, узлы).

Знак - элементарная единица информации, являющаяся реализацией свойств объекта в заранее заданной, структурно организованной знаковой системе. Знак можно рассматривать как реализацию типа, тип - как обобщение совокупности знаков. Следовательно, знак представляет индивидуальные свойства модели, а тип - ее общие свойства.

Иерархическая модель - модель структуры процесса или системы, структурная схема которой является ориентированным графом. Состоит из совокупности исходных и порожденных типов записей (уровней), связанных одной дугой или несколькими дугами. Допускает связи уровней типа один ко многим (1:N) или один к одному (1:1).

Интегрированные работы - выпуск комплекта документов; поддержка и автоматическое обновление базы данных; внесение данных в экспертную систему, выдача наряду с типовым комплектом документации прогнозов, рекомендаций, экспертных оценок проекта; информационный обмен с сетями баз данных.

Инфологическая модель - описательная модель предметной области, независимая от структур данных. Обычно состоит из совокупности информационных объектов, атрибутов и отношений между объектами. Отражает динамику предметной области.

Кадастр - карты и другие описания земельных участков с идентификацией всех, кто имеет юридические права на земельную собственность.

Кадастровые карты - графические отображения юридических описаний земельных участков.

Классификация - процедура абстракции (структуризации) данных. Состоит в соотношении множества знаков одному типу.

Координатные данные (место) - один из основных классов геоинформационных данных, используется для указания местоположения исследуемого объекта на земной поверхности.

Картографическая база данных (лесоустроительная) - совокупность графических данных в электронном виде на объект лесоустройства или их множество, подготовленная в соответствии с техническими требованиями на ее изготовление.

Картографический объект (КО) - объект, отображаемый на карте с помощью унифицированных условных знаков или их сочетаний.

Компьютерная карта - один из видов электронной картографической продукции, картографическое изображение, получаемое при помощи специализированных устройств вывода (графопостроителей, принтеров высокого разрешения и иных устройств, обеспечивающих графическое качество печати, вычерчивания, гравирования или фоторегистрации на бумажном или ином "твердом" носителе).

Конвертирование - преобразование данных из одного формата в

другой.

Линейный объект (ЛО) - объект, характеризующийся на местности протяженностью, ширина которого не выражается в масштабе карты, и изображаемый на карте линией соответствующего условного знака.

Меридиан - линия пересечения плоскостей географических меридианов с земной поверхностью.

Метрический снимок - снимок, полученный при помощи специальных высокоточных фотокамер (фототеодолиты, аэрофотокамеры, камеры для аэрокосмической съемки). При его получении имеется возможность с высокой точностью устанавливать и определять параметры съемки. Имеет минимальные искажения изображения в геометрии изображения.

Модели аналоговые - модели, создаваемые на основе физического или математического моделирования (аналитического описания), например цифровая модель рельефа, построенная на основе аналитического описания поверхности.

Модели динамические - модели, служащие для описания изменения процессов и моделей. Допускают изменение параметров и структур во времени.

Модели дискретные - модели, основанные на замене непрерывных функций набором дискретных значений аргументов и функций. Дискретность определяется шагом квантования. Для необходимости сохранения информативности дискретной модели по отношению к объекту шаг квантования должен выбираться с учетом теоремы Шенона-Котельникова.

Модели статические — модели, инвариантные относительно времени.

Моделирование инвариантное - моделирование, основанное на работе с полностью или частично унифицированными информационными элементами или структурами. Имеется возможность использования групповых операций, что повышает производительность труда по сравнению с индивидуальным моделированием. Инвариантность предполагает использование общих свойств моделируемых объектов (свойств типов или классов) безотносительно к индивидуальным характеристикам отдельных объектов. Примером могут служить оверлейные процедуры.

Моделирование информационное - моделирование, связанное с созданием и преобразованием разных форм информации, например графической или текстовой, в вид, задаваемый пользователем. В современных информационных системах оно осуществляется путем создания подсистемы документационного обеспечения.

Моделирование семантическое - моделирование, связанное с задачами кодирования и лингвистического обеспечения. В ГИС доля семантического моделирования велика на стадии сбора информации, что обусловлено большим объемом и разнообразием входной информации, сложностью ее структуры, возможным наличием ошибок.

Моделирование эвристическое - моделирование, основанное на

интерактивной обработке, применяется при необходимости экспертных решений, при учете индивидуальных свойств объектов на видеоизображениях и при решении специальных нетиповых задач. В ГИС и САПР оно выражается в том, что общение пользователя с ЭВМ осуществляется на основе сценария, учитывающего, с одной стороны, технологические особенности программного обеспечения, с другой - особенности и опыт обработки данной категории объектов.

Модель "сущность-связь" (ER-модель (Entity Relationship Model) - графовая модель, дающая представление о предметной области в виде объектов, называемых сущностями, между которыми фиксируются связи. Для каждой связи определено число связываемых ею объектов. На схеме сущности изображаются прямоугольниками, связи - ромбами. Число связываемых объектов указывается цифрой на линии соединения объекта и связи. В ER-модели допускаются представления связей типа "один к одному" (1:1), "один ко многим" (1 : M), "многие к одному" (M : 1), "многие ко многим" (M : N).

Номенклатура - система обозначений отдельных листов топографических карт.

Обобщение - процедура абстракции (структуризации) данных, соотносится с понятием: "есть часть...". Обобщение акцентирует сходство объектов, абстрагируясь от различий. Подразделяется на две категории: собственно обобщение и классификацию.

Оверлейные операции - процедуры наложения разноименных слоев (двух или более, при многократном повторении операции попарного наложения) с генерацией производных объектов, возникающих при их геометрическом наложении, и наследованием их атрибутов. Наиболее распространен случай оверлея двух полигональных слоев.

Параллель - линия, образованная пересечением плоскости, параллельной плоскости земного экватора, с поверхностью Земли. Пиксель (ячейка) - минимальный элемент растровой модели, двухмерный элемент пространства.

Пилот-проект - усеченный вариант реализации системы (не только ГИС, но и любой другой), требует минимального риска вложения денег от заказчика. Выполняется либо без затрат со стороны администрации (заказчика), либо в ограниченном объеме финансирования (2 - 10 % от полной стоимости проекта). Реализует ограниченное количество функций и служит демонстрационным вариантом полной ГИС.

Плоскость географического (астрономического) меридиана - плоскость , проходящая через ось вращения Земли и отвесную линию в точке земной поверхности.

Плоскость земного экватора - плоскость, проходящая через центр Земли перпендикулярно к оси вращения. Площадной объект (ПО) - графический объект, конфигурация и площадь которого на местности выражается в масштабе карты.

Позиционная точность координатных данных - степень отклонения

данных ГИС о местоположении объекта от его истинного положения на местности.

Полигон - пространственная область, ограниченная упорядоченным набором связанных дуг, которые образуют замкнутый контур.

Предметная область - подмножество (часть реального мира), на котором определяется набор данных и методов манипулирования с ними для решения конкретных задач или исследований.

Проекция произвольные - проекции, которые имеют искажения углов, площадей и длин, но эти искажения распределены по карте, например, так, что минимальные искажения имеются в центральной части и возрастают к краям. Среди произвольных проекций выделяют равнопромежуточные (equidistant projection), в которых искажения длин отсутствуют по одному из направлений: вдоль меридиана или вдоль параллели.

Пространственные данные (геоданные) - набор данных, которые индивидуально или в определенной совокупности определяют географическое положение и геометрическую форму реальных пространственных объектов.

Растровая модель (растр) ГИС - дискретная модель, в которой в качестве атомарной используют двухмерный элемент пространства - пиксель (ячейка). Упорядоченная совокупность атомарных моделей образует растр, который в свою очередь является моделью карты или геообъекта. В растровых моделях дискретизация осуществляется путем отображения геообъектов в пространственные ячейки, образующие регулярную сеть. При этом каждой ячейке соответствует одинаковый по размерам, но разный по характеристикам (цвет, плотность) участок поверхности объекта. В ячейке модели содержится одно значение, усредняющее характеристику участка поверхности объекта. В теории обработки изображений эта процедура известна под названием пикселизация. Если векторная модель дает информацию о том, где расположен тот или иной объект, то растровая модель дает информацию о том, что расположено в той или иной точке территории. Это определяет основное назначение растровых моделей - непрерывное отображение поверхности. Основные характеристики растровых моделей:

- значение - элемент информации, хранящийся в элементе растра (пикселе);

- ориентация - угол между направлением на север и положением колонок растра;

- разрешение - минимальный линейный размер наименьшего участка пространства (поверхности), отображаемый одним пикселем. Более высоким разрешением обладает растр с меньшим размером ячеек. Высокое разрешение подразумевает обилие деталей, множество ячеек.

Растровый файл - поименованная информация растровых данных, записанная на дисках или других носителях.

Реляционная модель - табличная модель данных, основным средством

структуризации в которой является отношение. Таблица состоит из строк и столбцов и имеет имя, уникальное внутри базы данных. Таблица отражает тип объекта реального мира (сущность), каждая ее строка - конкретный объект, каждый столбец - атрибут. Сущности, атрибуты и связи хранятся в таблицах как данные определенного типа. В реляционных моделях данных не предусматривается поддержание логической упорядоченности, однако кортежи помещаются в физическую память в соответствии с некоторым порядком. Физическая упорядоченность используется для выборки.

Слой - покрытие, задаваемое его тематической определенностью (растительность, рельеф, административное деление и т.д.) и координатной принадлежностью (точечный, линейный, полигональный).

Слой (геоинформационный) - совокупность графических объектов нескольких типов объектов, обычно описывающих тематически близкие элементы карты; объекты одного слоя имеют одинаковую структуру (атрибутивные данные).

Собственно обобщение - процедура соотнесения множества типов одному типу.

Табличная форма представления моделей - форма, которая дает представление модели или ее характеристик в виде одной или совокупности взаимосвязанных таблиц. При этом данные в ячейках таблицы не могут заноситься произвольно, они подчиняются определенным правилам, в частности, по столбцам располагают типизированные данные.

Таксационная база данных - совокупность тематических данных. Территориальные уровни использования ГИС:

- **глобальный уровень** - Россия на глобальном и евразийском фоне, масштаб

1 : 45 000 000 - 1 : 100 000 000;

- **всероссийский уровень** - вся территория страны, включая прибрежные акватории и приграничные районы, масштаб 1 : 2 500 000 - 1 : 20 000 000;

- **региональный уровень** - крупные и природные экономические регионы, субъекты федерации, масштаб 1 : 500 000 - 1 : 4 000 000;

- **локальный уровень** - области, районы, национальные парки, ареал кризисных ситуаций, масштаб 1 : 50 000 - 1 000 000;

- **муниципальный уровень** - города, городские районы, пригородные зоны, масштаб 1 : 50 000 и крупнее.

Тип - совокупность моделей или объектов, объединенная общим набором признаков или класс подобных знаков.

Типизация - процедура объединения данных по набору заданных признаков или выделения из множества данных тех, которые удовлетворяют заданным критериям (или признакам).

Типы координатных данных в ГИС: точки (узлы, вершины); линии (дуги, звенья), полигоны (районы, ареалы).

Топология - правила пространственного представления графической информации с учетом таких свойств объектов цифровой карты, как непрерывность, смежность, вложенность и т.п. Точечный объект - объект, отображаемый в виде точечного символа, обозначаемого условным знаком.

Формат файла - шаблон, по которому он создается; шаблон описывает, какие именно данные и в каком порядке должны быть записаны в файл (пример растрового формата - TIFF или PCX, атрибутивного - DBF).

Характеристика геоинформационных данных - данные реального мира, отображаемые в ГИС. Характеризуются с учетом трех аспектов: пространственного (связан с определением местоположения), временного (связан с изменениями объекта или процесса с течением времени, в частности, от одного временного среза до другого) и тематического (связан с выделением одних признаков объекта и исключением из рассмотрения других).

Цифровая модель местности (ЦММ) - комплексная модель местности, которая должна содержать четыре основных свойства, вытекающие из ее определения, а именно:

- как цифровая она должна быть оптимально организована и удобна при работе на ЭВМ. Это означает, что для полной ее реализации должна быть определена её "физическая" структура;

- как модель вообще ЦММ должна быть определена на известном классе моделей. Это означает, что она должна иметь вполне определенную структуру и содержать в своей основе одну из базовых моделей данных, а также удовлетворять требованиям и обладать общими свойствами моделей соответствующего класса безотносительно к предметной области;

- как модель местности она должна содержать специальную информацию данной конкретной предметной области. Это означает, что ЦММ должна содержать элементы координатного и атрибутивного описания, характеризующие как саму предметную область, так и индивидуальные свойства моделируемых объектов;

- как структура базы данных ЦММ должна иметь возможность для моделирования, многократного использования, анализа и решения различных задач. Для возможности многократного применения ЦММ должна быть переопределена (более информативна) по сравнению с информационной моделью ручной технологии, обеспечивающей получение разового продукта. Это требует выполнения обобщенного описания цифровых моделей местности на уровне типов, т.е. для этого необходимы предварительный анализ и последующая максимальная типизация пространственных объектов.

Цифровое моделирование рельефа - построение дискретной модели, основанное на переходе от аналоговой модели непрерывной поверхности (рельефа) к дискретной модели набора точек, оптимально отображающей форму этой поверхности.

Цифровая фотокамера - фотокамера, в которой изображение фиксируется не на фотопленку или фотопластинки, а на цифровой элемент (матричный или линейный). Это дает возможность хранить изображения в

цифровом виде и записывать их непосредственно в компьютер. По точностным характеристикам соответствует либо любительским, либо метрическим камерам.

Цифровая карта - цифровая модель местности, записанная на машинном носителе и установленных структурах и кодах, сформированная с учетом законов карто-графической генерализации в принятых для карт проекции, разграфке, системе координат и высот, по точности и содержанию соответствующая карте определенного масштаба.

Широта - угол между точкой и экватором вдоль меридиана. Изменяется от -90° (южный полюс) до $+90^\circ$ (северный полюс).

Экспертные системы (ЭС) - класс автоматизированных информационных систем, содержащих базы данных и базы знаний, способных осуществлять анализ и коррекцию данных независимо от санкции пользователя, анализировать и принимать решения как по запросу, так и независимо от запроса пользователя, и выполнять ряд аналитически классификационных задач.

ЭС диагностирующие - системы, в качестве цели имеющие способность находить причины аномальности наблюдаемых явлений. Основой для анализа служат наборы данных, с помощью которых выявляются отклонения от эталонного поведения и в результате ставится диагноз.

ЭС планирующие - системы, предназначенные для выработки программы действий, необходимых для достижения определенных целей.

ЭС прогнозирующие - системы, предназначенные для построения сценария будущего. Основываясь на событиях прошлого и настоящего, они способны выводить вероятные следствия из заданных ситуаций. Для этой цели в прогнозирующих ЭС используются динамические параметрические модели.

Электронная карта - векторная или растровая карта, сформированная на машинном носителе (например, на оптическом диске) с использованием программных и технических средств в принятой проекции, системе координат и высот, условных знаках, предназначенная для отображения, анализа и моделирования, а также решения информационных и расчетных задач по данным о местности и обстановке.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АБД- автоматизированные базы данных
АИС-лес автоматизированная информационная система лес
АКС- автоматизированная кадастровая система
АС- автоматизированная система
АСИС- автоматизированная справочно-информационная система
АСК- автоматизированная система картографирования
АСКК- автоматизированная система кадастрового картографирования
АРМ- автоматизированное рабочее место
АСНИ- автоматизированная система научных исследований
АСПР- автоматизированная система принятия решений
АСУ- автоматизированная система управления
АСУЛР- автоматизированная система управления лесными ресурсами
АФС- автоматизированная фотограмметрическая система
БД- база данных
БЗ- базы знаний
БДПП- базы данных пробных площадей
ГИС- географическая информационная система
ГИС ОГВ- ГИС органов государственной области
ГУЛФ- государственный учет лесного фонда
ДДЗ- данные дистанционного зондирования
Зис- земельная информационная система
ИСЛР - информационная система лесного хозяйства России
ИТР- инженерно-технический работник
ИМ- иерархическая модель
ИС- искусственный спутник Земли
ЛУП- лесоустроительное предприятие
ЛУЭ- лесоустроительная экспедиция
ЛИС- локальная информационная система
ЛВС- локальная вычислительная сеть
МДОЛ- материально-денежная оценка лесосек
НАСА - Национальная космическая ассоциация США
НПО - научно-производственное объединение
НС - наземная съемка
НТ - нормативные требования
ОС - операционная система
ОФАП - отраслевой фонд алгоритмов программ
ПК (РС) - персональный компьютер
ПО - программное обеспечение
ПБД - повывдельный банк данных
ППП – пакет прикладных программ
ПМО – программное, математическое обеспечение
САПР – система автоматизированного проектирования
СКИ – система картографической информации

СОЛИ – система обработки лесоустроительной информации
СУБД – система управления базами данных
ТЗ - техническое задание
СВТ - средства вычислительной техники
ЦКИ - цифровая картографическая информация
ЦМК - цифровая модель карты
ЦММ - цифровая модель местности
ЦМО - цифровая модель объекта
ЭК- электронная карта
ЭС - экспертная система
ADS - Arc Digitizing System - система цифрования
AOI - Area of Interest - область векторизации
CAD- Computer Aided Desing - аналог САПР
CASE - Computer Aided System Engineering - технология
"автоматизированного построения информационной системы"
COM - Component Object Model - компонентная модель объекта
DOS - дисковая операционная система
DEC - Digital Equipment Corporation - фирма, производящая,
вычислительную технику
DCW - Digital Chart of the World - цифровая карта мира (суши) в формате
ArcInfo
ER - Entity Relationship (model) - модель "сущность-связь"
ESRI - Институт исследования систем окружающей Среды (США)
FDD - Floppy Driver Disk - гибкий диск
GPS - Global Position System - глобальная система позиционирования -
(местоопределения)
HDD - Hard Driver Disk - жесткий диск
HP - Hewlett Packard-фирма, занимающаяся производством
вычислительных средств, в первую очередь периферийных
ID - Identifier Descriptor - идентификатор базы данных
IRIS -Information Retrieval Intellectual System - интеллектуальная
система информационного поиска
MOI - Material Of Interest - влияние факторов объектов, материалов,
Свойств
OGIS - Open Geodata Interoperability Specification - открытая для
взаимообмена геоданными спецификация
OLE - Objekt Linking and Embedding - 1. Связывание и внедрение
объектов. 2. Способ связи разных приложений Windows
RIS - Relational Interface System - реляционный интерфейс системы

Черных Валерий Леонидович

Сысуев Владислав Васильевич

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Учебное пособие

Редакторы Л.С. Журавлева, М.И. Шигаева
ЛР № 020302 от 18.02.97, ПОД №2018 от Об. 10.99

Подписано к печати 30.06.2000. Формат 60x84/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 22,1. Уч.-изд. л. 17,2. Тираж 1000 экз.
Заказ №2024.С-108.

Марийский государственный технический университет
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
Отдел оперативной полиграфии Марийский государственного
технического университета
424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17