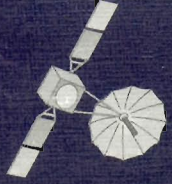


Global Environment Facility

UNDP
Россия

О.В. Рыжков

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К СЕМИНАРУ «ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ»

СОХРАНЕНИЕ
БИОРАЗНООБРАЗИЯ
КАМЧАТКИ

ПРОЕКТ ПРООН / ГЭФ
«ДЕМОНСТРАЦИЯ УСТОЙЧИВОГО СОХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ НА ПРИМЕРЕ ЧЕТЫРЕХ ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАМЧАТСКОЙ ОБЛАСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ВТОРАЯ ФАЗА»

О.В. Рыжков

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К СЕМИНАРУ «ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ»

(16-21 апреля 2007 г., г. Елизово)

ЕЛИЗОВО - 2007

ББК 20.1
М 54

Методическое пособие к семинару «Геоинформационные системы и особо охраняемые природные территории» (16-21 апреля 2007 г., г. Елизово). – Тула: Гриф и К, 2007. – 240 с.

При подготовке данного издания использована методическая глава опубликованной в 2006 г. монографии «Использование GPS- и ГИС-технологий для изучения особо охраняемых природных территорий (на примере ландшафтной структуры Воронежского государственного природного биосферного заповедника)». Раздел по GPS был в значительной степени переработан и дополнен, раздел по ГИС написан заново. Кроме того, в пособие добавлены практические упражнения с конкретными примерами по ООПТ и иллюстрациями, а также разработан специальный видеокурс (файлы для упражнений размещены на прилагаемом компакт-диске). В качестве примеров использованы материалы по Кроноцкому государственному природному биосферному заповеднику, полученные в ходе реализации первой фазы проекта Благотворительным фондом «Центр охраны дикой природы» и предоставленные Проектом ПРООН/ГЭФ.

Представлены методические аспекты применения GPS и ГИС для изучения особо охраняемых природных территорий. Рассмотрены типы, назначение, особенности спутниковых навигаторов и их взаимодействие с персональными компьютерами. Приведены способы создания и применения пользовательских GPS-карт. Дана характеристика геоинформационных систем, показаны направления их практического использования в заповедниках, национальных и природных парках. Подробно проанализирован процесс создания цифровой картографической основы ГИС. Рассмотрена техника построения цифровых моделей рельефа и пространственных моделей местности. Показаны возможности трехмерной визуализации данных в ГИС.

Пособие подготовлено на основе современного программного обеспечения в области GPS и ГИС. Особое внимание уделено одной из самых распространенных в России географических информационных систем MapInfo Professional.

Для специалистов по охране природы, работников ООПТ, географов, биологов разного профиля, картографов.

Табл. 1. Ил. 212. Библиогр. 23 назв.

Оригинал-макет автора.

Издание осуществлено при финансовой поддержке Проекта ПРООН/ГЭФ «Демонстрация устойчивого сохранения биологического разнообразия на примере четырех охраняемых природных территорий Камчатской области Российской Федерации, вторая фаза».

Пособие рекомендовано к печати Научно-техническим советом Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника (протокол № 5, 2007 г., подтвержденный письмом заповедника № 01-02/356 от 06.08.2007 г.).

ISBN 978-5-8125-0999-6

© - О.В. Рыжков, 2007
© - ПРООН, 2007

Программа развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) является глобальной сетью ООН в области развития

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 4

Список условных обозначений и сокращений 7

1. Обзор систем спутниковой навигации 8
2. Персональные спутниковые навигаторы 10
   2.1. Типы, назначение, особенности использования приборов навигации 10
   2.2. Точность портативных GPS-приемников 22
3. Обмен данными между спутниковыми навигаторами и персональными компьютерами 43
4. Географические информационные системы 58
   4.1. Структура и характеристика ГИС 58
   4.2. ГИС MapInfo Professional 62
5. Создание цифровой картографической основы ГИС 70
   5.1. Размещение GPS-данных на картах ГИС 70
      5.1.1. Отображение точечных объектов по значениям координат 70
      5.1.2. Геокодирование информации. Использование внешних баз данных 74
   5.2. Использование растровых изображений в ГИС 83
      5.2.1. Калибровка растров 84
      5.2.2. Регистрация растров в ГИС 96
      5.2.3. Настройка растров и управление ими в среде ГИС 100
   5.3. Оцифровка бумажных карт 104
      5.3.1. Полуавтоматическая векторизация растров 105
      5.3.2. Оцифровка растровых изображений по экрану в среде ГИС. Создание векторных объектов 125
   5.4. Импорт векторной графики в ГИС 145
6. Работа с сетями и трехмерная визуализация в ГИС 156
   6.1. Построение цифровых моделей рельефа 158
   6.2. Создание 3D-карт 182
7. Использование в GPS-приемниках карт ГИС 195
8. Съемка природных объектов в реальном времени (GPS+ГИС) 211
9. Внедрение карт ГИС в другие приложения 220
10. Практическое применение GPS- и ГИС-технологий на ООПТ 228

Список литературы 230

Заключение 233

Предисловие

С каждым годом все активнее внедряются в практику современные научные методы исследований, основанные на новейших достижениях инженерных и компьютерных технологий. Появление систем спутниковой навигации и позиционирования (GPS) открыло новую эпоху в изучении природных экосистем Земли и их пространственно-временной динамики. Накопленные массивы данных наземного позиционирования находят широкое применение для построения геоинформационных систем (ГИС) разного уровня.

Актуальным в эпоху глобальных антропогенных воздействий на природные экосистемы планеты является сохранение и изучение эталонных, мало нарушенных участков суши и акватории, представленных на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), особенно тех из них, которые имеют биосферный статус. Для этой цели идеальным образом подходит методологический аппарат и инструментарий ГИС и систем спутникового позиционирования.

Особо охраняемые природные территории, навечно изъятые из хозяйственного использования, являются уникальными объектами для проведения долговременных стационарных научных исследований, а также ежегодного (периодического) мониторинга природных явлений и процессов. В этом плане территории заповедников выступают своеобразным эталоном для оценки разнообразных форм антропогенного преобразования природы.

Во многих заповедниках России накоплены ценные научные архивы данных, содержащие информацию о многолетней динамике биотических и абиотических компонентов природных комплексов (климата, почв, фито- и зооценозов и пр.). Как правило, такие базы данных состоят из неупорядоченных или упорядоченных определенным образом символьно-числовых массивов и картографических материалов, хранящихся на бумажной основе, что препятствует их оперативному использованию, затрудняет аналитическую обработку и не исключает возможность утраты (Рыжков, 2000). Сейчас

чрезвычайно актуальной является проблема доступа к этой информации не только отечественного, но и мирового научного сообщества. Для этого надо решить, как минимум, такие вопросы, как обеспечение надежного хранения данных, возможность быстрого получения и точного анализа необходимой информации, что позволяют реализовать современные геоинформационные системы, интегрирующие в единое целое цифровые массивы данных и пространственные характеристики объектов.

Таким образом, с развитием компьютерных технологий появилась возможность создания для конкретных ООПТ геоинформационных систем, основанных на соединении электронных баз данных с географической информацией, использование которых позволит перейти на качественно иной уровень анализа и обработки материалов и увеличить их практическую востребованность.

Как известно, геоинформационные системы включают сведения о совокупности пространственных объектов, имеющих географическую привязку к земной поверхности. Важнейшим источником наполнения ГИС подобной информацией служат данные, полученные с помощью специальных приборов для фиксации координат на местности - GPS-навигаторов. GPS оказывается наиболее эффективным, точным и дешевым средством создания основы геоинформационных систем. Любой из широко распространенных методов GPS-съемки можно использовать для своевременного создания и обслуживания данных в географически привязанной базе данных, такой как ГИС. Доступность персональных спутниковых навигаторов в настоящее время способствует развитию специфических картографических исследований.

Пособие состоит из предисловия, десяти разделов, заключения и списка литературы. В основной части книги охарактеризованы методические аспекты применения GPS и ГИС для изучения особо охраняемых природных территорий. Представлен обзор систем и приборов спутниковой навигации, рассмотрены особенности обмена данными между GPS-приемниками и персональными компьютерами. Приведены способы создания и применения пользовательских GPS-карт. Подробно проанализирован процесс формирования цифровой картографической основы ГИС, включая различные способы калибровки и оцифровки растровых изображений, а

ния и импорта векторной графики в ГИС (при этом особое внимание уделялось передаче сглаженных полилиний и полигонов). Дана характеристика геоинформационных систем, а также различных аспектов использования GPS- и ГИС-технологий на ООПТ. Рассмотрена техника построения цифровых моделей рельефа и пространственных моделей местности. Показаны возможности трехмерной визуализации данных в ГИС.

Настоящее пособие содержит практический курс упражнений, предназначенный для обучения сотрудников ООПТ методам применения геоинформационных систем для решения самых разнообразных задач (управление и охрана территории, проведение научных исследований и пр.) и включающий обзор основных операций от сбора данных в полевых условиях до построения законченных ГИС.

Для практического курса семинара подготовлен комплект файлов, организованных в систему вложенных директорий. Все файлы, необходимые для выполнения упражнений, размещены в директории СЕМИНАР на прилагаемом компакт-диске, в которой созданы три поддиректории: ИСХ_ДАН, РЕЗ и КОНТР_РЕЗ. В каждой из них находятся по двенадцать папок, имена которых соответствуют номерам упражнений (01, 02 ... 12). В папке ИСХ_ДАН присутствуют исходные файлы, в папке РЕЗ сохраняются результаты выполнения упражнений, в папку КОНТР_РЕЗ помещены правильные контрольные результаты, к которым можно обратиться при необходимости. Кроме того, все практические упражнения сопровождаются видеофрагментами, также распределенными по двенадцати папкам в директории ВИДЕОКУРС.

В качестве примеров использованы материалы по Кроноцкому государственному природному биосферному заповеднику, полученные в ходе реализации первой фазы проекта Благотворительным фондом «Центр охраны дикой природы».

Автор выражает благодарность за техническую поддержку Центрально-Черноземному государственному природному биосферному заповеднику имени профессора В.В. Алехина, за предоставленное программное обеспечение Проекту ПРООН/ГЭФ «Демонстрация устойчивого сохранения биологического разнообразия на примере четырех охраняемых природных территорий Кам-

ООО «ЭСТИ МАП», ЗАО «РУССКАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ КОМПАНИЯ», ООО «ДАТА+», Службе управления ресурсами рыб и диких животных США.

Особая благодарность выражается Малешину Николаю Александровичу - руководителю Проекта ПРООН/ГЭФ «Демонстрация устойчивого сохранения биологического разнообразия на примере четырех охраняемых природных территорий Камчатской области Российской Федерации» за всемерное содействие в осуществлении издания данной книги и самой идеи ее подготовки, как обучающего пособия для работников ООПТ России.

При подготовке монографии использовано лицензионное программное обеспечение, бесплатные, а также пробные или демо-версии отдельных программных продуктов. В качестве базовой ГИС выбрана **MapInfo Professional 8.5**.

Список условных обозначений и сокращений

БД - база данных;
ГИС - геоинформационная система;
КПК - карманный персональный компьютер;
НП - национальный парк;
ООПТ - особо охраняемая природная территория;
ПММ - пространственная модель местности;
ПО - программное обеспечение;
ПК - персональный компьютер;
ЦМР - цифровая модель рельефа;
GPS - Global Positioning System.

1. Обзор систем спутниковой навигации

GPS (Global Positioning System) - глобальная система позиционирования (местоположения, местоопределения). Составляющими GPS являются искусственные спутники Земли, наземные станции слежения за ними и собственно фиксирующие приемники, определяющие текущие координаты местоположения по радиосигналам спутников. В процессе навигации могут фиксироваться неподвижные или отслеживаться подвижные (на поверхности Земли или в околоземном пространстве) объекты. До появления GPS позиционирование объектов осуществлялось методами наземной триангуляции и дешифрирования аэрофотоматериалов.

Проект спутниковой сети для определения координат в режиме реального времени в любой точке земного шара был разработан в США и назван **NAVSTAR** (Navigation System with Time and Ranging). Первый спутник системы был выведен на орбиту в феврале 1978 г.

GPS NAVSTAR состоит из трех основных сегментов: космического, управления и контроля и пользовательского. *Космический* сегмент представлен 24 спутниками, вращающимися по шести орбитам (по четыре на каждой) на высоте около 20200 км. Угол наклона орбиты спутников к экватору составляет 55°, период обращения - примерно 12 часов. Орбиты спутников расположены под углом 60° друг к другу так, чтобы с любой точки земной поверхности одновременно было видно 5-12 спутников (длина спутника - около 5 м, вес - от 885 кг (серия «GPS-II») до 2170 кг («GPS-IIF»)). Каждый их них оснащен высокоточными атомными часами, вычислительным устройством и передатчиком. Современные спутники серии «GPS-IIF» имеют вдвое больший срок эксплуатации - 15 лет, по сравнению с первыми моделями «GPS-II» (7.5 лет). Сейчас ведется работа над созданием спутников третьего поколения «GPS-III», срок эксплуатации которых будет увеличен до 18 лет, а точность местоопределения на их основе составит 1 м без организации дополнительных мер.

Сегмент контроля и управления включает главную контроль-

ную станцию, станции наблюдения и наземные антенны. Станции наблюдения осуществляют функции слежения за состоянием и движением спутников и передают полученную информацию на главную контрольную станцию для корректировки навигационной информации и орбит спутников. *Пользовательский сегмент* - это совокупность навигационных приборов пользователей.

Параллельно NAVSTAR действует российская система **ГЛОНАСС** (Глобальная Навигационная Спутниковая Система) или **GLONASS**. Ее спутники вращаются по трем орбитам (по 8 спутников на каждой) на высоте 19100 км под углом 45° к плоскости экватора с периодом обращения 11 ч. 15 мин. Первый спутник типа «GLONASS» был запущен в 1982 г. В декабре 2004 г. выведен на орбиту его модифицированный вариант «GLONASS-M». Оба типа спутников характеризуются одинаковым весом (1415 кг). Срок эксплуатации модели «GLONASS» - 3-4.5 года, «GLONASS-M» - 7.5 лет. Завершается разработка нового типа спутника «GLONASS-K», который будет иметь вдвое меньший вес (750 кг) и увеличенный срок эксплуатации (до 10-12 лет). В ГЛОНАСС используется система параметров Земли ПЗ 90, в NAVSTAR - всемирная геодезическая система WGS 84 (World Geodetic System).

В настоящее время в Европе разрабатывается собственная глобальная навигационная система **(GNSS) GALILEO**. Полная орбитальная группировка будет насчитывать 30 спутников на трех орбитах с наклонением 56°и высотой 23616 км от Земли. На каждой из них будут находиться 9 рабочих и 1 резервный спутник. Вес спутника - 700 кг, мощность 1600 Вт, размеры 2.7x1.1x1.2 м. В декабре 2005 г. первый спутник в системе GALILEO – «GIOVE-A», был запущен с космодрома Байконур ракетой Союз-Фрегат.

Космические спутники, на борту которых имеются ретрансляторы и точные атомные часы, покрывают своими сигналами всю поверхность Земли (кроме полюсов). Портативный навигационный прибор на основе полученной со спутников информации определяет расстояние до каждого из них, их взаимное расположение и вычисляет текущее местоположение по временным задержкам сигналов от разных спутников. Для определения координат (широты и долготы) GPS-приемнику достаточно уловить радиосигналы, как минимум, с трех орбитальных спутников одновременно, а для определения высоты над уровнем моря - с четырех.

2. Персональные спутниковые навигаторы

2.1. Типы, назначение и особенности использования приборов навигации

Прежде чем приступить к обзору навигационных приборов, сделаем одно замечание относительно используемой терминологии. По некоторым сведениям, термины «GPS-приемники» и «GPS-навигаторы» не являются синонимами. В соответствии с этой трактовкой, GPS-приемники, в отличие от GPS-навигаторов, являются «приставками», не способными работать самостоятельно (только при соединении с ПК или КПК). В более широком толковании, которого мы будем придерживаться, указанные термины обозначают идентичные устройства. Чаще всего навигационные приборы являются автономными (носимыми или стационарными), однако существуют и разновидности в виде плат расширения к ПК, карт Compact Flash и пр.

Первые GPS-приемники были мультиплексными. Это одноканальные приборы, предназначенные для единовременного приема сигналов только от одного спутника. Как следствие, они характеризовались устойчивой работой только на открытой местности. В настоящее время мультиплексные приемники не выпускаются и практически не используются. Им на смену пришли современные параллельные приемники, имеющие многоканальную архитектуру и способные к одновременному приему сигналов от нескольких спутников. Такие приборы обычно могут взаимодействовать с 12 спутниками, более точно определяют координаты и надежнее работают при наличии различного рода помех для прохождения сигналов (в городской черте, на горных и лесных территориях и пр.).

Одни модели приемников снабжены встроенными в корпус плоскими патч-антеннами, другие имеют также внешние антенны типа «четырехзаходной спирали», вынесенные из корпуса прибора. Первые лучше принимают сигналы спутников, расположенных вверху, вторые - спутников, расположенных около горизонта.

Питание большинства портативных GPS-приемников осуществляется от батарей или перезаряжаемых аккумуляторов типа АА. Обычно присутствует также возможность подключения внешнего источника питания, например автомобильного «прикуривателя», для чего используются специальные кабели (рис. 1, позиция 4). При переходе на внешнее питание внутреннее временно блокируется. Батарейки (или аккумуляторы), а также источники внешнего питания необходимы для запуска навигатора и поддержания его в работоспособном состоянии. Кроме этого, в каждом приборе имеются долговечные литиевые аккумуляторы, обеспечивающие поддержку энергонезависимой памяти для хранения данных съемки.

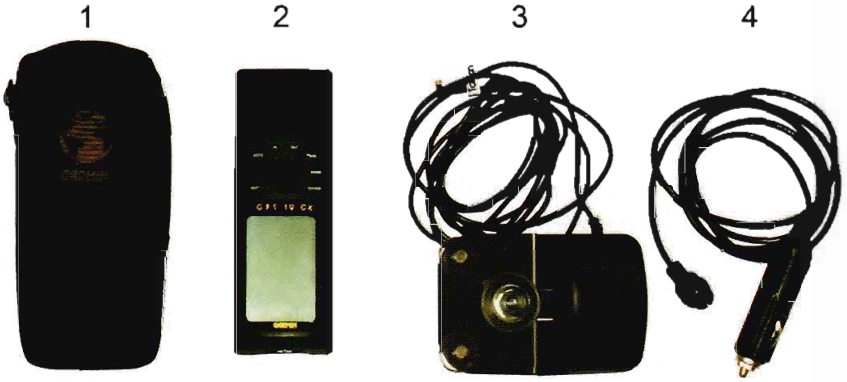


Рис. 1. Персональный спутниковый навигатор GARMIN GPS 12CX с аксессуарами: 1 - чехол; 2 - прибор; 3 - внешняя антенна; 4 - кабель для подключения к бортовому питанию автомобиля.

В памяти обычных персональных навигаторов можно сохранять три типа объектов - путевые точки, треки и маршруты. Кроме того, в современные модели GPS-приемников можно загружать пользовательские карты.

Все спутниковые приборы позволяют контролировать пройденное расстояние, а также время и скорость передвижения.

Большинство портативных приемников среднего ценового диапазона отображают информацию на ЖК-дисплее (обычно 4 градации серого цвета). Отдельные модели имеют цветные ЖК-экраны (например, в GPS 12CX реализована поддержка 4-х цветов), кото-

рые более удобны для просмотра графической информации, однако при этом уменьшается срок службы батарей.

Как правило, в персональных спутниковых навигаторах присутствует встроенная базовая карта мира, на которой отображены только крупные города, дороги и водоемы. На основе такой карты довольно трудно отслеживать перемещение по местности, поэтому в настоящее время на практике широко применяются GPS-приемники с возможностью загрузки с персональных компьютеров детальных векторных карт отдельных регионов, областей и пр. Существуют карты, специально разработанные для использования в персональных навигаторах GARMIN (MapSource). Загрузка осуществляется через стандартные порты (COM, USB) с использованием кабелей или на основе новейших беспроводных технологий (в 2004-2005 гг. появились первые приемники с передачей данных по Bluetooth). Некоторые навигаторы позволяют использовать специальные картриджи (флэш-карты) с более детальными картами районов. Коммутационные аксессуары для загрузки карт служат также для двунаправленной передачи информации из энергонезависимой памяти приемников в ноутбук, ПК или КПК, что будет детально рассмотрено в разделе 3.

Помимо GPS-навигаторов с интерфейсом COM, USB, Compact Flash или Bluetooth существуют приемники с интерфейсом SDIO (например, GlobalSat SD-501), которые используются пока только с КПК. Они состоят из неподвижной и подвижной частей (в последнюю вмонтирована GPS-антенна). Для функционирования таких устройств требуется установка драйвера, обеспечивающего появление в системе «стандартного» виртуального COM порта.

Рис. 2. GPS-приемник ETREX VISTA.

Наиболее распространенным GPS-прибором с возможностью загрузки карт является ETREX VISTA, разработанный компанией GARMIN (рис. 2). Данный прибор имеет магнитный компас, барометрический высотомер и 24 Мб памяти. Наличие магнитного компаса позволяет определять положение пользователя относительно сторон света даже при отсутствии сигналов со спутников, что является достоинст-

вом данного приемника. В других моделях для активации компаса пользователю необходимо начать движение, и только после этого на дисплее отобразится соответствующая навигационная информация. Полезен также встроенный барометрический высотомер, позволяющий более точно определять высоту над уровнем моря, значение которой наряду с широтой и долготой каждой путевой точки сохраняется в памяти навигатора ETREX VISTA, а также переносится вместе с прочей атрибутивной информацией на персональный компьютер, в отличие от GPS CX12. В последнем и подобном ему приемниках высотные отметки текущего положения определяются расчетным путем, отображаются на дисплее, но не сохраняются в энергонезависимой памяти прибора при его выключении. При этом погрешность определения высоты в них значительно выше (от 10 м и более), в то время как в ETREX VISTA она составляет при правильной калибровке барометрического высотомера в среднем 3-5 м, к тому же он функционирует независимо от приема сигналов спутников.

Новые портативные GPS-приемники «четвертого поколения» (ETREX (LEGEND) VISTA COLOR, GPSMAP 76C(S, Sx), GPSMAP 60C(S, Sx), GPSMAP 276C и др.) имеют большой объем памяти (до 256 Мб), полноценные цветные TFT-дисплеи с поддержкой 256 и более цветов, скоростной протокол передачи данных через USB-порт и другие возможности (например, в приборе GPSMAP 76CSx использована новая технология энергосбережения, увеличивающая время непрерывной работы; питание может осуществляться через USB-кабель и пр.).

Для работы в условиях неустойчивого приема сигналов от спутников (например, в лесу с густым подлеском) большую роль играет возможность использования внешней антенны. Как свидетельствует наш практический опыт, при поднятии над поверхностью почвы такой антенны, подключенной к прибору GARMIN 12CX, даже на высоту около 3-4 м значительно увеличивается точность определения координат под пологом леса. В данном случае определяющее значение имеет длина антенного кабеля. Внешними антеннами с достаточно длинными высокочастотными кабелями (до 5 м) комплектуются современные GPS-приемники, выполненные в виде карт Compact Flash. Поэтому при наличии различного рода помех для прохождения сигналов спутников зачастую эффективнее использовать ноутбук, оборудованный GPS-модулем, хотя в данном случае сокращает-

ся время автономной работы. Другой вариант заключается в использовании беспроводного приемника, который может быть удален от переносного компьютера или КПК на 10 м.

В последнее время спутниковые приборы, оснащенные интерфейсом Bluetooth, получают все большее распространение. Наряду с GARMIN, подобные устройства выпускают такие компании как HAICOM, HOLUX, GLOBALSET, EMTAC, ROYALTEK. Как правило, самые передовые изделия основаны на чипсете фирмы SiRF (последняя разработка имеет маркировку SiRF Star III) и способны одновременно обрабатывать сигналы 20 спутников. Чрезвычайно высокая чувствительность позволяет им выделять на фоне шума очень слабые, в том числе и отраженные, сигналы спутников, что позволяет пользоваться этими приемниками даже в помещениях.

Именно на чипсете SiRF Star III базируется новая модель GARMIN GPSMAP 76CSx (рис. 3). Данный прибор обладает уверенным приемом сигналов в самых сложных условиях, причем одинаково успешно как с внешней антенной, так и без нее. Он способен плавать на поверхности воды, не теряя при этом работоспособности.

Наличие у приемника GPSMAP 76CSx порта Mini-USB обеспечивает быстрый обмен данными с ПК. Через порт RS-232 можно осуществлять навигацию в реальном времени или подключить дополнительные устройства, например эхолот. Модель комплектуется картой памяти microSD (128 Mb, с возможностью расширения), что позволяет хранить большой объем картографической информации. Прибор может использоваться также как обычный флэш-накопитель для записи на карту памяти любых файлов.

Электронный компас работает автономно (независимо от того активен режим GPS или нет) и обеспечивает точные показания азимута. Барометрический альтиметр измеряет давление и автоматически регистрирует его изменения за 48 часов. Компьютер высоты позволяет просматривать такие данные как текущая, минимальная и максимальная высоты; текущая, средняя и максимальная скорости подъема/спуска, общий подъем и спуск.

Рис. 3. Приемник GPSMAP 76CSx.

В память приемника можно записать до 1000 путевых точек и 50 маршрутов (по 250 точек в каждом). Емкость путевого журнала - 10000 точек. Время автономной работы прибора GPSMAP 76CSx составляет 30 часов при питании всего от двух аккумуляторов или батареек АА.

В настоящее время в России и других странах ведется работа над созданием комбинированных приборов, способных взаимодействовать с несколькими навигационными системами. Первые модели уже поступили в продажу. По материалам ГИС-ассоциации (*www.gisa.ru*), в Российском институте радионавигации и времени (г. Санкт-Петербург) разрабатывается ручной навигационный прибор, позволяющий принимать сигналы одновременно от спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS, а в будущем и GALILEO. Прибор, который будет иметь 18 каналов и длительное время автономной работы, планируется запустить в серийное производство в конце 2007 г.

Высокоточные приборы с дифференциальной коррекцией

Значительно точнее могут определять координаты приборы, в которых реализован метод их дифференциальной коррекции (DGPS - Differential GPS). Она может осуществляться в реальном режиме времени (RTK) или в процессе постобработки полевых данных.

Технология, используемая при проведении геодезических работ (сантиметровый уровень точности), как правило, предусматривает наличие для корректировки сигналов спутников второго «базового» GPS-приемника, который устанавливается в точке с точно известными координатами, формирует корректирующие сигналы и передает их в эфир (посредством радиомодема, работающего на фиксированной частоте или GPS-GSM-модема, использующего базовые станции сотовой телефонной сети и протокол GPRS). Мобильный прибор вместе с сигналами спутников принимает эти поправки. Данные, полученные базовым приемником, используются для коррекции информации, собранной передвижным аппаратом. Современные мобильные DGPS-приемники способны принимать и обрабатывать поправки как в реальном режиме времени, так и при последующей компьютерной обработке. Как правило, базовой станцией является наземный профессиональный двухчастотный приемник одной из геодезических или навигационных компаний,

например, TRIMBLE Total Station 5700 (рис. 4). Можно временно создать собственную референцную станцию, установив в точке с известными координатами комплект DGPS-оборудования. Важнейшим преимуществом использования DGPS-приемников геодезического класса, которые относятся к разновидности фазовых, является исключительная точность съемки, обеспечиваемая внедрением новейших технологий, которые постоянно усовершенствуются. Недостатком наземной сети базовых станций постоянного действия является наличие ограничения в удаленности мобильного прибора от базового (на расстояниях 500-2000 км и более точность DGPS-местоопределения становится практически сравнимой с точностью автономного определения местоположения (Жалило, Шелковенков, Шокало, 2005)), поэтому для выполнения сверхточных измерений формируют локальные референцные станции.

Trimble 5700 Pathfinder ProXT GeoCE XT Pathfinder Pro XRS

Рис. 4. Современные DGPS-приемники компании TRIMBLE (фото из каталога оборудования «Навгеоком»: *http://www.navgeocom.ru*).

Приемники, предназначенные для картографии и ГИС, как правило, имеют метровый уровень точности определения координат и могут принимать дифференциальные поправки как от радиомаяков, так и спутников. Они относятся к разновидности кодовых и одночастотных, в отличие от геодезических приборов, которые являются фазовыми и двухчастотными. Такие приборы могут работать относительно собственной базовой станции, но обычно используется сеть существующих станций постоянного действия, а также спутниковые системы дифференциального сервиса. Самой извест-

ной из них является система компании OmniSTAR (*http://www.omnistar.com*), в которой корректирующая информация отправляется с нескольких геостационарных спутников. Эта компания является мировым лидером в области предоставления услуг высокоточного DGPS-сервиса с передачей поправок по спутниковым каналам связи для всего земного шара. Он подразделяется на две категории: 1) *HP сервис* - сантиметровая точность обеспечивается на территории Западной и Восточной Европы, посредством передачи RTK-поправок, определенных на основе сети базовых станций с установленными на них 2-х частотными приемниками типа Trimble MS 7500; 2) *VBS сервис* - дециметровая точность обеспечивается на территории Европы, Америки, Африки, Австралии и др. на основе сети базовых станций с передачей дифференциальных поправок в формате RTCM SC-104 при использовании кодовых GPS приемников, в том числе предназначенных для картографии и ГИС. Точность определения координат с использованием VBS сервиса составляет 50 см ... 2 м (95%) при удалении от сети наземных дифференциальных станций до 1000 км (информация о компании OmniSTAR приведена по материалам сайта *http://www.navgeocom.ru*). Кроме OmniSTAR, спутниковый DGPS-сервис предоставляет компания Racal (*http://www.racal-landstar.com*).

Таким образом, DGPS-приборы способны принимать корректирующие поправки, передача которых от базовой станции к потребителям может осуществляться с помощью телефонной, спутниковой или радиосвязи, а также с применением технологии передачи цифровых данных. В качестве источников дифференциального сервиса в реальном времени могут выступать морские MSK-маяки, геостационарные спутники, локальные базовые станции, установленные в районе работ, или системы широкозонной навигации (WAAS).

Последние исследования показали преимущество организации мультиреференцного режима дифференциальной коррекции GPS-сигналов при использовании трех-пяти или более базовых станций, что позволяет обеспечить точность 10 ... 25 см для плановых координат и 25 ... 55 см по вертикали (Жалило, Шелковенков, Шокало, 2005).

Наиболее широко известны в России GPS-приемники с дифференциальной коррекцией сигналов американской компании TRIMBLE серии Pathfinder Pro, предназначенные для картографии и

ГИС. Модель навигатора GPS Pathfinder Pro XR (рис. 5) была использована в качестве базовой при обучении специалистов заповедников и национальных парков России на 2-ом Российско-Американском семинаре по использованию геоинформационных технологий на ООПТ.

Рис. 5. Приборы GPS Pathfinder Pro XR с дифференциальной коррекцией (фото участников семинара, пояснения в тексте).

Приемник GPS Pathfinder Pro XR учитывает дифференциальные поправки от радиомаяков в международном стандарте MSK, а в новой модели с аббревиатурой XRS имеется возможность выбора источника дифференциальной коррекции (радиомаяк или геостационарный спутник). Выполнение такой коррекции в реальном времени позволяет сразу же получить откорректированные высокоточные координаты объектов без последующей камеральной обработки, что является еще одним существенным преимуществом данного класса приборов. Внесение поправок в координаты может осуществляться при постобработке с помощью специального модуля, входящего в комплект ПО **Pathfinder Office**, который выполняет автоматический поиск и загрузку файлов данных базовой станции из базы данных в сети Интернет.

Приемники с дифференциальной коррекцией отличаются от обычных персональных GPS-навигаторов не только точностью (до 20-30 см при наличии антенны Zephyr и постобработки фазовых данных[1]), но и устройством: в комплект, помимо собственно GPS-приемника, входит накопитель информации или контроллер

(подобие портативного компьютера) и программное обеспечение, что позволяет рассматривать их в качестве GPS-картографических систем.

Перед съемкой Pathfinder Pro XR/XRS создается и сохраняется в памяти прибора файл, в котором будет храниться необходимая информация. Кроме того, можно подготовить на компьютере с помощью специального программного обеспечения **Pathfinder Office**, а затем загрузить в устройство специфические формы для сбора данных в полевых условиях. Например, при проведении сплошных перечетов древостоев на лесных постоянных пробных площадях заповедников можно создать поля для ввода названия древесной породы, высоты ствола, его диаметра и прочей атрибутивной информации, наряду со съемкой географических координат каждого дерева. Такие формы удобны для заполнения непосредственно при проведении полевых работ. Одной из важнейших отличительных особенностей приборов Pathfinder Pro XR/XRS является возможность сохранения координат не только точечных и линейных объектов, как у обычных приемников, но и площадных. Эти навигаторы при выборе объекта типа полигон позволяют обойти выбранный участок местности и при возвращении в исходную точку автоматически замкнуть полигон. Данная функция представляется важной при проведении картографических исследований на ООПТ. Таким образом, при использовании приборов с дифференциальной коррекцией, по сути дела, сразу получаем базу данных, в которой каждая запись соответствует пространственно привязанному объекту (точечному, линейному или полигональному) и при переносе в ГИС фактически формируются готовые тематические слои. К тому же, приемники серии Pathfinder Pro XR/XRS адаптированы для работы в лесной среде и обладают хорошими характеристиками под кронами деревьев, которые традиционно создавали помехи при приеме сигналов от GPS-спутников, что немаловажно при съемке ситуации на лесопокрытой площади заповедников и национальных парков.

---

[1] Приемник Pathfinder Pro XRS позволяет выполнять съемку точечных, линейных или площадных объектов с точностью до 1 сантиметра + 5 мм на километр, используя технологию сбора данных фазы несущей при 45-ти минутных наблюдениях и дальности до 10 километров от базовой станции.

Среди последних моделей из этой серии отметим Trimble Pathfinder ProXT - интегрированный GPS приемник субметровой точности с поддержкой Bluetooth, который задает новые стандарты эффективности и производительности сбора ГИС-данных (характеристика приборов приведена по материалам сайта *http://www.navgeocom.ru*). Одним из достоинств прибора является применение в нем новой технологии подавления многолучевости EVEREST™, что позволяют выполнять точные измерения в сложных условиях, например под пологом леса. Trimble Pathfinder ProXT требует наличия контроллера или полевого компьютера для передачи данных.

Универсальным и полностью автономным устройством, в отличие от предыдущей модели, является модель GeoXT™ из серии GeoExplorer® CE, представляющая новую GPS-платформу для мобильных ГИС. Если необходим сбор или сопровождение данных существующей ГИС или требуется использовать информацию из конкретной ГИС непосредственно в поле, то приемник GeoXT™ наилучшим образом подходит для этих целей. GeoXT™ - это Windows CE-компьютер со встроенным GPS-приемником TRIMBLE. Эта связка предоставляет уникальные возможности по сбору данных и их визуализации, наполнению информацией существующей ГИС непосредственно в полевых условиях. Так же, как и Trimble Pathfinder ProXT, рассматриваемый прибор основан на технологии снижения многолучевости EVEREST™, что обеспечивает субметровую точность определения координат за счет их корректировки в реальном режиме времени перед записью.

В последнее время в России начал активно развиваться DGPS-сервис, в основном благодаря усилиям компании «НАВГЕОКОМ». Первая, постоянно действующая станция была установлена в 2001 г. в Москве, затем в период с 2002 по 2007 гг. были запущены в эксплуатацию еще 12 станций с доступом к данным через сеть Internet в городах Таганрог, Екатеринбург, Санкт-Петербург, Архангельск, Находка, Ставрополь, Краснодар, Тюмень, Ростов-на-Дону, Тула, Омск, Барнаул. С 2006 г. две из перечисленных постоянно действующих базовых станций GPS в г. Ростов-на-Дону и Краснодар поддерживают работу в режиме RTK с передачей поправок через GPRS (*http://www.navgeocom.ru/stn/index.htm*). Таким образом, сеть DGPS-станций постоянного действия в России имеет зна-

чительный географический размах и при наличии оборудования можно осуществлять высокоточную съемку природных объектов на территориях заповедников и национальных парков. К сожалению, GPS-приемники с дифференциальными поправками имеют высокую стоимость (6000-11000$).

Во многих GPS-навигаторах среднего ценового класса, выпускаемых, в частности, компанией GARMIN, встроена поддержка WAAS (Wide Area Augmentation System) - системы, также как и DGPS, передающей портативным приборам корректирующие сигналы. В отличие от DGPS, WAAS является бесплатной и не требует дополнительного оборудования. Однако реально система WAAS функционирует только на территории Северной Америки, где имеется сеть базовых станций.

В ближайшем будущем планируется модернизация системы глобального спутникового позиционирования, в частности будут добавлены второй и третий гражданские сигналы, что позволит значительно повысить точность определения координат даже теми приборами, которые не оснащены поддержкой дифференциальной коррекции.

Критерии выбора GPS-навигатора

На наш взгляд, GPS-приемник, способный наиболее эффективно использоваться при проведении научных исследований и выполнении других задач на особо охраняемых природных территориях, должен иметь возможность:

1) подключения внешней антенны;
2) длительного автономного питания и использования внешнего питания от бортовой сети автомобиля;
3) усреднения позиции;
4) записи максимального количества запоминаемых точек и треков (определяет автономный срок работы, важный в условиях отсутствия компьютера для передачи данных из навигатора);
5) загрузки карт;
6) использования внешних модулей памяти.

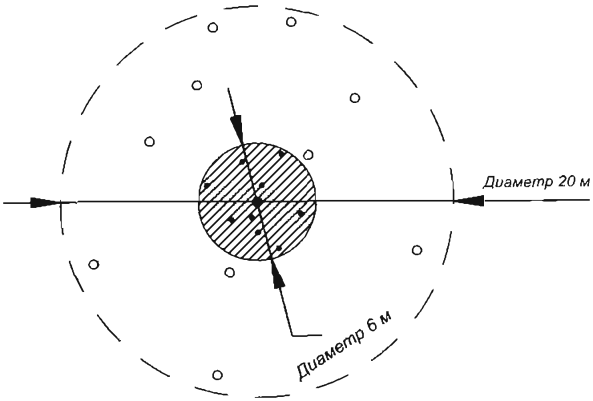
Кроме того, приемник должен быть укомплектован барометрическим высотомером и электронным компасом.

Перечисленным критериям соответствует прибор GARMIN GPSMAP 76CSx, который мы рекомендуем к практическому применению на ООПТ.

2.2. Точность портативных GPS-приемников

В этом подразделе речь пойдет о точности автономных портативных спутниковых навигаторов (о точности DGPS-приемников сообщалось ранее в их обзоре). В данном плане важно упомянуть о решении президента США об отмене с 1 мая 2000 г. режима, так называемого, селективного доступа (SA - selective availability) - погрешности, искусственно вносимой в спутниковые сигналы для неточной работы гражданских GPS-приемников. Именно поэтому ошибка определения координат современными приборами в настоящее время составляет менее 10 м (до 2000 г. - 30-100 м). Более того, ее можно существенно снизить при использовании функции усреднения текущей позиции (*Average*), которая, на наш взгляд, является одной из наиболее важных в персональных навигаторах.

Возможность усреднения координат позволяет уменьшить ошибку их определения в 2-3 раза. Функция *Average* реализована в таких моделях, как GPS 12CX, GPS III+, GPSMAP 76CSx и других. Рассмотрим принцип ее действия. Обычно стандартная ошибка определения местоположения персональными GPS-навигаторами составляет ±10 м. На ровной открытой местности (водораздел) при приеме сигналов от 7-10-ти спутников приемником GPS 12CX, как правило, ее величину с помощью функции *Average* удается уменьшить до 3.2-3.7 м, а при идеальном распределении спутников - до 2.9 м (это минимум показаний прибора, которого нам удалось достигнуть). Таким образом, зафиксированные навигатором координаты какой-либо точки на поверхности Земли могут отличаться от реальных на ±10 м, другими словами, определенная прибором точка может находиться в любом месте круга диаметром 20 м с центром в фактической точке (рис. 6). После активизации усреднения позиции (в GPS 12CX функция *Average* доступна при нажатии на кнопку *Mark* - см. рис. 7; в GPS III+ она имеет название *Average Position* и вызывается через контекстное меню второй страницы прибора, отображающей информацию о параметрах движения) GPS-приемник переходит в режим непрерывного вычисления средней величины на основе сигналов, полученных с разных спутников. При этом на дисплей в реальном времени выводится ошибка определения текущего местоположения



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

● - Фактическая точка определения координат

Теоретически возможные местоположения фактической точки по показаниям прибора:

○ - без использования функции *Average*

• - с использованием функции *Average*

Рис. 6. Повышение точности вычисления координат при использовании функции усреднения позиции.

Рис. 7. Страница Mark Position приемника GPS 12CX с пунктом выбора функции *Average*.

пользователя. В это время необходимо путем кругового движения с прибором зафиксировать его в позиции с наименьшей величиной ошибки, после чего следует записать координаты в память навигатора нажатием на кнопку *Save* (для модели 12CX). При этом область их возможного отклонения от реальных ограничивается кругом с диаметром около 6 метров[2] (на рис. 6 он выделен косой штриховкой). Функция *Average* эффективно применялась при съемке ситуации на территории памятников природы Курской области, в частности при картографировании распространения древесно-кустарниковой растительности.

В современных GPS-приемниках 76-й серии, являющихся развитием 12-й серии, усреднение позиции также возможно. Так, в

[2] Данная величина подтверждена эмпирическим путем при постановке эксперимента на Стрелецком участке Центрально-Черноземного заповедника (см. далее по тексту).

приборе GPSMAP 76CSx запуск этой функции осуществляется со страницы фиксации текущего местоположения, как и в GPS 12CX. По полю *«Приблизит. точность»* отслеживается величина ошибки, при достижении минимума которой выполняется сохранение путевой точки. Полезным является также поле вывода высоты над уровнем моря для усредненного местоположения. На странице присутствует счетчик измерений, который удобно использовать для записи координат путевых точек при фиксированной величине замеров (рис. 8).

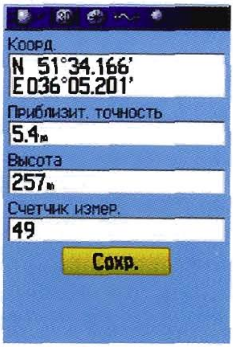


Рис. 8. Страница усреднения координат в GPSMAP 76CSx.

В приборе предусмотрена возможность последующего усреднения координат, т.е. в любой момент можно вернуться в нужную точку и уточнить ее местоположение. Постусреднение позиции вызывается кнопкой *MENU* приемника со страницы свойств конкретной путевой точки, найденной с помощью кнопки *FIND* (рис. 9).

Как известно, координаты одной и той же точки на поверхности Земли, зафиксированные GPS-приемником в разное время, не будут абсолютно одинаковыми, т.к. непрерывно изменяются факторы среды, влияющие на точность их определения (взаимное расположение спутников, состояние атмосферы, различные помехи для прохождения сигналов и пр.).

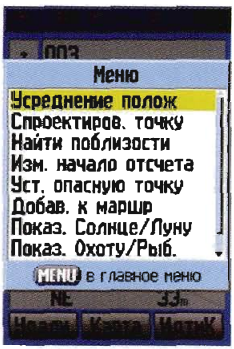


Рис. 9. Усреднение позиции существующей точки.

Оценить точность GPS-измерений в данной точке в данное время, в том числе и определения текущей позиции с помощью функции *Average*, можно через вычисление радиуса окружности возможной ошибки или показатель CEP (Circular Error of Probability). Существует специальный скрипт *cepcalc.ave* для расчета данного показателя в среде **ArcView GIS 3.3**, разработанный Timothy N. Loesch (Minnesota Department of Natural Resources) и доступный на сайте *http://www.gis-lab.info*. Более удобная возможность вычисления показателя

CEP реализована в программе **DNRGarmin** в качестве модуля расширения в указанной геоинформационной системе (Использование GPS- и ГИС..., 2006). CEP рассчитывается на основе базовой точки, координаты которой вводятся вручную в единицах предварительно выбранной картографической проекции или на основе автоматически вычисленной средней геометрической точки между всеми измерениями, после чего вычерчивается серия окружностей (четыре), каждая из которых ограничивает набор измерений, соответствующих различным уровням возможной ошибки (50, 90, 95, 98%).

Для оценки точности определения координат без использования и с использованием функции *Average* прибором GPS 12CX был поставлен эксперимент по методике, представленной на сайте *http://www.gis-lab.info*.

Место - Курская область, Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник им. проф. В.В. Алехина. Стрелецкий участок.

Точка - открытое пространство на водоразделе (Стрелецкая степь, кв. 19), высота н.ур.м. 256.8 м.

Дата - 18.09.2005.

Начало - 11:48:00.

Окончание - 12:30:42.

Погодные условия - пасмурно, умеренный северный ветер.

Перед началом эксперимента при помощи функции *Average* (по величине минимальной устойчивой ошибки ±3.5 м при варьировании от 3.2 до 3.7 м) была выбрана наилучшая ориентация прибора, которым оказалось направление на север. Затем GPS-навигатор был закреплен в неподвижном горизонтальном положении на высоте 1.5 м над уровнем почвы и в его памяти были сохранены координаты базовой точки при указанном выше значении ошибки.

Для получения серии измерений координат базовой точки прибор был переведен в режим периодической регистрации точек трека с интервалом 2 сек. Продолжительность опыта составила 42 мин. 42 сек. За это время в память навигатора было занесено 1023 измерения позиции базовой точки. В течение эксперимента приемник постоянно принимал устойчивые сигналы от 7-9-ти спутников.

В дальнейшем при помощи модуля расширения **DNRGarmin** полученный трек был преобразован в точечный шейп-файл и загружен

в **ArcView GIS 3.3**. Расчет радиуса окружности возможной ошибки выполнялся через команду меню *Calculate CEP*. Использовался автоматический метод поиска средней геометрической точки, которая явилась центром построения окружностей ошибки (рис. 10).

Результаты вычисления CEP: 50% = 1.54570 м, 90% = 2.57830 м, 95% = 3.42311 м, 98% = 4.48511 м. Эксперимент показал, что 50% точек находятся на расстоянии 1.5 м и 95% точек на расстоянии 3.4 м от среднего геометрического значения. Рисунок 10 демонстрирует также разброс ошибки. Расстояние между средней геометрической точкой и точкой, определенной через *Average*, составило 0.66 м, причем в последней точке сосредоточено максимальное количество измерений - 128 или 12.5% от их общего количества.

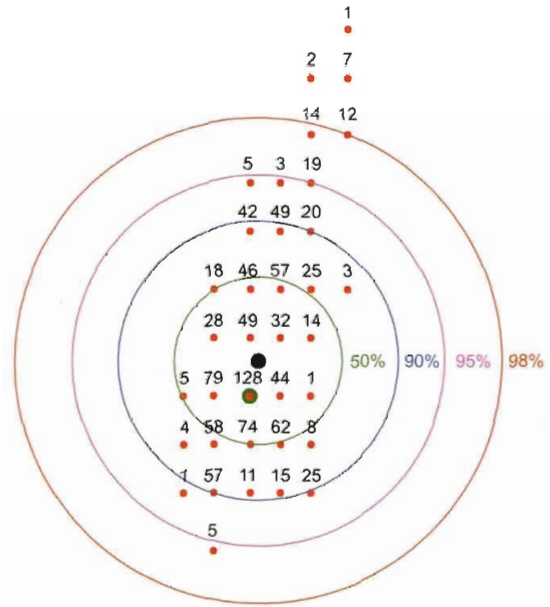


Рис. 10. Графическое представление результатов эксперимента по оценке точности определения координат приемником GPS 12CX (окружности, окрашенные разными цветами - вычисленные значения CEP; черная точка в центре - средняя геометрическая; красные точки и цифры возле них - расположение и количество измерений, зафиксированных прибором; зеленая точка - местоположение, установленное с помощью функции *Average*).

Таким образом, показанная приемником точность порядка ±3.5 м при усреднении позиции соответствует 95%-уровню CEP, и только 5% всех измерений имеют ошибку, превышающую указанную величину. В 90% случаев ошибка составила не более 2.6 м. Следовательно, наиболее вероятной следует считать погрешность около 2-2.5 м. Однако, учитывая то обстоятельство, что в эксперименте использовалась одна серия замеров, выполненных в течение непродолжительного времени, мы рекомендуем использовать на практике величину ошибки, показываемую прибором при усреднении позиции в реальном режиме времени, тем более, что координаты точек, полученных с помощью функции *Average*, практически совпадают с координатами средней геометрической точки - точки наиболее вероятного совпадения с искомой.

15 января 2007 г. по этой методике в той же точке Стрелецкой степи был проведен эксперимент по оценке точности определения координат разными приборами GARMIN: ETREX VISTA, GPS 12CX и GPSMAP 76CSx. Условия эксперимента были близкими к 2005 г. Результат распределения точек треков, а также размещение средних геометрических представлены на рисунке 11.

Отметим, что все три GPS-навигатора показали достойные результаты. Расстояние между средними трех выборок составило: ETREX VISTA / GPS 12CX - 1.35 м; ETREX VISTA / GPSMAP 76CSx - 1.85 м; GPS 12CX / GPSMAP 76CSx - 0.72 м. Ниже приведены значения CEP (м) по процентам распределения:

Рис. 11. Распределение точек треков с изображением средних позиций, зафиксированных разными приборами GARMIN.

	50%	90%	95%	98%
ETREX VISTA	0.84	3.16	3.30	3.30
GPS 12CX	1.35	2.92	3.21	3.51
GPSMAP 76CSx	1.84	3.05	3.33	3.73

Таким образом, средняя ошибка определения местоположения всеми приборами составила около 3.0-3.5 м. Однако здесь следует иметь в виду то обстоятельство, что записи треков осуществлялись без усреднения координат. При включенной функции *Average* проявляется заметное превосходство новой модели GPSMAP 76CSx над остальными, которое выражается в следующем.

Дело в том, что тестируемые приборы имеют разную «разрешающую» способность, определяемую максимальной точностью, с которой они могут сохранять координаты в памяти. Регулярность расположения точек, которая прослеживается по рисункам 10 и 11, связана с разрешением цифровых значений, выдаваемых навигаторами. Как отмечалось выше, GPS 12CX фиксирует координаты с погрешностью около 0.000005° (по нашим данным, 0.0000057°-0.0000060°), что соответствует по долготе 0.45-0.54 м, а по широте - 0.56-0.67 м. Для ETREX VISTA указанный интервал составляет 0.000021°-0.000022° или 1.89-1.98 м (по долготе) и 2.34-2.46 м (по широте). В новой модели GPSMAP 76CSx компании GARMIN значительно увеличена точность записи координат - до 0.000001° и менее (по долготе - 0.09 м, по широте - 0.11 м). Следовательно, из-за указанных ограничений ETREX VISTA не может выдавать координаты точнее 2.5 м, GPS 12CX - 0.7 м, а GPSMAP 76CSx - 0.1 м. Первый из указанных приборов не имеет функции *Average*, поэтому любое из измерений привязано к условной сетке со сторонами 2 на 2.5 м (красные точки на рис. 11). Остальные навигаторы имеют возможность усреднения координат. Рассмотрим на конкретном примере эффективность ее использования.

Увеличим один из фрагментов рисунка 11, содержащего взаимоперекрытие массивов точек, снятых GPS 12CX и GPSMAP 76CSx. На рисунке 12 (А) показана рассчитанная с использованием функции *Average* позиция условной средней точки и два варианта хранения ее координат в памяти разных приборов. Средняя геометрическая точка будет иметь координаты ближайшего узла сетки, размеры которой соответствуют минимальной разрешающей спо-

собности навигатора. Очевидно, что позиция 2 (рис. 12, Б), соответствующая прибору GPSMAP 76CSx, наиболее точно отражает положение определяемой точки на местности. В этом заключается важное преимущество новых приборов GARMIN. Поэтому во всех случаях при съемке координат прибором GPSMAP 76CSx мы рекомендуем включать расчет средней позиции, что значительно повышает точность данных.

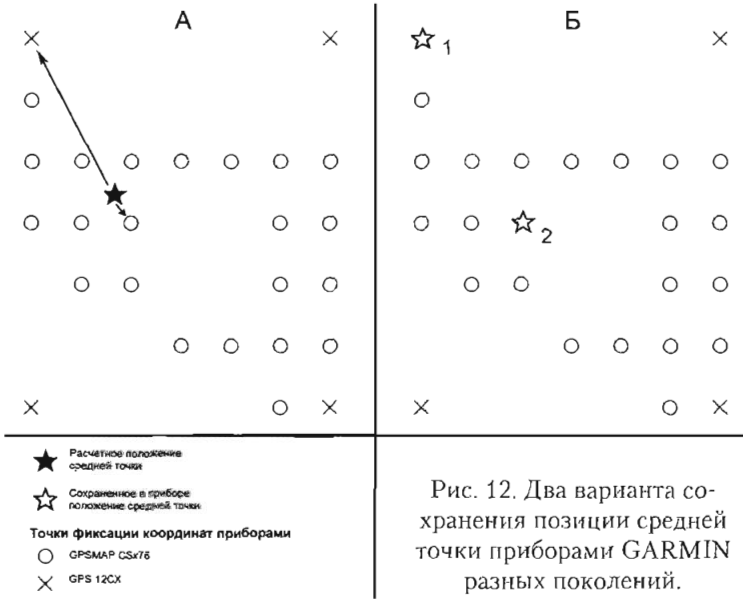


Рис. 12. Два варианта сохранения позиции средней точки приборами GARMIN разных поколений.

Примечание. На фрагменте А показано положение расчетной средней точки и стрелками направление ее «перемещения» к ближайшим узлам разрешающей сетки при сохранении в памяти приборов.
На фрагменте Б изображены конкретные позиции сохранения координат усредненного местоположения: 1 - GPS 12CX, 2 - GPSMAP 76CSx.

При активизации данной функции в указанном навигаторе включается счетчик обработанных сигналов спутников. Как правило, чем больше его значение, тем точнее определяется местоположение. С помощью функции *Average* в GPSMAP 76CSx нам удалось добиться максимальной предполагаемой точности измерения 1.1 м (напомним, что для GPS 12CX она составила 2.9 м). Корректиро-

вать координаты той или иной сохраненной в GPSMAP 76CSx путевой точки с использованием усреднения позиции, как отмечалось ранее, можно и впоследствии (например, в другое время при более удачном расположении спутников), что также является достоинством прибора.

Оценивания результаты серии экспериментов для установления точности GPS-приемников, основанных на расчете CEP при помощи программы **DNRGarmin**, необходимо подчеркнуть важность установки правильного протокола при записи треков. Для тестирования приборов во всех из них должен быть выставлен протокол GARMIN. В принципе, возможно также использование и других протоколов, в частности, NMEA - протокола связи приемников на основе стандартных данных ASCII, используемого при навигации в режиме реального времени (теоретически трек должен записываться одинаково по протоколам GARMIN и NMEA). Однако пробное тестирование прибора GPSMAP 76CSx с настройкой передачи данных по NMEA привело к совершенно неприемлемому результату (рис. 13). По всей видимости, это произошло за счет влияния в процессе GPS-измерений на данный приемник, оборудованный высокочувствительным чипсетом SiRF Star III, близко расположенных приборов (на расстоянии 20 см слева и справа) GPS 12CX и ETREX VISTA, работающих по протоколу GARMIN.

Для проверки данной гипотезы была выполнена контрольная диагностика отдельно одного приемника GPSMAP 76CSx, интер-

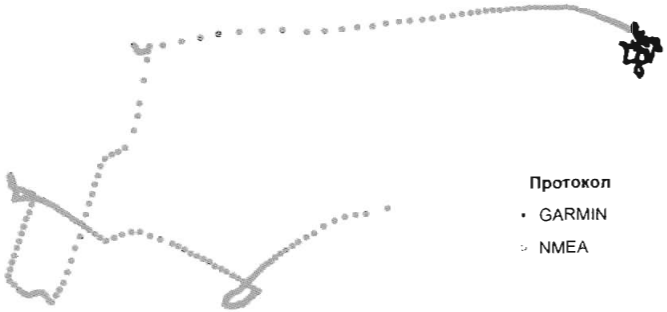


Рис. 13. Тестирование навигатора GPSMAP 76CSx с использованием разных протоколов передачи данных (пояснения в тексте).

фейс которого был настроен на формат данных NMEA. Полученные величины радиуса окружности возможной ошибки были сопоставимы с результатами испытаний по протоколу GARMIN, и даже несколько улучшили их (рис. 14):

Average = 5.73453e+006 4.30844e+006
SD = 5.74029e+006 4.31278e+006
Circular Error Probabilities (CEP) - Meters
50% = 1.4734
90% = 2.66613
95% = 2.93426
98% = 3.53712

Таким образом, при тестировании нескольких приборов одновременно следует учесть эту проблему.

Рис. 14. Сравнение результатов диагностики GPSMAP 76CSx по двум протоколам.

До сих пор речь велась об оценке точности получаемых координат по величине ожидаемой ошибки местоопределения, выраженной в единицах длины (метрах). Этой ошибке соответствует показатель точности EPE (Estimated Position Error). Помимо мощности принимаемых от спутников сигналов, на точность вычисления координат оказывает влияние и их расположение относительно горизонта. Чем более равномерно распределены спутники на небосклоне и чем дальше удалены они друг от друга, тем выше точность. И наоборот, если они сконцентрированы в определенном месте, расположены на одной линии или ближе к зениту, тем ниже точность.

Лучшим общим показателем качества геометрии созвездия спутников (их взаимного расположения) и, следовательно, точности данных является показатель PDOP (Position Dilution of Precision - фактор снижения (потери) точности определения местоположения). Для картографических целей рекомендуется использовать координа-

ты объектов, полученные при величине PDOP не выше 6. Более низкие значения PDOP указывают на более высокое качество данных. Спутниковые навигаторы способны определять также значения HDOP (снижение точности определения плановых координат широта/долгота), VDOP (снижение точности определения высоты) и некоторых других параметров (подробнее о перечисленных показателях см. *http://www.navgeocom.ru*). Показатели DOP отслеживают большинство современных моделей спутниковых навигаторов GARMIN, однако для считывания их значений необходимо использовать специальное программное обеспечение (см. далее по тексту).

Показатели EPE и DOP рассчитываются с учетом числа спутников, используемых для определения местоположения, их взаимного расположения и некоторых других факторов и позволяют количественно оценить точность определения координат.

Наилучшими условиями съемки являются те, при которых один из спутников расположен в зените, а остальные - симметрично относительно него и невысоко над горизонтом (рис. 15 - позиция 1) (показатель PDOP минимален) и худшими - при скученности спутников в одной части неба (позиция 2) или расположении их по прямой линии (позиция 3) (показатель PDOP максимален).

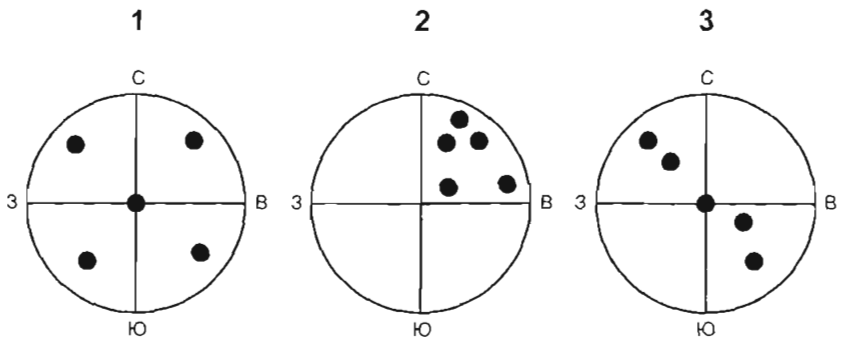


Рис. 15. Различные варианты качества геометрии спутников, влияющие на точность определения координат (условные обозначения - в тексте).

Если оси векторов приемник-спутник лежат в одной плоскости, DOP бесконечно велик, фактически при такой геометрии невозможно произвести вычисление координат. Величины DOP значи-

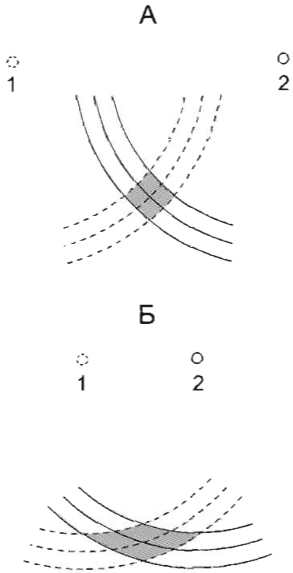


Рис. 16. Влияние пространственной геометрии спутников 1 и 2 на точность определения местоположения: А - низкое значение DOP, Б - высокое значение DOP (рисунок изготовлен на основе иллюстрации с сайта *http://www.nargeo-com.ru/gps/dop/pict1.htm*).

тельно меньше и, соответственно, меньше ошибка определения местоположения, когда спутники разбросаны по небу (Richard B. Langley, 2000). На рисунке 16 показан типичный пример влияния размещения спутников на точность определения местоположения приемником, неопределенность которого показана закрашенной областью. При значительной удаленности спутников друг от друга (А) неопределенность местоположения мала (низкая потеря точности), при их сближении область неопределенности местоположения увеличивается (высокая потеря точности).

Обычно, чем больше спутников используется при GPS-измерениях, тем меньше значения DOP и, соответственно, меньше ошибка определения координат. На параметры снижения точности значительное влияние оказывает также неустойчивость приема спутникового сигнала вследствие различного рода помех.

Показатели DOP взаимосвязаны друг с другом. Так, $PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2$ (это отношение использовано нами для расчета PDOP по известным величинам HDOP и VDOP для спутникового навигатора GPSMAP 76CSx). Распределение плановых значений DOP (HDOP) для всей территории земного шара всё время не превышает 2.5 (в условиях устойчивого приема сигналов спутников), что является нормальным значением и находится в границах допусков. Обычно HDOP в пределах 0.8–2.5 обозначает вполне приемлемую точность позиционирования. Величина VDOP практически всегда около или меньше трех и иногда увеличивается до семи.

Неравенство между значениями HDOP и VDOP больше для высоких (северных или южных) широт, потому что оттуда видно меньше высоких спутников. Это ограничение возникает из-за наклона орбит спутников GPS (около 55°), вследствие чего невозможно увидеть спутник прямо над собой с широт севернее или южнее 55° (Richard B. Langley, 2000).

Если в навигационном приборе не предусмотрена возможность вывода на дисплей значений DOP, то качество геометрии созвездий спутников можно оценить визуально на странице спутников или воспользоваться специализированной программой, способной передать точные количественные показатели потери точности с приемника на ПК.

Одной из таких программ является **GPS Diagnostics** компании COMMLINX SOLUTIONS (распространяется свободно, работает без инсталляции, тестировалась версия 1.02). Для отслеживания на мониторе в реальном времени параметров, включая HDOP, VDOP и PDOP достаточно соединить GPS-приемник и ПК кабелем через один из COM-портов по протоколу NMEA. Помимо просмотра, возможна запись и последующее воспроизведе-

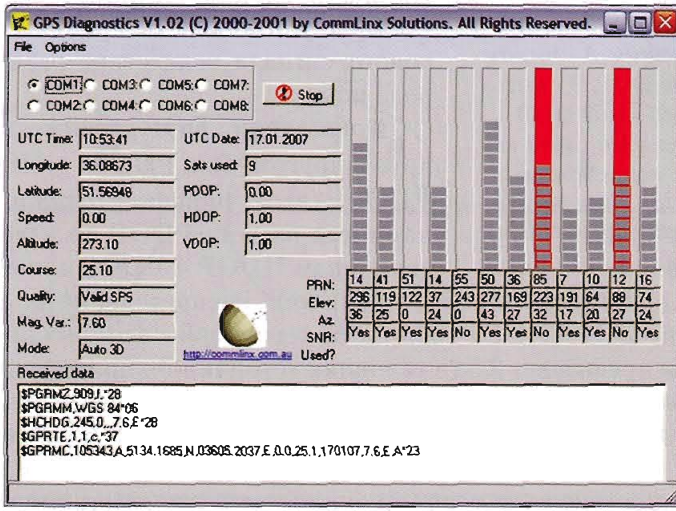


Рис. 17. Отслеживание GPS-параметров в программе **GPS Diagnostics**.

ние потока информации (рис. 17).

Мы не могли обойти вниманием, пожалуй, самую функциональную программу диагностики персональных спутниковых навигаторов **u-center**, разработанную швейцарской компанией U-BLOX AG (распространяется бесплатно, текущая версия **4.01** от 12.01.2006 г.). Это программное обеспечение предоставляет всю информацию, которая может быть собрана за время работы устройства GPS. Многочисленные параметры GPS-данных (позиция, скорость, время, отслеживание спутника и т.д.) можно посмотреть и зарегистрировать при различных сценариях тестирования прибора. Программа **u-center** позволяет анализировать собранную информацию для изучения рабочих характеристик, таких как точность, позиция движения и траектория, трассировка спутника, время первой фиксации и т.д. Восемь различных величин могут отображаться в графических окнах *Docking Windows*, обновляемых в реальном времени (рис. 18).

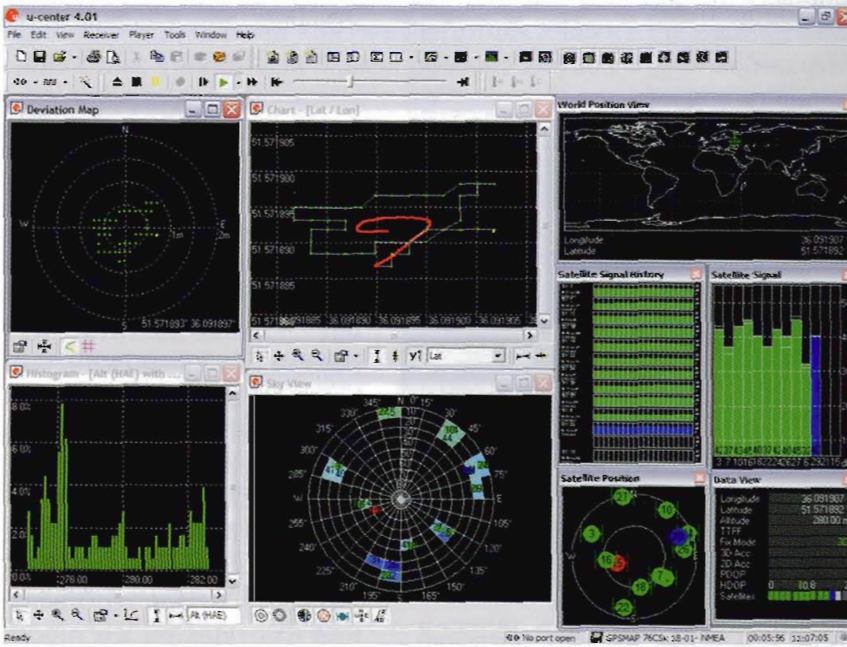


Рис. 18. Визуальное отображение GPS-данных в программе **u-center**.

Программа имеет развитые возможности для визуального представления информации - графики зависимости двух величин (например, широта как функция от долготы) с отображением усредненной кривой, гистограммы (например, высот над уровнем моря), карты девиации (отклонения) - самое наглядное, на наш взгляд, средство оценки точности приборов, которое отражает позиции широты и долготы относительно позиции отсчета, которую можно настроить произвольным образом.

Одновременно с записью трека приемником GPSMAP 76CSx с использованием протокола NMEA (см. рис. 14), было осуществлено параллельное сохранение потока данных в лог-файл программы **u-center** для их дальнейшего анализа в камеральной обстановке. Сравним точность указанного прибора, полученную средствами **ArcView 3.3** (через расчет радиуса окружности возможной ошибки) и средствами **u-center**.

Основным требованием для вычисления CEP являлся перевод данных в процессе постобработки из географической системы координат в одну из плоских картографических проекций, в частности Меркатора, что, вероятно, способствовало некоторому занижению точности прибора.

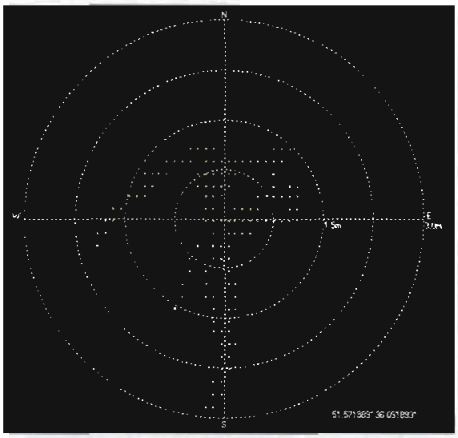


Рис. 19. Оценка точности измерений прибора GPSMAP 76CSx с помощью карты девиации программы **u-center**.

Карты девиации **u-center** генерируются в реальном времени по мере поступления потока данных из GPS-приемника при сохранении системы координат широта-долгота. Как показывает рисунок 19, точность GPSMAP 76CSx в ходе всего эксперимента была не менее 3 м, тогда как при расчете CEP только 95% измерений выполнено точнее 2.94 м, а оставшиеся 5% превышают 3 м. При тестировании на открытой местности прибор GPSMAP 76CSx показал очень низкие значе-

ния показателей потери точности: HDOP = 0.80, VDOP = 0.80, PDOP = 1.13, что объясняется, по нашему мнению, избыточностью количества спутников (в течение всего эксперимента принимались устойчивые сигналы от 11-ти спутников) и, соответственно, оптимальным их созвездием.

Следует отметить, что персональный навигатор GPSMAP 76CSx способен функционировать в дифференциальном режиме, переключение в который из режима 3D наблюдалось периодически при измерениях как на открытой местности, так и в помещении. Обратите внимание на значение *Status* в форме *Global Positioning System Fix Data*, равное 2, что соответствует DGPS, а также на Mode Indicator в форме *Geographic Position - Latitude/Longitude*, равное D (Differential) (рис. 20).

Еще одним программным продуктом, предназначенным для визуализации и статистической обработки GPS-информации, является **VisualGPS** компании VGPS (программа бесплатна, тестировалась версия 3.33). Отличительная особенность **VisualGPS** - наглядное графическое представление усредненных значений высот и координат, причем для последних реализованы 2 метода: классическое усреднение позиции (среднеарифметическое) и усреднение по методу наилучшего приближения или наименьших квадратов (LSF), чем данный продукт отличается от подобных. Оба типа усреднения отображаются в реальном времени в виде эллипсов, размеры которых соответствуют одной сигме (67.28% случаев). В программе реализована запись лога в файл, сценарий которого впоследствии можно воспроизвести, например, в **u-center** или **GPS Diagnostics**. В **VisualGPS**, помимо отображения значений PDOP, HDOP и VDOP, реализовано удобное ранжирование показателя HDOP по трем кате-

NMEA - GPGGA (Global Positioning System Fix Data)

Parameter	Value	Unit	Description
UTC	073811	hhmmss.sss	Universal time coordinated
Lat	5134.1695	ddmm.mmmm	Latitude
Northing Indicator	N		N=North, S=South
Lon	03605.2059	dddmm.mmmm	Longitude
Easting Indicator	E		E=East, W=West
Status	2		0=Invalid, 1=2D/3D, 2=DGPS, 6=Dead Reckoning
SVs Used	11		Number of SVs used for Navigation
HDOP	1.2		Horizontal Dilution of Precision
Alt (MSL)	297.9	m	Altitude (above means sea level)
Unit	M		M=Meters
Geoid Sep.	17.8	m	Geoid Separation = Alt(HAE) - Alt(MSL)
Unit	M		M=Meters
Age of DGPS Corr		s	Age of Differential Corrections
DGPS Ref Station			ID of DGPS Reference Station

NMEA - GPGLL (Geographic Position - Latitude/Longitude)

Parameter	Value	Unit	Description
Lat	5134.1695	ddmm.mmmm	Latitude
Northing Indicator	N		N=North, S=South
Lon	03605.2059	dddmm.mmmm	Longitude
Easting Indicator	E		E=East, W=West
UTC	073811	hhmmss.sss	Universal time coordinated
Status	A		A=Valid, V=Invalid
Mode Indicator	D		A=Autonomous, D=Differential, E=Dead Reckoning, N=None

Рис. 20. Параметры, свидетельствующие о возможности работы GPSMAP 76CSx в дифференциальном режиме.

гориям (меньше 1, от 1 до 2, больше 2), что позволяет быстро установить «качество» геометрии спутников.

Возможности **VisualGPS** были использованы нами для диагностики GPS-навигаторов GPSMAP 76CSx и GPS 12CX в наиболее сложных условиях приема спутниковых сигналов - внутри помещения (рис. 21-22). Новая модель GARMIN, благодаря чипсету SiRF STAR III, намного превосходит предшествующую по чувствительности. GPSMAP 76CSx достаточно быстро устанавливает связь со спутниками вблизи окна и удерживает ее на расстоянии до 3-4 м от него. Ни один из приборов GARMIN, основанных на чипсете SiRF STAR II, не способен стартовать в помещении, что относится и к GPS 12CX. Для его инициализации понадобилась внешняя антенна, которая была закреплена на стекле окна на высоте около 1.5 м от пола. Даже при наличии внешней антенны навигатор GPS 12CX смог определить только 3-4 спутника, в то время как GPSMAP 76CSx уверенно принимал сигналы от 6-7 спутников.

Визуальный анализ графиков зависимостей широты и долготы, а также высот над уровнем моря, полученных по показаниям разных навигаторов, показал наличие значительных «выбросов» в данных GPS 12CX, обусловленных, преимущественно, потерей сигнала. Такие ошибочные измерения были отфильтрованы и исключены из последующего анализа. В таблице 1 представлены основные статистические показатели двух выборок.

Изначально количество измерений, выполненных приборами, было одинаковым, но при анализе выяснилось, что 40% данных GPS 12CX в формате NMEA содержали только значения широты и долготы, такие записи при расчете статистических показателей не учитывались. По точности определения географических координат приемник GPSMAP 76CSx показал лучшие результаты. Вычисленные стандартные отклонения широты и долготы оказались более чем на порядок меньше, чем у GPS 12CX (табл. 1). То же самое относится и к высотам. Большее количество спутников и устойчивая связь с ними GPSMAP 76CSx обусловили в целом и меньшие показатели потери точности, хотя значение PDOP (3.17), установленное по данным GPS 12CX, также далеко от критического (6), выше которого достоверность GPS-измерений ставится под сомнение. Средняя величина PDOP приемника GPSMAP 76CSx в помещении оказалась равной 1.70, а на открытой местности, по нашим дан-

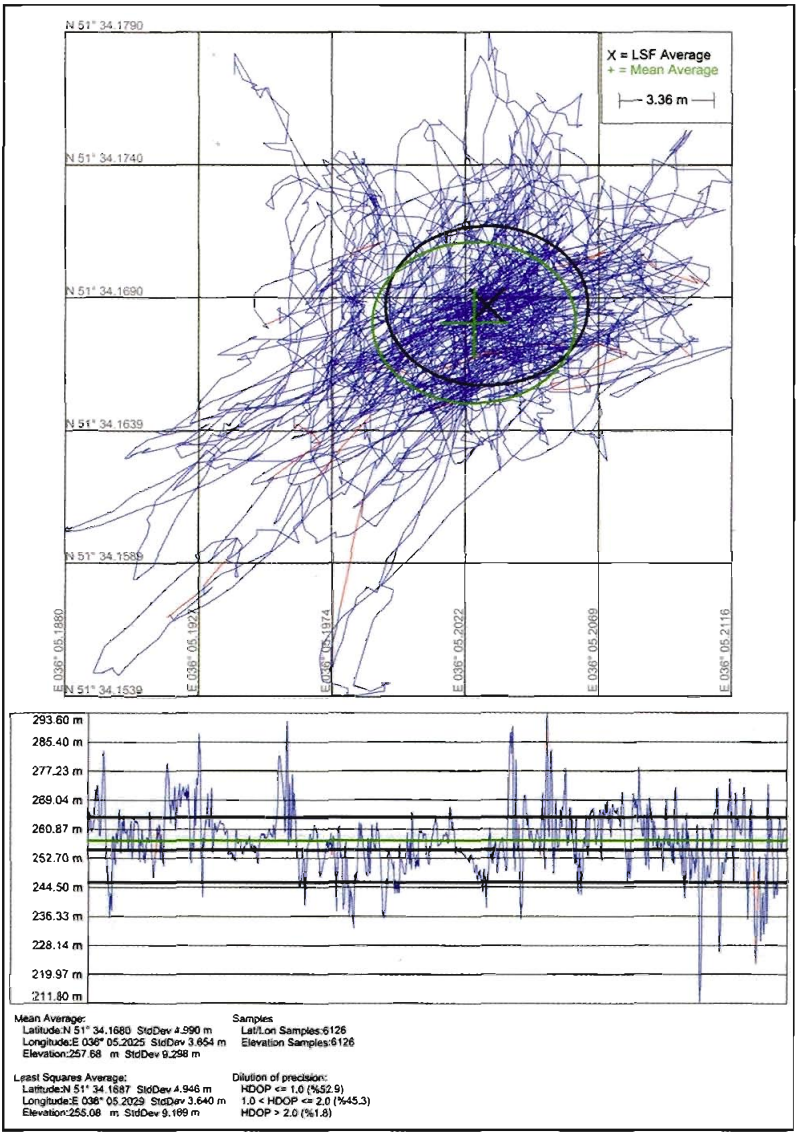


Рис. 21. Графики высоты и зависимости широты от долготы с отображением средних значений, полученные в программе **VisualGPS** при тестировании прибора GPSMAP 76CSx внутри помещения.

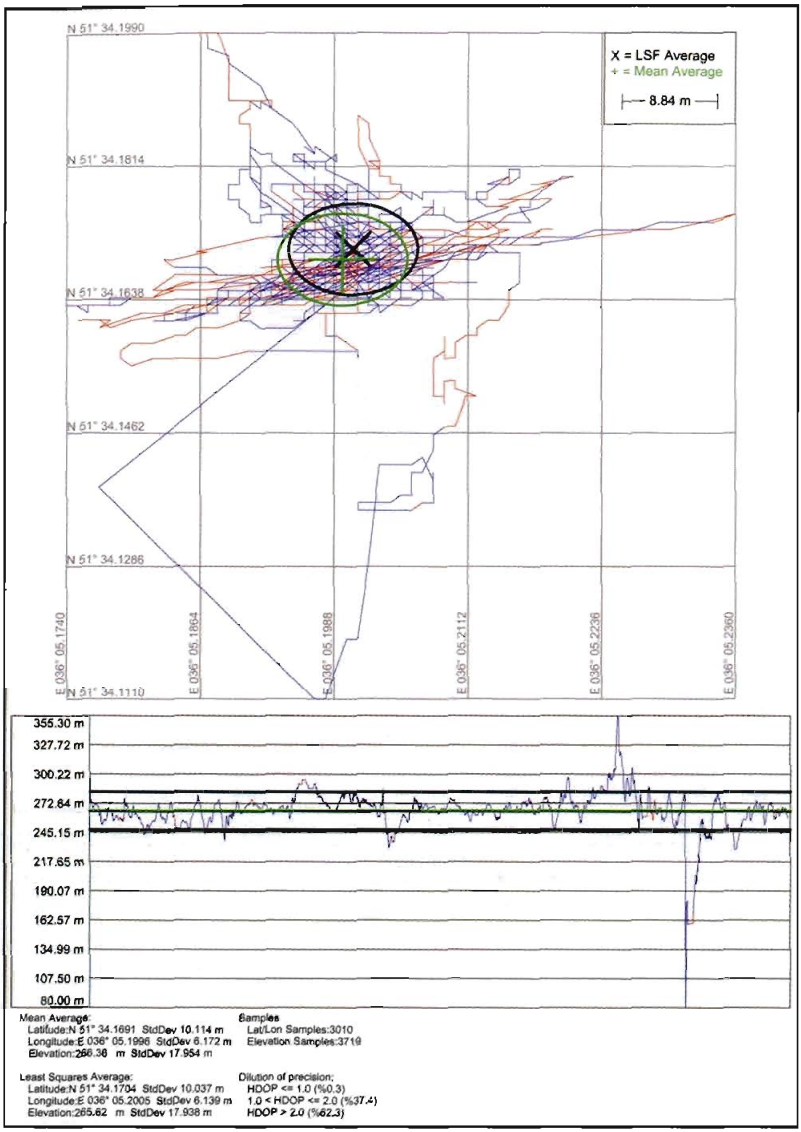


Рис. 22. Графики высоты и зависимости широты от долготы с отображением средних значений, полученные в программе **VisualGPS** при тестировании прибора GPS 12CX с внешней антенной внутри помещения.

ным, она снижается до отметки 1.13, что свидетельствует о способности этого приемника выполнять качественную съемку в сложных условиях. Внутри помещения GPSMAP 76CSx, в отличие от GPS

Таблица 1

Статистические показатели диагностики
GPS-навигаторов внутри помещения

Показатели	Наименование прибора	
	GPSMAP 76CSx	GPS 12CX
Количество измерений, шт.	6741	3740
Широта, ° (средн.)	51.56946561	51.56948856
Стандартное отклонение по широте, °	0.00005135	0.000105708
Долгота, ° (средн.)	36.08670610	36.08666497
Стандартное отклонение по долготе, °	0.00006393	0.000111358
Высота над уровнем моря, м	257.8	266.2
Стандартное отклонение по высоте, м	10.7	18.2
HDOP:		
средн.	1.20	2.47
макс.	5.40	12.90
мин.	0.80	1.00
VDOP:		
средн.	1.20	1.33
макс.	5.40	4.80
мин.	0.80	1.00
PDOP:		
средн.	1.70	3.17
макс.	7.64	14.60
мин.	1.13	1.40
Количество спутников, шт.		
средн.	7	5
макс.	9	8
мин.	3	0
Отношение сигнал/шум, dBHz		
средн.	26.92	36.66
макс.	37.33	44.67
мин.	20.67	32.38

12CX, ни разу не потерял спутники (табл. 1).

Одним из показателей устойчивого и качественного приема спутниковых сигналов является отношение сигнал/шум (SNR или C/No). Для навигаторов GARMIN, изготовленных на базе чипсета SiRF STAR II, величина SNR находится в интервале от 30 до 55 dBHz. При отношении сигнал/шум менее 30 велика вероятность потери сигнала, а значение SNR, близкое к 55, означает наивысшее качество сигнала. В этом плане старая модель показала лучшие результаты, что вполне объяснимо. Вследствие ограниченной чувствительности, GPS 12CX принимает только наиболее мощные сигналы, а более слабые для него недоступны. Даже минимальное значение SNR для этого прибора должно быть более 30, что и наблюдалось в ходе эксперимента (32.4). Средняя величина соотношения сигнал/шум для GPSMAP 76CSx составила 26.9 при минимуме 20.7 dBHz благодаря заявленной производителем способности принимать самые слабые, включая отраженные сигналы спутников, что полностью подтверждают наши данные.

Итак, мы рассмотрели основные параметры, определяющие точность GPS-измерений, представили сравнительный анализ различных приемников и показали преимущества новых моделей.

3. Обмен данными между спутниковыми навигаторами и персональными компьютерами

Одно из основных предназначений GPS-приемников, помимо навигационных возможностей, - наполнение геоинформационных систем данными, полученными в результате съемки местности. Энергонезависимая память приборов не безгранична, поэтому периодически необходимо выполнять процедуру переноса сохраненной информации о путевых точках, маршрутах и треках на персональный компьютер. Для этого требуются соответствующие коммутационные аксессуары (обычно это специальный кабель, подключаемый к одному из портов ПК) и программное обеспечение. Современные GPS-навигаторы (например, GARMIN GPS 10) способны обмениваться данными с компьютером по беспроводному протоколу Bluetooth. В данном разделе мы рассмотрим классический способ соединения ПК с навигатором при помощи кабеля. Как правило, один из концов кабеля представляет собой стандартный 9-pin разъем RS232 для подключения к серийному порту COM1, другой же может конструктивно отличаться в зависимости от модели приемника, даже изготовленного одной фирмой. Последние модели приборов способны использовать порт USB для высокоскоростной передачи или приема данных. На рисунке 23 показаны три типа разъемов кабелей для присоединения к навигаторам компании GARMIN.

Обмен информацией между приемниками и ПК осуществляется с помощью специальных программ.

GPS TrackMaker. Данный программный продукт, благодаря многофункциональности, удобству использования и, что немаловажно, бесплатности получила широкое распространение. Ее разработал бразильский программист Odilon Ferreira Junior. Существует также коммерческая версия программы **GTM Pro**. Основные возможности **GPS TrackMaker**: обмен данными между навигато-

GPS 12, 12 XL, 12CX, II+, III+...

E-MAP, E-TREX ...

GPSMAP 76Cx, 76CSx,
60Cx, 60CSx...

Рис. 23. Основные типы разъемов для соединения GPS-приемников GARMIN с ПК.

ром и ПК; создание, редактирование и удаление треков, путевых точек и маршрутов; наличие базы данных более чем 200 картографических систем координат; работа с графическими изображениями; измерение расстояний, скорости движения; построение вертикальных профилей треков; обработка данных, созданных в других программах, таких как: **MapInfo**, **Arc/Info**, **OziExplorer**, **Waypoint+** и пр., а также возможность их сохранения для последующего открытия в этих программах; навигация в реальном времени; создание каталога карт и пр. Еще более расширены функциональные возможности платной версии **GTM Pro**, которая позволяет, помимо перечисленного, объединять треки и вычислять их площади, определять высотные перепады, среднюю геометрическую точку относительно нескольких путевых точек, трека или маршрута; импортировать и экспортировать данные программ **AutoCAD** в формате *.DXF, **MS Excel** и пр.; самостоятельно вводить данные картографических систем координат, а также использовать расширенный набор инструментов по оформлению карт и выводу их на печать (особенно полезно автоматическое изменение шкалы линейного масштаба на отпечатанных листах).

В модуле передачи данных программы **GPS TrackMaker** версии **12.3** имеется возможность выбора для этой цели более скоростного

порта USB (в **GTM Pro 3.5** поддержка USB не реализована, а в версии **3.8** она присутствует наряду с возможностью подключения новых GPS-приемников типа GPSMAP 76Cx (76CSx, 60Cx, 60CSx), GPSMAP 276C, GPSMAP 96/96C, ETREX VISTA (LEGEND) COLOR с цветными дисплеями - см. рис. 23), а также улучшена подпрограмма навигации в реальном времени. Кроме того, в этой версии появилась удобная панель инструментов для создания и редактирования графических объектов (аналогичная панель *Draw* есть в **GTM Pro 3.8**), что значительно упрощает нанесение на карту дополнительной информации (рис. 24).

Рис. 24. Новая панель графических инструментов в программах **GPS TrackMaker 12.3** и **GTM Pro 3.8**.

В **GPS TrackMaker** имеется система поиска путевых точек по их номерам, а также замены различной атрибутивной информации, которая является эффективным средством, особенно при наличии большого количества точек (рис. 25). Поиск осуществляется по одному из двух полей *(Name* или *Description)*. Найденная точка выделяется на экране красным квадратом, а в окне поиска выводится ее координаты и дата создания. При этом в версии **11.7** точка маркируется и размещается по центру экрана без изменения текущего масштаба изображения, требуется последующее ручное масштабирование, а в версии **12.3** объект поиска автоматически масштабируется с максимальным увеличением, что намного удобнее. По нашим сведениям, эта возможность не реализована в других аналогичных продуктах, например в **GPS Utility**.

Рис. 25. Модуль поиска и замены **GPS TrackMaker**.

Для решения большинства практических задач вполне достаточны функциональные возможности бесплатных версий. Необхо-

димость в использовании профессиональной программы **GTM Pro** обычно возникает при операциях прямого импорта-экспорта в **AutoCAD** и геоинформационные системы без выполнения дополнительной процедуры подготовки данных для этой цели. Следует отметить, что **GPS TrackMaker** имеет встроенный конвертер для импортирования файлов наиболее распространенных ГИС, в частности **ArcView GIS** и **MapInfo**, однако экспорт данных в эти системы доступен только в **GTM Pro**. При этом можно выбрать систему координат, а также тип экспортируемых данных (точечные или линейные объекты). В версии **12.3** присутствует автономный модуль конвертирования, позволяющий осуществлять пакетное преобразование файлов разных форматов в выбранной директории для их загрузки в **GPS TrackMaker**.

В отличие от **GPS TrackMaker**, в программе **GTM Pro** имеется два варианта представления данных - графически и в виде электронной таблицы, в которой также можно создавать, редактировать и удалять путевые точки, треки и маршруты. В табличной форме возможны быстрая фильтрация данных типов объектов и вывод дополнительной атрибутивной информации для треков и маршрутов.

В профессиональной версии также имеется специальные инструменты для выполнения различных вычислений, редактирования и трансформации объектов и пр.

Недавно появились новые редакции рассматриваемого ПО (**GTM Pro 4.0** и **GPS TrackMaker 13.0**), основное отличие которых от предшествующих заключается в возможности загрузки векторных карт, работа с которыми осуществляется как через меню *Maps*, так и через специальное дополнение к панели инструментов (рис. 26).

MapSource 6.10.2/Trip & Waypoint Manager 3.00. Это фирмен-

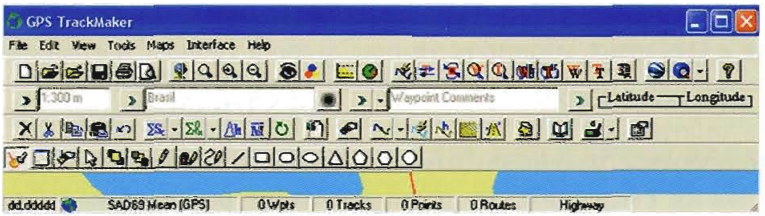


Рис. 26. Использование векторных карт - новая функциональная возможность программы **GTM Pro 4.0**.

ное программное обеспечение, разработанное компанией GARMIN для собственных навигаторов. Особенностями программы являются: возможность использования USB-порта для обмена данными; полная поддержка русской кодировки текста при работе с GPS-навигаторами, имеющими локализованные прошивки; загрузка карт в спутниковые навигаторы; наличие некоторых полезных инструментов, отсутствующих в других продуктах аналогичного назначения, в частности, редактирования и фильтрации треков, графического анализа вертикальных профилей и других средств, некоторые из которых будут использованы при выполнении практического упражнения.

Основное предназначение программ **GPS TrackMaker** и **Trip & Waypoint Manager** - редактирование и обмен данными между GPS-приемниками и ПК. Рассмотрим эти функциональные возможности, используя в качестве модельной территорию Кроноцкого биосферного заповедника.

УПРАЖНЕНИЕ № 1

Задание - освоить технику создания и обмена путевыми точками, треками и маршрутами между GPS-приемником компании GARMIN и персональным компьютером.

Используемое ПО - **GPS TrackMaker 12.3**, **MapSource 6.10.2/ Trip & Waypoint Manager 3.00** (при подготовке видеофайлов к упражнению применялась локализованная версия **MapSource 6.12.3**).

Модель GPS-приемника - GPSMAP 76CSx.

Исходные данные:

- путевые точки расположения на территории Кроноцкого заповедника вулканов и источников (холодных и термальных);
- векторные слои с границами Кроноцкого заповедника и озером Кроноцким (полигональные объекты);

Масштаб - 1 : 200 000.

Система координат - Longitude/Latitude (WGS 84).

Формат - *.GTM, *.GDB, *.MIF.

Задание выполняется в три этапа, включающих:

- использование прибора GPSMAP 76CSx для создания путевых точек, треков и маршрутов;

- выгрузку данных из GPS-приемника;
- подготовку данных на ПК и загрузку их в GPS-приемник.

Перед началом выполнения данного и последующих практических упражнений необходимо скопировать директорию СЕМИНАР со всем содержимым с прилагаемого компакт-диска на диск С персонального компьютера.

Использование прибора GPSMAP 76CSx для создания путевых точек, треков и маршрутов

Здесь будут представлены краткие сведения по созданию путевых точек, треков и маршрутов с помощью приемника GPSMAP 76CSx. Вместе с ним поставляется руководство пользователя, в котором содержатся подробные инструкции по эксплуатации (Портативный навигатор GPSMAP 76 Cx/CSx, 2007).

Сохранить путевую точку в памяти прибора можно тремя способами - отметкой текущего местоположения, с использованием карты и введением координат. Наиболее часто на практике применяется первый способ. Чтобы отметить текущее местоположение новой точкой нажмите в режиме 2D или 3D кнопку *ENTER/MARK*, удерживая ее 2 секунды. Появится страница ввода информации о новой точке (рис. 27), с которой осуществляется запуск функции усреднения координат, применяемой в случаях, когда необходимо

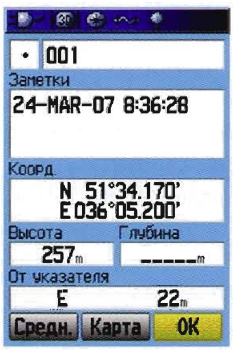


Рис. 27. Страница фиксации текущего местоположения.

Рис. 28. Страница управления треками (путями).

Рис. 29. Страница выбора метода записи трека.

получить повышенную точность (подробнее см. подраздел 2.1).

Для выполнения упражнения в памяти прибора были сохранены 24 точки размещения вулканов (активных и неактивных) на территории Кроноцкого заповедника.

Для настройки параметров сохранения треков используется пункт «Пути» в главном меню, быстрый вызов которого осуществляется двойным нажатием на кнопку *MENU* (рис. 28).

Перед записью пути следует задать параметры его сохранения, используя кнопку *Настройки*. Имеется возможность выбора метода записи трека - автоматически, по времени или пройденному расстоянию (рис. 29). Пути можно хранить на карте памяти, выбрав для этого соответствующий пункт. Данная возможность очень полезна для эффективного использования прибора в полевых условиях (можно использовать флэш-карты большей емкости или менять их по мере заполнения).

Name	Comment	Position
МАРШРУТ 1	Нижние Семячинские источники	N54 11.520 E160 01.442
МАРШРУТ 2	Верхние Семячинские источники	N54 18.797 E159 58.276
МАРШРУТ 3	гора Тунрок	N55 12.081 E160 24.025
МАРШРУТ 4	гора Кипелое	N55 13.913 E160 27.439
МАРШРУТ 5	Малые Тюшевские ключи	N54 38.431 E161 17.787
МАРШРУТ 6	Большие Тюшевские ключи	N54 39.963 E161 19.193
МАРШРУТ 7	гора Чажинский	N54 58.208 E161 42.730
МАРШРУТ 8	Нижние Чажинские ключи	N55 03.543 E161 52.488

Рис. 30. Исходные точки для создания маршрута в GPSMAP 76CSx.

Рис. 31. Страница управления активным маршрутом.

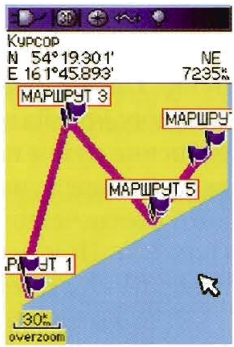


Рис. 32. Отображение маршрута на странице карты.

Прокладка маршрутов передвижения по местности актуальна для особо охраняемых природных территорий. Это могут быть маршруты учетов животных, фенологические, туристические и пр.

Создадим один из таких маршрутов на основе восьми путевых точек, координаты которых получены на местности и соответствуют размещению основных термальных и некоторых холодных источников на территории Кроноцкого заповедника (рис. 30).

Выберем пункт «Маршруты» в главном меню прибора. Нажи-

маем кнопку *Новый*, далее пункт <*Выбр.след.т*>. Используя меню *Найти*, указываем первую точку маршрута с именем «МАРШРУТ 1» и нажимаем кнопку *Взять*, которая добавляет ее к маршруту. Повторяем эти действия для остальных семи точек. Назовем созданный маршрут «ИСТОЧНИКИ» (рис. 31).

Для старта навигации по маршруту предназначена кнопка *Навиг.*, а увидеть его на карте можно, нажав кнопку *Карта* (рис. 32).

Выгрузка данных из GPS-приемника

В программе **GPS TrackMaker 12.3** для обмена данными между GPS-приемником и ПК последние необходимо соединить с помощью USB-кабеля, включить прибор и в меню *Interface* выбрать пункт *Garmin Interface* (для быстрого вызова можно использовать клавишу F8). Далее в появившемся окне активизируется данное соединение путем нажатия на кнопку *Product ID* - программа автоматически определит модель GPS-приемника и версию его программного обеспечения, и станут доступными кнопки обмена данными (рис. 33). При невозможности установления связи появляется сообщение «*No Data on Serial Port!*», и эти кнопки не активируются.

Для выгрузки определенного типа данных из GPS-приемника (путевых точек, треков или маршрутов) в программу **GPS TrackMaker** надо задействовать одну из кнопок *Waypoints*, *Tracklogs* или *Routes*. Нажатие на кнопку *All* запускает процедуру передачи всех данных в системе координат WGS 84. Прерывание обмена информацией осуществляется нажатием на кнопку *Abort* (кнопка *Esc* на клавиатуре не задействована). В данном случае будет передана только часть информации.

Рис. 33. Модуль обмена данными с навигатором в программе **GPS TrackMaker**.

Выгрузим из прибора GPSMAP 76CSx точки расположения вулканов и маршрут

между источниками в **GPS TrackMaker**, для чего сделаем активной кнопку *Request From GPS* и задействуем последовательно кнопки *Routes* и *Waypoints*. Результат представлен на рисунке 34. Обратите внимание на корректность передачи кириллических шрифтов. Сохраните файл под именем Выгрузка_GPS_вулканы_источники.gtm в папку C:\СЕМИНАР\РЕЗ\01 (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\01\1_01.exe).

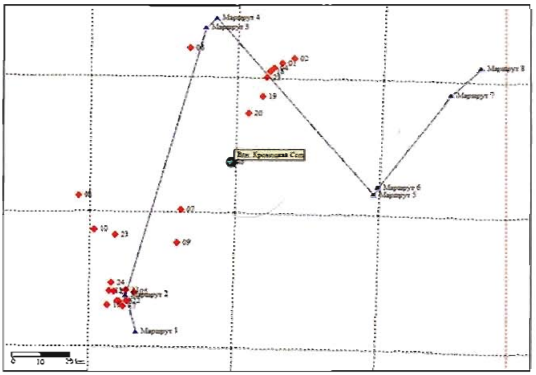
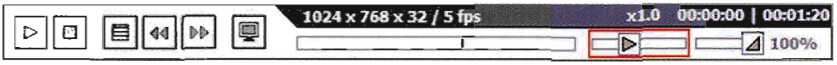


Рис. 34. Путевые точки и маршрут, переданные из прибора в **GPS TrackMaker**.

Видеофрагменты на прилагаемом к пособию DVD-диске подготовлены при помощи бесплатно распространяемой программы **UVScreenCamera** (версия **3.0.0.55**, автор Ю. Выровщиков). Воспроизведение фильма осуществляется при помощи модуля **uvPlayer** (версия **2.4**), встроенного в каждый EXE-файл с видеофрагментом. При просмотре в нижней части экрана появляется всплывающая панель **uvPlayer**, предназначенная для управления им. На этой панели имеется инструмент регулирования скорости воспроизведения видеофрагмента, который наиболее часто используется (выделен рамкой красного цвета на приведенном ниже рисунке):



Отправка данных из ПК в GPS-навигатор выполняется в **GPS TrackMaker** аналогичным образом после выбора кнопки *Send to GPS*. Пересылать в прибор можно предварительно выбранные точки, маршруты или треки. Если в графическом окне программы сформирован такой выбор, то в модуле обмена данными автоматически включается опция «*Send Only Selected Data*». Выбранные треки и маршруты будут посланы полностью, даже если выделены только их отдельные сегменты. Если выделение объектов отсутствует, то эта опция не будет активна (см. рис. 33). К сожалению, при

загрузке данных в прибор GPSMAP 76CSx не поддерживается русская кодировка, что является существенным недостатком программы **GPS TrackMaker** при всех ее многочисленных достоинствах.

Подготовка данных на ПК и загрузка их в GPS-приемник

Корректную работу с кириллическими шрифтами (как при загрузке, так и выгрузке данных) обеспечивает программное обеспечение **MapSource 6.10.2/Trip & Waypoint Manager 3.00**, поставляемое в комплекте с портативным навигатором GPSMAP 76CSx. Программа **Trip & Waypoint Manager** обладает хорошо проработанным и понятным интерфейсом, имеет полный набор инструментов по созданию и редактированию векторных объектов, предназначенных для загрузки в GPS-приемник. Однако, по сравнению с **GPS TrackMaker**, в этом пакете присутствует крайне ограниченный, узко специализированный набор форматов, что делает его мало пригодным для совместного использования с ГИС. Поэтому, лучшим вариантом будет применение обеих указанных программ для работы с прибором GPSMAP 76CSx.

Создадим с помощью **GPS TrackMaker** и **Trip & Waypoint Manager** на основе файла обменного формата ГИС **MapInfo 8.5** треки границы Кроноцкого заповедника и контура Кроноцкого озера для загрузки в GPS-приемник.

Рис. 35. Форма выгрузки данных из прибора GPS в **Trip & Waypoint Manager**.

Выберем стандартным образом файл Оз_Кроноцкое.mif с векторным изображением озера Кроноцкого из папки C:\СЕМИНАР\ИСХ_ДАН\01 для импорта в программное обеспечение **GPS TrackMaker**, не изменяя параметры формы *Data Import Tool*. На экране появится контур озера, представленный замкнутым треком, который заполнен синим цветом (если заливки нет, нажмите кнопку *Show Tracklogs by Color*). Способность имитировать площадные объекты из линейных и применять к ним штриховки и заливки цветом - полезная особенность про-

граммы. Отправляем трек в прибор, следуя ранее изложенным действиям. В форме *Carmin Interface* обязательно должен быть выставлен флажок *Send Tracklogs as Active Log*, в противном случае путь не будет загружен полностью и на экране прибора появится сообщение «Путь усечен». На странице *Пути* отмечаем, что трек занял 9% памяти GPSMAP 76CSx.

Запускаем программу **Trip & Waypoint Manager** и выгружаем в нее активный трек из прибора, используя команду *Receive from Device...* из меню *Transfer* или соответствующую кнопку на одноименной панели инструментов. После завершения автоматического поиска GPS-приемника указываем тип объекта (рис. 35) и выполняем операцию. Контур Кроноцкого озера появляется в окне карты и добавляется на вкладку *Tracks*, где выводится информация о количестве точек, на основе которых он создан. В данном случае их 983 шт. (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\01\1_02.exe).

Возвращаемся на страницу *Пути* прибора GPSMAP 76CSx, где сохраняем активный трек при помощи кнопки *Сохр.*, ему автоматически присваивается имя, соответствующее текущей дате. Снова выгружаем на ПК, используя **Trip & Waypoint Manager**, теперь уже два трека - активный и сохраненный. Отмечаем, что количество точек сохраненного в приборе пути уменьшилось до 500 (это максимально допустимая величина при записи трека). Оптимизация пути за счет разреживания его узлов, выполненная приемником GPSMAP 76CSx, в большинстве случаев очень эффективна - новый трек практически полностью повторяет форму исходного (см. рис. 37-Б и видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\01\1_03.exe).

Если же автоматическая оптимизация приводит к существенному упрощению контура трека, можно обработать оригинальный активный трек инструментом фильтрации пути программы **Trip & Waypoint Manager**, вызываемым кнопкой *Filter...* из формы *Track Properties* (меню *Edit/Track Properties*). На выбор предлагаются четыре типа фильтров, из кото-

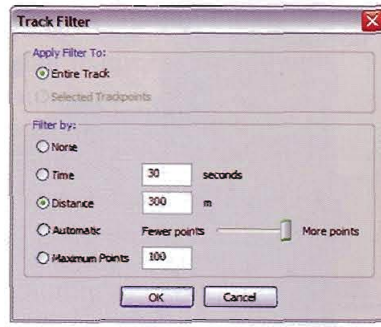


Рис. 36. Оптимизация треков в **Trip & Waypoint Manager**.

рых выберем *Distance* с параметром 300 м (рис. 36). Результат разреживания точек можно сразу же наблюдать в окне карты. Количество узлов трека сократилось до 350. На рисунке 37 представлен фрагмент исходного пути и 2 варианта его преобразования. Назовите трек, оптимизированный прибором, *Оз.Кроноцкое* и сохраните файл под именем Кроноцкое_озеро.gdb в папку C:\СЕМИНАР\РЕЗ\01 (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\01\1_04.exe).

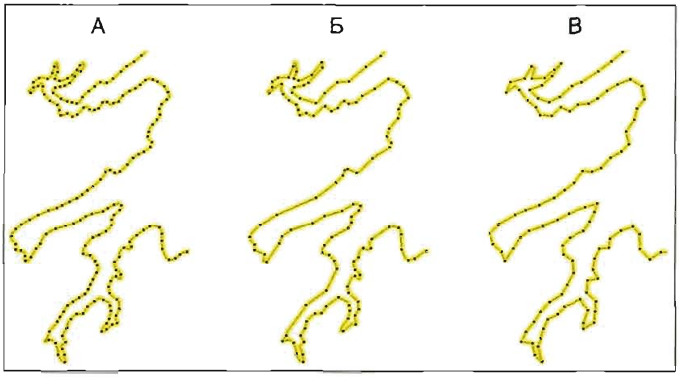


Рис. 37. Исходный трек на основе полигона ГИС (А) и различные варианты его оптимизации: автоматически средствами навигатора (Б) и фильтрацией в **Trip & Waypoint Manager** (В) (пояснения в тексте).

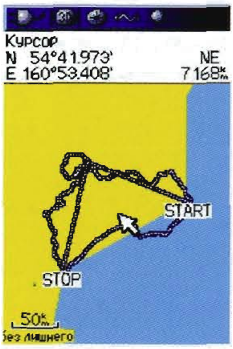


Рис. 38. Лишние линии треков.

Таким же способом загружаем в навигатор векторный слой границ Кроноцкого заповедника (Граница Кроноцкого заповедника.mif), который использует 68% памяти прибора. Два полученных трека (для каждого участка заповедника) выгружаем в программу **Trip & Waypoint Manager**. Фиксируем значительное количество точек, на которых они построены - в сумме 6856 шт. Выполняем сохранение активного трека в приборе, при этом общее число точек уменьшается до 500. Часто при этой операции GPS-приемник соединяет начальную и конечную точки пути (или одного пути с точками другого) прямыми линиями, отображение ко-

торых на карте нежелательно (рис. 38) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\01\1_05.exe). Для их удаления воспользуемся инструментом *Track Divide Tool* программы **Trip & Waypoint Manager**, предварительно выгрузив в нее редактируемые треки. Он расположен на панели инструментов *Track Edit* и предназначен для разделения треков. Для вырезания участка трека необходимо инструментом *Track Divide Tool* указать начальную и конечную точки. При этом исходный трек будет разделен на несколько треков, из которых ненужные удаляются (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\01\1_06.exe). Результат редактирования пути демонстрирует рисунок 39. На этом же рисунке можно оценить качество карты мира, входящей в комплект программы **MapSource 6.10.2/Trip & Waypoint Manager 3.00** - юго-восточная сухопутная граница Кроноцкого заповедника точно соответствует береговой линии полуострова Камчатка, чего нельзя сказать о базовой карте мира GPS-приемника, контуры материков которой существенно генерализованы (см. рис. 38). Назовите отредактированные треки границы заповедника *Участок 1* и *Участок 2* и сохраните файл под именем Кроноцкий заповедник modify.gdb в папку C:\СЕМИНАР\РЕЗ\01.

Рис. 39. Отредактированные треки границы Кроноцкого заповедника.

Отправляем обратно исправленные и оптимизированные пути (озера и границ заповедника) в навигатор, для чего предназначена команда *Send To Device...* из меню *Transfer*. Ее использование полностью идентично действию команды *Receive from Device...*, интерфейс формы загрузки аналогичен представленному на рисунке 35 (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\01\1_07.exe).

Теперь пути занимают всего 4% памяти прибора. Однако излишнее упрощение треков может сделать их мало пригодными для навигации по местности. Во всех случаях рекомендуется использовать как можно более точные треки, что не всегда позволяют реализовать ограниченные ресурсы GPS-приемника. Поэтому предпочтительнее загружать в портативный навигатор линейные и полигональные объекты ГИС не в виде треков, а формировать из них многослойные GPS-карты, которые наряду с сохранением детальности векторной графики имеют компактный размер. Картографические возможности GPS-приемника GPSMAP 76CSx будут рассмотрены в разделе 7.

Результаты обмена путевыми точками, треками и маршрутами между ПК и спутниковым навигатором демонстрирует рисунок 40

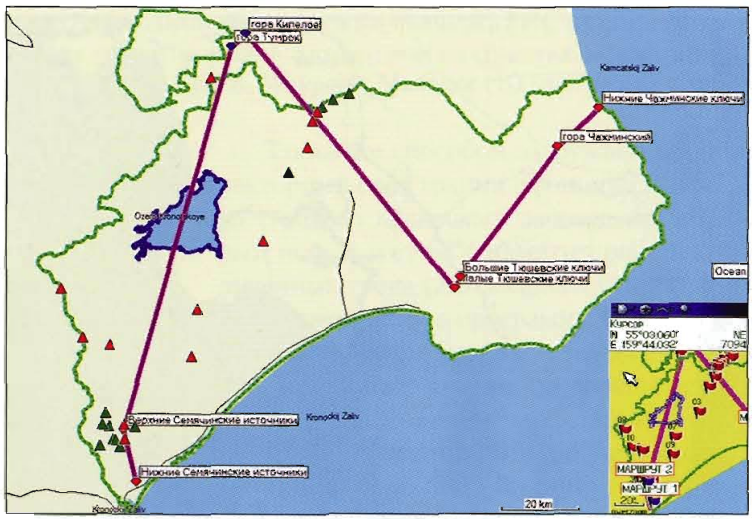


Рис. 40. Карты, полученные в результате обмена данными между ПК и приемником GPSMAP 76CSx.

(см. файл Источники_озеро_вулканы_modify.gdb в папке C:\СЕМИНАР\КОНТР_РЕЗ\01).

Функциональных возможностей рассмотренного программного обеспечения (**MapSource 6.10.2/Trip & Waypoint Manager 3.00** и **GPS TrackMaker 12.3**) достаточно для решения большинства практических задач. Обмен данными между указанными программами можно осуществлять через спутниковый навигатор или посредством использования формата *.DXF **AutoCAD**, который поддерживается **Trip & Waypoint Manager**, но в последнем случае потребуется профессиональная версия программы **GTM Pro** для преобразования в формат *.GTM. В **GPS TrackMaker 13.0** появилась поддержка формата GPS eXchange (*.GPX), экспорт данных в который возможен в **Trip & Waypoint Manager 3.00**.

Среди других программ, осуществляющих взаимосвязь между GPS-приборами и ПК, в первую очередь, следует назвать **GPS Utility**, имеющую поддержку многочисленных форматов, включая основные гисовские, а также **OziExplorer**, **GARtrip**, **G7ToWin**, **Waypoint+**, обзор которых опубликован ранее (Использование GPS- и ГИС-технологий..., 2006). Большинство из них не имеет поддержки USB-порта, поэтому для работы с GPSMAP 76CSx необходимо будет приобрести дополнительный кабель.

В данном разделе мы рассмотрели технику обмена данными между современными GPS-приемниками и персональными компьютерами, что позволяет, с одной стороны, осуществлять пополнение пространственной информацией ГИС, а, с другой, - использовать объекты ГИС для навигации по местности.

4. Географические информационные системы

4.1. Структура и характеристика ГИС

В конце XX века появился новый класс информационных систем - *географические информационные системы (ГИС)*, которые в настоящее время становятся одним из основных программных средств, используемых для организации природоохранной деятельности. ГИС - это системы управления цифровыми базами данных, разработанные для сбора, хранения, анализа и отображения пространственных сведений об объектах.

Основными компонентами ГИС являются: данные, программное обеспечение, оборудование (аппаратное обеспечение) и функциональные возможности, основанные на специфической методологии и алгоритмах. В основе любой геоинформационной системы лежат такие принципы как пространственность, связанность и комплексность (системность), которые реализуются через функции визуализации, организации, управления, обработки и анализа информации.

Геоинформационные системы сочетают в себе графические функции и функции работы с базами данных, а, следовательно, имеют два модуля - графический и СУБД. Последний позволяет хранить и управлять атрибутивной информацией, связанной с объектами карт. Как следствие, в ГИС используются картографические (точки, линии, полигоны) и связанные с ними не графические данные (атрибутивные или описательные), которые объединены в определенные структуры - топологии и слои. Другими словами, ГИС хранят информацию о реальном мире в виде набора тематических слоев, связанных на основе географического положения. Каждый слой предназначен для хранения однотипных пространственных объектов (или набора данных), имеющих общие свойства или функциональные признаки.

В основе ГИС лежат принципы технологий, развитых в системах автоматизированного проектирования (САПР), однако между

ними имеется существенная разница - наличие в ГИС геокодированной базы данных и средств их анализа. По сравнению с CAD, ГИС обладает математическими моделями, при помощи которых можно создавать карты с новым содержанием. ГИС не являются просто компьютерными системами для составления карт, их главное преимущество заключается в способности определять пространственные связи между объектами карты. Предназначение ГИС не только в хранении карт и прочих изображений в общепринятом смысле, а в возможности с помощью имеющихся данных создавать их необходимое представление.

В геоинформационных системах используются географические карты, которые представляют собой отображение цифровой модели местности с помощью компьютерной визуализации. Они могут быть векторными, растровыми или гибридными. Векторные модели оперируют непосредственно с координатами объектов и слагающих их точек. Растровые - это модели данных с делением пространства, использующие регулярную сетку точек. Многослойная организация электронных карт позволяет гибко управлять отображением только необходимых данных, при этом может эффективно использоваться атрибут прозрачности растров.

Сбор данных для ГИС может осуществляться разными способами (ввод координат с помощью GPS-приемников, сканирование и оцифровка бумажных карт и пр.).

Все поступающие в ГИС данные геокодируются, что означает сопоставление каждой записи БД графическому объекту карты, имеющему реальные географические координаты. Координаты точек пространственных объектов используют для указания их местоположения на земной поверхности, которая, как известно, имеет сложную форму и состоит из двух резко отличающихся морфологических элементов - материков и океанов.

При составлении карт пространственное положение точек отображается в плоском (двухмерном) представлении. Поскольку поверхность Земли является сфероидом, для создания плоской карты сферической поверхности необходимо использовать специальные методы трансформации. Математические модели, преобразующие места расположения объектов на поверхности Земли в их места расположения на двухмерной плоскости, называются *проекциями*. Для картографирования земной поверхности в ГИС используются

различные плоские координатные системы, каждая из которых базируется на определенной картографической проекции. Группа математических процедур ГИС, осуществляющая переход от одной картографической проекции к другой или от пространственной системы к картографической проекции, носит название *проекционных преобразований*.

Наиболее привычной системой описания положения в пространстве является система широт и долгот, которые являются угловыми величинами, измеренными от центра Земли до точки на ее поверхности. Система меридианов и параллелей может использоваться для определения местоположения точек в любом месте на земной поверхности.

Программное обеспечение ГИС в зависимости от функциональных возможностей и технологии обработки геоинформации подразделяется на:

- инструментальные ГИС;
- ПО для просмотра ГИС-карт (вьюеры);
- справочные картографические системы (СКС);
- векторизаторы растровых картографических изображений.

Инструментальные ГИС обладают полным набором средств ввода, хранения, обработки, анализа и вывода информации. ГИС-вьюеры предназначены, как правило, для визуализации пространственных данных. СКС ориентированы на подготовку атрибутивных данных для ГИС. Векторизаторы растров используются для оцифровки бумажных карт и создания цифровой картографической основы геоинформационных систем.

В настоящее время на мировом рынке представлены десятки хорошо известных ГИС-пакетов. Лидирующие позиции среди производителей программного обеспечения ГИС занимает компания ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). В 1979 г. этой компанией была выпущена первая версия **Arc/Info**, которая работала на мощных рабочих станциях под управлением операционных систем типа **Unix**, а в мае 1992 г. появился программный пакет **ArcView 1**, который вначале, в основном, выполнял функции вьюера данных **Arc/Info**. Тем не менее, это была одна из первых настольных ГИС-программ для персональных компьютеров. В декабре 1994 г. ESRI анонсировала выход **ArcView 2.0**, а в июле 1995 г. - **ArcView 2.1**. Начиная с версии **3** , в названии программы появилась

приставка GIS, что означало ее трансформацию в самостоятельный ГИС-продукт. В настоящее время базовой и одной из самых распространенных версий, в т.ч. и в России, является **ArcView GIS 3.3**.

Позднее были созданы еще более усовершенствованные разновидности данной серии ПО, например **ArcView GIS 8.3**. Официальным дистрибьютором компании ESRI в Российской Федерации является ООО «ДАТА+», в которой бесплатно можно получить ознакомительную версию этой программы. В 2000 г. ESRI объединила пакет для создания данных - **Arc/Info** и пакет для визуализации - **ArcView GIS** в единый пакет с принципиально новым интерфейсом и расширенными возможностями - **ArcGIS** (в 2007 г. выпущена новейшая версия **9.2**). Семейство **ArcGIS** состоит из нескольких программных продуктов, базовым из которых является **ArcGIS Desktop**, представленный, в свою очередь, четырьмя взаимосвязанными компонентами - **ArcReader**, **ArcView**, **ArcEditor** и **ArcInfo**.

Другой популярной и широко распространенной ГИС является **Mapinfo Professional**, разработанная MAPINFO CORPORATION. Впервые программа появилась в 1985 г. В 2006 г. выпущена версия продукта под номером **8.5**, а в 2007 г. анансирована версия **9.0**. Официальным дистрибьютором MAPINFO CORP. в России и СНГ является компания ESTI MAP. Данной ГИС посвящен подраздел 4.2 настоящего пособия.

Отличительной особенностью геоинформационных пакетов компании AUTODESK (от **AutoCAD Map 2000** до **Autodesk Map 3D 2007**) является поддержка всех функциональных возможностей базового продукта **AutoCAD**, что позволяет создавать высокоточные картографические основы, а также обрабатывать и анализировать географическую информацию. Данная серия программного обеспечения поддерживает многочисленные модули расширения **AutoCAD**, в частности, предназначенные для гибридного редактирования и трассировки растров, что позволяет готовить ГИС-данные в одной среде и выгодно отличает **Autodesk Map 3D** от аналогичных программ других компаний.

Единственной довольно популярной геоинформационной системой российского производства является **GeoDraw/GeoGraph** (ЦГИ ИГ РАН), которая поставляется в виде двух основных программных компонентов - векторного редактора **GeoDraw** и геоинформационной системы **GeoGraph**.

4.2. ГИС MapInfo Professional

Корпорация MAPINFO (Mapping Information Systems Corporation, USA) является всемирно признанной компанией по разработке и распространению геоинформационного программного обеспечения, специализированных приложений и картографических материалов. Программная продукция выпускается на 20 языках и предлагается в 60 странах мира. Помимо этого, компания осуществляет техническую поддержку программного обеспечения, выполняет обновление карт, проводит консультации и обучение.

Флагманским продуктом корпорации является инструментальная ГИС **MapInfo Professional**, которая использована в качестве базовой при подготовке данного методического пособия.

В настоящее время система **MapInfo** представляет собой универсальное и наиболее распространенное средство для создания ГИС, обеспечения компьютерного картографирования и оперативного принятия решений.

MapInfo имеет многочисленные функциональные возможности такие, как анализ данных в реляционной БД; поиск географических объектов; создание и редактирование карт высокого качества, включая тематические и 3D-карты; построение тематических и картографических легенд; поддержка широкого набора форматов данных; доступ к удаленным БД и распределенная обработка данных; простота интеграции карт в приложения Windows и т.д.

MapInfo содержит встроенную реляционную СУБД, работающую по SQL-запросам с файлами в форматах DBF, XLS, MDB, ASCII и др.

Информация в **MapInfo** может быть представлена в виде карт с легендами, графиков и диаграмм, таблиц и отчетов, содержимое которых обновляется автоматически при редактировании данных в одном из окон (технология динамического обновления).

Рассматриваемая ГИС предоставляет сотни систем географических координат и картографических проекций, осуществляет «на лету» преобразование карт с разными проекциями при открытии их в одном окне. Аналитические возможности системы позво-

ляют определять площади, расстояния и прочие пространственные характеристики объектов.

В **MapInfo** реализован развитый модуль построения запросов, как к внутренней, так и внешним базам данных. Особенно тесная интеграция прослеживается с **MS Access**.

В системе имеется встроенный язык программирования MapBasic, дополненный средствами создания графических интерфейсов и работы с СУБД. MapBasic содержит возможности организации меню и диалогов, работы с окнами, всевозможные геометрические и чертежные операции, средства формирования сложных, в том числе географических, SQL-запросов.

MapInfo относится к разновидности векторных ГИС, работающих в основном с векторными моделями. Естественно, данная программа может использовать и растровые изображения, имея необходимый набор инструментов для управления ими. **MapInfo** поддерживает многочисленные растровые форматы. Если векторная модель дает информацию о том, где расположен тот или иной объект, то растровая - информацию о том, что расположено в той или иной точке территории. Это определяет основное назначение растровых моделей - непрерывное отображение поверхности. Для построения растровых поверхностей используется специальное приложение к **MapInfo - Vertical Mapper**. При совместном использовании этих продуктов система становится, по-настоящему, универсальной и способной обрабатывать и анализировать массивы данных, как в векторном, так и в растровом представлении.

Тематическая картография является мощным средством анализа и наглядного представления пространственных данных. В **MapInfo** можно создавать тематические карты отдельных значений, диапазонов значений, размерных символов, плотности точек, столбчатых и круговых диаграмм, а также гридов - непрерывных растровых поверхностей.

Универсальный транслятор **MapInfo** способен импортировать векторные карты и отдельные объекты, созданные в других геоинформационных системах и САПР.

Базовые понятия **MapInfo** близки к другим ГИС, однако имеются и специфические термины, свойственные только данному продукту. Полная терминология **MapInfo** доступна зарегистрированным пользователям на сайте компании ESTI MAP (*www.esti-map.ru*).

Первая версия рассматриваемой ГИС разработана в конце 80-х годов прошлого столетия. За 20-летний период **MapInfo** была значительно усовершенствована, превратившись в наиболее развитую, мощную и, вместе с тем, простую в использовании систему настольной картографии, позволяющую решать широкий спектр задач в различных сферах деятельности, особенно природоохранной.

Мы представим некоторые наиболее значительные изменения и дополнения в версиях **7.5** и **8.5**, появившиеся, соответственно, в 2004 и 2006 гг.

MapInfo Professional 7.5:

- внесено изменение в процедуру создания точечных объектов (возможность использования численных значений, которые хранятся в текстовых полях, а также перемещения на карте точечных объектов без удаления существующих);
- улучшено разрешение при создании трехмерных карт и призм;
- добавлены новые типы штриховок и возможность их масштабирования при печати;
- внесены усовершенствования в работу с базами данных - чтение файлов **MS Excel** большого размера (до 64000 строк);
- расширены функциональные возможности масштабирования, сдвига карты и ее объектов;
- улучшен режим совмещения (добавлена окружность вокруг курсора совмещения узлов);
- осуществлена интеграция с **Vertical Mapper** - программой построения поверхностей и изолиний, работающей с запросами и производящей геостатистический анализ слоев поверхности;
- добавлены новые программы Cogoline (создание линии по заданному расстоянию), Register Vector (регистрация векторных изображений), Workspace Packager (упаковщик рабочих наборов).

MapInfo Professional 8.5 (по материалам *http://www.esti-map.ru*):

картографирование

- новые кнопки панели инструментов для рабочих наборов;
- просмотр списка открытых таблиц;
- объединение карт;
- выбор предпочтительных единиц измерения расстояний и площадей;

- сохранение окна карты в TAB-файле;
- выбор предпочтительного вида;
- сохранение тематической карты в таблице;
- в окно списка добавлена возможность вычисления выражений и сохранения настроек;
- улучшение автотрассировки.

Дополнения и изменения утилит

- обновлен Универсальный транслятор;
- улучшена утилита «Связь с Google Earth», при помощи которой можно отображать свои картографические данные на картах Google Earth.

Печать, Импорт и Экспорт

- добавлен новый фильтр экспорта, выполняющий сглаживание, корректирующее зазубренные линии карт и подписей, что значительно улучшает качество карт;
- возможность настройки при печати сглаживания изображений и текстовых шрифтов;
- улучшена печать крупных изображений (форматы A0 и др.);
- добавлена печать карт в файлы PDF.

Работа с растровыми изображениями

- перепроецирование растровых изображений;
- дополнения диалога Регистрация изображения;
- улучшена поддержка GRD-файлов **Vertical Mapper**.

Покажем на конкретном примере использование основных возможностей **MapInfo** по оформлению и визуализации карт.

УПРАЖНЕНИЕ № 2

Задание - освоить технику оформления и визуализации карт в среде ГИС.

Используемое ПО - **MapInfo 8.5**.

Исходные данные:

- векторные слои административных единиц (полигональный), дорожной сети (линейный), населенных пунктов Российской Федерации (точечный) и части акватории Тихого океана (полигональный).

Масштаб - 1 : 1 000 000.

Картографическая проекция - Mercator WGS84.
Формат - *.TAB.

В ходе выполнения упражнения демонстрируются основные функциональные возможности **MapInfo 8.5** по оформлению и визуализации карт (работа с таблицами, управление слоями, установка масштабов отображения слоев или генерализации карты, использование точечных, линейных и полигональных объектов, формирование тематической окраски полигонов, оформление и отображение надписей, упаковка рабочих наборов).

Используются 4 файла (административные_границы.tab, дороги.tab, населенные_пункты.tab, океан.tab) из директории C:\СЕМИНАР\ИСХ_ДАН\02.

Перед выполнением упражнения рекомендуется установить директорию СЕМИНАР по умолчанию для открытия таблиц и рабочих наборов **MapInfo**, указав путь C:\СЕМИНАР в форме *Directory Preferences* (кнопка *Directories...* в меню *Options/Preferences...*) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\02\2_01.exe).

Откроем в **MapInfo** таблицу административные_границы.tab в новом окне карты, используя команду *Open...* из меню *File* и установив в диалоговом окне *Open* параметр *New Mapper* в поле *Preferred View*. Для вывода на экран всей карты административного деления РФ выполните команду *View Entire Layer...* из меню *Map* и укажите в раскрывающемся списке карту административные_границы. Увеличьте с помощью инструмента *Zoom-in*, расположенного на панели инструментов *Main*, дальневосточный регион (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\02\2_02.exe).

Карта административные_границы.tab состоит из векторных объектов полигонального типа. Представим основные способы редактирования картографических элементов. В качестве изменяемого параметра используем атрибут цвета имеющихся полигонов.

Для внесения любых изменений в карту необходимо сделать слой, на котором она расположена, редактируемым в форме *Layer Control*, которая вызывается через контекстное меню щелчком правой кнопкой мыши или одноименную кнопку на панели инструментов *Main*. В указанной форме активизируется флажок *Editable* напротив имени изменяемой таблицы. Кроме *Editable* имеются еще три типа флажков (*Visible* - включает или выключает видимость слоя,

Selectable - разрешает или запрещает выделение объектов выбранной таблицы и *Auto Label* - управляет автоматическим подписанием объектов). После включения флажка *Editable* по углам любого выделенного на карте объекта появляются квадратные маркеры черного цвета, что свидетельствует о возможности его модификации.

Индивидуальное редактирование полигона, в частности присвоение ему цвета, осуществляется через команду *Get Info* меню *Edit* (быстрый вызов - клавиша F7 или двойной щелчок левой кнопкой мыши на объекте). Доступ к элементам форматирования в форме *Get Info* открывается кнопкой *Style*. Для редактирования произвольного набора объектов, который формируется инструментом *Select* при удержании клавиши SHIFT, применяется кнопка *Region Style* на панели инструментов *Drawing*. Для однотипного оформления всех объектов слоя активируется параметр *Style Override* (форма *Layer Control*, кнопка *Display*) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\02\2_03.exe).

Наиболее быстрый и наглядный способ тематической окраски полигонов с автоматической генерацией легенды заключается в создании тематической карты, для чего в **MapInfo** используется команда *Create Thematic Map...* из меню *Map*. Выберем тип карты *Individual* и шаблон с оттенками пастельных цветов. На втором шаге указываем поле, содержащее названия административных единиц РФ (*Name_adm1*), которые будут использованы для построения легенды. Редактирование тематической карты выполняется через команду *Modify Thematic Map...* того же меню. Получить атрибутивную информацию о конкретном объекте карты можно с помощью инструмента *Info*. Видеофрагмент 2_04.exe демонстрирует технику формирования тематической карты и внесения в нее изменений.

Добавим из директории C:\СЕМИНАР\ИСХ_ДАН\02 в окно с полученной тематической картой три таблицы (дороги.tab, населенные_пункты.tab и океан.tab), используя команду *Open...* из меню *File* и установив в диалоговом окне *Open* параметр *Current Mapper* в поле *Preferred View*. Применим к ним однотипные стили оформления путем активизации параметра *Style Override* (форма *Layer Control*, кнопка *Display*). Редактирование линейных (таблица дороги.tab) и точечных (таблица населенные_пункты.tab) объектов осуществляется по аналогии с полигональными. Последовательность действий по настройке стилей приведена в видеофрагменте 2_05.exe.

Отобразим на карте названия административных единиц, что можно выполнить в автоматическом и ручном режимах. В форме *Layer Control* имеется кнопка *Label*, нажатие на которую выводит на экран окно *Label Options*, где указывается поле с надписями, определяются шрифт, параметры позиционирования и пр. После завершения настройки в *Layer Control* делается активным флажок *Auto Label* для таблицы административные_границы.tab и выполняется автоподписывание полигонов. В пространстве карты надписи привязаны к центроидам объектов, что не всегда является оптимальным. Для корректировки их позиции используется инструмент ручного подписания объектов *Label*, расположенный на панели *Main*. Можно применять инструмент *Label* без автоподписания всех объектов слоя, нанося надписи только там, где это требуется (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\02\2_06.exe).

Отобразим на экране полученную карту целиком. Мы видим, что при уменьшении масштаба изображение становится плохо читаемым за счет излишней детализации слоев дорожной сети и размещения населенных пунктов, а также близко расположенных надписей. В форме *Layer Control* предусмотрена возможность установки масштабов отображения слоев и подписей объектов (при этом флажки приобретают малиновую окраску). После завершения настройки определенные слои появляются только при переходе через заданные границы масштабирования (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\02\2_07.exe).

На рисунке 41 представлена результирующая карта, оформленная средствами **MapInfo**. Сохраним ее как рабочий набор Результат.wor в папку C:\СЕМИНАР\РЕЗ\02\ командой *Save Workspace...* из меню *File*. При этом будут сохранены тематическая карта, перечень использованных таблиц с их индивидуальным форматированием, масштаб карты, расположение открытых окон и остальные характеристики текущего сеанса работы. Однако в указанную директорию будет помещен только один файл рабочего набора Результат.wor, содержащий ссылки на использованные таблицы. Данное обстоятельство может создать проблемы при использовании рабочего набора на другом ПК вследствие расположения таблиц в других папках, отсутствия некоторых из них и пр. Начиная с версии **7.5**, в **MapInfo** появился модуль упаковки рабочих наборов *Workspace Packager*, который осуществляет поиск всех использованных в них файлов и ко-

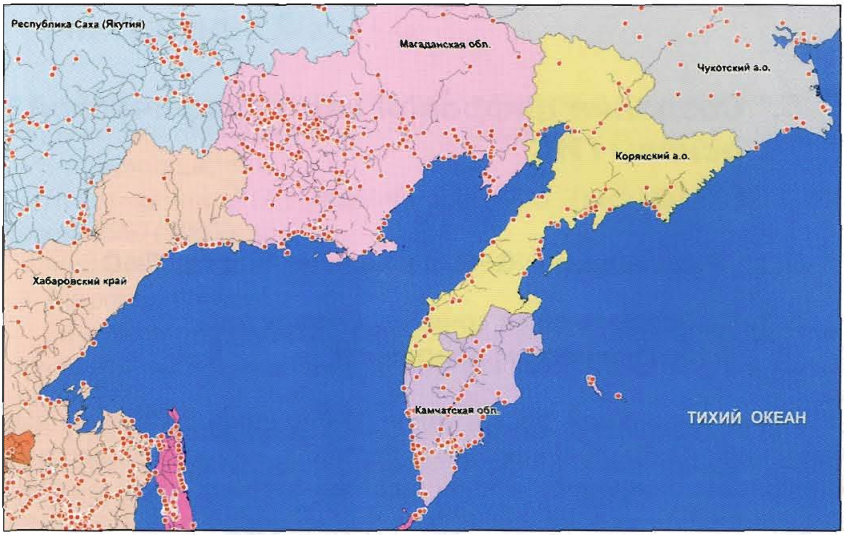


Рис. 41. Карта административного деления Дальневосточного региона РФ с размещением дорожной сети и населенных пунктов.

пирует их в указанную пользователем папку. Такой подход гарантирует корректное открытие рабочего набора на любом другом ПК или съемном носителе информации. Выполним упаковку полученной карты в рабочий набор с тем же именем и в ту же директорию. Модуль *Workspace Packager* подключается через пункт *Tool Manager...* меню *Tools*. При работе с ним указывается только путь сохранения рабочего набора и всех связанных с ним файлов, остальные параметры следует оставить без изменения (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\02\2_08.exe).

В данном подразделе дан обзор основных возможностей **MapInfo**, рассмотрены базовые понятия этой ГИС, представлены средства оформления и визуализации карт с ее помощью. С более сложными приемами обработки информации в среде **MapInfo 8.5** мы познакомимся в последующих практических упражнениях.

5. Создание цифровой картографической основы ГИС

5.1. Размещение GPS-данных на картах ГИС

5.1.1. Отображение точечных объектов по значениям координат

Профессиональное программное обеспечение для обмена данными между GPS-приемниками и персональными компьютерами, как правило, включает средства экспорта путевых точек и треков непосредственно в один или несколько ГИС-форматов. Например, такие программы, как **GTM Pro 3.8** поддерживают обменный формат **MapInfo** *.MIF и SHP-файлы **ArcView GIS 3.3**. Графические объекты в таких файлах уже имеют координатную привязку и могут сразу отображаться в ГИС.

Однако для многих бесплатных программ указанного предназначения характерен ограниченный набор выходных форматов, среди которых нет стандартных «гисовских». В этом случае для размещения данных на картах ГИС нужно выполнить определенные действия, заключающиеся в:

1) создании TAB-файла **MapInfo** из исходных данных;

2) геокодировании или формировании по значениям координат точечных объектов;

3) их отображении в окне карты.

Наиболее часто перечисленные действия используются для визуализации контрольных (опорных) точек, полученных на местности в ходе GPS-съемки и предназначенных для регистрации растровых изображений в ГИС (см. пункт 5.2.2), а также создания точечных карт, наиболее широко применяемых в геоинформационных системах ООПТ.

Рассмотрим их в указанной выше последовательности на примере данных учетов белоплечего орлана на территории Кроноцкого заповедника.

УПРАЖНЕНИЕ № 3

Задание - освоить геокодирование данных и формирование точечных объектов по значениям координат, полученных с помощью GPS-приемника.

Используемое ПО - **MapInfo 8.5**, **GPS TrackMaker 12.3**, **MS Access 2007(2003)**.

Модель GPS-приемника - GPSMAP 76CSx.

Исходные данные:

- путевые точки мест обнаружения в 1996 г. белоплечего орлана на территории Кроноцкого заповедника (по материалам А.В. Ладыгина, МГУ);
- атрибутивная таблица по учету белоплечего орлана;
- зоогеографическая карта Кроноцкого заповедника, 1976 г. (М 1:100 000);
- векторный слой с границей заповедника.

Система координат - Longitude/Latitude (WGS 84).

Формат - *.TAB, *.GTM, *.TXT, *.DBF, *.MDB.

Задание выполняется в три этапа, включающих:

- формирование в ГИС точечных объектов по значениям координат;
- геокодирование таблиц и управление атрибутивной информацией;
- отображение объектов и создание точечных тематических карт.

Формирование в ГИС точечных объектов по значениям координат

1. Выгружаем координаты точек мест обнаружения белоплечего орлана из GPS-приемника GPSMAP 76CSx в ПК (см. Упражнение № 1), используя программу **GPS TrackMaker 12.3**.

2. Сохраняем данные в формате *.TXT (Waypoint+ Text Format) - Белоплечий орлан выгрузка GPS.txt, папка C:\СЕМИНАР\РЕЗ\03. Любая из программ, передающих в ПК GPS-данные, может сохранять их в одной из разновидностей обычного текстового файла, обязательно содержащего координаты широты и долготы для каждой точки. Ниже представлен типичный фрагмент содержания полученного фай-

ла, из которого в одном из текстовых редакторов удаляем первую строку и сохраняем изменения:

Datum,WGS84,WGS84,0,0,0,0,0 - *эта строка удаляется из файла*
WP,D,1,54.1657855520988,159.985630564772,00/00/00,00:00:00,1
WP,D,2,54.1641908879696,159.977353028125,00/00/00,00:00:00,2
WP,D,3,54.1452737616994,159.948490973241,00/00/00,00:00:00,3
WP,D,4,54.1475798659020,159.944700170494,00/00/00,00:00:00,4
(см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_01.exe).

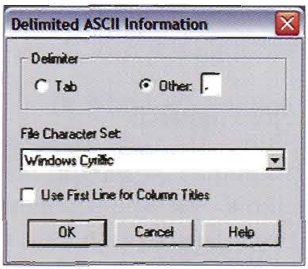


Рис. 42. Настройка параметров импорта текстового файла в **MapInfo**.

3. Открываем текстовый файл в **MapInfo 8.5** обычным способом через меню *File/Open*, где следует выбрать формат Delimited ASCII (*.TXT). Далее указывается кодировка, разделитель между полями и возможность использования первой строки в качестве заголовка столбцов (рис. 42), после чего информация появляется в табличной форме в окне *Browser*. При этом автоматически не формируется стандартный TAB-файл **MapInfo**. Для того, чтобы зарегистрировать таблицу ASCII, надо создать указанный файл командой *File/Save Copy As...* (назовем его Белоплечий орлан.tab). После этого надо закрыть в **MapInfo** активную таблицу (меню *File/Close All*) и открыть вновь созданную. При этом появится возможность редактирования данных, в частности, изменения структуры таблицы, из которой удаляем все поля (кнопка *Remove Field* формы *Modify Table Structure* в меню *Table/Maintenance/Table Structure...*), за исключением полей с номерами точек и их координатами, которым присваиваем смысловые названия (рис. 43). После модификации структуры таблица исчезает с экрана. Для ее визуализации используется команда *New Browser Window* из меню *Window*.

Перед отображением путевых точек на карте ГИС в свойствах таблицы (*Table/Maintenance/Table Structure...*) нужно установить флажок *Table is Mappable*, разрешающий присоединять к записям таблицы графические объекты (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_02.exe).

4. Для создания точечных объектов по значениям координат в программе **MapInfo 8.5** применяется форма *Create Points* из меню *Table* (рис. 44), в которой выбираются таблица и поля, содержащие координаты. Обращаем внимание на правильность указания колонок с широтами и долготами (координате X соответствует долгота, а координате Y - широта) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_03.exe). Альтернативным является метод геокодирования, рассмотренный далее.

5. После выполнения команды *Create Points* каждой записи таблицы ставится в соответствие точечный объект на карте.

А

Haliaetus_pelagicus Browser:1

	_COL1	_COL2	_COL3	_COL4	_COL5	_COL6	_COL7
	WP	D	1	54.1658	159.986	00/00/00	00:00:00
	WP	D	2	54.1642	159.977	00/00/00	00:00:00
	WP	D	3	54.1453	159.948	00/00/00	00:00:00
	WP	D	4	54.1476	159.945	00/00/00	00:00:00

Б

Белоплечий_орлан Browser

	НОМЕР	ШИРОТА	ДОЛГОТА
	1	54.1657855520988	159.985630647720
	2	54.1641908879696	159.977350281250
	3	54.1452737616994	159.948490732410
	4	54.1475798659020	159.944700170494 0

Рис. 43. Исходная ASCII-таблица (А) и созданная на ее основе таблица **MapInfo** (Б).

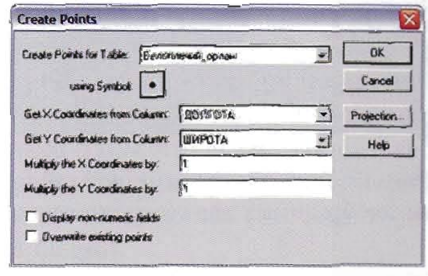


Рис. 44. Форма настройки отображения точек по значениям координат.

Аналогичный порядок действий применяется для создания точечных объектов по координатам, содержащимся в других типах файлов, например, таблицах **Microsoft Excel**.

Таким образом, мы сформировали таблицу, записи которой связаны с графическими элементами карты. Однако данная таблица не содержит никакой атрибутивной информации, кроме номеров точек и их координат. Рассмотрим методы добавления и обновления данных в таблицах **MapInfo**.

5.1.2. Геокодирование информации. Использование внешних баз данных.

Как показано в предыдущем разделе, таблицы **MapInfo** могут содержать сведения о графических объектах (такие таблицы можно показывать на карте). Под *геокодированием* понимается процесс сопоставления координат X и Y записям из базы данных, чтобы эти записи можно было изобразить графическими объектами на карте.

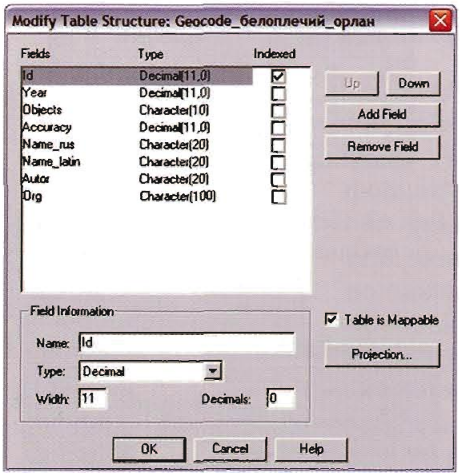


Рис. 45. Установка параметров таблицы, необходимых для геокодирования.

В **MapInfo 8.5** присутствует специальный модуль геокодирования, действие которого основано на сопоставлении записей геокодируемой таблицы записям геокодированной таблицы по индексным полям. Используем его возможности для геокодирования таблицы в формате *.DBF, включающей дополнительные сведения по белоплечему орлану.

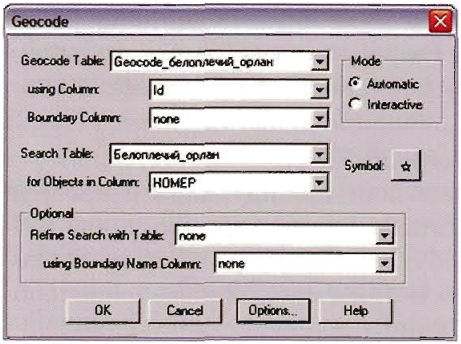


Рис. 46. Выбор таблиц и индексных полей в форме *Geocode*.

Геокодирование таблиц и управление атрибутивной информацией

1. Открываем в **MapInfo 8.5** таблицу Geocode белоплечий орлан.dbf, содержащую расширенную атрибутивную информацию по учету встреч белоплечего орлана в 1996 г. на территории Кроноцкого заповедника, оставляя предложенную

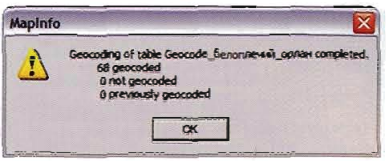


Рис. 47. Отчет **MapInfo** об успешности кодирования всех записей.

по умолчанию кодировку Windows Cyrillic без изменения. В окне *Browser* появляется содержимое таблицы, состоящей из нескольких полей: год учета, русское и латинское название вида, автор, организация и др. Геокодированная таблица Белоплечий орлан.tab также должна быть загружена в программу (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_04.exe).

2. Для возможности осуществления операции геокодирования надо выполнить два условия: во-первых, геокодируемая и геокодированная таблицы должны иметь индексированные поля, по которым будут сопоставляться записи (таким полем в первой таблице является поле «Id», а во второй - «НОМЕР»); во-вторых, в свойствах геокодируемой таблицы должно быть выставлено разрешение на присоединение графических объектов (рис. 45) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_05.exe).

3. Открываем форму *Geocode* через меню *Table/Geocode...*, где указываем кодируемую таблицу и таблицу поиска (геокодированную), а также индексные поля в них (рис. 46). Выполняем геокодирование, на экран выводится отчет о том, что все 68 записей таблицы успешно геокодированы (рис. 47). Сохраняем полученную таблицу под именем Geocode белоплечий орлан.tab (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_06.exe).

Вместо геокодирования новой таблицы можно изменить структуру существующей геокодированной таблицы, добавив в нее дополнительные поля (*Table/Maintenance/Table Structure...* - кнопка *Add Field*), в которых будут размещены данные негеокодированной таблицы.

Сохраним таблицу с координатами Белоплечий орлан.tab под именем Coordinate_белоплечий орлан.tab, используя команду *Save Copy As...* из меню *File*. Закроем таблицу Белоплечий орлан.tab и откроем таблицы Coordinate_белоплечий орлан.tab и Geocode белоплечий орлан.dbf.

Создадим в таблице Coordinate_белоплечий орлан.tab новое поле «Name_rus» (Type - Character, Width - 20). Затем выполним команду *Update Column...* из меню *Table* и заполним поля формы в соответ-

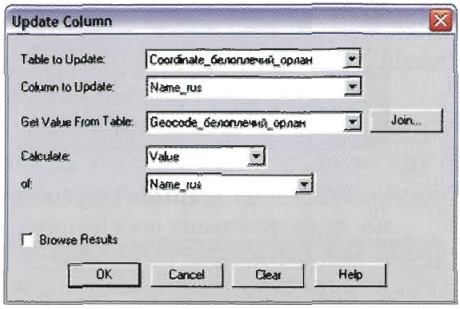


Рис. 48. Добавление к геокодированной таблице негеокодированных данных.

Рис. 49. Установка параметров сохранения таблицы **MapInfo** в формате **MS Access**.

ствии с рисунком 48. Данные из поля «Name_rus» негеокодированной таблицы будут скопированы в одноименное поле геокодированной таблицы с координатами (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_07.exe). При этом важно, чтобы обе таблицы имели одинаковый порядок записей.

Как правило, числовая (включая значения координат) и прочая атрибутивная информация хранятся в базах данных. Под ними в **MapInfo 8.5** понимается любой структурированный набор данных поддерживаемого формата. Источником данных может быть файл другого приложения (электронной таблицы, СУБД и пр.), обычный текстовый файл, как показано в предыдущем подразделе, или собственно таблица геоинформационной системы **MapInfo**.

Рассмотрим основные аспекты совместного использования **MapInfo** и одной из самых распространенных СУБД **MS Access** в плане отображения информации из базы данных на карте ГИС. **MapInfo** имеет расширенную поддержку данных в формате *.MDB, позволяя работать с ними напрямую. Хранение и редактирование данных в единой среде значительно упрощает схему управления ими.

MapInfo 8.5 позволяет, как создавать новые, так и открывать существующие таблицы из любой базы данных **MS Access** версии

не новее **2003**. **MS Access 2007** имеет собственный формат файлов *.ACCDB, который не поддерживается **MapInfo**. Поэтому при использовании **MS Access 2007** необходимо сохранять базу данных в формате версии **MS Access 2003** *.MDB.

Добавим в полученную геокодированную таблицу Geocode белоплечий орлан.tab два поля «Latitude_Y и «Longitude_X», в которые, соответственно, поместим значения широт и долгот из таблицы координат, используя команду *Update Column* (альтернативный способ - расчет широт и долгот через центроиды геокодированных точек на основе функций CentroidX(obj) и CentroidY(obj)). Сохраним таблицу в формате Microsoft Access Database (*.TAB) БД_Geocode белоплечий орлан.TAB. В форме *Save Access Table* указывается версия БД и имя таблицы, имеется возможность сохранения таблицы в существующую базу данных (рис. 49) (см. видеофрагмент С:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_08.exe). После завершения операции в указанной директории помимо стандартных четырех файлов **MapInfo** будут созданы еще два с расширениями *.AID и *.MDB, а также поле типа *Счетчик* в таблице базы данных «MAPINFO_ID». Данное поле и AID-файл нельзя удалять или вносить в них какие-либо изменения. MDB-файл - это собственно база данных **MS Access**, в которой сохранена таблица.

Откроем эту базу данных в **MS Access 2007** и добавим к таблице две записи, включающие координаты новых мест обнаружения белоплечего орлана, полученные с помощью GPS-съемки (рис. 50):

	Долгота	Широта
№ 69	160.80597013	54.831632266
№ 70	160.85381654	54.883252879

MS_Access_белоплечий_орлан : таблица

MAPINFO_ID	Id	Latitude_Y	Longitude_X	Year	Objects	Accuracy	Name_rus	Name_latin	Autor	
71	69	54.8316322658475	160.8059701268560	1996	nest	150	Белоплечий ор	Haliaetus pelag	Ладыгин А. В.	Московский
72	70	54.8832528792352	160.8538165444580	1996	nest	150	Белоплечий ор	Haliaetus pelag	Ладыгин А. В.	Московский

Запись: 71 из 71

Рис. 50. Таблица СУБД **MS Access** с двумя новыми записями.

Внесем прочую атрибутивную информацию, сохраним изменения и закроем базу данных (см. видеофрагмент С:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_09.exe). Теперь загрузим одноименный TAB-файл в отдельное окно *Списка* **MapInfo 8.5** и констатируем наличие запи-

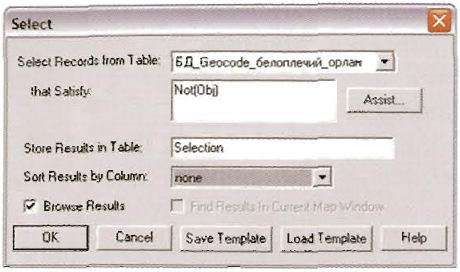


Рис. 51. Запрос **MapInfo** для поиска негеокодированных записей таблицы.

сей № 69 и 70, которые пока остаются негеокодированными. Чтобы определить каким записям сопоставлены графические объекты, а каким нет, следует использовать запрос, содержащий оператор Not(Obj), который нужно ввести вручную (рис. 51). После его выполнения будут отобраны две негеокодированные записи таблицы (рис. 52) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_10.exe).

Query1 Browser

	Id	Latitude_Y	Longitude_X	Year	Objects	Accuracy	Name_rus	Name_latin	Autor	Org
	69	54.8316	160.806	1 996	nest	150	Белоплечий орлан	Haliaetus pelagicus	Лаптин А. В.	Московский Государственный Университет
	70	54.8833	160.854	1 996	nest	150	Белоплечий орлан	Haliaetus pelagicus	Лаптин А. В.	Московский Государственный Университет

Рис. 52. Результат выполнения запроса с оператором Not(Obj).

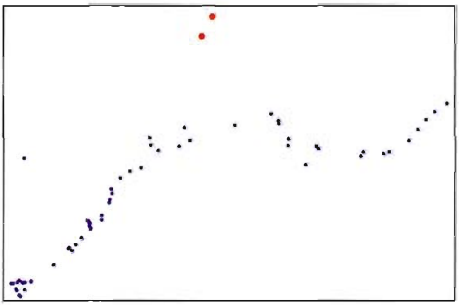


Рис. 53. Результат геокодирования в **MapInfo** записей базы данных **MS Access**.

Для отображения на карте новых точек используется та же команда *Create Points*. Не активируйте параметр *Overwrite existing points* - геокодируются только две новые точки, а ранее геокодированные будут пропущены. После выполнения операции в окне карты появятся новые объекты (рис. 53) - подробнее о выводе карт на экран см. далее по тексту.

Тесная интеграция ГИС с СУБД позволяет осуществлять практически полное управление (с некоторыми ограничениями) таблицами **MapInfo** в среде одной из самых мощных систем создания и ведения баз данных, к которым принадлежит **MS Access**.

Отображение объектов и создание точечных тематических карт

Карты, созданные на основе координат точек (Белоплечий орлан.tab) и методом геокодирования (Geocode белоплечий орлан.tab), автоматически не отображаются на экране. Для их показа нужно нажать клавишу *F3* или выбрать пункт меню *Window/New Map Window*, указав в списке соответствующую таблицу. Естественно, эти карты являются полностью идентичными, однако геокодированная карта содержит больше полезной информации, которую можно получить с помощью указания инструментом *Info* на один из графических объектов (рис. 54). Выведем в окно с точечной картой (таблица Geocode белоплечий орлан.tab) границу Кроноцкого заповедника (файл Граница заповедника.tab в папке C:\СЕМИНАР\ИСХ_ДАН\03). Результат представлен на рисунке 55 (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_11.exe).

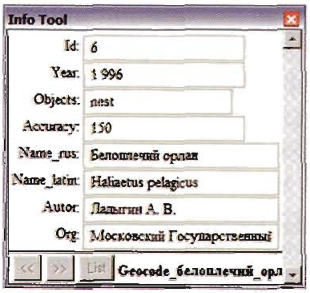


Рис. 54. Окно вывода атрибутивной информации точечного объекта.

Теперь создадим более информативную тематическую точечную карту на основе имеющейся зоогеографической карты Кроноцкого заповедника, изготовленной на первом этапе реализации проекта по данным 1976 г. Полученная нами карта с точками встреч только одного учетного объекта - белоплечего орлана - мало пригодна для этой цели.

Рис. 55. Точечная карта встреч белоплечего орлана на территории Кроноцкого заповедника.

MapInfo 8.5 имеет развитый инструментарий для

генерации тематических карт и управления ими, доступ к которому осуществляется через команду *Create Thematic Map* меню *Map*.

Необходимо выбрать один из семи предлагаемых типов карты, таблицу и поле, данные которого должны быть визуализированы. Далее настраиваются стили, легенда, надписи и прочие элементы, которые являются специфическими для каждого типа карты.

Рисунок 56 демонстрирует карту распределения 21 вида животных по территории Кроноцкого заповедника по материалам лесоустройства 1976 г., полученную из исходного файла Animals.tab. После настройки всех элементов форматирования (применены исходный шаблон *Point IndValue*, *Black and White* в форме *Create Thematic Map - Step 1* с последующим изменением цвета символов и шрифт символов *MapInfo Symbols*) данной тематической карты был создан пользовательский шаблон «Виды животных» (кнопка *Save As...* в группе *Template* формы *Create Thematic Map - Step 3*), который можно использовать для быстрого однотипного оформления карт (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_12.exe). Этот же видеофрагмент показывает также технику создания отчета, содержащего одновременно карту и легенду к ней.

В последней версии **MapInfo** появилась замечательная возможность сохранения в файле *.TAB тематического оформления карты. Для ее реализации надо выставить флажок *Automaticalle Open Default Theme* в форме *Map Windows Preferences*, вызываемой кнопкой *MapWindow...* (меню *Options/Preferences...*). После этого в форме *Modify Thematic Map* активизируется параметр *Save As Default Theme View* и выполняется сохранение таблицы под другим именем, например, Animals_Theme.tab (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_13.exe).

На рисунке 57 представлена интервальная тематическая карта мест обнаружения бурого медведя с учетом численности особей. Для ее создания в таблице Бурый медведь.tab было сформировано дополнительное текстовое (символьное) поле *Class* (Width = 20), в которое при помощи команды *Update Column* извлечены данные из имеющегося текстового поля *Seasonofco*. Затем, используя программу *Search and Replace*, подключаемую через *Tool Manager*, выполнена замена текстового содержимого ячеек таблицы на цифры. В конце символьное поле *Class* было преобразовано в целочисленное (тип *Integer*) и уже на основе этого числового поля получена ин-

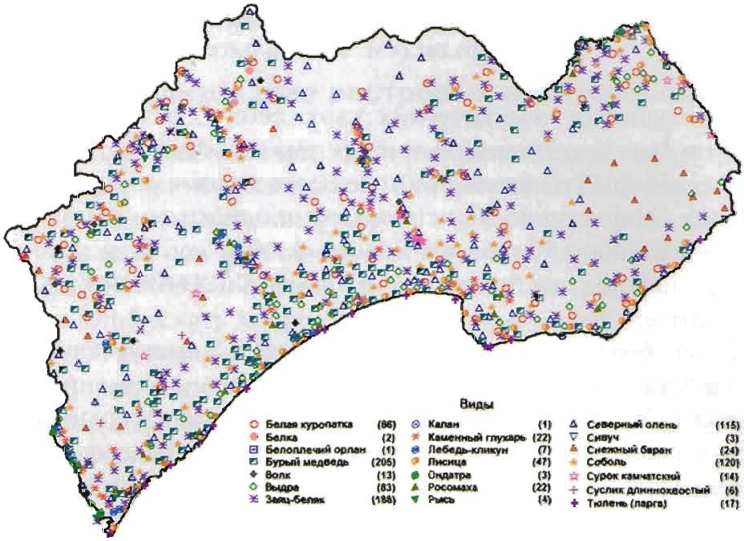


Рис. 56. Зоогеографическая карта Кроноцкого заповедника, созданная в **MapInfo 8.5**.

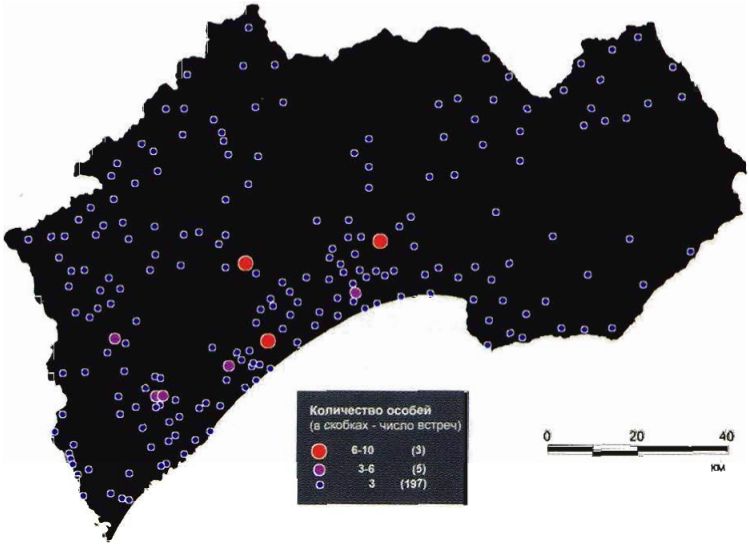


Рис. 57. Карта мест обнаружения бурого медведя с учетом численности особей.

тервальная тематическая карта, т.к. последняя может быть построена только по числовому полю (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\03\3_14.exe).

Для хранения тематических карт, легенд, отчетов и прочих объектов вместе с элементами их форматирования используются рабочие наборы (в нашем примере Зоогеография.wor и Бурый медведь.wor). Эффективность использования диаграмм демонстрирует рабочий набор Растения и животные ООПТ.wor. Перечисленные рабочие наборы расположены в папке C:\СЕМИНАР\КОНТР_РЕЗ\03\Workspace.

Таким образом, в **MapInfo Professional 8.5** присутствуют удобные и эффективные средства геокодирования информации и отображения путевых точек GPS по их координатам, которые позволяют быстро связывать атрибутивные записи базы данных с соответствующими объектами карты. При этом рекомендуется использовать возможности **MapInfo** для тесной интеграции с новейшей реляционной СУБД **MS Access 2007**.

5.2. Использование растровых изображений в ГИС

Растровые изображения являются важнейшей составной частью геоинформационных систем. Современные ГИС трудно представить без использования растров, и любое векторное изображение, пусть даже самое детальное, не способно в полной мере заменить растровое. Отличительным свойством растров является способность отображать в пространстве *непрерывные* распределения данных, что активно используется при построении сетей, в частности цифровых моделей рельефа. На базе растровых изображений получают векторные слои ГИС методом оцифровки. Качественные растры, например крупномасштабные ортофотопланы, являются основой для создания гибридных (растрово-векторных) покрытий, которые активно применяются в картографии.

Использование растровых изображений в ГИС имеет свои особенности. Только предварительно подготовленное изображение может являться полноценной составной частью геоинформационной системы. Подготовка растров заключается в исправлении искажений (калибровке), правильном позиционировании в пространстве карты (регистрации), настройке и других способах обработки. Рассмотрим их на конкретных примерах.

УПРАЖНЕНИЕ № 4

Задание - осуществить основные операции, связанные с подготовкой растровых изображений для использования в ГИС и их настройкой в среде ГИС.

Используемое ПО - **MapInfo 8.5**, **Spotlight Pro 7.0**, **Raster Design 2005**.

Исходные данные:

- отсканированная топографическая карта района расположения Кроноцкого заповедника, состоящая из семи листов (с географической привязкой);
- отсканированный топографический лист «n57-11» (без географической привязки);
- топографический лист «n57-2» (с географической привязкой);

- условная растровая геоботаническая карта (без географической привязки);
- полигональные слои гидрографии, квартальной сети и функциональных зон заповедника.

Масштаб - 1 : 200 000.

Картографическая проекция - Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27.

Формат - *.IMG, *.TAB, *.TIF.

Задание выполняется в три этапа, включающих:
- калибровку растровых изображений;
- регистрацию растровых изображений;
- настройку и сшивку растровых изображений.

5.2.1. Калибровка растров

Сканированные растры обычно содержат в себе более или менее значительные искажения, которые могут быть обусловлены самыми разнообразными причинами: неточностью исходного картографического материала, погрешностями сканирования и пр. Последние связаны с конструктивными особенностями наиболее доступных планшетных сканеров, в которых ошибки по краям сканируемой области больше, чем в центре; деформацией бумаги при хранении и т.д. Кроме причин технического характера искажения растровых изображений могут быть изначально заложены при создании планов, схем, тематических карт, изготовленных без географической привязки (например, планы лесонасаждений лесоустройств, особенно масштаба 1 : 200 000 и мельче). Часто объекты на указанных картографических материалах значительно генерализованы, искажены пропорции и расстояния между ними (Итоговый отчет..., 2004).

Поэтому перед использованием растрового изображения в ГИС его всегда необходимо трансформировать, корректируя искажения, для последующего осуществления правильной привязки к используемой системе координат (см. пункт 5.2.2).

Процесс преобразования растров согласно выбранному алгоритму с целью устранения различного рода искажений называется *калибровкой* (синонимы *ректификация*, *выпрямление*). Калибровка

является неотъемлемой частью технологического процесса по оцифровке карт. Качественные векторные слои (покрытия) ГИС можно изготовить только на основе откалиброванных растровых изображений.

Средства коррекции растров могут быть встроенными в ГИС или представлять собой автономное программное обеспечение. К сожалению, настольные ГИС, к которым относятся наиболее распространенные в нашей стране **MapInfo** и **ArcView GIS** не способны самостоятельно калибровать растры. Так, в **MapInfo 8.5** при регистрации растра осуществляется его перемещение, масштабирование и поворот для минимизации ошибки размещения в пространстве карты или максимального совпадения с опорными точками, но отсутствует возможность произвольного растяжения изображения в любом из направлений, которое лежит в основе одного из известных способов преобразования растров под названием «резиновая плоскость» или Rubbersheet. Инструменты произвольной трансформации растров присутствуют в семействе **ArcGIS**.

Перед выполнением векторизации отсканированных бумажных карт необходимо удостовериться в отсутствии искажения изображения, а при наличии такового обязательно выполнить процедуру калибровки, которая осуществляется по координатной сетке и (или) произвольной комбинации опорных точек.

Рассмотрим основные способы калибровки растров на основе приложений, встроенных в **AutoCAD** (программа **Raster Design 2005** компании AUTODESK) или совместимых с ним (программа **Spotlight Pro 7.0** компании CONSISTENT SOFTWARE).

Калибровка растровых изображений

В **Raster Design** (версии **2005**, **2007**) присутствует инструмент *Rubbersheet*, позволяющий на основе одного из методов (триангуляционного или полиномиального) исправлять искажения растровых изображений настолько, насколько это позволяет уровень генерализации исходного материала.

Допустим, имеется тематическая геоботаническая карта условного объекта, составленная без привязки к местности, а также с некоторым искажением формы и границ территории. Требуется «подогнать» ее под реальные размеры, которые определены с помощью GPS-съемки.

Размещаем в пространстве чертежа растровое изображение через меню *Image/Insert* (файл Калибровка Raster Design.dwg) и выполняем команду из того же меню *Correlate/Rubbersheet...* Появляется окно установки контрольных точек, в котором присутствует возможность выбора метода обработки растра, а также способа указания точек - произвольного или на основе регулярной сетки. Формируем набор последовательным указанием пар угловых точек растра и векторного изображения (при указании последних включаем инструмент объектной привязки к конечной точке). После завершения выбора в окне появляются парные значения координат с расчетом ошибки (рис. 58). Имеется возможность выборочного отключения или включения в набор конкретной пары точек, а также средство экспорта/импорта набора для последующего использования.

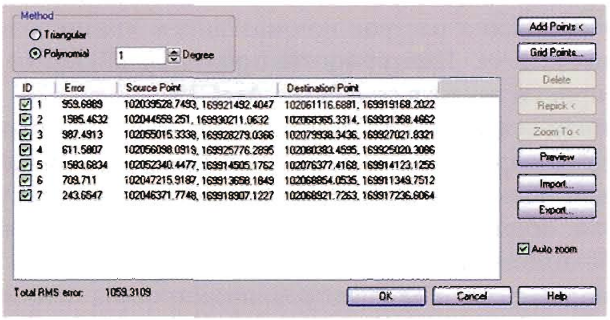


Рис. 58. Форма управления калибровкой растрового изображения **Raster Design 2005**.

Ошибки также отображаются в окне чертежа в виде окружностей с центрами в точках назначения, радиусы которых соответствуют их величинам (рис. 59). Такое представление удобно для визуальной оценки погрешности того или иного метода калибровки. В нашем случае идеальным оказался триангуляционный метод, который характеризовался отсутствием ошибок трансформации (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_01.exe). Использование для преобразования изображения полиномов разной степени не привело к ожидаемому результату (рис. 59). Сохраним полученный файл под именем Результат_Калибровка Raster Design.dwg.

Теперь рассмотрим более сложный пример. Возьмем растровый файл, в котором хранится лист топографической карты района расположения Кроноцкого заповедника, зарегистрированный в проекции Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27. Допустим, что изображе-

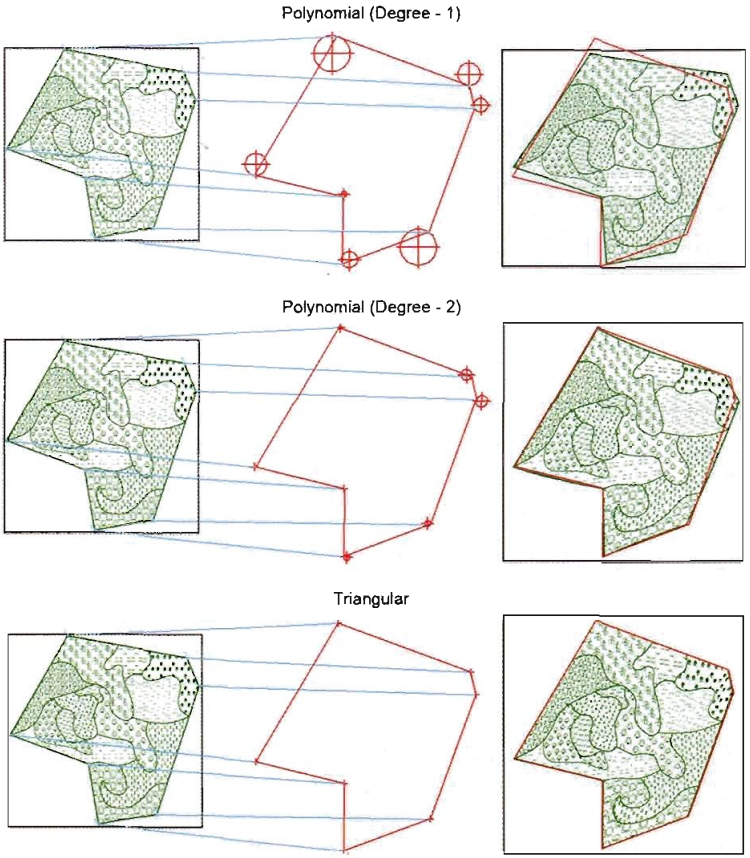


Рис. 59. Результаты использования различных методов калибровки растра в программном обеспечении **Raster Design 2005**.

ние участка местности площадью 300 км^2 в окрестностях озера Кроноцкого имеет значительные нелинейные искажения, о чем свидетельствует внешний вид нанесенной на топокарту координатной сетки с размером сторон 4 x 4 км (рис. 60; см. файл Растр для калибровки.tif в папке C:\СЕМИНАР\ИСХ_ДАН\04). Наша задача - выполнить ректификацию этого фрагмента и восстановить поврежденную карту.

Эту задачу можно решить двумя способами:

1) калибровкой растра по координатной сетке с произвольно

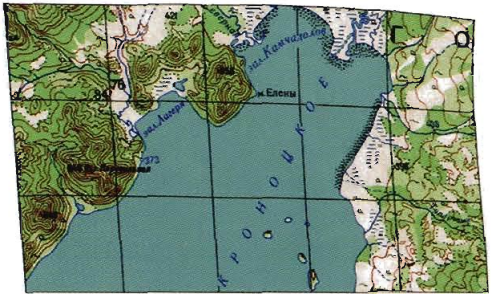


Рис. 60. Исходный растр для калибровки.

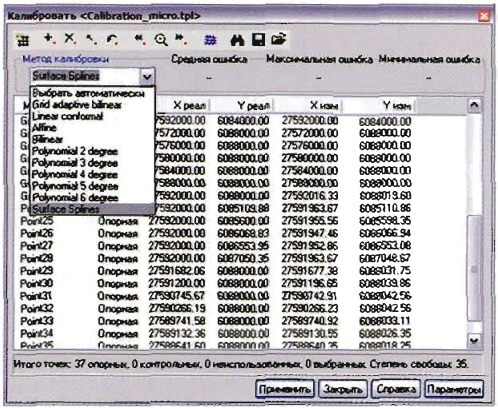


Рис. 61. Форма настройки калибровки растра в **Spotlight Pro**.

выбранным размером ячейки и последующей регистрацией средствами **MapInfo** исправленного фрагмента изображения в пространстве карты (наиболее простой способ, являющийся составной частью следующего);

2) калибровкой растра по привязанной координатной сетке с размером ячейки 4 x 4 км и его последующей автоматической регистрацией в **MapInfo** (этот способ подробно рассматривается далее).

Для ректификации растра по регулярной сетке используем программу **Spotlight Pro 7.0**, которая характеризуется расширенным набором способов калибровки. В распоряжение пользователя предоставлен любой из 10-ти методов ректификации, перечень которых приведен на рисунке 61. Особо следует отметить метод *Grid adaptive bilinear*, позволяющий привести топографическую сетку к необходимым размерам и дающий возможность стыковать планшеты между собой, привязывая их к реальным координатам для дальнейшей работы, что с успехом применялось на практике (Кажберов, 2005).

Перед началом калибровки растра отметим важность правильного размещения координатной сетки в рабочем окне **Spotlight Pro**. Для совместимости с ГИС нужно, чтобы файл **AutoCAD**, импортируемый в указанный векторно-растровый редактор, был построен на

одной из плоских картографических проекций (в данном случае Гаусса-Крюгера), равно как и содержащееся в нем растровое изображение. Как выполнить такую подготовку файла, подробно изложено в подразделе 5.4 «Импорт векторной графики в ГИС».

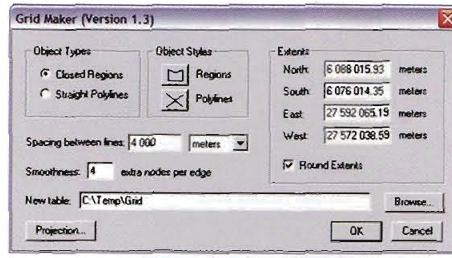


Рис. 62. Модуль *Grid Maker* для создания координатной сетки в **MapInfo**.

Техника калибровки растрового изображения по регулярной сетке в программе **Spotlight Pro 7.0** состоит из следующих последовательных действий:

1. Открываем в **MapInfo 8.5** таблицу Кроноцкое_озеро.TAB. Формируем топографическую сетку инструментами геоинформационной системы. В **MapInfo 8.5** для этой цели применяется модуль *Grid Maker*, который необходимо предварительно загрузить через *Tool Manager*. После этого на панели инструментов *Tools* появится дополнительная кнопка *Create Grid*, с помощью которой прямоугольником выделяется область карты, для которой нужно создать координатную сетку - очерчиваем окрестности Кроноцкого озера. Появляется форма, в которой настраивается шаг будущей сетки в нужных единицах измерения (в нашем примере - 4000 м, см. рис. 62). Удобнее использовать полигональный тип сетки, что позволит в дальнейшем при необходимости удалить лишние квадраты. В итоге получаем сетку (файл Grid.tab), состоящую из 15-ти квадратов (3 - по широте и 5 - по долготе), которые должны соответствовать топографической разграфке карты (рис. 63) (см. ви-

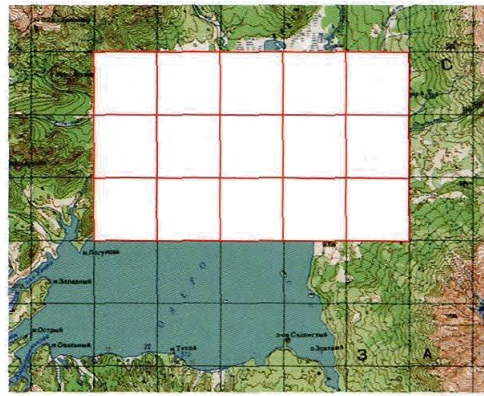


Рис. 63. Соответствие сформированной сетки топографической в окне карты **MapInfo**.

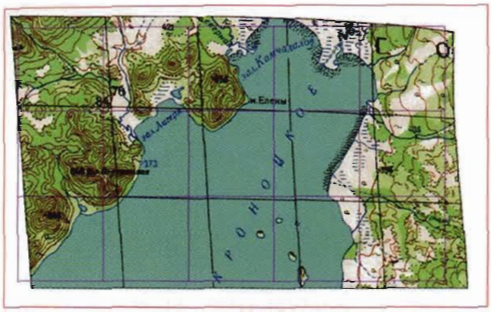


Рис. 64. Координатная сетка, импортированная из **MapInfo** в **Spotlight Pro**, и растр для калибровки.

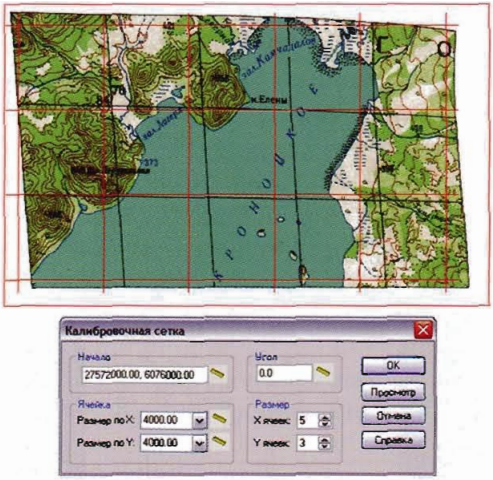


Рис. 65. Калибровочная сетка **Spotlight Pro** и параметры ее формирования.

деофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_02.exe). Полученная координатная сетка может быть использована как основа для регистрации топокарт в ГИС в выбранной системе координат. В примере она будет играть вспомогательную роль - являться каркасом создания калибровочной сетки **Spotlight Pro**. Сохраните таблицу Grid.tab в директорию C:\СЕМИНАР\РЕЗ\04\.

2. Конвертируем таблицу **MapInfo** Grid.tab, содержащую полигональную сетку, через *Универсальный транслятор* в файл **AutoCAD** Grid.dwg (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_03.exe), который открываем на отдельном слое *Grid* в **Spotlight Pro**, а на другом (слой *Rastr*) размещаем растр для калибровки, масштабируя его произвольным образом для приблизительного совмещения с сеткой (рис. 64). Масштабирование изображения осуществляется при помощи колеса мыши, а перемещение - путем нажатия и удерживания средней кнопки мыши. Слой *Grid* формируется автоматически, а слой *Rastr* следует создать предварительно (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_04.exe). Сохраняем файл под именем

Растр с сеткой для калибровки.dwg в папку C:\СЕМИНАР\РЕЗ\04\. Для выполнения последующих шагов рекомендуется использовать файл Растр с сеткой для калибровки.dwg из директории C:\СЕМИНАР\КОНТР_РЕЗ\04\.

Если топографическая сетка имеет значительный перекос, для его устранения применяется команда *Растр/Устранить перекос/Вручную...* и указывается угол поворота, который можно получить непосредственно с изображения, прочертив указателем мыши линию поворота (в нашем примере ортогонализацию сетки выполнять не надо).

3. Запускаем модуль калибровки (*Растр/Калибровать...*), в списке выбираем один из методов, с помощью которого будет преобразовано изображение, в частности, *Surface Splines* (см. рис. 61).

4. Приступаем к созданию калибровочной сетки со стороной ячейки 4 км, для чего в форме *Калибровать* следует нажать на кнопку *Создать сетку*. В окне *Калибровочная сетка* настраиваем требуемые параметры. Для совмещения калибровочной сетки с сеткой, созданной в **MapInfo**, важно правильно ввести координаты ее левого нижнего угла, определяемые в поле *Начало*. Их следует снять с карты, включив инструмент объектной привязки *Конечная точка* (в меню *Средства/Настройка привязки* активировать одноименный пункт) и выбрав соответствующий угол полигона **MapInfo**. В указанной форме присутствует возможность предварительного просмотра сетки ректификации растра. При нажатии на ОК она будет сформирована (рис. 65). Убеждаемся в полном совпадении геопривязанной (рис. 64) и калибровочной (рис. 65) сеток (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_05.exe).

5. Следующим шагом является добавление для каждого узла калибровочной сетки опорной точки с деформированной топографической сетки растра. Для выбора узла калибровочной сетки используются инструменты *Показать точку в центре*, *Предыдущая точка* (клавиша *Shift+Tab*) и *Следующая точка* (клавиша *Tab*). Применение одного из них сопровождается выделением на карте требуемого узла.

Формирование координат калибровочных пар можно осуществлять двумя способами:

1) с использованием команды *Изменить точку* (в одноименном окне требуется ввести координаты в поле *Измеренные* путем непо-

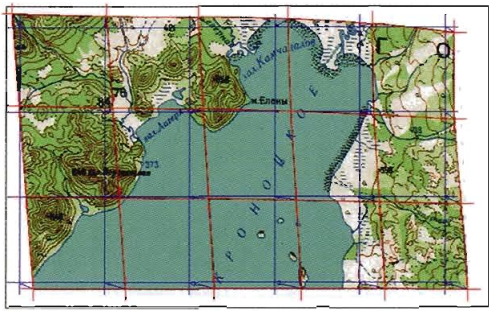


Рис. 66. Исходная (красный цвет) и калибровочная (синий цвет) сетки.

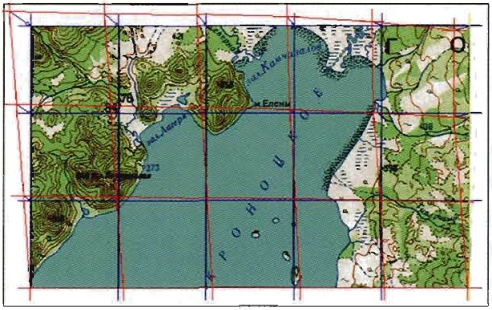


Рис. 67. Результат выпрямления растра по калибровочной сетке.

средственного указания точки на карте);

2) перетягиванием мышью узлов калибровочной сетки на узлы сетки растра (более быстрый и предпочтительный способ).

После завершения действия, выполненного одним из этих способов, отобразится стрелка, соединяющая исходную точку с конечной, показывая как и в каком направлении будет трансформироваться растр. Для корректного преобразования изображения надо создать калибровочные пары для каждого узла сетки. По мере формирования такого набора на экране будет уточняться конфигурация деформированной сетки, а при выборе координат последней опорной точки, ее контур, отображенный красным цветом, должен максимально совпадать с контуром сетки на растре (рис. 66) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_06.exe).

6. Для оценки погрешности предстоящей калибровки предназначена кнопка *Оценить погрешность*, после нажатия на которую выполняется расчет ошибок для каждой пары точек.

7. На разных этапах калибровочного процесса полезно сохранять информацию о координатах в специальный файл отчета с расширением *.RPT, из которого впоследствии можно быстро восстановить любую ситуацию (это действие выполняется из формы *Калибровать* кнопкой *Экспортировать сетку*). Имеется также возможность

создания шаблона (TPL-файл), содержащего сведения о ректификации, которые будут применены к любому новому изображению.

8. Выполняем калибровку изображения нажатием кнопки *Применить*, в результате чего сетки, показанные на рисунке 66, должны совместиться (рис. 67). Чем меньше размер ячеек калибровочной сетки и, соответственно, чем чаще расположены ее узлы, тем точнее будет исправлен растр (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_07.exe).

9. При полном совпадении узлов калибровочной и корректируемой сеток может наблюдаться некоторое отклонение решетки растра в пространствах между узлами, как это наблюдается в правом верхнем углу растра, имевшего наибольшие искажения (см. рис. 60). Как видно из рисунка, верхняя сторона квадрата несколько выпуклая, а правая - вогнутая. Предлагаемые ниже действия используются для тонкой корректировки изображения после его выпрямления по калибровочной сетке в случае сохранения незначительных локальных искажений. Для этого можно создать неограниченное количество дополнительных пар опорных точек в любом месте растра, используя инструмент *Добавить точку* (в нашем примере таких точек 15). Однако перед добавлением калибровочных точек нужно дать некоторые пояснения.

Дело в том, что программа **Spotlight Pro** после завершения ректификации не удаляет откорректированную калибровочную сетку или калибровочные пары точек. Поэтому, если не очистить содержимое окна *Калибровать* перед добавлением дополнительных опорных точек, при выполнении ректификации произойдет повторная трансформация сеток, что приведет к сильным искажениям растра. Другими словами, необходимо восстановить начальную калибровочную сетку, в которой в окне *Калибровать* для всех пар точек с типом *Grid (Сетка)* значения в колонках *Xреал* и *Yреал* должны быть, соответственно, равны значениям *Xизм* и *Yизм*. Это можно сделать, заново создав сетку с теми же параметрами (см. п. 3) или же восстановив ее координаты из файла отчета (см. п. 6). Второй вариант быстрее и предпочтительнее.

После восстановления начальной сетки можно приступать к добавлению локальных опорных точек. Самый эффективный метод заключается в следующем:

1) в форме *Настройка привязки* дезактивируем все объектные

привязки, кроме *Ближайшая*;

2) выводим на экран слой геопривязанной сетки, созданной в **MapInfo** (не пытайтесь использовать калибровочную сетку **Spotlight Pro** для размещения на ней контрольных точек, она не является векторным объектом и, следовательно, объектная привязка работать не будет);

3) нажимаем кнопку *вПривязка* для включения привязки с типом *Ближайшая* и создаем 15 точек на контуре верхнего правого полигона (рис. 68, в центре);

Рис. 68. Исправление локальных искажений изображения при помощи инструмента *Добавить точку*: исходный растр (слева); размещение калибровочных точек (в центре); результат калибровки (справа).

4) формируем для каждой из этих точек пару на растровом изображении перетягиванием мышью и запускаем процесс калибровки (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_08.exe).

Окончательный вид откалиброванного изображения представлен на рисунке 68 (справа).

Таким образом, мы выполнили ректификацию растра по координатной сетке, зарегистрированной в проекции Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27. Следующим шагом является сохранение параметров привязки изображения для корректной передачи в ГИС.

Программа **Spotlight Pro** умеет работать как с декартовой, так и с мировой системой координат. По умолчанию установлена первая, а именно *AutoCAD UCS*, которую надо заменить на *Мировую координатную систему*, что выполняется на первой вкладке формы *Координатная система*, вызываемой через меню *Средства/Координатная система...*. При этом произойдет изменение координат на горизонтальной и вертикальной линейках в окне программы.

Далее выполняется команда *Растры...* из того же меню. В форме *Растры* перечислены все загруженные изображения, выбираем необходимое (в нашем примере оно единственное) и, используя кнопку *Сохранить как,* записываем растровый файл под именем Растр после калибровки.tif в папку C:\СЕМИНАР\РЕЗ\04. При этом в директории сохранения изображения должен автоматически сформироваться файл привязки (World File) с расширением *.TFW, имеющий такое же имя, как и растр. Если этого не произошло, откройте форму *Параметры* из меню *Средства* и убедитесь, что в позиции GIS выставлено разрешение на использование файла координат (рис. 69) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_09.exe).

Альтернативным вариантом получения файла привязки является сохранение откалиброванной карты в формате **AutoCAD** с последующей загрузкой в эту систему с подключенным модулем **Raster Design**. Последний имеет возможность экспорта изображений с генерацией World File (можно также сохранить файл привязки отдельно).

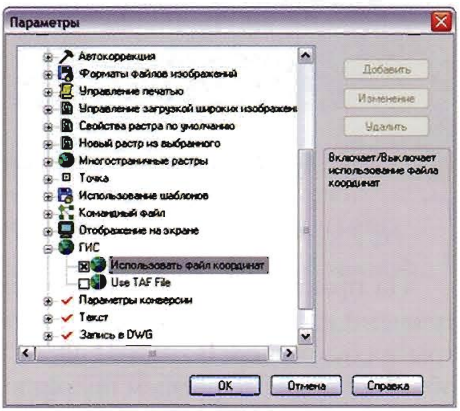


Рис. 69. Активизация в **Spotlight** параметра *Использовать файл координат* для совместимости с ГИС.

Созданный растровый файл, содержащий откалиброванный фрагмент топокарты, открывается как таблица в ГИС **MapInfo**, которая автоматически находит связанный с ним World File. В виду того, что последний не хранит информацию о картографической проекции, ее надо указать самостоятельно, после чего изображение будет загружено в окно карты. Убеждаемся в правильности его позиционирования, для наглядности выполнив преобразование цветов в оттенки серого цвета (рис. 70) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_10.exe). Таким образом, нам удалось не только исправить поврежденный фрагмент карты, но и выполнить его автоматическую регистрацию.

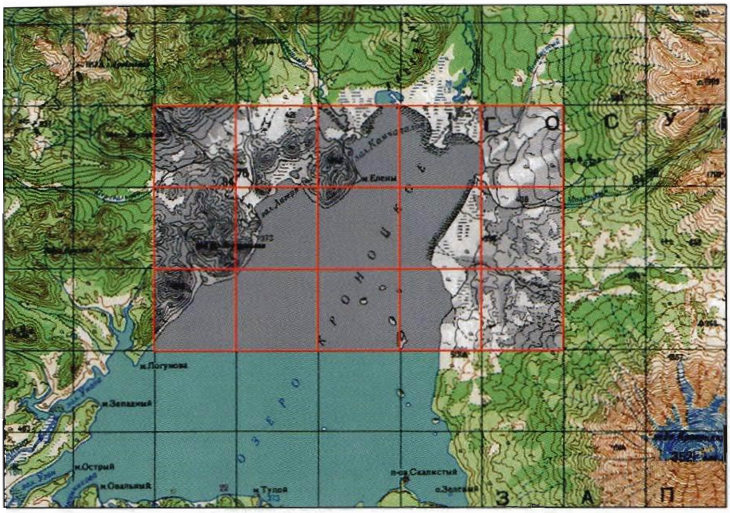


Рис. 70. Автоматическая регистрация в **MapInfo** фрагмента топографической карты, откалиброванной по регулярной сетке и дополнительным опорным точкам в среде **Spotlight Pro**.

На практике во многих случаях приходится иметь дело с растровыми изображениями без географической привязки. Такие растры требуют регистрации в среде ГИС. О том, как это осуществить объясняется в следующем подразделе.

5.2.2. Регистрация растров в ГИС

Для привязки изображения к территории земной поверхности необходимо выполнить его *регистрацию* в определенной системе координат или картографической проекции. Упрощенный вариант данной операции приводит к соответствию координат растра, путем его масштабирования и вращения без изменения пропорций, координатам цифровой карты. В новейших программных продуктах ГИС компании ESRI, например **ArcGIS 9.2**, имеется набор встроенных алгоритмов по сложному преобразованию (подобие метода RubberSheet, использованного при калибровке) растров, что способствует более точной их привязке.

В предшествующей публикации (Использование GPS- и ГИС-

технологий..., 2006) мы рассматривали модуль регистрации растров профессионального векторизатора **Easy Trace**, ориентированного на интеграцию с ГИС. В данном подразделе подробно представлена техника привязки растрового изображения в среде **MapInfo 8.5** на примере отдельного листа «n57-11» топокарты Кроноцкого заповедника, отображающего озеро Кроноцкое и местность к северо-востоку от него.

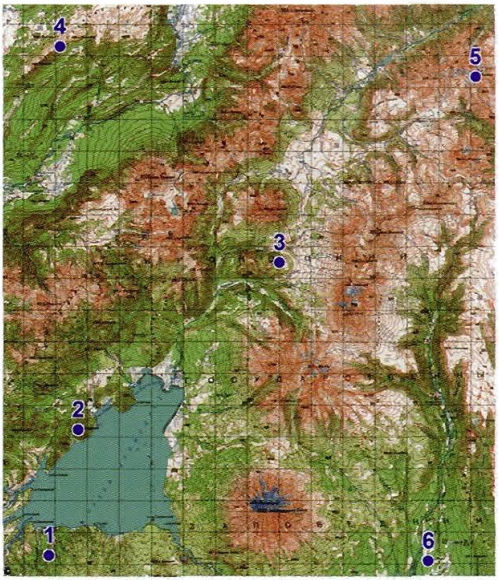


Рис. 71. Контрольные точки для регистрации растрового изображения.

ID	Height	Label
1	495	приток Холодный
2	848	гора Перевальная
3	1 185	гора Крохина
4	1 211	гора Каменная
5	1 781	гора Конечная
6	337	сопка Лысая

Рис. 72. Атрибуты контрольных точек.

Регистрация растровых изображений

Предварительно были созданы 6 контрольных (опорных) точек в местах расположения постоянных геодезических пунктов, имеющих отметки высот над уровнем моря (рис. 71) - файл Точки регистрации.tab. Координаты данных точек получены с зарегистрированной топоосновы М 1 : 200 000, хотя на практике для этой цели чаще используется набор точек, снятых на местности с помощью GPS-приемника. В таблице, показанной на рискнке 72, приведена атрибутивная информация по каждой точке, которая будет использована для поиска на растре точек соответствия.

При открытии растрового изображения в **MapInfo 8.5** (файл

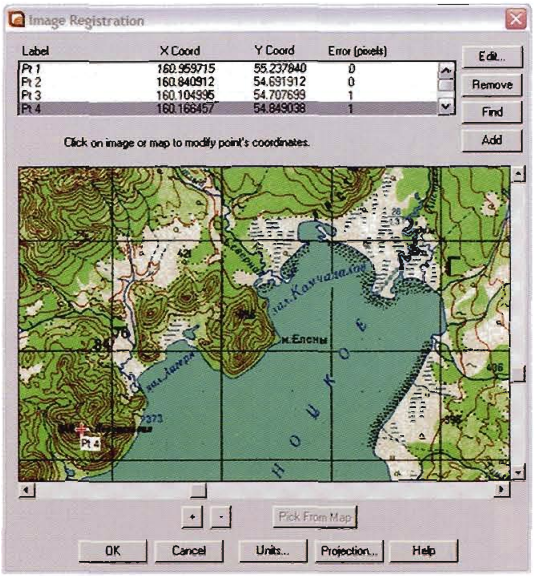


Рис. 73. Окно управления регистрацией растрового изображения в **MapInfo 8.5**.

Растр для регистрации.tif) предлагается сделать выбор - регистрировать его или нет. В первом случае на экране появляется специальная форма привязки растра (рис. 73). Процедура выполняется посредством парного формирования тиков (точек привязки) последовательным нажатием на кнопку *Add*.

На растре тик создается щелчком левой кнопки мыши в центре точки, ограниченной треугольником (символ триангуляционного пункта). Для точного позиционирования точки привязки желательно максимально масштабировать изображение.

После указания тика на растре появляется форма *Edit Control Point* (рис. 74), в которой для него необходимо ввести реальные географические координаты в поля *Map X* и *Map Y*. Значения широты и долготы точки в указанные поля можно вставить через буфер обмена или ввести вручную, но гораздо эффективнее использовать возможность выбора контрольной точки на цифровой картографической основе *(Table/Raster/*Select *Control Point from Map)*. Для этой же цели предназначена кнопка *Pick from Map* в окне *Image Registration* (см. рис. 73). Для использования этой функции после указания точки на растре нужно сначала закрыть

Рис. 74. Форма редактирования тиков.

Рис. 75. Информация о контрольной точке карты.

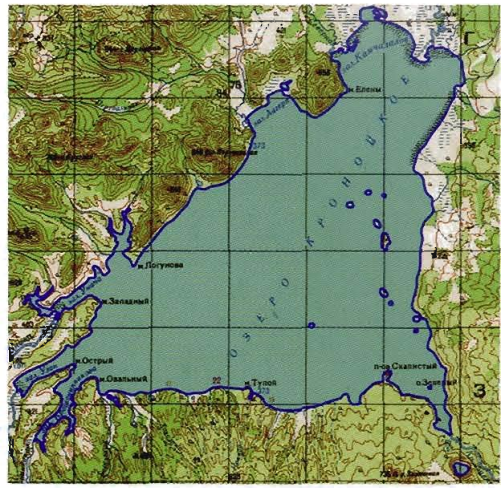


Рис. 76. Контроль правильности регистрации растрового изображения.

форму *Edit Control Point*, нажав на кнопку *OK* (при этом поля *Map X* и *Map Y* остаются незаполненными). Затем одним из двух способов активизируется возможность снятия координат парной точки с карты. При ее указании на карте удобно использовать функцию привязки к узлу *(Snap to Node,* клавиша быстрого вызова - *S)*, что позволяет быстро и точно выбирать координаты необходимых точечных объектов.

Для получения справочной информации о контрольной точке применяется инструмент *Info Tool* (рис. 75). На карте желательно также отобразить метки, которые помогут при формировании тиков. Позиции точек привязки можно уточнять как на растре, так и на векторной карте до тех пор, пока ошибка не станет минимальной. Более того, к этой процедуре всегда можно вернуться и внести коррективы в информацию о регистрации растра через меню *Table/Raster/ Modify Image Registration....*

Мы использовали 6 контрольных точек, что оказалось вполне достаточно. На практике может потребоваться и большее их количество. Основным критерием качества привязки растрового изображения является величина ошибки в форме *Image Registration*, расчет которой начинается после указания четырех тиков. В этой форме можно отсеять некорректные точки привязки со значительными ошибками. Процесс регистрации растра запускается кнопкой *OK* после завершения ввода тиков (см. видеофрагмент C:\CE-

МИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_11.exe). Сохраним полученную таблицу как Зарегистрированный_ растр.tab.

Для проверки правильности привязки изображения разместим в этом же окне карты полигональный слой крупных рек и озер Кроноцкого заповедника (файл Контроль регистрации.tab) и убеждаемся в полном совпадении контуров растра и векторных объектов, в частности озера Кроноцкого, показанного на рисунке 76 (см. видеофрагмент С:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_12.exe).

5.2.3. Настройка растров и управление ими в среде ГИС

В ГИС векторного типа, к которым принадлежит **MapInfo**, нет развитых средств обработки растровых изображений. Существуют специальные модули расширения к данной программе (например, **MapImagery**), способные компенсировать указанный недостаток. Встроенные инструменты **MapInfo**, которые рассматриваются ниже, используются, главным образом, для улучшения визуального восприятия растровых и гибридных карт и, соответственно, подготовки качественных картографических материалов для вывода на печать.

Настройка и сшивка растровых изображений

В **MapInfo 8.5** основные средства по настройке растров расположены в меню *Table/Raster/Adjust Image Styles...* Форма *Adjust Image Styles* состоит из двух основных частей. В верхней размещены изменяемые параметры, в нижней - окно предварительного просмотра с кнопками масштабирования (рис. 77 - фрагмент файла Зарегистрированный_ растр.tab).

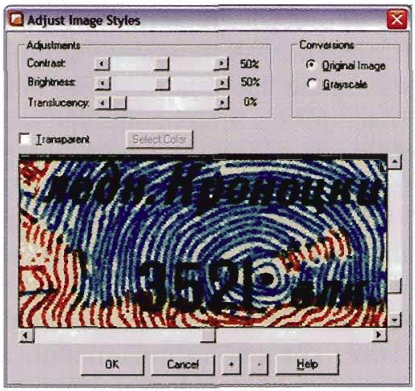


Рис. 77. Форма настройки растров в программе **MapInfo 8.5**.

Важным является параметр *Transparent*, который используется для формирования цельного полотна карты, состоящей из множества отдельных зарегист-

рированных листов. Каждый из таких листов включает собственно изображение и окружающий его фон, обычно белого цвета. Параметр *Transparent* как раз и предназначен для удаления такого фона, делая его прозрачным. При этом цвет, который необходимо сделать прозрачным, выбирается произвольно непосредственным указанием на карте (кнопка *Select color*).

Рисунок 78 демонстрирует два варианта топографической карты Кроноцкого заповедника (М 1 : 200 000) без удаления и с удалением белого фона (использованы файлы n57-10.tab, n57-11.tab, n57-12.tab, n57-16.tab, n57-17.tab, n57-18.tab, n58-7.tab). Как видно, применение параметра *Transparent* способствует полной ликвидации перекрытий топографических листов и формированию непрерывного растра (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_13.exe).

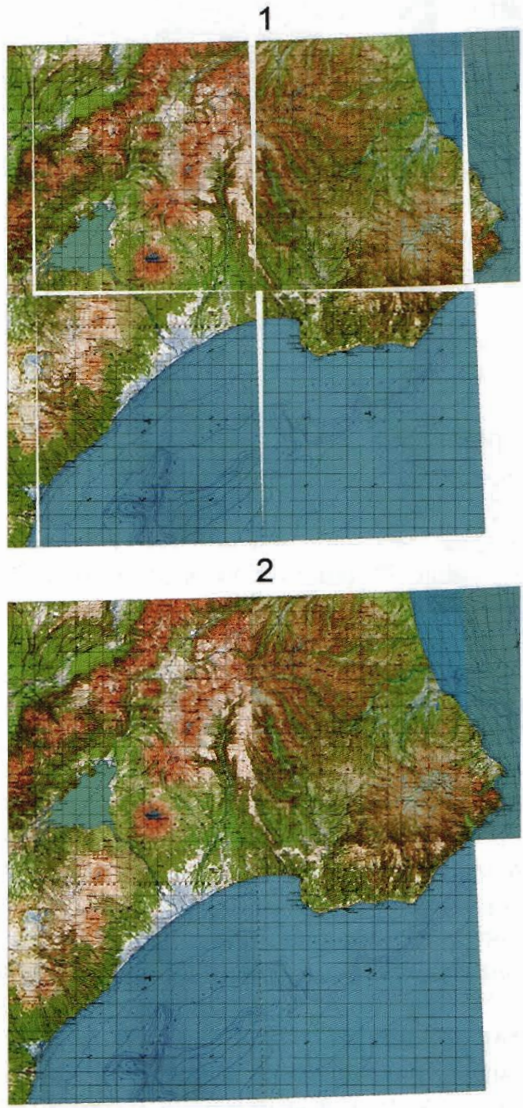


Рис. 78. Топокарта с неактивным (1) и активным (2) параметром *Transparent*, настроенным на белый цвет.

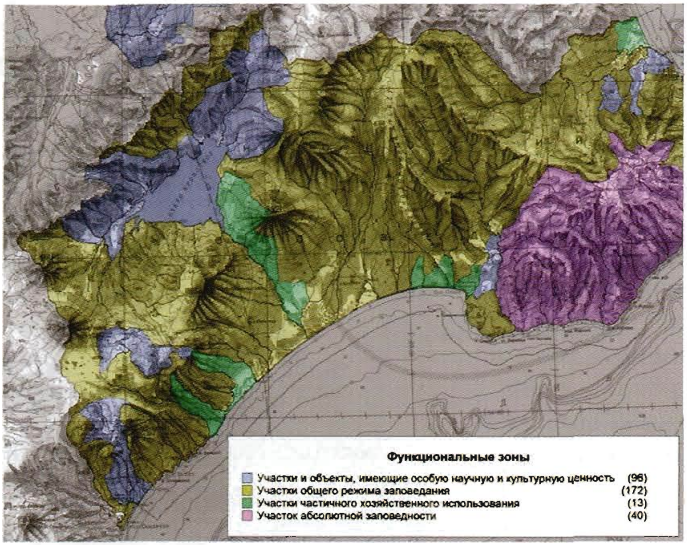


Рис. 79. Тематическая карта функциональных зон Кроноцкого заповедника, совмещенная с полупрозрачной топографической картой.

Если действие параметра *Transparent* направлено на один выбранный цвет, делая его полностью невидимым, то параметр *Translucen-cy* (полупрозрачность) меняет прозрачность всего растрового изображения, что используется при формировании комбинированных карт, на которых сквозь векторные полигоны должны просматриваться детали растрового слоя. На рисунке 79 (рабочий набор Совмещение.wor в директории C:\СЕМИНАР\КОНТР_РЕЗ\04\Workspace\Совмещение) представлен пример совмещения векторной тематической карты функционального деления Кроноцкого заповедника с растровой топографической картой (*Translucency* = 45%; *Conversions* = *Grayscale*). На этом рисунке мы видим в действии параметр *Conversions* с установкой *Grayscale*, преобразующий цветное изображение в полутоновое для лучшего визуального восприятия цветовых оттенков тематической карты (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_14.exe). Исходные файлы для получения изображения - Kvartals_modify.tab и n57-2.tab.

Форма *Adjust Image Styles* позволяет также настраивать яркость и контрастность растров.

Топографическая карта, показанная на рисунке 78 (позиция 2), хотя и отображается в виде единого изображения, на самом деле продолжает быть составленной из семи зарегистрированных листов. В большинстве случаев такая сегментная структура карт предпочтительнее - можно использовать только необходимые фрагменты, что требует задействования меньших аппаратных ресурсов ПК, ускоряет регенерацию изображения на экране и, в конечном счете, повышает эффективность работы. Однако иногда нужно получить одну геопривязанную карту, т.е. соединить отдельные зарегистрированные листы вместе.

Средствами **MapInfo 8.5** эту задачу можно решить следующим образом. Увеличиваем до максимального размера всю карту (или нужную ее часть), используя инструменты масштабирования, затем выполняем команду *File/Save Windows As...*. Указываем стандартным образом формат, имя и путь сохранения файла. В появившейся форме (рис. 80) активизируем пункт *Create a Geographically Referenced Tab File* и, при необходимости, задаем собственные размеры изображения, что полезно для получения высококачественных иллюстраций для полиграфической печати. Нажатие на кнопку *Save* приведет к созданию растрового файла, зарегистрированного в системе координат или картографической проекции текущего окна карты **MapInfo**. Все фрагменты изображения будут соединены в один растр (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\04\4_15.exe).

Рис. 80. Сохранение окна карты как геопривязанного изображения в **MapInfo 8.5**.

В данном подразделе были показаны основные способы подготовки растровых изображений к использованию в ГИС, их регистрации в определенной системе координат и настройки. Откалиброванные и геопривязанные растры являются важным звеном в создании качественной цифровой основы ГИС. Они используются в качестве подложки для получения векторных карт одним из методов оцифровки, которые рассматриваются далее.

5.3. Оцифровка бумажных карт

Обычно цифровые карты создаются на основе бумажных аналогов. Для ввода картографической информации в геоинформационные системы существуют два способа: с помощью дигитайзера и путем сканирования растровых изображений с последующей их векторизацией. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки.

Оцифровка (синонимы *векторизация*, *трассировка*) бумажных карт с помощью дигитайзера, как правило, эффективна при небольших объемах работ и невысокой детализации изображений, а также в тех случаях, когда карты изготовлены на твердой основе (невозможность использования сканера). Дигитайзер не требователен также к ресурсам компьютера. Однако оцифровка карт с его помощью довольно сложная и трудоемкая процедура, при этом нередки случаи пропусков векторизуемых объектов. Так или иначе, эти устройства ввода информации, по крайней мере в России, не получили широкого распространения. Гораздо чаще используется альтернативный способ сканирования и векторизации изображений.

Метод сканирования более быстрый, но требует наличия высокопроизводительной техники, а, следовательно, дополнительных финансовых затрат. Наиболее часто используются планшетные сканеры, но из-за ограниченной области сканирования полученные фрагменты в последующем необходимо соединить в единое изображение, для чего можно задействовать возможности редакторов растровой графики (**Adobe Photoshop**, **Ulead PhotoImpact** и др.) или некоторых профессиональных векторизаторов типа **Easy Trace**, также позволяющих выполнять подобную процедуру. Карты большого формата (А0-А1) можно обрабатывать целиком на барабанных или роликовых широкоформатных сканерах, но высокая стоимость ограничивает их массовое использование.

Оцифровка бумажных карт может быть ручной, полуавтоматической и автоматической. Ручная векторизация (синоним «оцифровка по экрану») является медленной, но самой точной и полностью контролируемой оператором. Этот способ обработки растровых изображений реализован во всех ГИС и возможен также в любом векторном редакторе или чертежной системе (мы рекомен-

дуем использовать для ручной оцифровки **AutoCAD** или другие программы на его платформе). Полуавтоматическая и автоматическая трассировки осуществляются с помощью специальных программ-векторизаторов. Автоматическая векторизация самая быстрая, но самая неточная. При ее использовании на исправление ошибок часто уходит больше времени, чем при ручном способе, в связи с чем автоматический режим не находит широкого применения в картографии. Оптимальным вариантом по соотношению скорости и качества является полуавтоматическая оцифровка. Все векторизаторы, позволяющие осуществлять качественную трассировку растров в полуавтоматическом режиме, являются коммерческими продуктами.

Результатом какого-либо способа оцифровки является серия тематических слоев, содержащих однотипные векторные объекты (например, дороги, речная сеть, горизонтали, контуры лесов и пр.), которые в дальнейшем импортируются в ГИС.

Мы рассмотрим на конкретных примерах два наиболее распространенных метода: оцифровку по экрану в среде ГИС **MapInfo 8.5** и CAD-систем и полуавтоматическую векторизацию растра в специализированном ПО **Spotlight Pro**.

5.3.1. Полуавтоматическая векторизация растров

Полуавтоматическая векторизация растровых изображений позволяет избежать оцифровки по экрану легко распознаваемых участков карты, что значительно увеличивает эффективность работы. Если при ручном методе необходимо устройством ввода (мышью) обводить каждый объект, то при полуавтоматическом достаточно указать необходимый контур и в дальнейшем лишь контролировать направление его трассировки в местах пересечения с границами других объектов. Благодаря такому диалоговому режиму полуавтоматическую векторизацию часто называют интерактивной.

Выполнять качественную полуавтоматическую оцифровку растров позволяют такие профессиональные векторизаторы как **Easy Trace**, **MapEdit**, **RxSpotlight**, **Spotlight** и некоторые другие. От программ-трассировщиков все чаще требуется не просто создание точек, линий и областей, но и формирование картографических объектов, подготовленных к использованию в ГИС. При тестировании векто-

ризаторов определяющее значение уделялось нами их способности оцифровывать плавные линии, необходимые для создания различных тематических карт биологической направленности, а также максимальной совместимости с системой **AutoCAD**. Этим требованиям отвечает продукт компании CONSISTENT SOFTWARE **Spotlight Pro 7.0**, возможности которого будут использованы при выполнении практического упражнения.

УПРАЖНЕНИЕ № 5

Задание - освоить технику интерактивной векторизации растровых изображений для последующего использования в ГИС.

Используемое ПО - **MapInfo 8.5**, **Spotlight Pro 7.0**, **AutoCAD 2005**, **Raster Design 2005**.

Исходные данные: отсканированный лист «n57-11» топографической карты района расположения Кроноцкого заповедника (с географической привязкой).

Масштаб - 1 : 200 000.

Картографическая проекция - Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27.

Формат - *.TAB, *.TIF, *.DWG, *.CWS.

Задание выполняется в четыре этапа, включающих:

- экспорт зарегистрированных растров из ГИС в программу-векторизатор;
- подготовку растровых изображений для векторизации;
- полуавтоматическую оцифровку растровых изображений;
- импорт векторных слоев в ГИС.

Как правило, цифровые карты создаются на основе растрового изображения, которое используется в качестве подложки для векторизации. Прежде, чем приступить собственно к оцифровке растра, необходимо сохранить его координатную привязку, определенную в геоинформационной системе, что позволит импортировать в ГИС подготовленные в ходе оцифровки векторные объекты. Кроме того, растровое изображение перед началом векторизации должно пройти специальную обработку.

Экспорт зарегистрированных растров из ГИС в программу-векторизатор

В качестве примера используем фрагмент зарегистрированной топографической карты района расположения Кроноцкого заповедника, а именно урочище Гамченский (склон южной экспозиции горы Гамчен). Объектом векторизации будет являться рельеф, а результатом - векторный слой горизонталей.

Техника экспорта зарегистрированного растра из ГИС **MapInfo** в программу-векторизатор **Spotlight Pro** (эта методика также применима для передачи изображений из ГИС в систему **AutoCAD**) состоит в следующем:

1. Открываем в **MapInfo** растровую таблицу с топографическим листом «n57-11» (файл n57-11.tab), максимально масштабируем участок карты со склоном горы Гамчен и сохраняем окно карты с геопривязкой в формате *.TIF (рис. 81) - файл Урочище Гамченский для векторизации600.tif. При этом генерируется TAB-файл с одноименным названием (Урочище Гамченский для векторизации600.tab), который содержит ссылку на использованный TIF-файл и параметры его геопривязки, включая информацию о картографической проекции Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27 (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_01.exe).

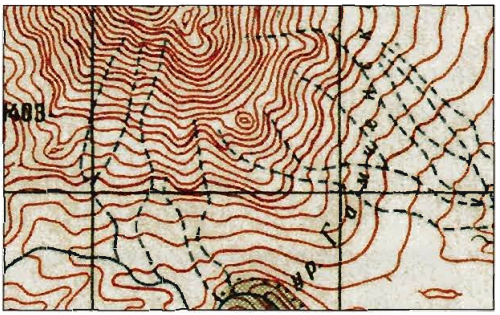


Рис. 81. Исходный растр для оцифровки изолиний в **Spotlight Pro 7.0**.

2. Система **AutoCAD 2005** не содержит функции автоматического считывания информации о привязке растровых файлов. Поэтому используя только средства **AutoCAD**, не удастся правильно позиционировать зарегистрированный в **MapInfo** TIF-файл (конечно, можно вручную трансформировать растр в **AutoCAD**, что весьма трудоемко, особенно при необходимости его поворота в пространстве, и эту возможность мы здесь не рассматриваем). С поставленной задачей может справиться одно из лучших дополнений к платформе

AutoCAD по работе с растровой графикой **Autodesk Raster Design 2005** или ГИС **Autodesk MAP 3D 2006**, ядром которой является **AutoCAD**. Рассмотрим возможности обоих программных продуктов.

Raster Design 2005. После установки этой программы в **AutoCAD** появляется дополнительное меню *Image*.

Перед открытием растра следует изменить в текущем чертеже **AutoCAD** параметр масштабирования при вставке с миллиметров на метры (меню *Format/Units/Insertion Scale...*).

Приступаем к загрузке изображения. В меню *Image* выбираем пункт *Insert...*, появляется стандартное диалоговое окно для выбора файла, в нижней части которого указываем параметры вставки - следует выбрать *Insertion wizard*.

В первом диалоговом окне *Pick Correlation Source* (рис. 82) указываем источник, содержащий сведения о геопривязке растра. Как только в выпадающем списке мы выберем Tab File, сразу же считывается информация о координатах из созданного в **MapInfo** TAB-файла. Одновременно в области чертежа осуществляется позиционирование растра в соответствии с координатами точки вставки,

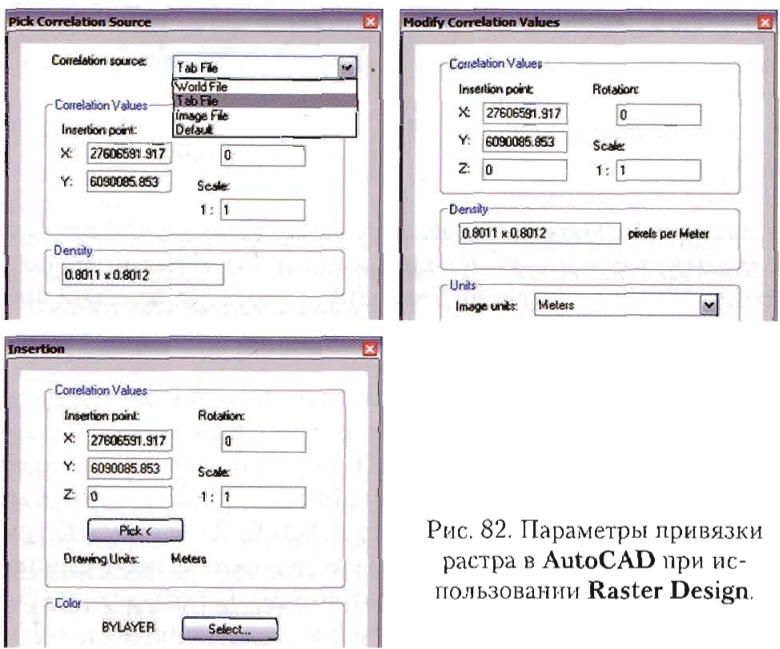


Рис. 82. Параметры привязки растра в **AutoCAD** при использовании **Raster Design**.

который можно наблюдать при правильной настройке масштаба. В большинстве случаев информации из TAB-файла бывает достаточно для правильного размещения изображения. Если этого не происходит, проверьте, установлены ли во втором диалоговом окне *Modify Correlation Values* в качестве единиц измерения метры в списке *Units*, в третьем диалоговом окне *Insertion* в поле *Drawing Units* также должны быть указаны метры. Во всех трех перечисленных диалоговых окнах координаты вставки изображения должны быть одинаковыми. При нажатии на кнопку *Finish* происходит добавление растра в чертеж. На рисунке 83 показана вкладка *Geometry* списка свойств вставленного изображения (меню *Tools/Properties*), в которой перечислены важные параметры его пространственной ориентации. Перед выводом на экран окна *Properties* растр нужно выделить щелчком левой кнопкой мыши на его контуре (см. видеофрагмент

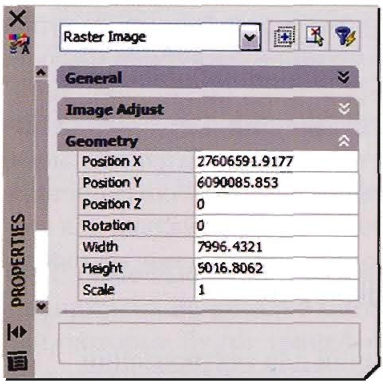
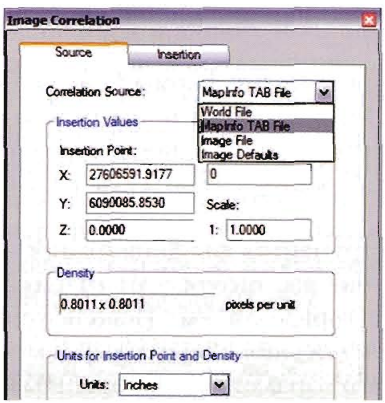


Рис. 83. Окно свойств растрового изображения, добавленного в чертеж **AutoCAD** с сохранением привязки ГИС **MapInfo**.



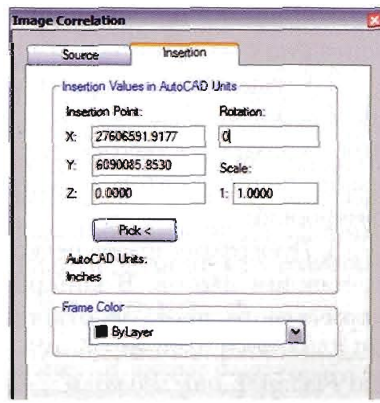


Рис. 84. Параметры привязки растра в **Autodesk MAP 3D**.

C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_02.exe).

Autodesk MAP 3D 2006. Способ добавления зарегистрированного растра в **Autodesk MAP 3D** сходен с описанным выше. Используется меню *Map/Image/Insert...* В нижней части окна *Insert Image* активизируем параметр *Modify Correlation*. В форме *Image Correlation* на вкладке *Source* указываем источник хранения информации о привязке - MapInfo TAB File. Проверяем идентичность координат точки вставки изображения на вкладках *Source* и *Insertion* (рис. 84). Остальные параметры оставляем без изменения и добавляем растр в чертеж.

После применения любого из представленных методов для вывода изображения на экран выполняется команда *Extents* из меню *View/Zoom*, после чего чертеж с добавленным растром сохраняется в формате *.DWG версии **AutoCAD** не новее **2004** (актуально для версии **2007** и выше). Полученный файл Урочище_Гамченский_векторизация.dwg готов к использованию в **Spotlight Pro**.

Подготовка растровых изображений для векторизации

Программа **Spotlight Pro** работает с большим количеством растровых форматов и содержит в своем арсенале все функции, необходимые для подготовки растров к оцифровке: фильтрация, уменьшение количества и разделение цветов, бинаризация и пр. Интерфейс программы специально разработан под **AutoCAD** и имеет много аналогичных структурно-логических компонентов.

1. Открываем в **Spotlight Pro** файл Урочище_Гамченский_векторизация.dwg с геопривязанным растром.

2. Создаем два слоя, используя кнопку *Новый* формы *Слои* (меню *Средства/Слои...*) и присваиваем им осмысленные наименования - «Rastr» и «Vector». На первый перенесем исходное растровое изображение, на втором будем создавать векторные объекты в ходе оцифровки.

3. Программа имеет несколько инструментов для фильтрации и коррекции цветов. В конкретном случае нас интересуют оттенки коричневого цвета, соответствующие горизонталям. Используем модуль бинаризации, доступ к которому осуществляется через меню *Растр/Бинаризовать...*, настроив его параметры определенным образом (рис. 85). При крупном увеличении растра нетрудно установить, что преобладают два оттенка коричневого цвета.

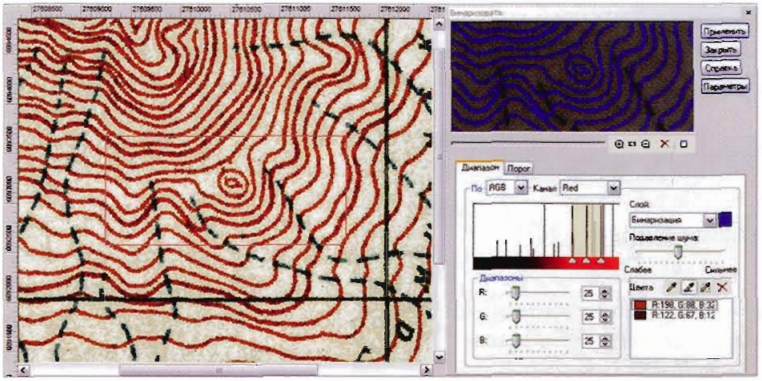


Рис. 85. Настройка параметров бинаризации изображения в **Spotlight Pro 7.0**.

С помощью одного из трех указателей, например *Взять пробу*, выбираемых на вкладке *Цвета*, формируем цветовой набор пикселей, которые будут трансформированы в бинарное изображение, состоящее всего из двух цветов - активного цвета (в данном случае выбран синий) и цвета фона (белый). Именно такое изображение идеально подходит для трассировки, хотя **Spotlight Pro** позволяет оцифровывать и цветные изображения. Проконтролировать корректность выборки позволяет удобное окно предварительного просмотра определенной области изображения, содержащее кнопки масштабирования. Обратите внимание, на установку цветовой модели RGB и канала Red. Таким образом, сформированный набор для бинаризации включает два оттенка коричневого цвета, все остальные цвета будут игнорированы. Здесь же можно указать слой, на который следует поместить новое изображение, им может быть один из существующих или новый. Выберем новый слой и назовем его «Binary». Нажатие на кнопку *Применить* запускает процесс бинаризации, в результате которого на указанном слое будет сформировано бинарное изображение (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_03.exe).

В новой версии программы **Spotlight Pro 7.0** процесс коррекции исходного растрового изображения значительно улучшен, в частности за счет модуля адаптивной бинаризации, позволяющего еще более эффективно выполнять фильтрацию растров. Адаптивная бинаризация обычно

используется для обработки полутоновых изображений невысокого качества, имеющих неравномерный фон. При выполнении данной операции программа осуществляет анализ различных областей растра. В модуль встроена возможность сглаживания результирующего изображения, что позволяет не использовать дополнительные фильтры.

Рис. 86. Ликвидация пустот внутри линий с помощью фильтра *Залить дырки*.

Рис. 87. Удаление мелких разрывов контура при помощи фильтра *Сгладить* (подобного эффекта можно добиться, используя фильтр *Утолщить* в направлении *Горизонтально*).

Рис. 88. Результат применения фильтра *Усреднить*.

Следует отметить, что в нашем распоряжении оказалось не оригинальное изображение, полученное при сканировании, а модифицированное, что усложняет задачу извлечения из него качественного бинарного слоя, пригодного для оцифровки.

4. Далее осуществляется процедура оптимизации бинарного растра, необходимая для более эффективной и качественной оцифровки. Для этого в **Spotlight** существует набор специальных функций, расположенных в меню *Фильтры*. Изображение можно очистить от «мусора», использовать сглаживание контуров, их утончение или утолщение. Имеется возможность ликвидации разрывов в линиях и заливки «дыр», а также корректировки других элементов, влияющих на скорость векторизации. На рисунках 86-87 приведены некоторые примеры обработки бинарного растра.

Для устранения пустот в линиях и их слипания используем инструменты, предназначенные для обработки полутоновых и цветных изображений. Выполним конвер-

тирование бинарного растра в растр с градациями серого цвета и применим к нему команду *Усреднить* из меню *Фильтры*. Усреднение убирает «дыры» в линиях и делает их контуры более плавными (см. рис. 88 и видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_04.exe).

Усредненное изображение обрабатываем с помощью модуля адаптивной бинаризации со следующими параметрами: *Radius* = 25, *Smooth* = 0%, *Binarize* = 1, результатом чего является устранение слипания горизонталей (рис. 89) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_05.exe).

Рис. 89. Результат устранения слипания горизонталей при помощи адаптивной бинаризации.

Итак, мы получили бинарный растр, пригодный для полуавтоматической векторизации (рис. 90). Сохраним файл в формате **Spotlight** под именем Комплексная обработка.cws. Недостатком полученного бинарного изображения продолжает оставаться наличие значительных разрывов в горизонталях, связанных с отсеиванием в процессе бинаризации пикселей, имеющих признак цвета, отличный от коричневого. Это обстоятельство не является критичным, т.к. в настройках трассировки можно регулировать максимальную величину разрыва между

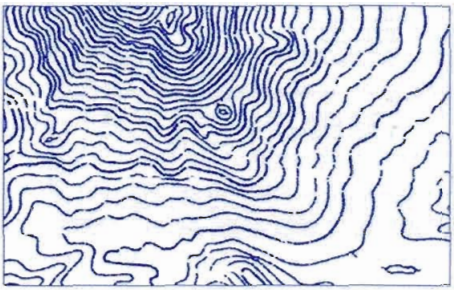


Рис. 90. Итоговый бинарный растр, подготовленный для интерактивной трассировки.

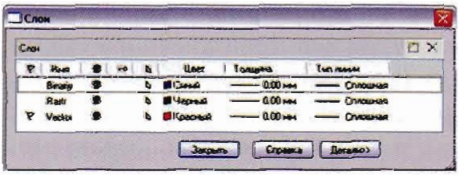


Рис. 91. Специализированный модуль управления слоями в программе **Spotlight Pro**.

линиями, которая будет игнорироваться.

Полуавтоматическая оцифровка растровых изображений

1. После окончательной подготовки бинарного изображения приступаем непосредственно к его оцифровке. Сначала делаем текущим слой «Vector» и присваиваем ему атрибут красного цвета. Отключаем вывод на экран слоя «Rastr». Данные установки выполняются в окне *Слои* (рис. 91).

Большое значение имеет правильная настройка параметров векторизации. Форма *Параметры конверсии* вызывается через меню *Преобразование/Параметры конверсии...*, в которой главные установки сосредоточены на вкладках *Параметры* и *Трассировка* (на рисунке 92 они выделены рамками красного цвета).

Рис. 92. Основные установки, определяющие эффективность полуавтоматической оцифровки растра.

В поле *Макс. толщина* вводится максимальная толщина линии оцифровки, а в поле *Макс. разрыв*, соответственно, - значение максимального разрыва между линиями. Оба параметра настраиваются путем непосредственного указания на изображении.

В нашем примере указатель *Точность* следует установить в положение *Низкая*, т.к. обрабатываемые линии имеют плохое качество. В этом случае узлы создаваемой векторной линии будут размещаться реже, и ее форма будет менее зигзагообразной. Параметр *Автоматически определять направление* выражается в единицах времени, в течение которого программа будет ожидать от пользователя указания дальнейшего направления трассировки.

Перед началом векторизации надо активировать соответствующий инструмент. Так как результатом работы должен быть слой, содержащий векторные объекты типа сплайн (сглаженные полилинии), то для этого идеально подходит инструмент *Трассировать полилинию*, находящийся на панели *Трассировка*. На ней же можно указать способ обработки растрового контура после создания поверх него векторной полилинии (рекомендуем выбрать *Создать вектор* или *Создать вектор и стереть растр,* в последнем случае оцифрованные участки растра будут поочередно удаляться, разгружая тем самым чертеж). На рисунке 93 изображена данная панель с выбранными инструментами, необходимыми для работы.

Рис. 93. Панель *Трассировка* с выбором инструментов для оцифровки горизонталей.

Собственно оцифровка в полуавтоматическом режиме выполняется довольно просто - путем щелчка левой кнопкой мыши на нужном контуре. Программа строит поверх него полилинию до точки пересечения с контуром другого объекта (или до места разрыва), после чего необходимо указать последующее направление трассировки. При активном параметре *Автоматически определять направление* с установленным по умолчанию временем *0.5 с* в месте предполагаемого направления трассировки появляется крестообразный символ. Если не будет задано другое направление, то оцифровка продолжится в направлении этого указателя. При высоком качестве растра указанный параметр следует обнулить, тогда векторизация будет происходить без остановок, хотя при этом возможны некоторые неточности.

Завершается создание полилинии (инструмент *Трассировать полилинию* создает именно полилинии, которые затем можно преобразовать в сплайны) нажатием на клавишу *ENTER*. В процессе векторизации часто требуется изменять ее направление, отменять создание объекта или отдельного его сегмента и пр. Доступ к этим и другим операциям текущего редактирования осуществляется через контекстное меню или «горячие» клавиши (наиболее часто используется комбинация клавиш *Ctrl+Backspace* - отмена последнего сегмента).

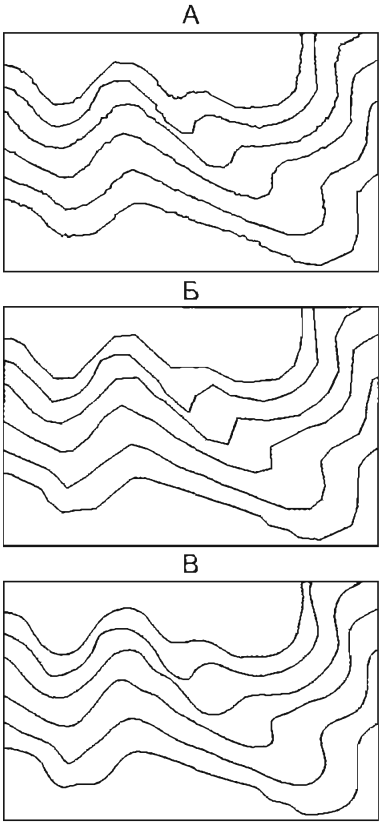


Рис. 94. Полилинии после векторизации (А); полилинии после коррекции (Б); сплайны, полученные из откорректированных полилиний (В).

Направление трассировки можно быстро изменить щелчком мыши на конечном узле полилинии (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_06.exe). После завершения оцифровки горизонталей сохраните полученный файл под именем Результат полилинии исходные.cws.

При выполнении векторизации растровых слоев, не содержащих значительных разрывов трассируемых линий, эффективность полуавтоматической оцифровки возрастает (используйте в качестве примера файл Растр высокое качество.tif).

2. Форма полученных полилиний, даже когда *Точность = Низкая* (разреженное формирование узлов), как правило, далека от оптимальной, что связано с наличием скоплений близко расположенных узлов. Поэтому, практически всегда, используются инструменты их коррекции. В программе **Spotlight Pro 7.0** имеются развитые средства исправления полилиний, которые отсутствуют в норвежском аналоге **RxSpotlight PRO 7.0**. Установим в форме *Настройка коррекции полилиний* (меню *Коррекция/Настройка коррекции полилиний* разрешение на удаление мелких сегментов горизонталей размером до 64.00" и выполним команду *Автоматическая коррекция полилиний*. Результат представлен на рисунке 94-Б (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_07.exe). Сохраните файл под именем Результат полилинии коррекция.cws.

Установки коррекции полилиний позволяют исправить боль-

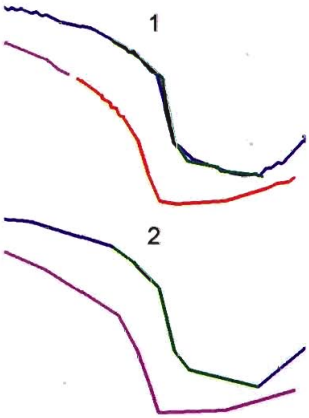


Рис. 95. Исходная комбинация полилиний (1) и результат их коррекции (2) в **Spotlight Pro 7.0**.

шинство ошибок, возникающих в процессе трассировки. Например, на рисунке 95 (позиция 1) показаны четыре полилинии, две из которых нужно соединить, а две совместить с одновременным удалением мелких сегментов. Программа **Spotlight Pro 7.0** прекрасно справилась с этой задачей (рис. 95 - позиция 2).

Созданные полилинии, каждая по отдельности или все сразу, преобразуются в сплайны командой **Spotlight Pro 7.0** *Конвертировать в сплайн* из меню *Коррекция* (рис. 94-В). При этом точность обводки контуров сплайнами, в отличие от полилиний, может быть понижена, особенно на прямолинейных участках, где при оцифровке создается мало узлов. Таких погрешностей обычно не много и они легко устраняются путем перемещения узлов сплайна в режиме редактирования полилинии (клавиша *F5*) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_08.exe). Сохраните файл, содержащий отредактированные сплайны, под именем Результат сплайны.cws.

Важнейшей характеристикой рельефа является высота. Программа **Spotlight Pro** умеет автоматически формировать высотные уровни для горизонталей при помощи специальных средств. Покажем, как ими пользоваться.

Высотные уровни можно создавать только для полилиний. Поэтому, если существует необходимость в них, не следует конвертировать полилинии в сплайны, это можно сделать позже.

Итак, приступаем к формированию высот горизонталей (исходный файл - Результат полилинии коррекция.cws). Прежде всего, нужно переключиться на использование мировой системы координат и вывести на экран форму *Инспектор* (клавиша быстрого вызова *Alt+F1*).

Выполняем команду *Упорядочить уровни* из меню *Коррекция*. В окне инспектора указываем начальное значение высоты и шаг (единицы измерения можно оставить *мм*), а также меняем красный цвет

на синий в поле *Highlight*. С помощью цвета удобно отслеживать полилинии, которым присвоен или не присвоен атрибут высоты. Выбираем оптимальное направление для секущей линии и прочерчиваем ее. При этом над каждой горизонталью появляется присвоенная ей высотная отметка (рис. 96).

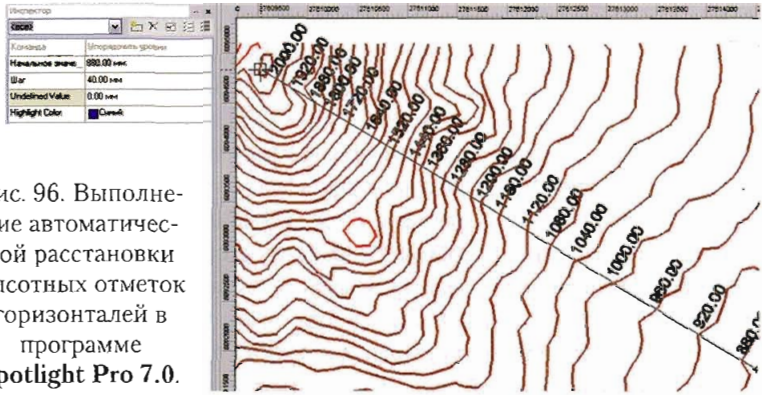


Рис. 96. Выполнение автоматической расстановки высотных отметок горизонталей в программе **Spotlight Pro 7.0**.

После выполнения распределения горизонталей по высотным уровням они приобретают синий цвет. Полилинии, не имеющие атрибута высоты, продолжают оставаться окрашенными в красный цвет (рис. 97). Если последние образуют скопления (см. рис. 97, снизу в центре), для них задается новое начальное значение и операция повторяется для каждой такой группы. Для одиночных горизонталей высота присваивается вручную в поле *Уровень* формы *Инспектор*. После завершения создания высотных уровней все горизонтали должны иметь синий цвет и при наведении курсором для каждой из них должна отображаться высота (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_09.exe). Сохраните файл под именем

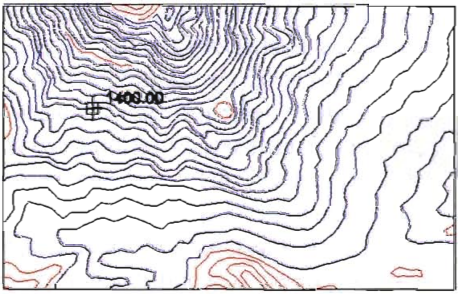


Рис. 97. Разделение по цвету горизонталей после автоматического формирования высотных уровней.

Результат полилинии коррекция с отметками высот modify.cws. Преобразуйте полилилии в сплайны и сохраните изменения - Результат сплайны с отметками высот modify.cws.

На рисунке 98 показан законченный оцифрованный фрагмент изображения.

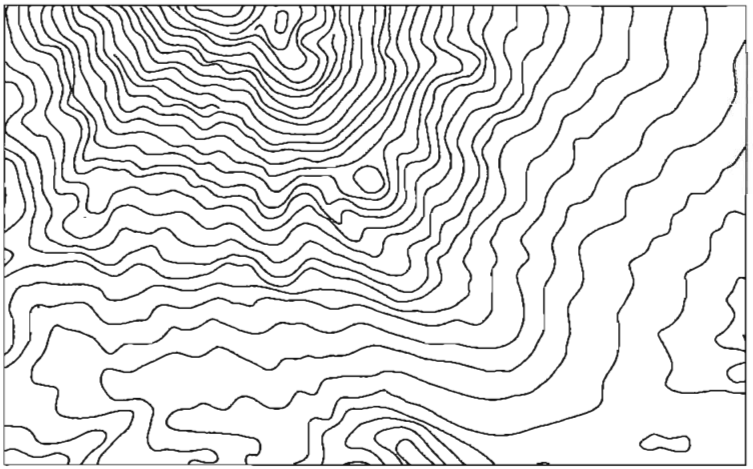


Рис. 98. Результат полуавтоматической оцифровки горизонталей топографической карты.

Импорт векторных слоев в ГИС

Импортировать векторные слои из программы-векторизатора в **MapInfo** с сохранением картографической проекции можно двумя способами.

1 способ. Как отмечалось выше, векторизатор **Spotlight Pro** максимально адаптирован под **AutoCAD**, поэтому имеет возможность сохранения результатов работы в формате *.DWG. При этом правильно конвертируется не только послойное распределение векторных объектов, включая сплайны, но и растровое изображение, что весьма важно. Таким образом, используя эту возможность, можно продолжить работу над проектом в **AutoCAD** на базе его мощных средств редактирования и черчения.

Сохранить файл **Spotlight Pro**, содержащий слой оцифрованных горизонталей, в формате **AutoCAD** можно на любой стадии

векторизации. Все оцифрованные объекты будут корректно отображены в ГИС при выполнении рекомендаций, представленных ниже. На предшествующем этапе полилинии были преобразованы в сплайны. Плавные контуры в наибольшей степени соответствуют изолиниям и улучшают восприятие карты. Здесь присутствует важный момент, о котором следует упомянуть.

При использовании сплайнов в геоинформационную систему из файлов **AutoCAD** не передается атрибут высоты. Чтобы сохранить одновременно плавность форм горизонталей и присвоенные им высоты нужно выполнить для них команду *Разбить*, которая формирует из сплайнов новые полилинии с часто расположенными узлами, что позволяет полностью имитировать их форму (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_10.exe). Такие объекты ГИС **MapInfo** воспринимает корректно (рис. 99).

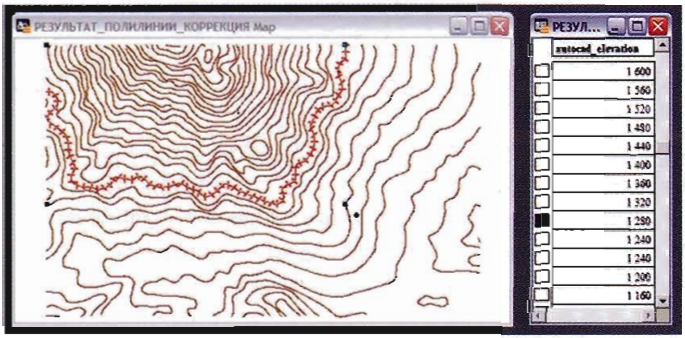
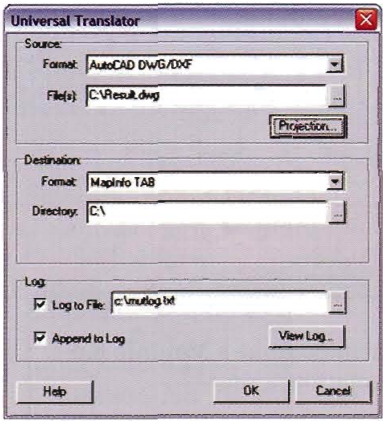


Рис. 99. Сохранение информации о высотах горизонталей при их конвертировании из программы-векторизатора в ГИС.

Итак, создаем на этой стадии файл Результат полилинии коррекция с отметками высот полилинии-сплайны-полилинии.dwg и с помощью *Универсального транслятора* **MapInfo 8.5** конвертируем его в TAB-файл, обязательно указав картографическую проекцию Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27 (рис. 100). При этом будут автоматически получены четыре набора файлов **MapInfo**, соответствующих названиям слоев **AutoCAD**. Из них следует оставить только те файлы, которые относятся к слою «Vector». После завершения конвертирования в одном окне карты **MapInfo 8.5** открываются табли-

ца с горизонталями (РЕЗУЛЬТАТ ПОЛИЛИНИИ КОРРЕКЦИЯ С ОТМЕТКАМИ ВЫСОТ ПОЛИЛИНИИ-СПЛАЙН-ПОЛИЛИНИИ_Vector.tab) и лист топографической карты «n57-11» (n57-11.tab). Слой топокарты делаем полупрозрачным и убеждаемся в полном совпадении векторного и растрового изображений (рис. 101) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_11.exe).



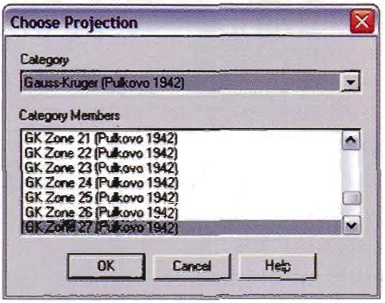


Рис. 100. Применение *Universal Translator* для передачи в ГИС векторного слоя горизонталей.

К основным преимуществам первого способа следует отнести автоматическое создание TAB-файлов для каждого слоя и поддержку сплайнов, к недостаткам - необходимость преобразования сплайнов обратно в полилинии для сохранения атрибута высоты при передаче в ГИС.

2 способ. При использовании данного способа нет необходимости трансформировать сплайны в полилинии для импорта высотных уровней в **MapInfo**. Оцифрованное изображение экспортируется из программы **Spotlight** сразу в файл обменного формата *.MID (команда *Экспортировать...* в меню *Файл*). В окне *Сохранить документ* имеется доступ к настройкам экспорта MID-файла. Из **Spotlight** можно передать различные атрибуты, среди которых нас интересуют два - уровень и имя слоя. Самым важным в форме *Параметры формата MapInfo* является выбор координатной системы из трех предлагаемых вариантов: *Take from UCS* (пользовательская декартова или прямоугольная система координат без географической привязки), *Degrees* (система координат широта/долгота) и *Pick*

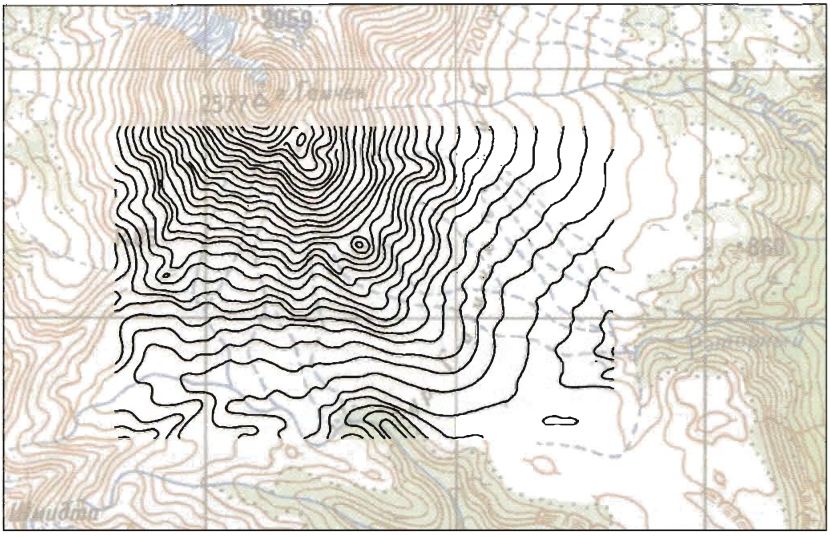


Рис. 101. Правильное позиционирование в **MapInfo 8.5** оцифрованных горизонталей.

from existing MIF File (выбор координатной системы из существующего MIF-файла). В списке *Координатная система* выберем третий вариант и файл, зарегистрированный в картографической проекции Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27, а именно Ссылка на проекцию Гаусса-Крюгера.MIF, из которого в специальное поле в форме *Параметры формата MapInfo* считывается информация о привязке (рис. 102). Файл Ссылка на проекцию Гаусса-Крюгера.MIF создается в **MapInfo** путем экспорта (меню *Table/Export...*) из любого TAB-файла, зарегистрированного в указанной выше проекции.

Выполняем экспорт (подтвердите запросы о сохранении растровых файлов) и импортируем полученный файл в ГИС **MapInfo 8.5**. Получаем изображение, аналогичное представленному на рисунке 101. При этом автоматически создаются поля с высотными уровнями и названиями слоев (рис. 103) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\05\5_12.exe). Небольшим неудобством при использовании MID-файла является формирование одной таблицы **MapInfo**, даже если импортируется несколько векторных слоев. Так как в этой таблице имеется поле с названиями слоев,

Рис. 102. Настройка параметров экспорта в файл обменного формата **MapInfo**.

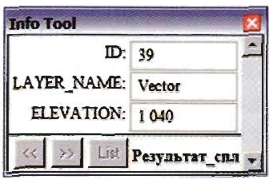


Рис. 103. Атрибутивная таблица **MapInfo** с названиями слоев и высотными отметками горизонталей.

эту проблему легко решить с помощью серии запросов и создания новых таблиц, соответствующих отдельным слоям.

В программе **Spotlight Pro 7.0**, кроме интерактивной, имеется и автоматическая оцифровка (см. Упражнение № 7), параметры которой можно настраивать, предусмотрена также возможность цветной векторизации.

В заключение, несколько слов о других программных продуктах. Помимо **RxSpotlight** и **Spotlight**, векторизацию растров можно выполнять при помощи приложений **AutoCAD** таких, как **GTXRaster CAD Plus** и **Raster Design**.

Достоинствами **GTXRaster CAD Plus** является возможность сразу получать на выходе сплайны и настраивать перед оцифровкой качество сглаживания; увеличивать детальность прорисовки объектов при векторизации полилиниями за счет выбора большего количества их сегментов, мощный набор инструментов по работе с растровыми изображениями, включая независимую корректировку отдельных фрагментов растра. К сожалению, модуль векторизации **GTXRaster CAD Plus** не может функционировать в интерактивном режиме при оцифровке полилиний (или сплайнов) и для правки результата требуются большие трудозатраты. Полуавтоматический режим возможен только при трассировке линий и геометрических фигур (прямоугольники, дуги, окружности и пр.).

Raster Design, также как и **GTXRaster CAD Plus**, является и векторизатором, и гибридным редактором, имеющим мощные средства по модификации растровых изображений и подготовке их

к оцифровке. В программе присутствует обширный набор фильтров по обработке монохромных изображений. **Raster Design** работает в полуавтоматическом режиме, который управляется через командную строку путем набора символов быстрого вызова, характерных для системы **AutoCAD**. В распоряжении оператора удобные инструменты для оцифровки различных объектов, в том числе и полилиний произвольной формы (к сожалению, отсутствует возможность их преобразования в сплайны, как в **Spotlight Pro**). Следует отметить также способность программы **Raster Design** корректно загружать растровые изображения, зарегистрированные в определенной системе координат, используя для этого информацию из World- и TAB-файлов.

Отличительной особенностью профессиональных векторизаторов, ориентированных на подготовку данных для ГИС, таких как **Easy Trace** или **MapEdit**, является наличие специальных инструментов для обеспечения топологической корректности объектов, а также создания и привязки к ним атрибутивной информации.

Использование специализированного программного обеспечения, предназначенного, в первую очередь, для интерактивной оцифровки растров, позволяет в значительной степени сократить трудозатраты на подготовку цифровой картографической основы ГИС.

5.3.2. Оцифровка растровых изображений по экрану в среде ГИС. Создание векторных объектов.

Перечень действий, рассмотренных при обзоре полуавтоматической векторизации растровых изображений, в полной мере применим и для ручной оцифровки (оцифровки по экрану) в одной из программ, созданных на платформе системы **AutoCAD** или полностью с ней совместимых (**Spotlight Pro** и др.). Данные продукты, по сравнению с ГИС, имеют более точные и совершенные инструменты черчения (особенно для создания сглаженных полилиний и полигонов) и рекомендуются нами для использования.

На практике нередко возникает потребность в ручной оцифровке отдельных фрагментов карт. В данном разделе мы познакомимся с встроенными в ГИС **MapInfo 8.5** инструментами, предназначенными для создания векторных объектов, и рассмотрим наиболее эффективные способы их применения. Будут проанализированы также возможности специальных модулей расширения к **MapInfo** по созданию сплайнов и сглаженных полигонов, а также особенности совместного использования в этом плане **MapInfo** и **AutoCAD**.

УПРАЖНЕНИЕ № 6

Задание - освоить технику векторизации растровых изображений по экрану в среде ГИС и CAD-систем.

Используемое ПО - **MapInfo 8.5**, **AutoCAD 2005**.

Исходные данные:

- фрагмент схемы квартальной сети Кроноцкого заповедника (с географической привязкой);
- условные растровые изображения (без географической привязки).

Масштаб - 1 : 200 000.

Картографическая проекция - Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27.

Формат - *.TAB, *.DWG, *.TIF.

Задание состоит из трех частей, включающих:

- использование стандартных инструментов ГИС для ручной

оцифровки растров;

- использование возможностей модулей расширения ГИС для построения сглаженных полигонов и полилиний;

- совместное использование средств ГИС и CAD-систем для ручной оцифровки растров, создания сплайнов и сглаженных полигонов.

Использование стандартных инструментов ГИС для ручной оцифровки растров

1. Открываем таблицу с зарегистрированной растровой схемой Кроноцкого заповедника. Переводим цветное изображение в полутоновое (см. файл Shema_200_color_crop.tab).

2. Создаем новую таблицу **MapInfo** New.tab (команда *New Table...* из меню *File*), в которой будет храниться атрибутивная информация, связанная с графическими объектами. Имеется возможность выбора таблицы-прототипа, структура которой будет унаследована новой таблицей, а также способ отображения последней - в новом окне карты, текущем окне карты, новом списке (делаем активными все три позиции). В форме *New Table Structure* создаем индексированное поле «Номер» с типом *Integer* для хранения номеров кварталов Кроноцкого заповедника. Здесь же имеется возможность выбора системы координат или картографической проекции таблицы (по умолчанию используется информация из активного окна карты; проверяем, что проекция соответствует Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27). При нажатии на кнопку *Create...* новый TAB-файл будет создан в соответствии с указанным именем и директорией сохранения (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_01.exe).

Слой, на котором будет формироваться векторная карта, делается активным или доступным для редактирования. При этом в **MapInfo**, в отличие от **ArcView GIS 3.3**, разрешается создание в одной таблице объектов любого типа.

В ГИС **MapInfo 8.5** выбор таблицы, в которую будут помещаться создаваемые поверх растра векторные объекты, осуществляется через команду *Layer Control...*, после чего становятся активными кнопки на панели инструментов *Drawing* (рис. 104). На ней же расположены и кнопки редактирования стилей точек, линий и полигонов. Более сложные команды трансформации линий и полигонов

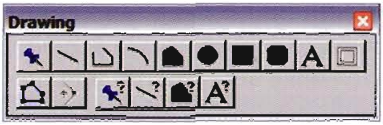


Рис. 104. Панель инструментов для создания векторных объектов в **MapInfo 8.5**.

сосредоточены в меню *Object*, активация пунктов которого осуществляется после выбора и указания на карте изменяемого объекта (пункт *Set Target)* и последующего формирования набора из одного или нескольких объектов, определяющих границы трансформации.

3. Наиболее часто используемыми инструментами при оцифровке растров ручным способом являются *Polygon* и *Polyline*. Мы будем формировать полигоны. Итак, выбираем инструмент *Polygon* на панели *Drawing* и приступаем к вычерчиванию первого многоугольника поочередным указанием его узлов мышью, причем они обязательно должны быть созданы в точках соединения с соседними объектами. Двойной щелчок левой кнопкой мыши завершает создание полигона. В таблице появляется первая запись, в поле «Номер» которой введем номер квартала (в нашем примере - 198), соответствующего созданному полигону. Более удобным способом ввода атрибутивной информации является использование окна *Info Tool* в сочетании с инструментом *Info*.

По умолчанию, вновь создаваемые многоугольники имеют тонкую сплошную границу черного цвета и сплошную заливку белого цвета. Изменим атрибут цвета границы (в форме *Layer Control...* кнопка *Display* параметр *Style Override*), соответственно, на красный и отменим заливку. Теперь векторный объект не перекрывает растровое изображение (рис. 105) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_02.exe).

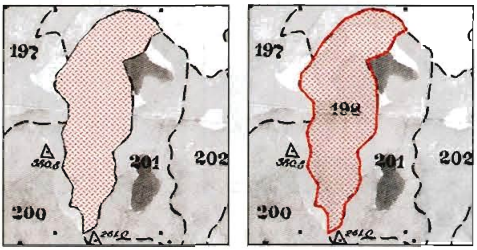


Рис. 105. Настройка однотипного стиля полигонов в **MapInfo 8.5**.

4. Приступаем к формированию смежных полигонов. Добавим к кварталу № 198 квартал № 201. Важно, чтобы сопредельные границы между указанными кварталами для обоих полигонов были полностью идентичными, и, соответственно, полностью совпадали друг с дру-

гом. При ручном повторном вычерчивании левой стороны кв. 201 поверх правой стороны кв. 198 невозможно выполнить это условие - всегда будут присутствовать незначительные перекрытия или щели между полигонами.

Для корректного создания смежных фигур в **MapInfo** имеются два специальных инструмента - совмещение узлов и автотрассировка полилиний и сторон полигонов. Первый включается и выключается соответственно клавишей *S*, второй - клавишей *T*. При этом, в строке состояния появляются, соответственно, надписи *SHAP* и *AUTOTRACE*. При включенном инструменте *SHAP* узлы нового объекта «притягиваются» и совмещаются с узлами исходного (радиус этого совмещения можно регулировать в настройках программы). Инструмент *AUTOTRACE* автоматически формирует идентичную смежную границу нового объекта на основе границы старого. Пользоваться *AUTOTRACE* можно только при включенном *SHAP*.

Нажимаем последовательно клавиши *S* и *T*, контролируя включение инструментов по строке состояния. Выбираем инструмент *Polygon*. Подводим курсор мыши к верхней точке смежной границы, он приобретает форму перекрестия, что свидетельствует о совмещении узла вновь создаваемого полигона с узлом исходного объекта. Нажимаем левую кнопку мыши для фиксации начальной точки многоугольника и перемещаем курсор к нижней точке смежной границы двух кварталов до тех пор, пока нужные узлы не совместятся. На экране появится подсвеченная линия автотрассировки. По умолчанию трассируется короткий путь между узлами (рис. 106-А). Этот же эффект достигается удерживанием клавиши *Shift*. При использовании клавиши *Ctrl* трассируется длинный путь (рис. 106-Б). После фиксации смежной границы оставшаяся часть контура оцифровывается обычным способом по экрану.

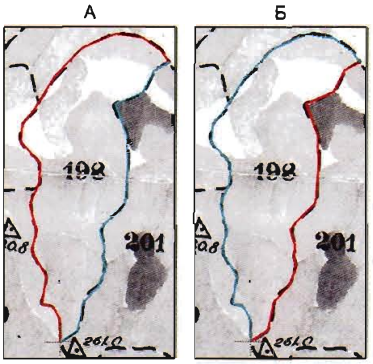


Рис. 106. Два варианта автотрассировки: по короткому (А) и длинному (Б) пути (пояснения в тексте).

Если при формировании многоугольника в точке соединения не

был создан узел, воспользоваться инструментами *SHAP* и *AUTOTRACE* будет нельзя, т.к. участок контура трассируется только между узлами. Поэтому в указанной точке нужно создать узел, переключившись в режим *Reshape* и выбрав инструмент *Add Node* (обе кнопки присутствуют на панели инструментов *Drawing*), которым указывается место добавления нового узла. Далее выполняются действия, описанные выше (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_03.exe).

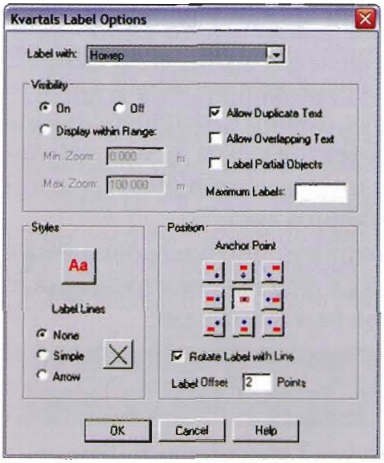


Рис. 107. Форма настройки параметров отображения меток.

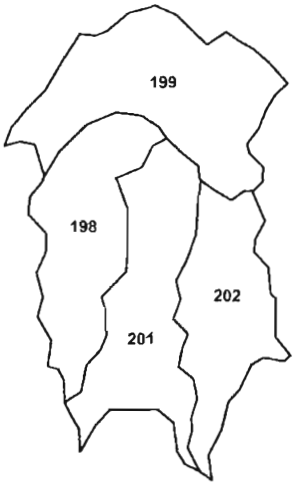


Рис. 108. Результат оцифровки по экрану полигонов в **MapInfo**.

Трассироваться может участок только одного объекта, поэтому если создаваемый полигон граничит одновременно с несколькими полигонами, следует применять инструмент *AUTOTRACE* к фрагментам каждого отдельного объекта.

При создании многоугольников, соответствующих кварталам заповедника, не забывайте заполнять поле таблицы с их номерами, хотя это можно сделать и после построения всех векторных объектов.

5. Отобразим на карте номера кварталов. Для этого предназначена кнопка *Labels...* в модуле *Layer Control*. В форме *Labels Options* (рис. 107) указывается поле, содержащее метки, и настраиваются параметры их оформления (шрифт, размещение, масштаб и пр.). Выберите шрифт *Arial* с эффектом *Bold*. Для отображения номеров кварталов в

Layer Control надо активизировать инструмент *Auto Label.*

По умолчанию метки привязаны к центроидам объектов, и при сложной конфигурации последних возможно неудачное размещение надписей. При помощи мыши метки можно разместить нужным образом, однако при ручном перемещении они превращаются в обычные текстовые объекты и становится невозможным автоматическое управление ими, о чем следует помнить. В таких случаях вместо автоматического подписания объектов карты лучше использовать ручное (кнопка *Label* на панели инструментов *Main*) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_04.exe).

На рисунке 108 представлен результат ручной оцифровки четырех кварталов Кроноцкого заповедника с отображением их номеров. Сохраним полученную таблицу под именем Kvartals.tab.

Изложенная техника создания многоугольников применяется и при ручной векторизации полилиний.

Использование возможностей модулей расширения ГИС для построения сглаженных полигонов и полилиний

Преимуществами оцифровки по экрану отсканированных карт средствами ГИС является корректность топологии объектов и их связи с атрибутивными БД.

Тем не менее, в картографии данный способ используется редко и при небольших объемах работ вследствие значительной трудоемкости операций и ограниченности набора инструментов, в частности отсутствия возможности создания сглаженных полигонов или полилиний (сплайнов). Но часто именно эти объекты необходимы для подготовки качественных карт ООПТ. Если создание стандартных полигонов, границы которых состоят из комбинаций отрезков прямых линий, в любой ГИС не представляет труда, то вычерчивание разомкнутых (например, для отображения горизонталей) или замкнутых (например, для отображения контуров растительных ассоциаций) сплайнов, которые имеют плавные очертания, используя только встроенный инструментарий ГИС, осуществить нельзя (здесь следует упомянуть о наличии в **MapInfo** команд *Smooth* и *Unsmooth*, но они действуют только по отношению к полилиниям, и полученный результат нужно существенно корректировать). Конечно, можно имитировать плавность контуров путем комбинации коротких линейных сегментов, но это требует больших трудозатрат

и на практике, как правило, не используется. Еще большие сложности возникают при создании сглаженных замкнутых областей (полигонов), имеющих внутри разрывы («дырки»). Поэтому для формирования тематических слоев ГИС необходимо использовать стороннее программное обеспечение, предназначенное для получения сложных криволинейных объектов, например систему **AutoCAD**, а также специальные программы для ускорения процесса векторизации, о чем говорилось в начале подраздела. Однако эту задачу можно решить и в среде **MapInfo**, используя возможности специальных модулей расширения к данной ГИС.

Российской компанией ESTI MAP для зарегистрированных пользователей бесплатно распространяется приложение **MICadUtils** для **MapInfo**, имеющее расширенный набор инструментов для создания и редактирования объектов **MapInfo**, включая сглаженные полилинии и полигоны (программа **MICadUtils** поставляется также в стандартном комплекте **MapInfo 8.5**). Покажем особенности применения этих средств.

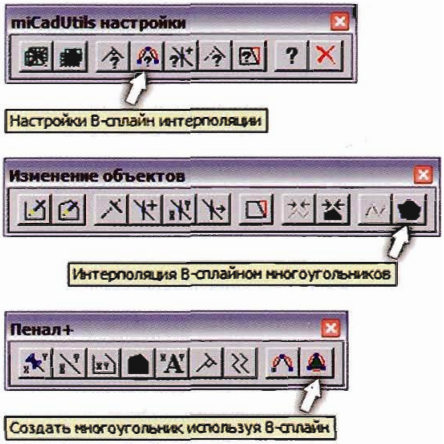


Рис. 109. Панели инструментов **MICadUtils** с кнопками настройки и управления сглаживанием полигонов.

MICadUtils позволяет как трансформировать обычные полигоны в сглаженные, так и создавать последние, для чего используются разные панели инструментов (рис. 109). Способ формирования новых сглаженных полигонов предпочтительнее преобразования существующих (см. подробнее далее по тексту).

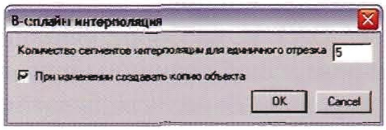


Рис. 110. Настройка параметров сглаживания в модуле **MICadUtils**.

Перед началом B-сплайн интерполяции надо настроить ее параметры (рис. 110).

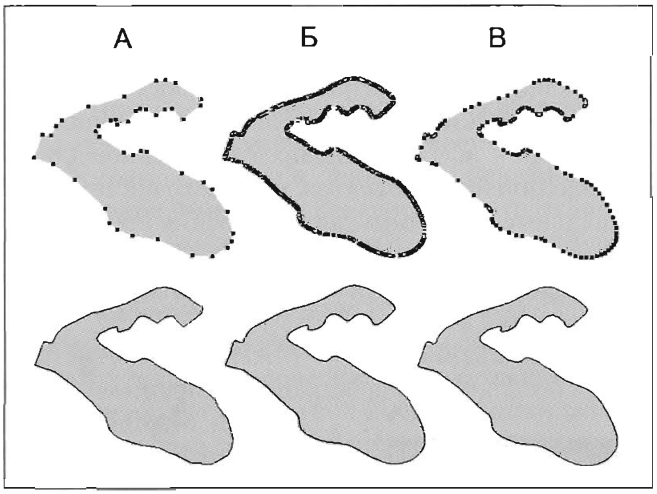


Рис. 111. Влияние количества сегментов интерполяции на качество сглаживания полигонов: А - недостаточное (низкое качество), Б - избыточное (высокое качество), В - оптимальное (высокое качество). Примечание. Верхний ряд - просмотр в режиме формы с показом узлов, нижний ряд - обычный просмотр.

Этот шаг является важным, поэтому эмпирическому подбору подходящей величины следует уделить должное внимание. По умолчанию количество сегментов интерполяции для единичного отрезка равно 5. В форме, представленной на рисунке 110, можно изменить это значение, а также запретить или разрешить сохранение оригинального полигона. Увеличение количества сегментов интерполяции приводит к формированию более гладких контуров, т.к. узлы нового полигона будут ближе расположены друг к другу. При достижении определенного предела дальнейшее сближение узлов теряет смысл, т.к. форма объекта уже не становится более гладкой. Более того, выбор излишней величины интерполяции приводит к существенному увеличению размера файла *.DAT. И, наоборот, указание в форме *B-сплайн интерполяция* слишком малой величины приведет к потере сглаженности, и трансформированный полигон будет мало отличаться от обычного, т.к. его граница будет представлена в виде прямых линий значительной длины (рис. 111).

Существует несколько правил, которых следует придерживаться,

чтобы последующие манипуляции с узлами созданных при помощи B-сплайн интерполяции объектов не сопровождались нарушением топологии карты:

- к созданию сглаженных полигонов следует приступать только после выбора оптимального (или избыточного) числа сегментов интерполяции;

- не рекомендуется использовать разные параметры интерполяции при создании объектов одной карты;

- при формировании смежных сглаженных многоугольников, имеющих общие границы, предпочтительнее использовать сглаженные полилинии с последующим преобразованием отграниченных ими замкнутых областей в полигоны.

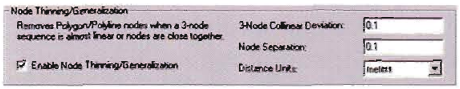


Рис. 112. Вкладка формы *Set Values For Node Snap & Thinning* для настройки разреживания узлов объектов.

От избыточного количества узлов в **MapInfo** можно избавиться с помощью команды *Snap/Thin...* меню *Objects* (рис. 112). При этом нельзя разреживать узлы только одного или нескольких сглаженных полигонов, команда должна применяться только ко всем объектам сразу - лишь в этом случае будет получен корректный результат (рис. 113-А). Ес-

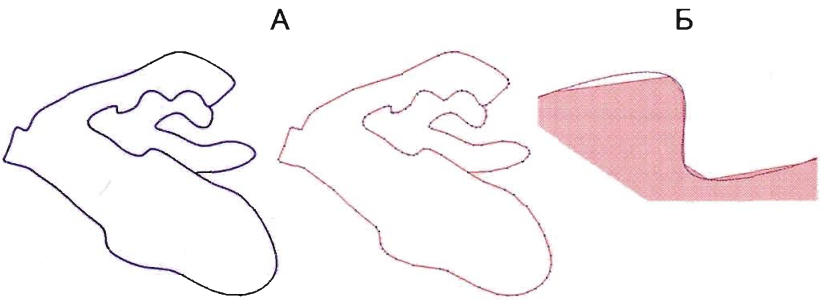


Рис. 113. Разреживание узлов двух исходных сглаженных полигонов с избыточным количеством узлов: А - корректное синхронное (команда *Snap/Thin...* применена к обоим объектам); Б - некорректное (команда *Snap/Thin...* применена только к одному объекту меньшей площади; показан фрагмент преобразования).

ли применить указанное преобразование, например, только к малому сглаженному многоугольнику, будет выполнено разреживание лишь его узлов. Несовпадение узлов смежных фигур приведет к появлению перекрытий и брешей между ними, т.е. к нарушению топологии (рис. 113-Б). Такой же неверный результат, характеризующийся несинхронным разреживанием узлов сопредельных сглаженных полигонов, будет получен при их формировании с применением различных параметров сглаживания.

Представим корректный способ создания смежных сглаженных многоугольников в **MapInfo** с использованием для этой цели сглаженных полилиний программы **MICadUtils** на том же примере оцифровки по экрану нескольких кварталов Кроноцкого заповедника (исходный файл New.tab).

Существует разница между формированием сопредельных сглаженных полигонов с помощью инструментов *Создать многоугольник используя B-сплайн* и *Создать ломаную используя B-сплайн.*

В первом случае при вычерчивании соседнего сглаженного многоугольника для совпадения его узлов с исходным необходимо использовать привязку к узлам и автотрассировку. Однако, даже при соблюдении этих условий, крайние узлы соединения двух полигонов часто не совпадают, в этих местах формируются самопересечения объекта («петли») или же искажается его форма (рис. 114-А). Смежные границы полигонов будут также не совсем идентичными.

Второй способ основан на использовании сплайнов и позволяет формировать сглаженные многоугольники, лишенные недостатков первого способа (рис. 114-Б).

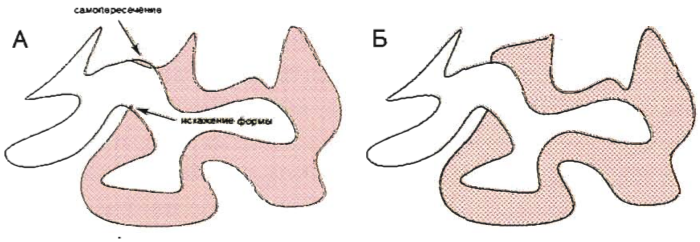


Рис. 114. Формировние смежных сглаженных полигонов в **MICadUtils**: А - неправильное (с использованием инструмента *Создать многоугольник используя B-сплайн), Б* - правильное (с использованием инструмента *Создать ломаную используя B-сплайн* и команды *Enclose...* **MapInfo**).

Включаем режим совмещения узлов (автотрассировка не используется) и формируем инструментом *Создать ломаную используя B-сплайн* сглаженный замкнутый сплайн методом оцифровки по экрану контура квартала № 198 при количестве сегментов интерполяции, равном 5 (исходные файлы те же - растровая таблица Shema_200_color_crop.tab и пустая векторная таблица New.tab). Замыкание сглаженной полилинии осуществляется двойным щелчком левой кнопкой мыши на начальном узле при активной функции *SNAP* (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_05.exe).

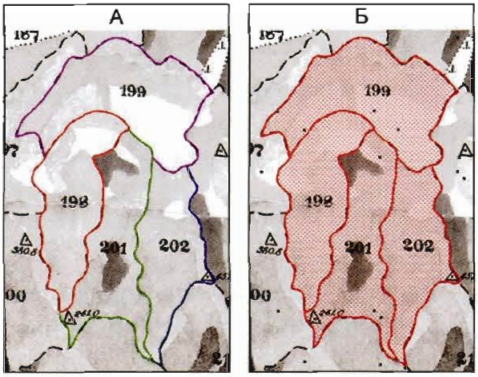


Рис. 115. Создание сглаженных полигонов из сплайнов с помощью команды *Enclose* в **MapInfo 8.5**.

При помощи инструмента *Создать ломаную используя B-сплайн* вычерчиваем границы будущих сглаженных полигонов остальных кварталов, представленные разомкнутыми сплайнами (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_06.exe). Таким образом, нами подготовлены четыре вспомогательных сглаженных полилинии, показанные на рисунке 115-А. Самым важным в этой процедуре является использование функции *SNAP*. Все сплайны должны быть соединены между собой совмещенными узлами. Сохраним файл под именем Kvartals_spline.tab.

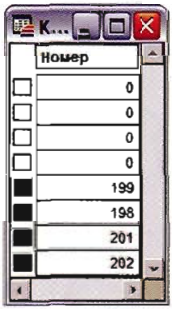


Рис. 116. Добавление новых сглаженных полигонов в таблицу **MapInfo**.

Созданные сглаженные полилинии выделяются, и к этому набору применяется команда *Enclose...* из меню *Objects*, которая генерирует из всех замкнутых областей новые сглаженные полигоны (рис. 115-Б). В форме *Create Region Object From Enclosed Areas*, предшествующей выполнению команды *Enclose*,

имеется возможность игнорирования полигонов. В нашем случае это обстоятельство не имеет значения, но при добавлении новых многоугольников к существующим следует использовать параметр *Ignore Region Objects*.

При создании сглаженных полигонов с помощью функции *Enclose* **MapInfo** автоматически не удаляет вспомогательные сплайны. На рисунке 116 показана таблица, где выделенным записям с номерами кварталов соответствуют полученные полигоны, а записям с нулевыми значениями - исходные сплайны, которые нужно удалить вручную.

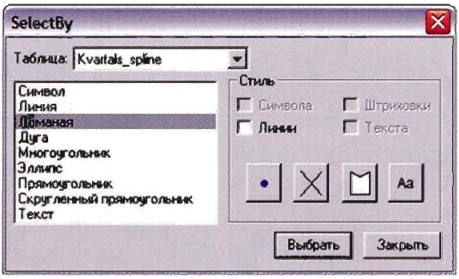


Рис. 117. Форма выбора объектов по типам и стилям в **MICadUtils**.

Для быстрого выбора объектов по типам и стилям имеется инструмент *SelectBy* в том же модуле **MICadUtils**. Для выделения всех полилиний надо указать в списке название *Ломаная* и нажать кнопку *Выбрать* (рис. 117). После этого выбранные записи вместе с соответствующими им графическими объектами удаляются, а таблица упаковывается (см. видеофрагмент C:\ СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_07.exe).

Далее отображаем на экране номера кварталов так же, как описывалось ранее. Результирующее изображение демонстрирует рисунок 118. Видно, что оно лучше соответствует оригиналу, чем полученное стандартными средствами **MapInfo** (см. рис. 108). Сохраните файл под именем Kvartals_spline_polygon.tab.

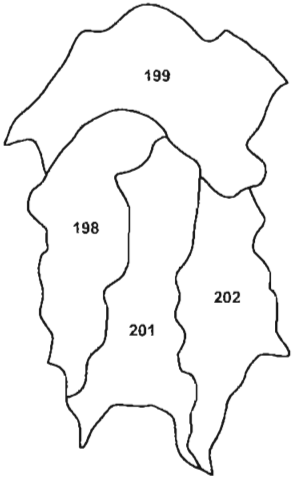


Рис. 118. Результат оцифровки по экрану полигонов с помощью модуля **MICadUtils**.

Таким образом, инструментарий **MICadUtils** восполняет отсутствие в **MapInfo** встроенных средств создания сглаженных фигур и может применять-

ся в среде данной ГИС для ручной оцифровки растров, содержащих объекты с плавными контурами. При этом отпадает необходимость в использовании и конвертировании сплайнов **AutoCAD** или созданных на их основе сглаженных замкнутых контуров (областей или регионов в CAD-терминологии).

Совместное использование средств ГИС и CAD-систем для ручной оцифровки растров, создания сплайнов и сглаженных полигонов

Для полноценного использования в **MapInfo** векторных объектов **AutoCAD**, в первую очередь сплайнов, необходимо организовать для этих платформ рабочие среды, базирующиеся на одинаковых картографических проекциях. Изготовление карт в среде **AutoCAD** следует осуществлять в пределах чертежа, созданного через *Универсальный транслятор* из файла *.TAB, который должен быть основан на одной из картографических проекций, например, поперечной цилиндрической проекции Меркатора. Эта проекция отображает без искажений форму малых объектов площадью до 400 км^2 и правильно показывает расстояния до 20 км. Другими словами, объекты, созданные в программе **AutoCAD** в плоской метрической (декартовой) системе координат или в проекции Меркатора, отличаются только координатами x-y и отображаются идентично (рис. 119), что очень удобно.

Допустим, требуется привязать к местности и оцифровать геоботаническую карту, причем контуры растительных ассоциаций должны быть плавными, т.е. сформированными сплайнами. Вы-

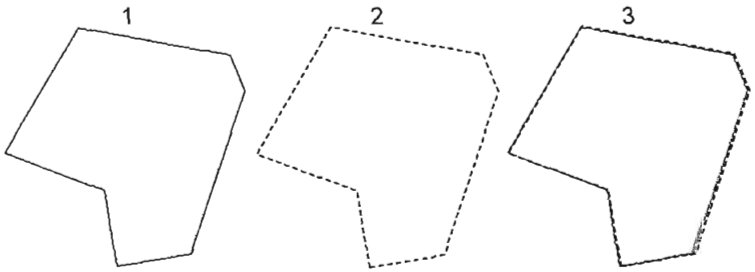


Рис. 119. Отображение формы векторного объекта в проекции Mercator WGS84 (1 - **AutoCAD**, 2 - **MapInfo**, 3 - совмещение контуров 1 и 2).

полнить вторую часть задачи в **MapInfo** сложно в виду отсутствия специализированных инструментов для создания указанных графических объектов, если не брать во внимание модули расширения. Поэтому в геоинформационной системе определяется только каркас картируемой области, например, по данным GPS-съемки в системе координат WGS84, с которой работают все спутниковые навигаторы (файл Контур.tab). Затем указанный файл сохраняется в проекции Mercator WGS84 (файл Контур Mercator WGS84.tab) и через *Универсальный транслятор* автоматически конвертируется в файл **AutoCAD** в указанной проекции. Передаем из **MapInfo** в **AutoCAD** зарегистрированное растровое изображение геоботанической карты (см. Упражнение № 5) и сохраняем полученный файл под именем Контур Mercator WGS84 с растром.dwg (см. видеофрагменты C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_08.exe и 6_09.exe).

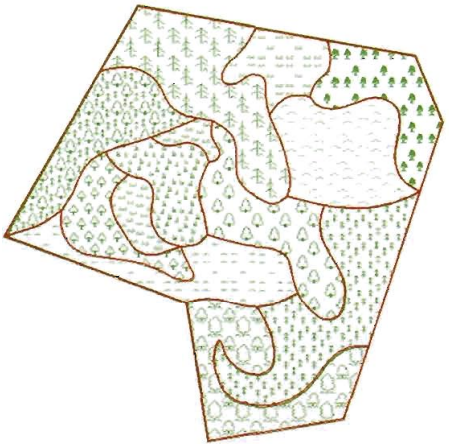


Рис. 120. Плавные контуры растительных ассоциаций, созданные оцифровкой растра по экрану в программе **AutoCAD**.

Теперь при помощи чертежных средств **AutoCAD** создаем векторную карту растительных ассоциаций на основе растра, используя, при необходимости, многослойную структуру. При этом можно формировать как отдельные замкнутые, так и разомкнутые сплайны, стыкующиеся друг с другом при помощи инструмента объектной привязки (рис. 120). Для точного соединения сплайнов обычно используется привязка *Nearest*. Отметим, что действие этого инструмента в **AutoCAD** и **Spotlight Pro** различно. В программе-векторизаторе невозможно привязать один сплайн к любой точке контура другого сплайна (это можно сделать для полилинии), а только к узлу. В **AutoCAD** такого ограничения нет - можно состыковывать сплайны в любой точке их контуров независимо от того имеются ли

там узлы или нет. С одной стороны, это повышает точность оцифровки по экрану, а, с другой, создает некоторые проблемы, которые рассмотрены ниже.

Итак, открываем в программе **AutoCAD** файл Контур Mercator WGS84 с растром.dwg, переименовываем слой «Контур Mercator WGS84» в «Spline» и делаем его текущим; устанавливаем параметры отображения на экране толщины линий; делаем полупрозрачным растр, расположенный на рабочем слое «0»; определяем типы объектной привязки *ENDPOINT* и *NEAREST*. Вычерчиваем сплайны, стыкующиеся между собой при включенной привязке *ENDPOINT* и присоединяющиеся к сторонам контура при активной привязке *NEAREST* (завершение ввода разомкнутого сплайна осуществляется тройным нажатием на клавишу ENTER). На заключительной стадии инструментом *Polyline* формируем поверх существующего контура участка местности новый контур, также состоящий из отдельных разомкнутых полилиний и проходящий через все окончания сплайнов (привязка *ENDPOINT* должна быть включена), перемещаем созданный объект на задний план, а исходный контур удаляем. Вся последовательность перечисленных действий записана в видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_10.exe.

В дальнейшем все участки, отграниченные сглаженными полилиниями, будут автоматически преобразованы в **MapInfo** в полигоны. Здесь следует учесть одно важное обстоятельство - для автоматического построения полигонов в **MapInfo** все сплайны **AutoCAD** в точках соединения с соседними должны начинаться заново, а не продолжаться, другими словами все узлы чертежа (точки стыковки объектов) должны быть соединены между собой автономными полилиниями. Это значительно замедляет создание карты, т.к. гораздо быстрее начертить один длинный сплайн и к его контуру добавлять короткие. При игнорировании этого замечания, в **MapInfo** придется использовать сторонние утилиты для разбивки полилиний на части в местах их соединения друг с другом. В программе присутствует встроенный модуль разрезания полилиний по узлам, но он работает только в ручном режиме и требует указания не более одного узла.

Однако, поэкспериментировав с различными инструментами **MapInfo**, нам удалось решить эту проблему (см. ниже по тексту).

Полученный файл Сплайны от узла к узлу.dwg, обязательно сохраненный в формате **AutoCAD 2004**, конвертируем обратно с по-

мощью *Универсального транслятора* в формат *.TAB. Однако в этом случае, требуется указание координатной проекции, в которой создавался чертеж. Выбираем из категории *Projections of the World* проекцию *Mercator WGS84*, и далее выполняем обычные действия. Файлу автоматически присваивается имя СПЛАЙНЫ ОТ УЗЛА К УЗЛУ_Spline.tab.

Загружаем полученный файл в **MapInfo**, констатируем отличное качество изображения. При конвертировании сплайны были преобразованы в полилинии с близко расположенными узлами, которые точно передают плавность контуров, в чем можно убедиться, включив показ узлов и максимально масштабируя изображение (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_11.exe).

При наличии нескольких слоев в программе **AutoCAD** каждый из них конвертируется в отдельную таблицу **MapInfo**, что очень удобно для однотипного оформления элементов карты. Если было соблюдено условие рисования объектов в **AutoCAD** методом «от узла к узлу», то создать полигоны в ограниченных полилиниями пространствах, не представляет труда. Для этого делаем слой редактируемым, выделяем все объекты и выполняем команду *Enclose...* из меню *Objects*, которая сформирует поверх слоя полилиний полигоны, соответствующие растительным ассоциациям. Остается оформить карту в соответствии с ее назначением, используя символьные штриховки **MapInfo** (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_12.exe). Можно преобразовать карту обратно в географическую систему координат WGS84, что не приведет к искажению изображения. Результат наших действий представлен на рисунке 121, получить который удалось, используя технику

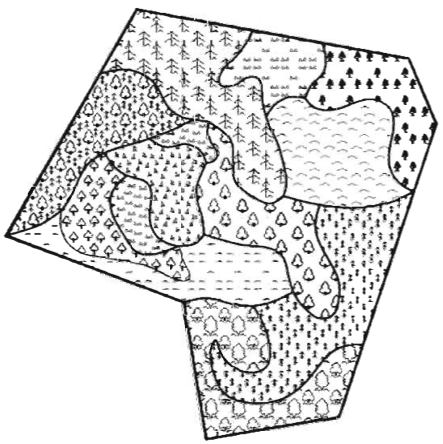


Рис. 121. Карта растительных ассоциаций, полученная в **MapInfo** при совместном использовании с **AutoCAD** на основе одинаковой системы координат.

черчения сплайнов «от узла к узлу».

Далее рассмотрим последовательность действий, позволяющую использовать *любые* разомкнутые сплайны **AutoCAD** (независимо от того разорваны ли они или нет в точках соединения с соседними) для построения из них полигонов **MapInfo**. Оказывается, для этой цели совсем необязательно вычерчивать сплайны от узла к узлу, т.е. строить карту на основе каркаса отрезков сплайнов. Последнее обстоятельство не только значительно снижает производительность, но и может привести к нарушению плавности длинных контуров в точках разрыва сплайнов. Для достижения результата достаточно выполнить совмещение друг с другом узлов соседних сплайнов, что можно выполнить в **MapInfo**.

На практике мы часто имеем дело с привязкой окончания одного сплайна к любой ближайшей точке другого сплайна, причем узел в этой точке у последнего сплайна может отсутствовать. Именно такой вариант мы и рассмотрим далее, используя в качестве примера изображение, представленное на рисунке 122. Обратите внимание, что на указанном рисунке (позиция 1) специально выделен один из сплайнов, чтобы показать, что он является единым целым, а не разбит по узлам. Напомним, что представленное изображение подготовлено в **AutoCAD** с объектной привязкой к ближайшей точке, поэтому узлы стыкующихся сглаженных полилиний не совмещены (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_13.exe). Полученный файл был сохранен в **AutoCAD** под именем Сплайны ближайшая точка.dwg и сконвертирован через *Универсальный транслятор* в

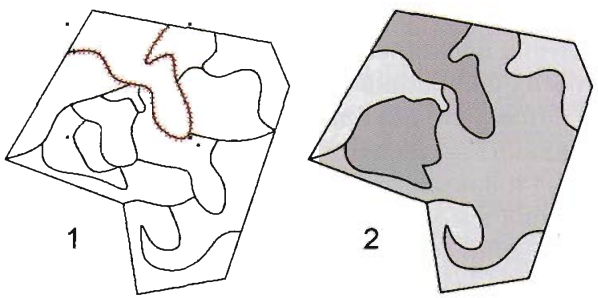


Рис. 122. Неправильное создание полигонов из пересечений сплайнов **AutoCAD** командой *Enclose*... ГИС **MapInfo**.

файл СПЛАЙНЫ БЛИЖАЙШАЯ ТОЧКА_Spline.tab.

Откроем указанный файл в **MapInfo 8.5**, выделим все объекты изображения (рис. 122, позиция 1) в таблице СПЛАЙНЫ БЛИЖАЙШАЯ ТОЧКА_Spline.tab и попробуем применить к ним команду *Enclose...* Программа **MapInfo** смогла распознать только шесть областей, пригодных для создания полигонов, где они и были сформированы. Причем только три из них созданы корректно, остальные являются комбинацией нескольких (рис. 122, позиция 2). Нам же необходимо автоматически получить в ГИС 13 отдельных полигонов.

Увеличим один из фрагментов карты (рис. 122, позиция 1), показывающий место соединения узлов полилиний, включив предварительно опцию их отображения на экране (меню *Map/Layer Control...*, кнопка *Display...*, параметр *Show Nodes*). Перейдем в режим формы (сочетание клавиш быстрого вызова CTRL+R), выделим и временно переместим узел стыковки одного из сплайнов (перед продолжением не забудьте сделать откат этого действия), отметим отсутствие узла на другом в этом месте. Следовательно, узлы не совмещены, и **MapInfo** «не знает», как строить полигоны. На помощь приходит команда *Snap/Thin...* из меню *Objects*. В данном случае нас интересует настройка параметров в верхней части появившейся формы, значения которых следует подобрать опытным путем.

На рисунке 123-А показан исходный фрагмент соединения двух полилиний (цифры отображают количество узлов в конкретной точке). Как видно, везде присутствует по одному узлу, включая и место стыковки полилиний.

Завышение величин совмещения узлов при выполнении команды *Snap/Thin...* приведет к более или менее существенному изменению направления последнего сегмента полилинии или же искажению форм обеих полилиний в месте соединения (рис. 123-Б). Это происходит потому, что два близко расположенных узла (показаны белыми кружками) попадают в заданный интервал совмещения (в примере - 1 м) и накладываются друг на друга, изменяя при этом форму объектов (чем меньше длина полилинии, тем больше искажается ее последний сегмент). Если же введенные значения совмещения достаточно малы, искажения объектов не наблюдается, а происходит перераспределение узлов второй полилинии таким образом, что один из них совмещается с конечным узлом соседней полилинии. Обратите внимание, что на рисунке 123-В в точке соеди-

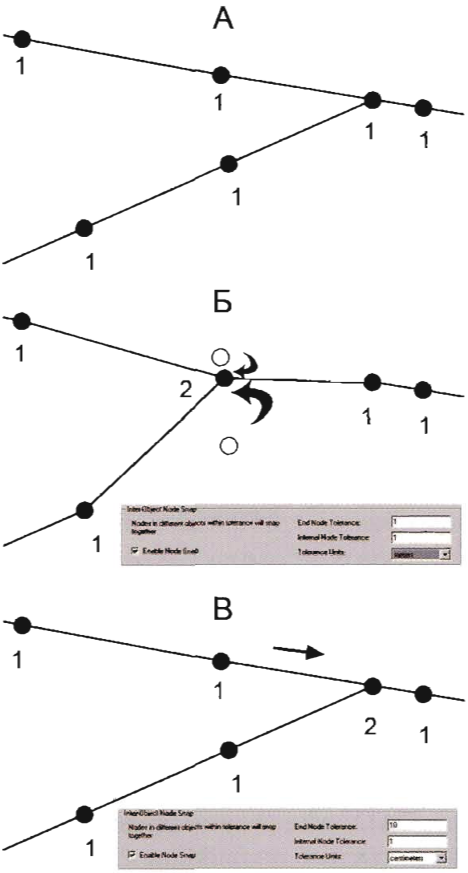


Рис. 123. Настройка параметров команды *Snap/Thin...* для совмещения узлов полилиний.

нения двух полилиний после выполнения команды *Snap/Thin...* уже расположены два узла - это то, к чему мы стремились. Были использованы следующие параметры указанной команды: *End Node Tolerance* - 10, *Internal Node Tolerance* - 1, *Tolerance Units* - centimeters. После совмещения узлов можно выполнять команду *Enclose...* из меню *Objects*, которая создаст требуемые 13 полигонов (рис. 124). Удалите теперь уже ненужные сплайны и сохраните таблицу под именем СПЛАЙНЫ БЛИЖАЙШАЯ ТОЧКА_ПОЛИГОН.tab (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\06\6_14.exe).

Рассмотренный метод, основанный на привязке к ближайшей точке контура сплайна, является самым быстрым и эффективным для оцифровки растров по экрану в системе **AutoCAD** для последующего использования в геоинформационной системе.

В программе **AutoCAD** имеется особый тип объектов - область (*Region*), который может быть создан из замкнутых сплайнов и содержать внутри «окна». В ГИС **Autodesk Map 3D** этому объекту соответствует *MPolygon*. К сожалению, векторные объекты *Region* и *MPolygon* нельзя напрямую преобразовать в формат **MapInfo**. Для этого командой *Explode* их необходимо разделить

на составляющие компоненты (сплайны, полилинии или линии), пригодные для экспорта. Техника создания объекта *MPolygon* из объекта *Region* с использованием **MapInfo** опубликована ранее (Использование GPS- и ГИС-технологий..., 2006).

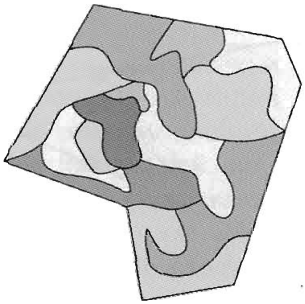


Рис. 124. Результат выполнения команды *Enclose...* после корректировки размещения узлов командой *Snap/Thin*.

Использование в пакете **AutoCAD** геопривязанных растров (см. Упражнение № 5) значительно расширяет возможности подготовки для геоинформационных систем качественного картографического материала. Более того, появляется возможность обработки зарегистрированных растров, содержащихся в файлах **AutoCAD**, программами-векторизаторами, созданными на платформе этой чертежной системы, такими как **Autodesk Raster Design 2005**, **RxSpotlight Pro 7.0**, **Spotlight Pro 7.0**, которые имеют средства интерактивной оцифровки, что значительно ускоряет изготовление карт.

Предложенный метод позволяет в полной мере использовать для создания карт **MapInfo** огромный набор инструментов точного черчения и редактирования, предоставляемый самой мощной CAD-системой, которой является **AutoCAD**. Мы рекомендуем его для подготовки высококачественных карт любой биологической направленности, где требуется повышенная точность позиционирования или конфигурации объектов, а также необходимость создания сглаженных контуров.

5.4. Импорт векторной графики в ГИС

Операции импорта в геоинформационные системы, а также экспорта из них стандартных векторных объектов (точек, линий и полигонов) не представляют особого труда. Для достижения этих целей существует большое количество всевозможных конвертеров как встроенных в ГИС, так и разработанных сторонними компаниями. При этом могут передаваться объекты, созданные в определенной системе координат путем векторизации на основе зарегистрированных растровых изображений, и непривязанные объекты. Использование последних в геоинформационных системах, по большому счету, не имеет смысла (для работы с ними имеются более удобные CAD-системы), поэтому далее пойдет речь об особенностях импорта в ГИС незарегистрированной векторной графики.

Следует подчеркнуть, что регистрация векторных объектов в ГИС более сложная процедура, чем привязка растров. Поэтому рекомендуется создавать их изначально по зарегистрированным растровым изображениям, что позволит избежать в дальнейшем всякого рода проблем. Итак, рассмотрим способы размещения в ГИС векторных объектов (слоев, карт), не привязанных ни к одной системе координат.

Один из них, основанный на растеризации и повторной векторизации мы рассматривали в предыдущей публикации (Использование GPS- и ГИС-технологий..., 2006). Однако этот способ вряд ли можно считать рациональным, он связан с существенными трудозатратами и на практике используется редко.

Самый распространенный метод заключается в привязке готовых векторных слоев в ГИС. Регистрировать векторную графику в **MapInfo 8.5** можно по двум или трем контрольным точкам. Рассмотрим оба этих способа на конкретном примере по Кроноцкому заповеднику.

УПРАЖНЕНИЕ № 7

Задание - осуществить импорт в ГИС векторного объекта, созданного в декартовой системе координат.

Используемое ПО - **MapInfo 8.5**, **Spotlight Pro 7.0**.

Исходные данные:

- отсканированный лист «n57-11» топографической карты района расположения Кроноцкого заповедника (с географической привязкой);

- растровое изображение границы Кроноцкого озера (без географической привязки).

Масштаб - 1 : 200 000.

Картографическая проекция - Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27.

Формат - *.TAB, *.TIF.

Задание выполняется в три этапа, включающих:

- подготовку растрового изображения и его оцифровку;

- регистрацию векторной графики в ГИС по двум опорным точкам;

- регистрацию векторной графики в ГИС по трем опорным точкам.

Подготовка растрового изображения и его оцифровка

Растровое изображение границы Кроноцкого озера можно подготовить в **MapInfo** на основе соответствующего векторного объекта из слоя гидрографии заповедника путем его растрирования (команда *Save Windows As...*) без сохранения геопривязки (файл Растр для Spotlight.tif).

Далее растр добавляется в одну из чертежных систем или векторизаторов, где выполняется оцифровка контура. Используем для этой цели **Spotlight Pro 7.0**:

1. Выбираем пункт *Существующий растр...* из меню *Вставка*. В диалоговом окне указываем необходимый растр (файл Растр для Spotlight.tif), котый добавляется в пространство чертежа в точку вставки с координатами 0; 0 (установлена по умолчанию). Масштабируем растр на весь экран (клавиша ALT+0). Сохраняем файл под именем Чертеж с исходным растром.dwg (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_01.exe).

2. Создаем 2 основных слоя с названиями «Rastr» и «Vector» и 2 вспомогательных «Restangle» и «Point». Перемещаем растр на слой «Rastr» (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_02.exe).

3. Конвертируем изображение в полутоновое, используя меню *Растр/Конвертировать в...* и применяем к нему фильтр *Усреднить* с параметром 2 пикселя. При помощи модуля *Адаптивная бинаризация* бинаризуем растр со следующими установками: *радиус* - 8, *сгладить* - 0%, *бинаризовать* - 70 (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_03.exe).

4. Делаем текущим слой «Vector» и назначаем ему атрибут красного цвета. Выполняем автоматическую оцифровку подготовленного растра командой *Растр в векторы* из меню *Преобразование*. Отключаем вывод на экран растрового изображения кнопкой *Показать/Скрыть растр*, оцениваем качество полученной полилинии. Сохраняем файл под именем Полилинии.dwg (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_04.exe).

5. Выделяем полилинию и конвертируем ее в сплайн соответствующей командой из меню *Коррекция*. Включаем отображение растра. Переходим в режим редактирования полилинии (клавиша F5) и перемещением узлов с помощью мыши добиваемся полного соответствия сплайна контуру растра (не редактируйте сплайн в режиме выбора векторных объектов - при этом происходят значительные задержки при перетягивании узлов). Преобразуем сплайн в полилинию командой *Разбить* из меню *Изменение* (при этом плавность контура сохраняется). Сохраняем файл под именем Сплайны.dwg (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_05.exe).

На этом формирование векторного объекта для привязки по трем точкам считается завершенным. Последующие действия направлены на создание второстепенных элементов, необходимых для его правильной регистрации в ГИС по двум опорным точкам.

Регистрация векторной графики в ГИС по двум опорным точкам

1. Делаем в программе **Spotlight Pro 7.0** текущим слой «Restangle» и вычерчиваем с помощью инструмента *Прямоугольник по 2 точкам* из меню *Рисование* два прямоугольника с включенной объектной привязкой к конечной точке. Нижняя и левая грани одного прямоугольника должны проходить, соответственно, через крайние нижний и левый узлы полилинии, а верхняя и правая грани второго - соответственно, через крайние верхний и правый узлы. Цель этого действия - получить координаты левого нижнего и пра-

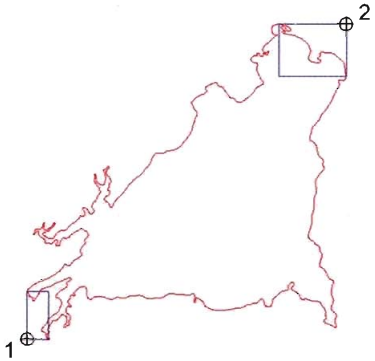


Рис. 125. Формирование координат МОП, используемых для импорта векторного изображения в ГИС.

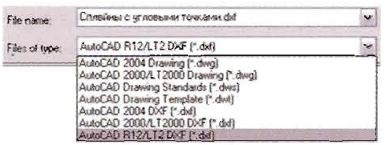


Рис. 126. Выбор версии файла **AutoCAD** для DXF-файла.

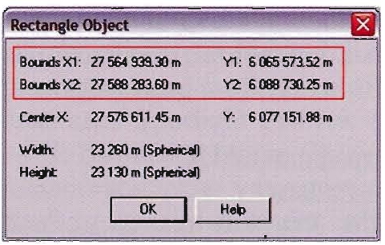


Рис. 127. Определение координат МОП в **MapInfo 8.5**.

вого верхнего углов минимального описывающего прямоугольника (МОП), используемые в диалоге импорта в **MapInfo**.

2. Делаем текущим слой «Point» и создаем две опорные точки в углах прямоугольников (рис. 125). Поочередным выделением каждой из них фиксируем в окне *Инспектора* координаты:

Точка	x	y
1	2.50	2.82
2	149.54	148.70

Сохраняем файл под именем Сплайны с угловыми точками.dwg.

3. Открываем полученный файл в программе **AutoCAD 2005** и сохраняем его в обменном формате **AutoCAD** *.DXF R12 (Сплайны с угловыми точками.dxf) (см. рис. 126 и видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_06.exe).

4. Теперь нужно определить в **MapInfo** координаты левого нижнего и правого верхнего углов МОП, с которыми будут сопоставляться координаты опорных точек, созданных в программе **Spotlight**. Для этого на косметическом слое вычерчивается поверх зарегистрированного растра с изображением Кроноцкого озера (Кроноцкое_озеро.tab) минимальный прямоугольник, в который вписывается это изображение (см. файл Restangle.tab). На рисунке 127 показана форма со свойствами этого прямоугольника, где рамкой красного цвета обведены требуемые координаты (см. видеофрагмент C:\СЕМИ-

НАР\ВИДЕОКУРС\07\7_07.exe).

5. Приступаем к импорту DXF-файла в ГИС **MapInfo 8.5**, выполняя команду *Import* из меню *Table*. Появляется форма *DXF Import Information*, в которой выбираем для импорта слой «Vector» (рис. 128).

Нажимаем кнопку *Projection...* и указываем в списке Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27.

Для ввода рассчитанных выше координат двух МОП служит форма *Set Coordinate Transformation* (рис. 129).

Выполняем импорт оцифрованной полилинии. На запрос программы вводим имя новой таблицы Сплайны с угловыми точками_DXF.tab. Для показа векторного изображения в окне с топографической картой добавляем в него таблицу в виде отдельного слоя. Результат представлен на рисунке 130 (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_08.exe).

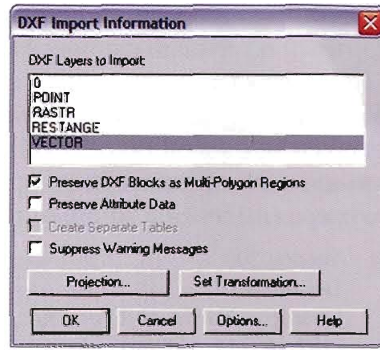


Рис. 128. Форма настройки параметров импорта DXF-файла в **MapInfo 8.5**.

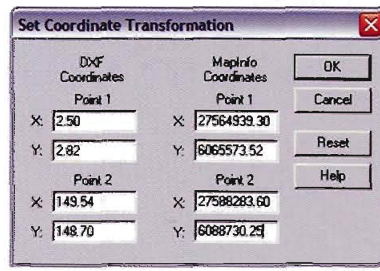


Рис. 129. Форма для ввода координат опорных точек.

Может получиться так, что вместо целого изображения на экране появится только его фрагмент, ограниченный лимитами карты. Для расширения пространства карты нужно выполнить *Save copy as...* из меню *File*, затем в появившемся окне выбрать кнопку *Projection...*, в окне проекций нажать ОК, ничего не меняя. После этого появится форма изменения границ чертежа, в которой необходимо указать требуемые размеры. Далее нужно закрыть исходную таблицу в **MapInfo** и открыть вновь сохраненную. Однако этот метод работает не всегда корректно со схемами в условных прямоугольных проекциях. В таком случае воспользуйтесь следующей методикой:

а) заново преобразуйте файл **AutoCAD** в формат **MapInfo**, толь-

ко при этом укажите в качестве выходного формат не *.TAB, а стандартный обменный формат **MapInfo** *.MIF;

б) откройте полученный файл *.MIF в любом текстовом редакторе и измените параметр *Bounds*, сохраните изменения. Ниже представлен заголовок такого файла, в котором указаны координаты минимального описывающего прямоугольника размещения Кроноцкого озера (выделены жирным цветом):

Version 300
Delimiter ","
CoordSys NonEarth Units "mm" Bounds **(0.000000, 0.000000)**
(152.109714, 151.601714)
Columns 1

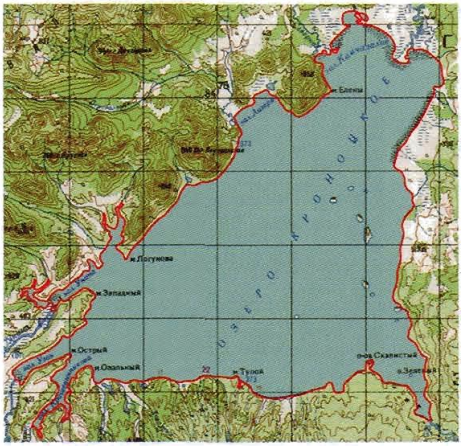


Рис. 130. Одинаковый результат регистрации векторного объекта по двум и трем опорным точкам.

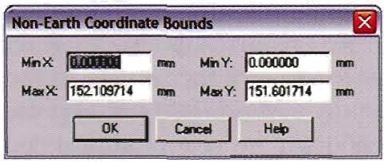


Рис. 131. Форма изменения лимитов незарегистрированной карты.

в) выполните импорт исправленного файла в геоинформационную систему, используя команду *Import* из меню *Table*, после чего будет создан одноименный файл *.TAB, при запуске которого векторное изображение отобразится целиком. Можно также проконтролировать корректировку размеров карты. Используйте приведенную выше последовательность действий - на экране должна появиться форма, содержащая правильные цифры (рис. 131).

Попробуйте изменить координаты верхнего правого угла границы карты, определяемые параметром *Bounds* в MIF-файле с 152.109714 и 151.601714, соответственно, на 50.000000 и 50.000000. Выполните повторный импорт такого

файла в **MapInfo** и получите в результате только часть карты (рис. 132).

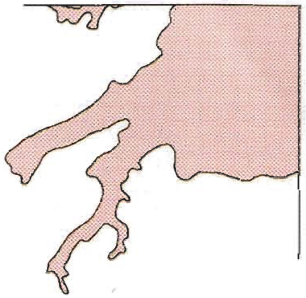


Рис. 132. Управление размером карты с помощью параметра *Bounds* MIF-файла.

Регистрация векторной графики в ГИС по трем опорным точкам

На этом этапе мы рассмотрим появившийся в **MapInfo** (начиная с версии **7.5**) встроенный модуль регистрации векторных изображений *Register Vector Utility*. Эта программа позволяет задать три контрольные точки на одной векторной карте и три опорные точки на другой, а затем выполнить аффинные преобразования над первой картой с тем, чтобы обе карты совпадали в пространстве. Преимущество данного способа перед описанным выше заключается в непосредственном указании контрольных и опорных точек на картах с использованием привязки к узлам, что очень удобно.

Техника регистрации с помощью программы *Register Vector Utility* в **MapInfo 8.5** полученного векторного изображения состоит в следующем:

1. Экспортируем из программы **Spotlight Pro 7.0** (команда *Экспортировать* из меню *Файл*) границу Кроноцкого озера, представленную замкнутой полилинией (файл Сплайны.dwg), в файл обменного формата **MapInfo** *.MID (Сплайны_регистрация 3 точки.mid). При этом генерируется одноименный MIF-файл (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_09.exe).

2. Импортируем файл Сплайны_регистрация 3 точки.mif в **MapInfo** и открываем изображение в отдельном окне карты. В другом окне отображаем зарегистрированный лист топографической карты (Кроноцкое_озеро.tab) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_10.exe).

3. Переходим непосредственно к регистрации векторного изображения, для чего запускаем программу *Register Vector*, входящую в стандартную поставку ГИС **MapInfo 8.5**. Модуль необходимо предварительно активировать через *Tool Manager*... в меню *Tools*. В верхнем окне выбираем исходную схему и указываем на ней 3 контроль-

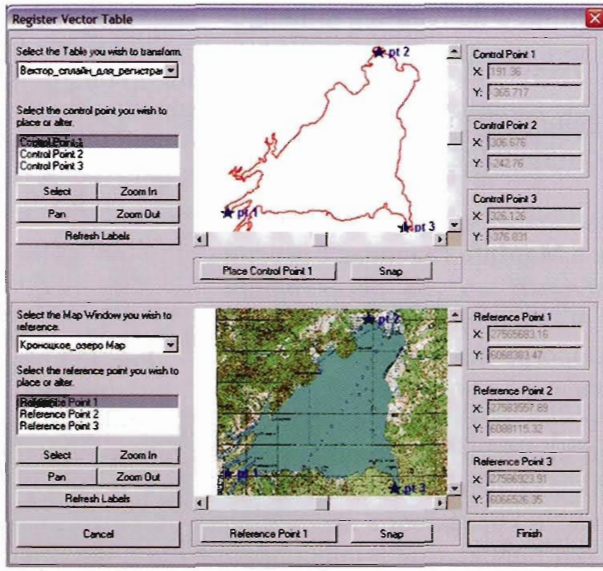


Рис. 133. Настройка аффинного преобразования векторного изображения в форме *Register Vector*.

ных точки с использованием совмещения узлов (кнопка *Snap*), в нижнем - результирующую карту с набором 3-х опорных точек (удобнее формировать пары точек), после чего запускаем программу на исполнение (рис. 133). **MapInfo** сделает запрос о создании новой таблицы, после чего можно ее открыть. Отмечены случаи, когда в завершающей стадии регистрации программа **MapInfo** перестает реагировать на запросы, тогда нужно принудительно завершить ее работу и запустить заново данное программное обеспечение, после чего открыть вновь созданную таблицу. В результате мы получим изображение, идентичное зарегистрированному по двум точкам (см. рис. 130) - файл result_mid.tab (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_11.exe).

При привязке векторных изображений важно, чтобы карта-получатель была зарегистрирована в плоской картографической проекции, одна из которых используется в данном упражнении. Рассмотрим вариант, когда карта имеет обычную географическую систему координат широта/долгота WGS84, которая применяется

во всех GPS-навигаторах.

В этом случае качество изображения, полученного в результате аффинного преобразования оцифрованного контура Кроноцкого озера, будет мало пригодным для использования вследствие потери плавности формы полилинии (см файл result_mid_wgs84.tab и видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\07\7_12.exe). Это связано с тем, что карта-получатель построена на основе географической системы координат WGS84, которая не является картографической проекцией. Указанная система координат относится к полярной или азимутальной и определяет координаты точек по направлению и расстоянию от центра Земли. Поэтому для корректного преобразования векторной графики, созданной в декартовой системе координат, которая используется в **AutoCAD,** необходимо координатную систему широта-долгота результирующей карты временно трансформировать в одну из картографических проекций. Для этой цели, например, можно выбрать поперечную цилиндрическую проекцию Меркатора (Mercator WGS84), которая относится к категории равноугольных. После успешного завершения привязки векторного изображения назначенную проекцию при необходимости можно легко преобразовать обратно в WGS84.

Мы рассмотрели идеальный случай регистрации средствами **MapInfo** векторного объекта, оцифрованного по незарегистрированному растру, но полученного на основе зарегистрированного, вследствие чего их формы имеют одинаковую конфигурацию. Можно исказить векторный контур границы Кроноцкого озера произвольным образом путем применения ко всему объекту масштабирования, поворота, растяжения или сжатия и прочих линейных трансформаций, все равно он зарегистрируется правильно. Однако при внесении локальных изменений в отдельные части полилинии, правильного позиционирования всего контура, используя только стандартные средства **MapInfo**, добиться нельзя. При необходимости применения более сложных (нелинейных) преобразований, возможностей программы *Register Vector*, базирующейся на трех парах точек, оказывается недостаточно.

На рисунке 134 представлена попытка регистрации условной схемы, изготовленной в среде **AutoCAD** и имеющей конфигурацию неправильной трапеции (позиция 1). Эту схему следует разместить в пределах другого контура, полученного в результате точ-

ной съемки на местности (позиция 2). В позициях 3 и 4 рисунка 134 представлены разные варианты указания контрольных точек в модуле *Register Vector*. Как видно, в любом случае четвертый угол объекта является «плавающим» и достичь желаемого результата без четвертой пары точек невозможно. Вероятно, разработчики **MapInfo** сознательно ввели такое ограничение, так как для данного пакета разработаны специализированные модули, позволяющие выполнять аффинные преобразования векторных карт по неограниченному количеству опорных точек, такие как **miTransformer** (распространяется официальным дистрибьютором корпорации MAPINFO ESTI MAP) и **MapWarp** (поставляется российской компанией «РЕЗИДЕНТ»).

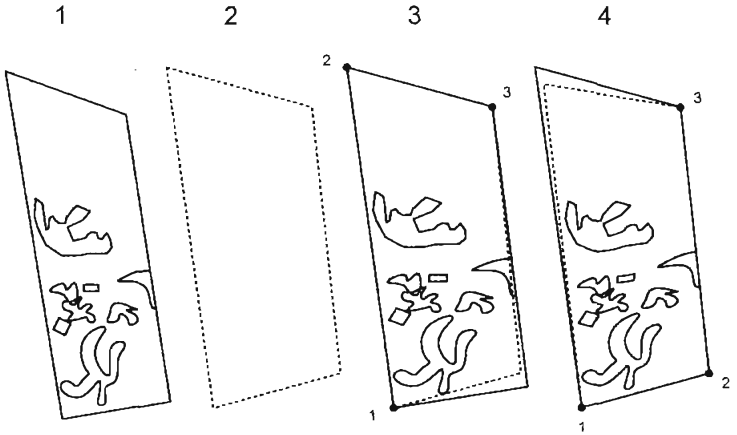


Рис. 134. Неполноценная функциональность программы *Register Vector* при регистрации векторных объектов (пояснения в тексте).

Программа **MapWarp** (текущая версия **2.0**) предназначена для координатного преобразования векторных карт, представленных в форматах **MapInfo** (*.MIF) и **ArcView GIS** (*.SHP). Ниже приводится краткая характеристика этой программы по материалам *http://www.resident.ru/software/mapwarp/default.htm*.

Типичная область применения **MapWarp** - уточнение векторных карт, составленных первоначально по бумажным оригиналам или другим источникам, имеющим низкую точность. Для уточнения карты могут быть ис-

пользованы данные полевых измерений, например, с помощью GPS. Преобразование карты задается совокупностью произвольного количества пар реперных точек (в этом заключается главное преимущество **MapWarp** перед встроенным в **MapInfo** модулем **Register Vector Utility** - *прим. автора*). В качестве реперов выбираются характерные точки карты или отдельные объекты (геодезические знаки, перекрестки дорог, углы зданий и др.), имеющиеся на векторной карте. Координаты репера на карте являются исходными значениями, данные измерений соответствующего объекта на местности - результирующими. После преобразования карта как бы «натягивается» на измеренные координаты путем точного совмещения реперных точек.

Преобразование координат выполняется утилитой в два этапа:

- аффинное преобразование (сдвиг, поворот и масштабирование по двум осям) по методу наименьших квадратов (минимизирующего сумму квадратов расстояний между реперными точками «FROM» и соответствующими им точками «TO»);

- нелинейное преобразование, использующее триангуляционное разбиение плоскости карты между реперными точками, в результате чего расстояние между соответствующими реперами сводится к нулю. При этом объекты карты смещаются пропорционально ближайшим реперным точкам.

Если необходимо преобразовать не всю карту целиком, а только ее фрагмент, в программе **MapWarp** предусмотрено использование области ограничения, позволяющей трансформировать только локальные участки карты.

Модуль **miTransformer** предназначен для трансформирования векторных таблиц **MapInfo** с помощью аффинных и проективных преобразований. Параметры трансформирования определяются исходя из набора контрольных точек, для которых определены координаты, как в исходной, так и в результирующей системе координат. Основная задача программы заключается в преобразовании векторных данных, оцифрованных в локальной системе координат, в новую векторную таблицу **MapInfo**, зарегистрированную в заданной системе координат.

При помощи указанных программ можно выполнить любую глобальную корректировку векторной карты или исправить ее локальные искажения.

Таким образом, импорт незарегистрированной векторной графики в ГИС возможен; но всегда связан с необходимостью выполнения дополнительных преобразований, которые, при наличии значительных нелинейных искажений, могут быть достаточно трудоемкими. Поэтому векторные слои должны создаваться на основе одной из плоских картографических проекций.

6. Работа с сетями и трехмерная визуализация в ГИС

В недалеком прошлом все распространенные ГИС были двухмерными, но с ростом производительности вычислительных средств сначала стали появляться 2.5-мерные, а потом и трехмерные ГИС (2.5-мерность означает, что любой трехмерный объект корректно моделируется в плане (оси X, Y), а по высоте задается только одно значение Z, которое не может изменяться в пределах объекта. Трехмерные ГИС позволяют создавать в среде трехмерной местности объекты любой сложности (Иванов, 2001). Однако полностью трехмерных ГИС общего назначения, в отличие от САПР, пока не существует, и речь следует вести, главным образом, о возможности трехмерной визуализации пространственных данных в ГИС.

В настоящее время ведущими производителями геоинформационных систем разработаны и реализованы в своих продуктах мощные средства для визуализации, моделирования и анализа трехмерных данных. К ним относятся, в первую очередь, **Erdas Imagine** (модуль **Virtual GIS**), **ArcGIS**, **ER Mapper** и другие.

Для наиболее доступных настольных ГИС, таких как **ArcView GIS** и **MapInfo** также имеются модули с функциональными возможностями для решения подобных задач - **3D Analyst** и **Vertical Mapper**, последний из которых мы рассмотрим более подробно.

Разработчиком и носителем торговой марки продукта **Vertical Mapper** изначально являлась канадская компания NORTHWOOD GEOSCIENCE, которая впоследствии передала права на распространение и развитие программы корпорации MAPINFO.

Vertical Mapper позволяет на основе статистических методов обрабатывать и отображать в трехмерном виде информацию в среде **MapInfo**, что достигается путем создания и использования нового представления пространственных данных - растрового отображения сетевых файлов. Сетевое представление данных наиболее часто используется в случаях их непрерывного распределения (например, при изучении рельефа) и позволяет получать значение призна-

ка в любой точке пространства.

Таким образом, ключевым понятием **Vertical Mapper** является сетевой файл (GRD-файл). Все операции в этой программе осуществляются через создание или анализ сетей, в каждом узле которых величина признака определяется по известным значениям ближайших исходных точек, как правило, выбранных случайным образом и неравномерно распределенных.

Сети можно рассматривать как четвертый тип данных в **MapInfo**, наряду с точками, линиями и полигонами. Для их создания по имеющимся точкам в **Vertical Mapper** применяются два различных процесса - интерполяция и моделирование. В программе реализовано 5 методов интерполяции и 2 метода моделирования. Инструментарий **Vertical Mapper** позволяет не только формировать и анализировать растровые поверхности, но и получать на их основе векторные объекты - контуры и полилинии (например, горизонтали) в формате **MapInfo**. При этом контуры строятся в виде ломаных линий или полигонов с учетом «дыр», что немаловажно при последующей работе с ними в ГИС.

Процесс отображения сети включает в себя генерацию 24-битного цветного изображения, которое хранится в виде растрового TIF-файла с координатной привязкой в формате **MapInfo** (TAB-файл), что позволяет показывать его в окне *Map* наряду с любыми другими слоями. Но, в отличие от обычной растровой подложки, каждому пикселю растрового изображения, созданного **Vertical Mapper**, сопоставлен узел сети из GRD-файла, что обеспечивает возможность запросить значение для каждого фрагмента растра. При конвертировании сети в растровый файл пиксели создаются таким образом, чтобы их центры совпадали с местоположением узлов сети (*http://www.esti-map.ru*). Использование теней при отображении рельефа, позволяет получать более реалистичные изображения, например, как на физико-географических картах.

Компанией ESTI MAP в настоящее время предлагается продукт **Vertical Mapper** (версия **3.1.1**) по цене, эквивалентной стоимости самой ГИС **MapInfo 8.5**. В новую версию внесены значительные дополнения и усовершенствования. Основными из них являются: составление прогнозов; построение полувариограмм, выполнение пространственной корреляции; новые способы определения плотности точек; изменение классов, использование фильтра и построение гис-

тограмм в классифицированных поверхностях; выполнение операций оверлея; создание буферов и др. Значительно улучшает качество изображения новая сглаживающая функция **Vertical Mapper**, уменьшающая изменчивость в цифровой сети с помощью усреднения значений ячеек, которые содержатся в определенной области. При сглаживании используется фильтр размытия краев, что приводит к удалению «пикселизации» растра. В настоящей версии программы реализован также целый ряд функций запросов и калькуляции пространственных данных, объединенных в сети.

Перечислим основные возможности **Vertical Mapper 3.1.1**:

- создание слоя поверхности и переклассификация (сглаживание значений (Кернеля) и квадратичное сглаживание);
- изменение проекции слоя поверхности;
- изменение размеров слоя поверхности, склеивание и вырезание части слоя;
- несколько алгоритмов интерполяции (триангуляция, обратно пропорционально квадрату расстояния (IDW), ближайшего соседа, прямоугольная (Rectangular) и настраиваемая оценка точек);
- импорт и экспорт поверхностей;
- профили, карты уклонов и экспозиций;
- 3D-вид и анализ;
- видимость от точки до точки, видимость из точки;
- объединение данных и пространственная корреляция;
- калькулятор сетей;
- использование запросов для построения новых поверхностей;
- конвертирование слоев поверхности в векторные слои и наоборот.

6.1. Построение цифровых моделей рельефа

Так как приложение **Vertical Mapper 3.1.1** предназначено для формирования и обработки непрерывных растровых поверхностей, оно идеальным образом подходит для визуализации рельефа. Покажем на конкретном примере возможности и преимущества ее использования в сочетании с **MapInfo 8.5** для построения цифровой модели рельефа (ЦМР) Кроноцкого биосферного заповедника.

УПРАЖНЕНИЕ № 8

Задание - сформировать цифровую модель рельефа Кроноцкого заповедника для создания основы физико-географической карты.

Используемое ПО - **ArcView GIS 3.3**, **MapInfo 8.5**, **Vertical Mapper 3.1.1**.

Исходные данные:

- оцифрованные изолинии (горизонтали): утолщенные (интервал - 200 м), основные и дополнительные (интервал - 40 м);
- изобаты (интервал переменный: в прибрежной зоне - от 10 до 100 м, далее - от 300 до 1000 м);
- векторные слои кварталов заповедника, гидрографической сети (с островами) заповедника и прилегающих территорий.

Масштаб - 1 : 200 000.

Картографическая проекция - Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27.

Формат - *.ADF, *.TIF. *.SHP, *.TAB, *.GRD.

Задание выполняется в два этапа, включающих:

- подготовку векторных данных;
- создание сети (цифровой модели рельефа).

Подготовка векторных данных

1. Сначала средствами **ArcView GIS 3.3** формируем из всех исходных ADF-файлов стандартные шейп-файлы (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_01.exe, демонстрирующий данную операцию на примере получения векторного слоя изобат в формате *.SHP).

2. Преобразуем полученные файлы в формат *.TAB. Начиная с версии **8.0** ГИС **MapInfo** способна без предварительного конвертирования открывать SHP-файлы **ArcView** в режиме только для чтения (при этом создается TAB-файл, но для возможности выполнения редактирования данных в среде **MapInfo** нужно сохранить его как копию под другим именем) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_02.exe). Важное замечание - с отдельными таблицами, созданными из шейп-файлов, были проблемы при использовании в **Vertical Mapper**, которые устранялись через экспорт в обменный формат **MapInfo** *.MIF и импорт из него в формат *.TAB.

3. Создаем полигональный слой границ Кроноцкого заповедника. Так как в имеющемся наборе данных он отсутствует, возьмем за основу файл квартальной сети Kvartals_modify.tab. Делаем таблицу кварталов редактируемой и выделяемой (в форме *Layer Control* ак-

тивизируем параметры *Visible* и *Selectable*). Последняя установка позволит осуществить быстрый выбор всех объектов слоя через команду *Select All from...* из меню *Query*, что и следует сделать.

После выделения всех кварталов заповедника применяем к этому набору команду *Combine...* из меню *Objects*. В появившейся форме *Data Aggregation* оставляем предлагаемые по умолчанию настройки. После выполнения команды будет создан единый полигональный объект территории заповедника (рис. 135). Сохраним файл под именем Boundary_KZ.tab. Примечание - для корректной последующей работы с сетью надо выполнить для полученного файла процедуру экспорта-импорта TAB-MIF-TAB (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_03.exe).

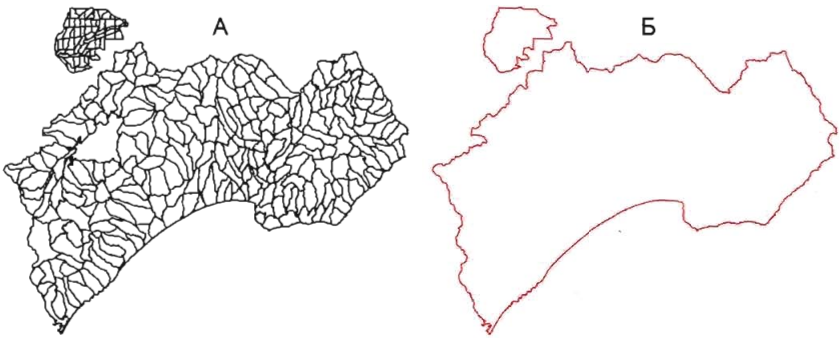


Рис. 135. Квартальная сеть (А) и созданная на ее основе граница (Б) территории Кроноцкого заповедника.

4. Исходные данные по гидрографии местности представлены постоянными водотоками (реки и ручьи в одну линию - riv_1l.tab, две линии - riv_2l.tab) и водоемами (озера) - lakes.tab). Первым на карте соответствуют линии, вторым - полигоны. Кроме того, имеются также полигональные слои постоянных рек (ручьев) - riv_p.tab и островов - island_p.tab.

Для нашего примера неважно такое детальное подразделение линейных водных объектов, поэтому объединим их в одну таблицу при помощи команды *Append Rows to Table...* (меню *Table*), использование которой не требует дополнительных разъяснений. Единственное требование - однотипная структура объединяемых таблиц, что в

данном случае соблюдено. На рисунке 136 в одном окне карты представлены все линейные постоянные водотоки местности, часть из которых выходит за границы заповедника (файл riv_1l-2l.tab) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_04.exe).

Рис. 136. Линейные водные объекты района расположения Кроноцкого заповедника.

Теперь извлекаем из слоя гидрографической сети фрагмент, ограниченный сухопутной территорией Кроноцкого заповедника. Для этого выделяем все реки и применяем к набору пункт *Set Target* из меню *Objects*, после чего выбираем ограничивающий полигон (Boundary_KZ.tab). Для завершения операции выполняется команда *Erase Outside* из того же меню (в форме *Data Disaggregation* оставляем предложенный по умолчанию метод *Value*).

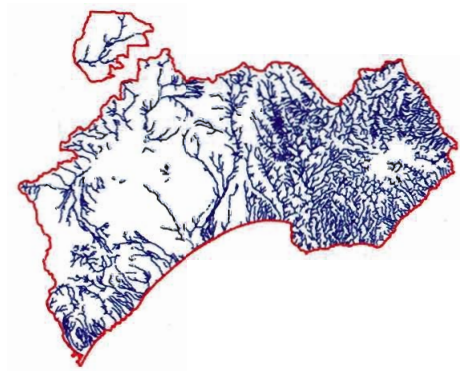


Рис. 137. Реки и ручьи, протекающие по территории Кроноцкого заповедника.

В результате перечисленных действий будет сформирован слой линейной гидрографии Кроноцкого заповедника (рис. 137) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_05.exe). Сохраним файл под именем River_Line_SUM_Border.tab.

Аналогичным способом обрабатываем оставшиеся векторные слои. Для полигональных объектов в форме *Data Disaggregation* сле-

дует указать метод *Area Proportion*, что приводит к пропорциональному распределению площадей между исходными и новыми объектами (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_06.exe). Используя команду *Save Copy As...* из меню *File*, сохраняем файл lakes.tab под именем lakes_Border_Disaggr.tab, файл riv_p.tab под именем River_Polygon_SUM_Border.tab и файл Island_p.tab под именем Islands_Border.tab, соответствующие полигональным слоям озер, рек и островов Кроноцкого заповедника.

5. Для построения физико-географических карт, особенно средне- и мелкомасштабных, присутствие малых по размерам объектов таких, как небольшие озера, притоки рек, ручьи (см. восточную часть заповедника на рисунке 137), часто бывает нежелательным, т.к. они создают лишь мелкие вкрапления, ухудшающие визуальное восприятие изображения.

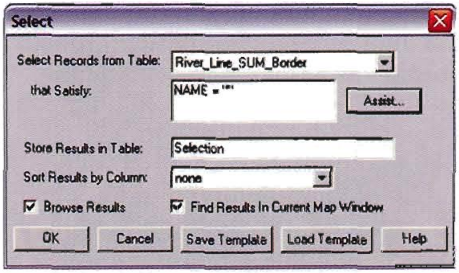


Рис. 138. Запрос с условием отбора рек Кроноцкого заповедника, не имеющих названий.

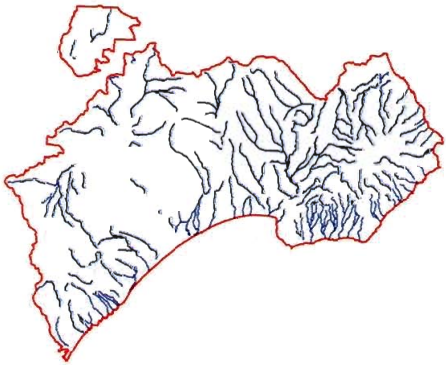


Рис. 139. Крупные реки Кроноцкого заповедника.

Отфильтруем слой гидрографии рассматриваемой ООПТ, оставив только крупные реки и водоемы.

Критерием отбора крупных рек (исходный файл River_Line_SUM_Border.tab) может служить, например, их длина или наличие названия в базе данных. Выберем второй критерий, т.к. вполне резонно утверждение, что только наиболее крупные реки имеют подписи, а многочисленные притоки и ручьи обычно безымянны.

Воспользуемся средствами **MapInfo** для построения запроса в соответствии с условием - NAME = «» (рис. 138). Обратите внима-

ние на установку флажка *Find Results in Current Map Window*, с помощью которого формируется выбор в текущем окне карты. После выполнения запроса к базе данных будут отобраны все записи и соответствующие им графические объекты, не имеющие названия в поле *Name*. Результат выполнения запроса можно удалить или сохранить как отдельную таблицу. Оставшиеся объекты будут представлять крупные реки Кроноцкого заповедника. Сохраним этот файл под именем River_Name.tab, он потребуется нам в дальнейшем (рис. 139) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_07.exe).

Приступаем к обработке полигональных водных объектов, представленных реками, озерами и островами, расположенными в пределах Кроноцкого заповедника. Открываем указанные файлы (Lakes_Border_Disaggr.tab, River_Polygon_SUM_Border.tab и Islands_Border.tab) в **MapInfo 8.5**, копируем слой рек-полигонов в таблицу с озерами (при этом она должна быть редактируемой), выделяем все реки и озера и применяем к набору команду *Set Target*, после чего выделяем слой с островами. Теперь выполняем команду *Erase...* из меню *Objects*, на выходе получаем слой, соответствующий водной поверхности рек и озер. Выполнение указанной последовательности действий приводит к вычитанию из площади общей акватории этих объектов площади островов. На рисунке 140 представлен участок поймы р. Кроноцкая протяженностью около 10 км с северо-запада на юго-восток в районе ее впадения в Тихий океан до исключения и после исключения островов из общей акватории (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_08.exe). Сохраним полученный файл под именем Lakes_Islands_River_Polygon.tab.

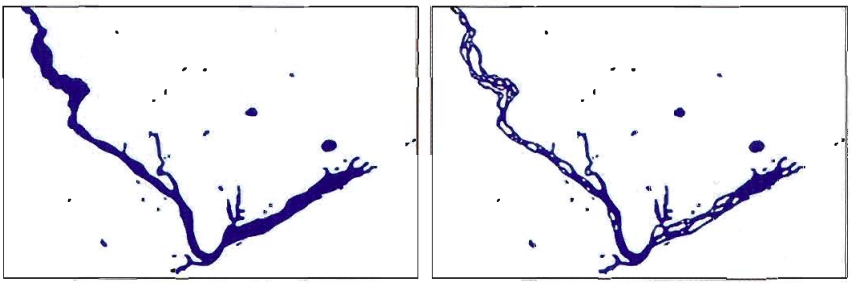


Рис. 140. Участок акватории реки Кроноцкая без выделения островов (слева) и с островами (справа).

Так же, как и при работе с линейными объектами гидрографии, выполним отбор крупных водоемов. В данном случае критерием будет служить площадь акватории, которая должна составлять не менее 10 га. Используем средства **MapInfo**, для работы с вычисляемыми полями. Создадим в таблице, содержащей все полигональные водные объекты без островов (Lakes_Islands_River_Polygon.tab), дополнительное поле «Area_hectare» десятичного типа (рис. 141). Используем команду *Update Column* для обновления этого поля значениями площадей, рассчитанных на основе функции *Area(obj, «hectare»)* (рис. 142). Далее строим запрос с отбором записей по условию - *Area_hectare >= 10*. В результате будут найдены все крупные водоемы Кроноцкого заповедника площадью 10 и более гектаров. Сохраним полученный файл по именем LARGE_lakes_Border_Disaggr.tab (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_09.exe). На рисунке 143 (А) показаны все реки и озера Кроноцкого заповедника, представленные полигонами, а также наиболее крупные из них (Б).

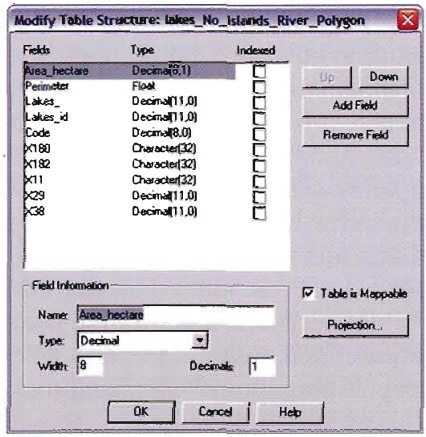


Рис. 141. Создание дополнительного поля для вычисления площадей водных объектов.

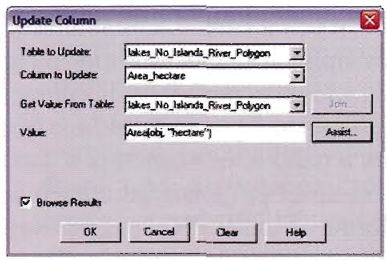


Рис. 142. Использование функции *Area* для обновления поля *Area_hectare* значениями площадей акваторий рек и озер.

6. Подготовка векторных данных, необходимых для построения цифровой модели рельефа, заключается в создании единой таблицы, содержащей все изолинии (утолщенные, основные и дополнительные) (файл alt.tab) и изобаты района расположения Кроноцкого заповедника (файл isobata.tab). Для этого используется команда

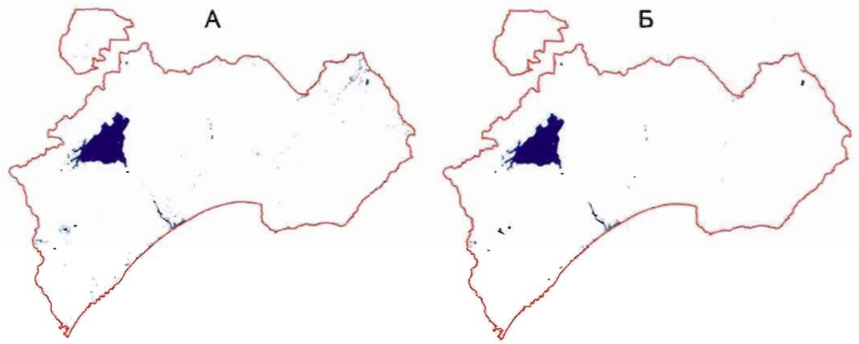


Рис. 143. Гидрографические объекты полигонального типа на территории Кроноцкого заповедника: А - все; Б - с площадью акваторий 10 и > га.

Append Rows to Table... (меню *Table*), которая уже рассматривалась при соединении линейных водных объектов. Сохраним таблицу под именем alt_isobata.tab (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕО-КУРС\08\8_10.exe).

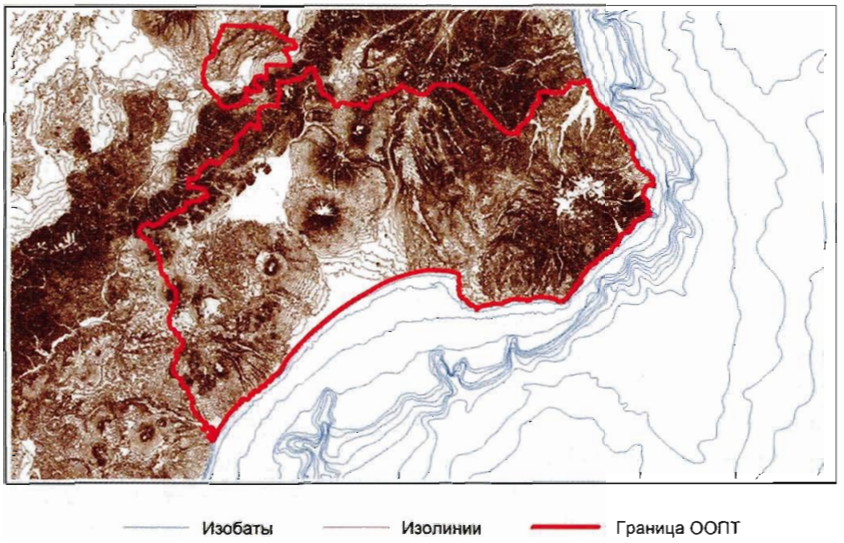


Рис. 144. Рельеф суши и дна океана района расположения Кроноцкого заповедника.

В данном случае обрезать горизонтали и изобаты по границе заповедника не нужно, т.к. для более корректной отмывки рельефа вдоль границы необходимо наличие данных из охранной зоны ООПТ, иначе могут возникнуть разного рода артефакты в краевой части сети. На рисунке 144 показан слой пространственно распределенных данных, имеющих поле высоты (глубины) в районе расположения Кроноцкого заповедника, который будет использован для создания GRD-файла.

На этом подготовка векторных объектов завершена. Переходим непосредственно к построению сети в **Vertical Mapper**, которая будет отображать модель рельефа местности.

Создание сети (цифровой модели рельефа)

1. Как отмечалось, программа **Vertical Mapper** строит непрерывные растровые поверхности на основе массива точечных замеров, каждый из которых имеет координаты X, Y и Z (или долгота, широта и высота над уровнем моря / глубина от уровня моря). В нашем примере таких исходных данных нет (слой горизонталей и изобат представлен полилиниями, а не точками). В **Vertical Mapper** имеется инструмент *Poly-to-Point...* (меню *Vertical Mapper/Create Grid*) для создания совокупности точек практически из любых объектов числового типа, имеющих поле высоты.

В левой части формы *Poly-to-Point* размещен список таблиц, из которых надо выбрать ту, которая содержит горизонтали и изобаты (alt_isobata). В правой части указан перечень типов объектов, где выбираем *Polyline*. В группе параметров *Distance Between Points* оставляем установленный по умолчанию *Use Nodes Only*, что предполагает создание точек из узлов поли-

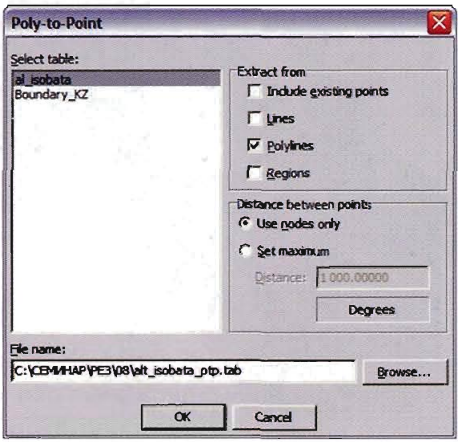


Рис. 145. Установка параметров создания точек из полилиний в **Vertical Mapper**.

линий. Форма с перечисленными настройками представлена на рисунке 145. После выполнения команды программа выдает отчет о количестве обработанных полилиний и созданных точек, которое в нашем примере составило, соответственно, 21555 и 844751. **Vertical Mapper** автоматически создаст файл alt_isobata_ptp.tab (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_11.exe). На рисунке 146 показан фрагмент исходного векторного изображения, состоящего из полилиний, и конечного, состоящего из точек. Подготовленная таблица готова для построения сети.

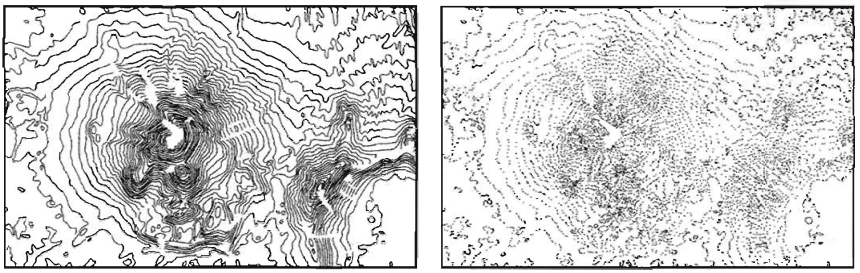


Рис. 146. Исходная карта горизонталей (слева) и созданная на ее основе точечная карта (справа), пригодная для построения сети (местность в районе расположения сопки Тауншиц).

2. На основе полученной точечной карты можно построить сеть, но перед этим рекомендуется выполнить проверку базы данных на отсутствие записей с нулевыми значениями высот и корректировку избыточности точек. При создании гридов из данных, содержащих ошибочные точки с нулевыми высотами, неверно определяется *Z-min*, из-за чего некорректно генерируются интервалы высот и соответствующие им цветовые диапазоны. В процессе формирования растровой поверхности можно установить параметр игнорирования записей с нулевыми значениями в поле высоты (поле *X141* в таблице alt_isobata_ptp.tab), но лучше отфильтровать их с помощью запроса и внести в базу данных соответствующие исправления (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_12.exe). Если же информация для корректировки высотных отметок отсутствует, то такие записи следует исключить из последующей обработки (в нашем примере записей с нулевыми отметками высот не оказалось).

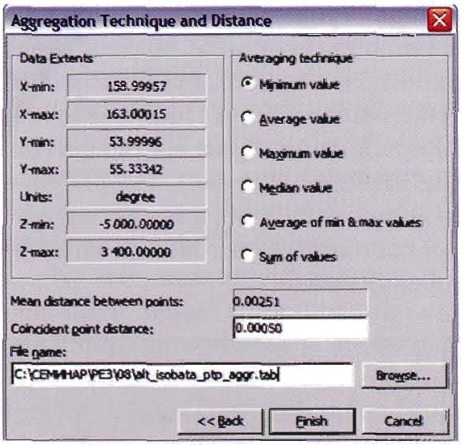


Рис. 147. Настройка параметров агрегирования точек в **Vertical Mapper**.

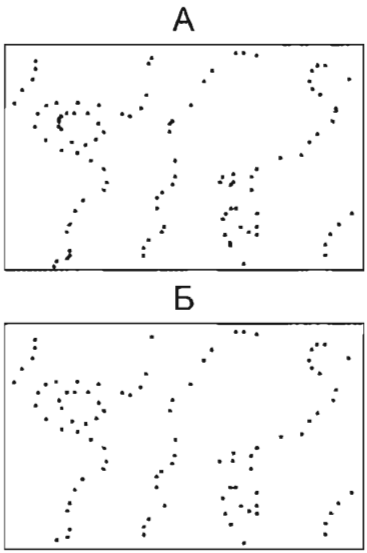


Рис. 148. Фрагмент распределения точек до (А) и после (Б) выполнения команды *Simple point Aggregation*.

Избыточное количество точек значительно увеличивает время обработки данных, а также размер полученных файлов. Во многих случаях можно существенно уменьшить число исходных точек без снижения качества сети, используя средства агрегирования программы **Vertical Mapper 3.1.1**. Воспользуемся командой *Simple point Aggregation...* из меню *Vertical Mapper/Data Aggregation* для обработки массива точек, полученных из узлов горизонталей. В форме *Aggregation Technique and Distance* сначала нужно выбрать стандартным образом таблицу и поле, данные из которого будут агрегироваться. Программа **Vertical Mapper** анализирует распределение точек, вычисляет среднее расстояние между ними и предлагает величину совпадающей дистанции агрегирования, в пределах которой будет осуществляться усреднение данных одним из шести предлагаемых методов и построение новой средней точки из ближайших исходных (рис. 147).

Способ агрегирования можно оставить предлагаемым по умолчанию. Самое

значительное влияние на степень «разреживания» точек оказывает значение *Coincident Point Distance*. Для наших данных программа автоматически установила его равным 0.00025, но наиболее приемлемый результат был получен при величине 0.00050. При выполнении агрегирования данных с указанной величиной количество точек уменьшилось за счет объединения слишком близко расположенных с 844751 до 759706, т.е. на 85045 шт. (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\ 8_13.exe). При этом полностью сохранилась пространственная структура их распределения, что демонстрирует один из мелких фрагментов карты, представляющий участок местности на восточном побережье Кроноцкого озера у подножья Кроноцкой Сопки (рис. 148). Сохраните файл под именем alt_isobata_ptp_aggr.tab. Следует быть осторожным при выполнении агрегирования, если требуется сохранить абсолютные минимумы и максимумы высот, которые могут измениться. В последующем для построения сети нами будет использована оригинальная таблица alt_isobata_ptp.tab.

3. Создание GRD-файла в **Vertical Mapper** начинается с выбора метода интерполяции точек (меню *Vertical Mapper/Create Grid/Interpolation...*). Для построения ЦМР идеальным является метод триангуляции со сглаживанием, который установлен по умолчанию.

Поверхность, созданная при использовании триангуляции проходит через все оригинальные пункты данных, генерируя некоторую степень завышения исходных максимумов и занижения минимумов. Это связано с тем, что при моделировании топографической поверхности на основе случайных точечных замеров весьма маловероятно предположение, что они выполнены в абсолютных вершинах, равно как и в абсолютных депрессиях поверхности земли. В ходе выполнения триангуляции все оригинальные точки связываются в пространстве сетью треугольников, стороны которых образованы линиями, соединяющими исходную точку с ближайшими соседними. Такая поверхность получила название треугольной нерегулярной сети (TIN), которая и строится в **Vertical Mapper**. Точки связываются с ближайшими соседями на основании критерия Delaunay, согласно которому окружность, в которую вписан любой из треугольников, не будет включать вершину любого другого треугольника. Для придания плавных очертаний TIN-поверхности используется аппроксимация полиномом пятой степени. Помимо триангуляции, предлагается еще несколько методов интерполяции (подробно они охарак-

теризованы в справочной системе **Vertical Mapper 3.1.1**).

Следующим шагом является выбор обрабатываемого файла, поля с высотными отметками и единицы измерения.

Наиболее значимыми параметрами при построении сети являются *Maximum Triangle Side Length* (максимальная длина стороны треугольника) и *Coincident Point Distance* (расстояние совпадения точки), представленные в форме *TIN Interpolation Create TRI* (рис. 149). Поле *Maximum Triangle Side Length* дает возможность ограничить создание треугольников между точками, расположенными слишком далеко друг от друга для избегания ошибочной интерполяции. Программа автоматически рассчитывает корректное значение этого показателя. В рассматриваемом примере оно равно около 4.2 (рис. 149). При появлении различных артефактов, обусловленных наличием слишком больших или длинных и узких треугольников, следует уменьшить величину *Maximum Triangle Side Length*.

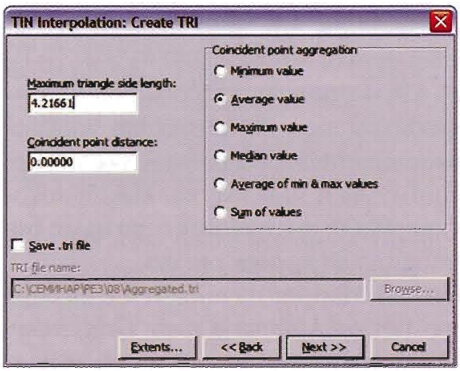


Рис. 149. Настройка параметров TIN-интерполяции в **Vertical Mapper**.

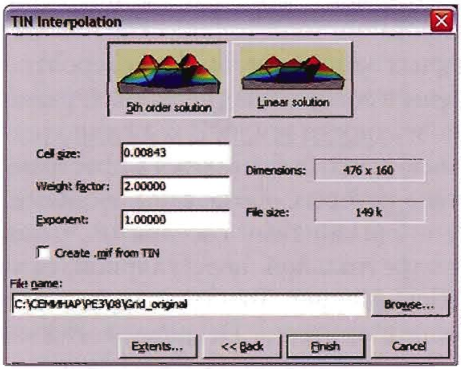


Рис. 150. Выбор полиномиального сглаживания и размера ячеек сети в завершающем диалоговом окне создания GRD-файла.

Поле *Coincident Point Distance* предоставляет возможность объединять группу исходных точек, ограниченных введенным расстоянием совпадения, в новые точки, расположенные в геометрических центрах оригинальной группы, которые, в свою очередь, определены на основе выбранного мето-

да агрегирования (мы оставляем предложенный по умолчанию метод *Average Value*). Рекомендуется использовать значение, рассчитанное программой, которое подходит для большинства пространственно распределенных данных. Увеличение значения *Coincident Point Distance* приводит к созданию снивелированных, более уплощенных поверхностей, не отображающих мелкие формы рельефа, что часто неоправдано.

В последней форме *TIN Interpolation* (рис. 150) предоставляется выбор построения сглаженной поверхности (кнопка *5th Order Solution*), который рекомендуется для построения реалистичных моделей рельефа с плавными очертаниями, или создания сети без сглаживания (кнопка *Linear Solution*). В данной форме наиболее важным показателем является размер ячейки создаваемого растрового изображения (*Cell size*). Чем меньше его величина, тем более качественной получается сеть, однако при этом значительно возрастает размер файла и требуется больше времени на обработку данных. В **Vertical Mapper** имеется инструмент перерасчета *Cell size* в построенных сетях, поэтому оставляем предложенную программой величину 0.00843 без изменения и завершаем создание GRD-файла Grid_original.grd (рис. 151), одновременно с которым

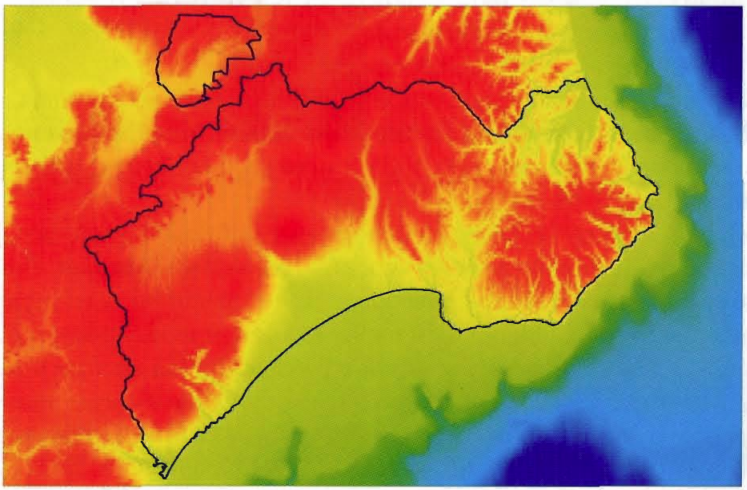


Рис. 151. «Отмывка» рельефа, полученная методом триангуляции со сглаживанием в программе **Vertical Mapper 3.1.1**.

формируется файл Grid_original.tab (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_14.exe).

4. Полученную сеть, отображающую непрерывное распределение высоты над уровнем моря территории Кроноцкого заповедника, а также глубины Тихого океана можно использовать как основу для многочисленных модификаций, различных методов анализа, предоставляемых программой **Vertical Mapper**, но у нее есть два существенных недостатка: отчетливо выраженная «пикселизация» вследствие крупного размера ячеек и неудачная цветовая схема, из-за которой «теряется» граница между океаном и материком (рис. 151).

Существует, по крайней мере, три способа повышения качества растровых поверхностей, которые мы рассмотрим ниже.

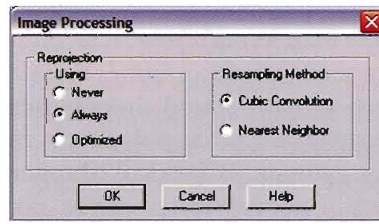


Рис. 152. Улучшение качества растрового изображения стандартными средствами **MapInfo**.

1) Ликвидировать мозаичную структуру сети можно с помощью появившегося в **MapInfo** (версия **8.5**) модуля *Image Processing* (меню *Map/Options...*), в котором надо установить параметры, показанные на рисунке 152. Выбранный метод кубической аппроксимации эффективно справляется с этой задачей, значительно улучшая качество изображения, причем не только на экране, но и при экспорте и выводе на печать карты (рис. 153) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_15.exe).

2) Этот способ основан на использовании новой функции сглаживания сетей, появившейся в версии **3.1.1 Vertical Mapper**. Результаты применения команды *Smoother...* к построенной сети демонстрирует рисунок 154. Основным параметром при использовании этой команды является *Smoothing Window Size*, величина которого может варьировать от 3 до 21. Как видно из рисунка, наименьшее значение *Smoothing Window Size* действительно устраняет пикселизацию изображения при максимально возможном сохранении его детальности, а наибольшее - вызывает неприемлемую генерализацию (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_16.exe).

Применение функции *Smoother* **Vertical Mapper 3.1.1** с неболь-

шой величиной сглаживания приводит к результату, близкому к полученному при использовании *Image Processing* **MapInfo 8.5**, однако между ними существует принципиальное отличие. Если *Image*

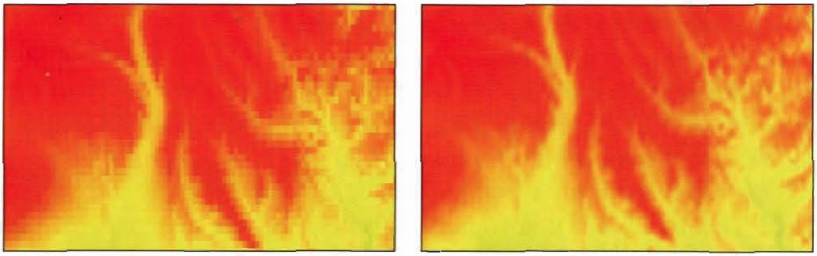


Рис. 153. Исходное изображение и результат его преобразования с помощью метода *Cubic Convolution* **MapInfo 8.5**.

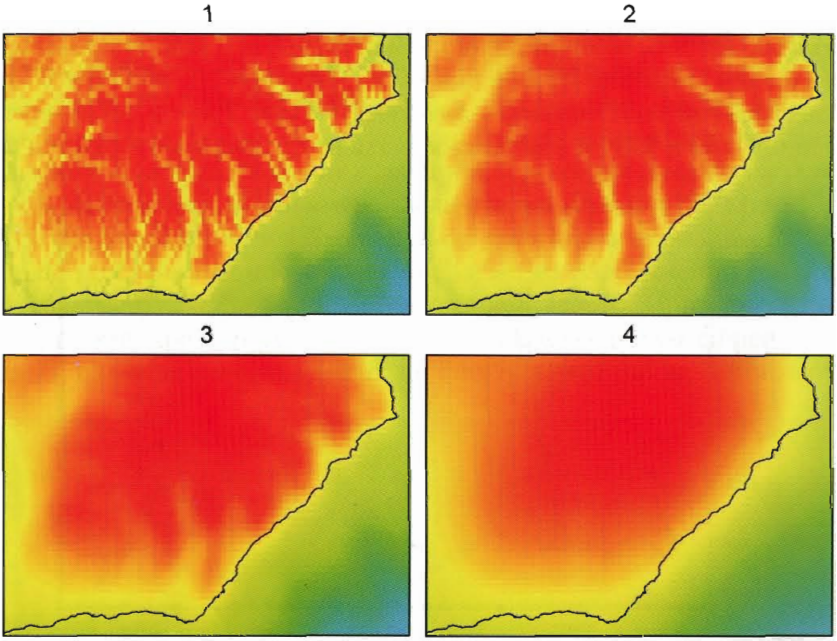


Рис. 154. Результаты применения различных параметров сглаживания: 1 - исходная сеть; 2 - сглаженная сеть (*Smoothing Window Size* = 3); 3 - сглаженная сеть (*SWS* = 7); 4 - сглаженная сеть (*SWS* = 21).

Processing работает исключительно с растром, не затрагивая сеть, то *Smoother* реально преобразует исходную сеть, создавая на ее основе новую, причем со значительно измененными характеристиками, проявляющимися, в частности, в сокращении диапазона высот. В этом можно убедиться на простом примере.

Построим на основе трех сетей (исходная, сглаженная с параметром *Smoothing Window Size* = 7 и сглаженная с параметром *Smoothing Window Size* = 21) вертикальные профили произвольно выбранного участка сети протяженностью около 135 км (от середины Кроноцкого озера через вершину Кроноцкой Сопки и далее на восток до побережья Тихого океана), которые представлены на рисунке 155. Как видно, степень сглаживания напрямую влияет на форму поверхности, делая ее более пологой и снивелированной, что сопровождается сближением максимумов и минимумов высотных отметок рельефа. Так, Zmin и Zmax для несглаженной TIN-сети составили, соответственно, -5007 и 3400 м; для сглаженной со значением *Smoothing Window Size* = 3, соответственно, -4987 и 2910 м; для сглаженной со значением *Smoothing Window Size* = 7, соответственно, -4942 и 2205 м; для сглаженной со значением *Smoothing Window Size* = 21, соответственно, -4744 и 1331 м (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\

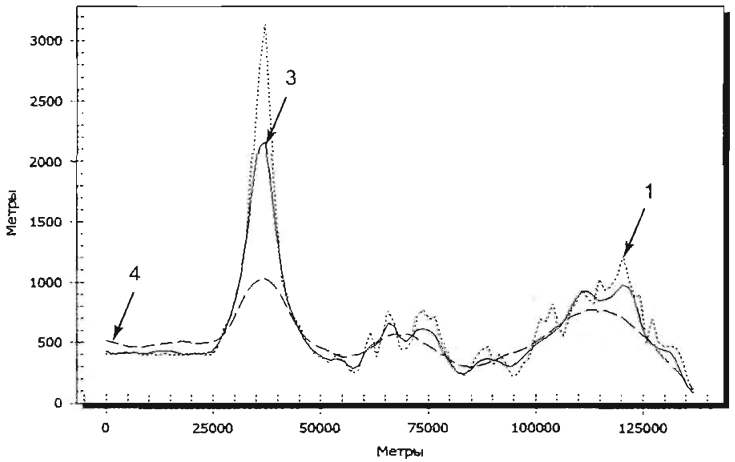


Рис. 155. Вертикальные профили сетей с различными параметрами сглаживания (условные обозначения те же, что на рис. 154).

08\8_17.exe). Таким образом, интервал между максимальной высотой и минимальной глубиной сократился более, чем на 2.3 км.

Вывод из сказанного - после использования инструмента *Smoother...* для обработки исходной сети всегда создается новая сеть, и это обстоятельство нужно учитывать при работе с GRD-файлами в **Vertical Mapper**.

3) Третий способ заключается в изменении размера ячейки сети и выполняется с помощью специального модуля *Resizer*, расположенного на панели инструментов *Grid Manager* в меню *Tools*. Попробуем уменьшить размер ячейки в 10 раз, при этом программой **Vertical Mapper** автоматически рассчитываются размеры измененной сети в пикселях и будущего GRD-файла - в кило- или мегабайтах (рис. 156). По нашим наблюдениям, имеется обратная корреляционная зависимость между значением *New cell size* и размером сетевого файла, который в примере увеличился в 10 раз со 154 Кб до 15.3 Mb. На рисунке 157 показан результат выполнения команды *Resizer* - налицо существенное увеличение качества изображения (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_18.exe). При этом, параметры сети, кроме размера матрицы в пикселях, остаются неизменными, включая интервал высот, т.е. сеть остается той же самой, в от-

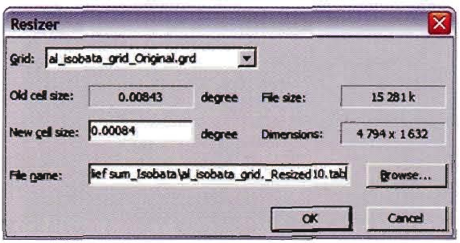


Рис. 156. Модуль изменения размера ячеек сети в **Vertical Mapper**.

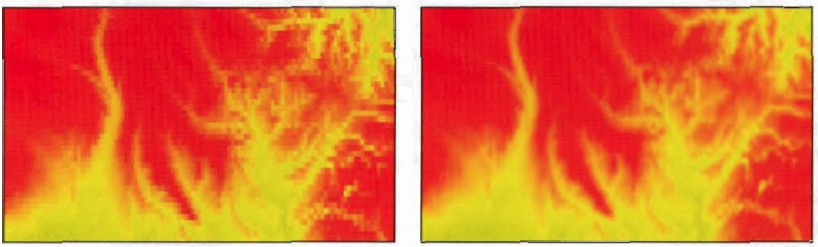


Рис. 157. Фрагмент сети с размером ячейки 0.00843 (слева) и 0.000843 (справа) - результат выполнения команды *Resizer* **Vertical Mapper**.

личие от использования команды *Smoother*.

Данный способ является универсальным и обратимым, позволяя достигать как высочайшего качества визуализации растрового изображения, так и максимального его упрощения. Во всех случаях, когда необходимо изменить размер GRD-файла, мы рекомендуем использовать инструмент *Resizer*.

5. Итак, мы сформировали сетевой файл рельефа местности, к которому по умолчанию применена цветовая схема, где низким значениям высот соответствует синий цвет, а высоким - красный. Эта установка отличается от представления низменностей и возвышенностей на физико-географических картах, поэтому подберем для сети соответствующую цветовую гамму из пятидесяти, включенных в пакет **Vertical Mapper 3.1.1**, а также изменим интервалы перехода цветов для отграничения суши от океана. Для работы с цветом предназначена форма *Grid Color Tool*, в которой можно выбрать определенный цветовой профиль, расположенный по умолчанию в директории C:\Program Files\MapInfo\Professional\vm\Colour Profiles или создать собственный, отредактировать цветовую схему, сформировать легенду и пр. Для нашего примера мы скомбинировали цвета из профилей G10_003.vcp и G10_Blue.vcp (см. файл Blue.vcp в папке C:\СЕМИНАР\КОНТР_РЕЗ\8), приведя их в соответствие с интервалами высотных и глубинных отметок растровой поверхности, в результате чего ее визуальное оформление стало более реалистичным (рис. 158). Создадим копию сетевого файла с измененной цветовой схемой, которую назовем Grid_color.grd (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_19.exe).

6. Цифровая модель рельефа специально сформирована для участка земной поверхности, превышающего по размеру территорию Кроноцкого заповедника для корректного построения сети вдоль его границ. Для получения сети в пределах границ данной особо охраняемой природной территории нужно «вырезать» контуры ее участков из общей растровой поверхности. Эта задача в **Vertical Mapper** решается с помощью команды *Trimmer*, расположенной в меню *Tools* на панели инструментов *Grid Manager*. Перед ее выполнением необходимо добавить в окно карты сети слой, содержащий векторный объект с границами Кроноцкого заповедника, который обязательно должен быть полигоном (с полилиниями *Trimmer* не работает) и выделить его. Результат действия команды

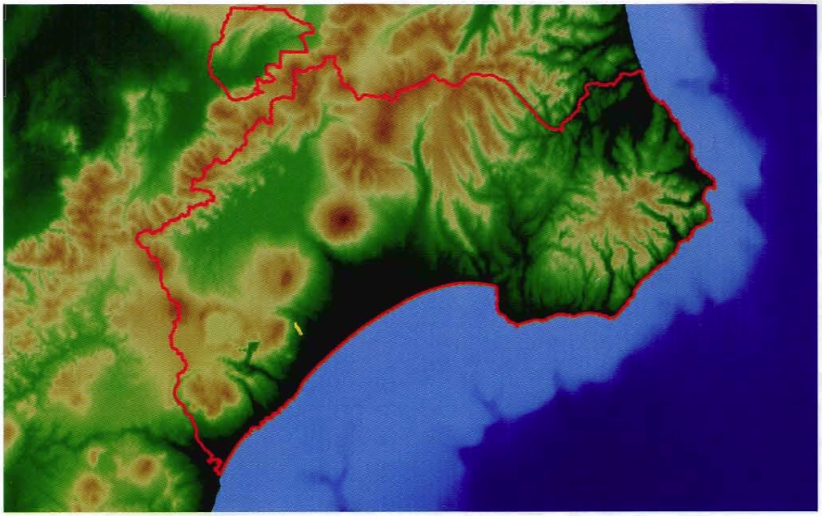


Рис. 158. GRD-файл с измененной цветовой схемой.

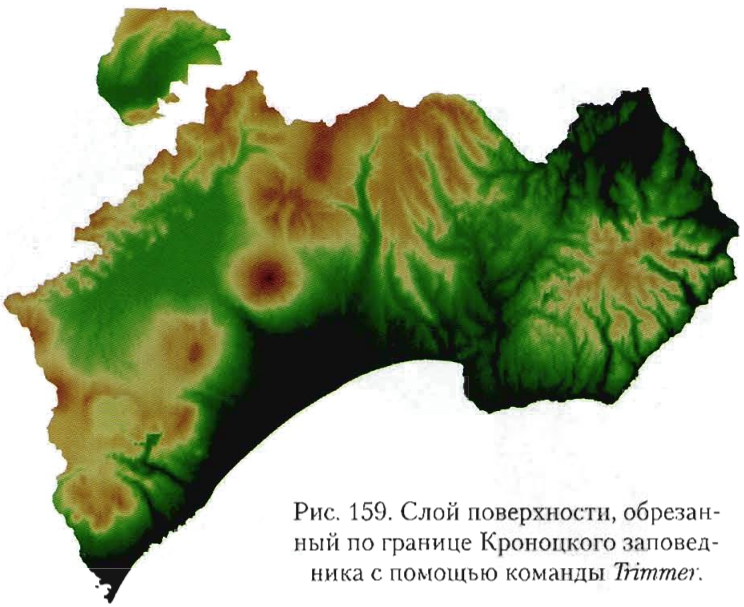


Рис. 159. Слой поверхности, обрезанный по границе Кроноцкого заповедника с помощью команды *Trimmer*.

Trimmer демонстрирует рисунок 159. Для того, чтобы края обрезанного GRD-файла были гладкими, перед выполнением рассматриваемой процедуры нужно уменьшить размер ячейки сети командой *Resizer* (см. п. 4), поэтому был задействован в качестве исходного файл Grid_color_Resized.tab. Фрагменту сети, соответствующей территории Кроноцкого заповедника, автоматически присваивается имя Grid_color_Resized_trim.tab (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_20.exe).

Созданную сеть рельефа можно применять в качестве подложки, при необходимости сделав ее полупрозрачной, для нанесения любых векторных объектов, тематических слоев, надписей (рис. 160) - см. использование рабочего набора C:\СЕМИНАР\КОНТР_РЕЗ\08\ЦМР_крупные реки и озера\ЦМР_крупные реки и озера.wor в видеофрагменте C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_21.exe.

В нижнем левом углу формы *Grid Color Tool* имеется инструмент оттенения рельефа, который, наряду со средством построения легенды сети, использован для получения результирующего изображения (рис. 161), дополненного слоями границ и гидрографии Кроноцкого заповедника - см. рабочий набор C:\СЕМИНАР\КОНТР_РЕЗ\08\ЦМР_

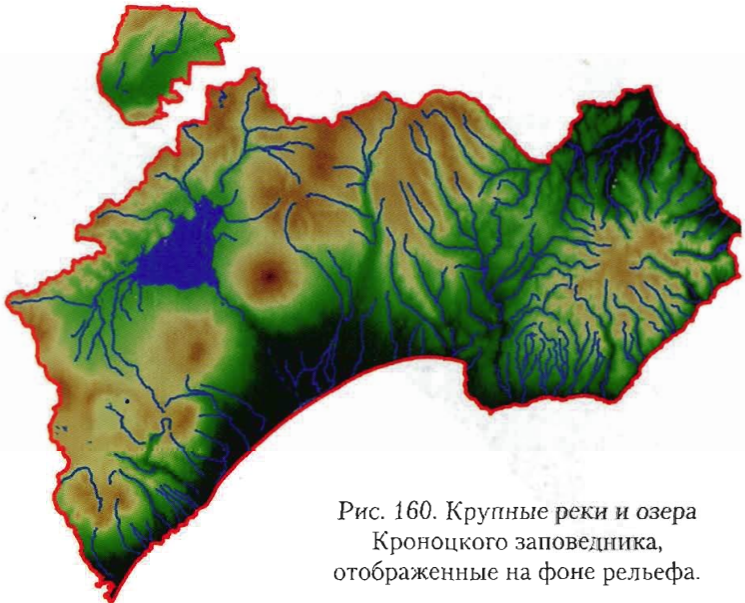


Рис. 160. Крупные реки и озера Кроноцкого заповедника, отображенные на фоне рельефа.

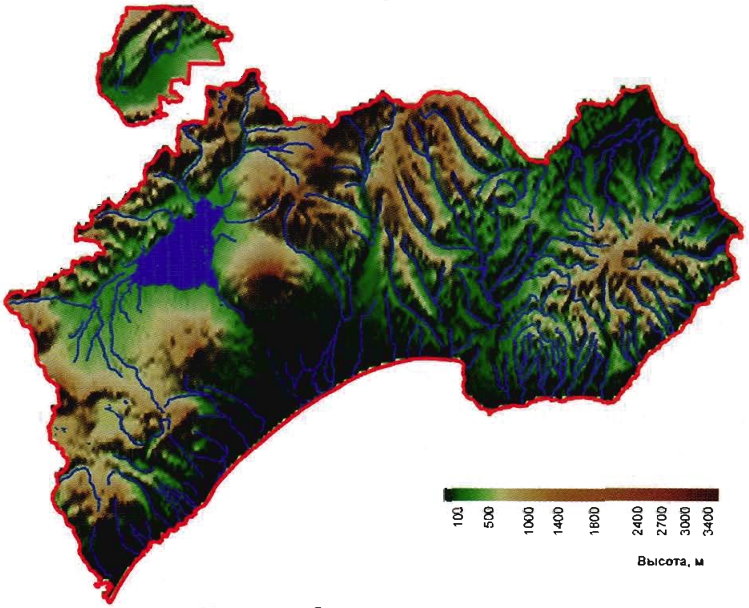


Рис. 161. Основа физико-географической карты Кроноцкого заповедника с оттененным рельефом и гидрографической сетью.

крупные реки и озера тень\ЦМР_крупные реки и озера тень.wor и видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_22.exe.

При оформлении физико-географической карты необходимо придерживаться определенных номенклатурных требований, использовать специальные библиотеки символов и т.п., для чего разработано специализированное программное обеспечение, в частности **MapInfo Mapper 2.0**, распространяемое ESTI MAP (программа **MapInfo Mapper** предназначена для оформления карт заданного масштаба в соответствии с классификатором условных знаков).

7. Как отмечалось в обзоре возможностей, **Vertical Mapper** умеет решать и обратные задачи - генерировать на основе растровой сети векторные объекты типа полигонов и полилиний. Предположим, что мы создавали ЦМР Кроноцкого заповедника, используя случайные точечные замеры, например, данные дистанционного зондирования или массив путевых точек, полученный в результате GPS-съемки местности, и требуется создать слой горизонталей для топо-

графической карты. Для решения этой задачи используется модуль *Contour*, кнопка запуска которого расположена на панели инструментов *Grid Manager*.

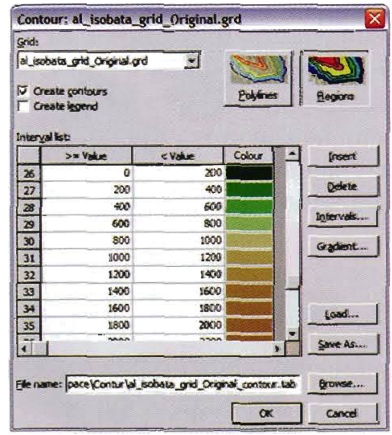


Рис. 162. Установка параметров генерации контуров.

В форме построения контуров (рис. 162) указывается тип объекта для их создания, настраиваются интервалы высот (с автоматической разбивкой между максимумом и минимумом или указанием точного количества интервалов), выбирается вариант с построением легенды и пр. Формирование контуров полилиниями (alt_isobata_grid_Original_contour_polyline.tab) представляет собой классический вариант отображения горизонталей на топокартах (рис. 163), однако использование полигонов в некоторых случаях оказывается предпочтительнее (alt_isobata_grid_Original_contour_polygon.tab) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_23.exe).

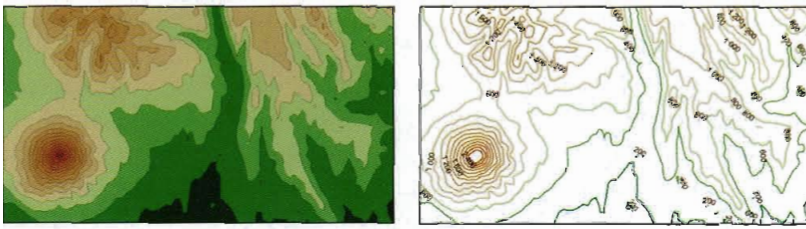


Рис. 163. Создание контуров на основе сети с использованием полигонов (слева) и полилиний (справа) в **Vertical Mapper**.

В **Vertical Mapper** реализован уникальный алгоритм построения контуров из полигонов с исключением замкнутых пространств, занятых другими контурами или, другими словами, с учетом «дыр» (рис. 164), что расширяет аналитические возможности при их обработке. Например, без дополнительного редактирова-

Рис. 164. Полигональные контуры с внутренними пустотами.

ния контуров стандартными средствами **MapInfo** можно рассчитать площадь территории Кроноцкого заповедника, расположенной на высоте от 0 до 200 м над уровнем моря, которая в рассматриваемом примере составила 193.2 тыс. га. Для отбора полигонов в пределах указанного диапазона высот, использовался запрос *Lower >= 0 And Lower <=100* (можно сформировать более компактный запрос *Upper <=200*, который выберет те же самые записи). Далее отобранные объекты были скомбинированы в один, для которого командой *Get Info...* из меню *Edit* получен необходимый расчет площади (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\08\8_24.exe).

Таким образом, программа **Vertical Mapper** представляет собой эффективное средство для построения цифровых моделей рельефа и анализа трехмерных данных в среде ГИС **MapInfo**.

6.2. Создание 3D-карт

До сих пор мы оперировали с двухмерным представлением поверхности, теперь рассмотрим средства трехмерной визуализации пространственно распределенных данных, которыми располагают программные продукты **MapInfo 8.5** и **Vertical Mapper 3.1.1**.

Трехмерные картографические изображения являются электронными картами более высокого уровня и представляют собой визуализированные на средствах компьютерных систем моделирования пространственные образы.

Инструменты **Vertical Mapper** *позволяют создавать цифровые* пространственные модели местности (ПММ) - наглядные перспективные изображения, похожие на реальную местность. Исходными данными для создания цифровых ПММ могут служить фотоснимки, топографические карты, планы, схемы и пр.

УПРАЖНЕНИЕ № 9

Задание - освоить средства построения и визуализации 3D-карт (на примере Кроноцкого заповедника).

Используемое ПО - **MapInfo 8.5**, **Vertical Mapper 3.1.1**.

Исходные данные:

- цифровая модель рельефа заповедника;
- цифровая модель рельефа суши и дна океана района расположения заповедника;
- зарегистрированные растровые изображения (геоботаническая карта заповедника 1979 г.)
- векторные слои границ, местообитаний, гидрографии заповедника и сопредельной акватории Тихого океана.

Масштаб - 1 : 200 000.

Системы координат и картографические проекции - Longitude/Latitude (WGS 84), Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27.

Формат - *.TAB, *.SHP, *.GRD, *.TIF.

Задание выполняется в три этапа, включающих:

- трехмерную визуализацию цифровой модели рельефа;

- драпирование цифровой модели рельефа растровыми и векторными изображениями (построение ПММ);
- комбинирование цифровой модели рельефа с сетями, созданными из полигонов.

Трехмерная визуализация цифровой модели рельефа

Прежде всего, представим обзор инструментов для построения трехмерных изображений приложения **Vertical Mapper**, а затем стан-

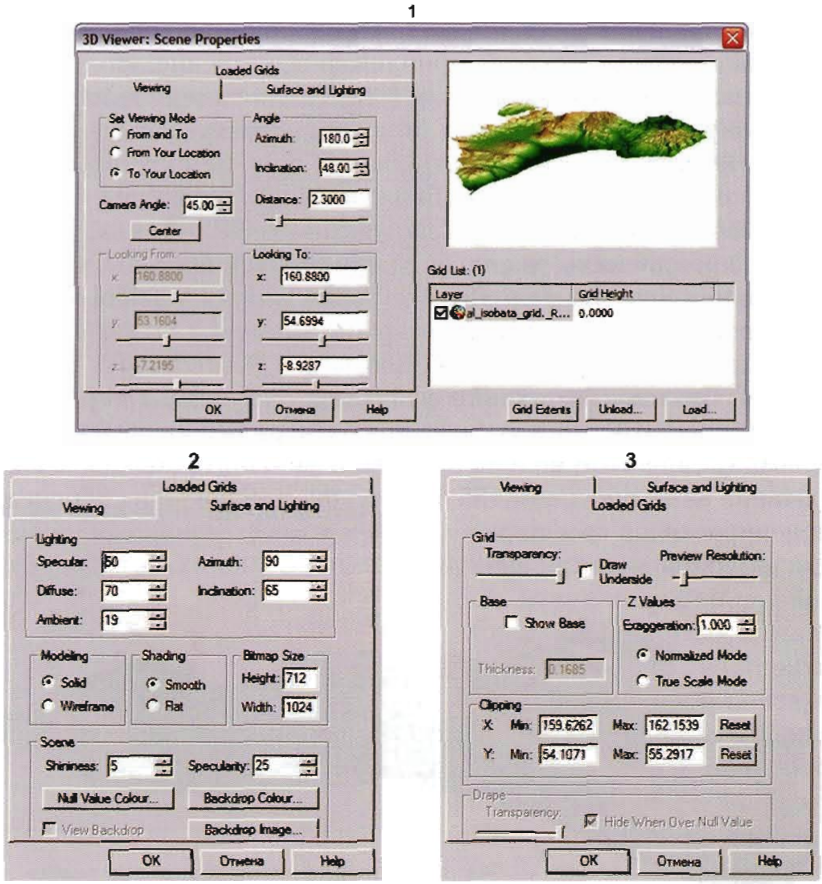


Рис. 165. Вкладки *Viewing* (1), *Surface and Lighting* (2) и *Loaded Grids* (3) с параметрами настройки 3D-сцены.

дартных средств самой ГИС, предназначенных для этой цели.

Все функции по созданию и управлению 3D-сценами сосредоточены в модуле *GridView*, который может функционировать как в среде **Vertical Mapper**, так и автономно, и осуществляются через форму *3D Viewer: Scene Properties*. Эта форма состоит из трех вкладок *Viewing*, *Surface and Lighting* и *Loaded Grids*, каждая из которых содержит многочисленные параметры настройки сцены, изменение которых сопровождается перерисовкой изображения в окне предварительного просмотра. На вкладке *Viewing* (рис. 165, позиция 1) устанавливаются параметры визуализации сети - наклон, смещение по одной из осей, приближение/удаление, угол зрения и пр. Вкладка *Surface and Lighting* (рис. 165, позиция 2) отвечает за настройку освещения сцены и отдельных характеристик поверхности. Здесь же можно указать размер получаемого файла, выбрать фоновый рисунок и т.п. Вкладка *Loaded Grids* (рис. 165, позиция 3) отображает свойства загруженного GRD-файла, регулируя его прозрачность, размер базы или основания сцены, масштабирование по высоте и пр. Все настройки модуля **Vertical Mapper** интуитивно понятны и, как правило, не вызывают затруднений.

Откройте сетевой файл alt_isobata_grid_Resized000443_trim.tab, который получен из исходного файла Grid_color_Resized_trim.tab (см. упражнение № 8) путем уменьшения размера ячейки с 0.000843 до 0.000443), запустите модуль *GridView* и заполните поля вкладок в соответствии с рисунком 165. На рисунке 166 показана 3D-сцена, сгенерированная средствами *GridView* из построенной нами сети (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\09\9_01.exe). Сохрани-

Рис. 166. Трехмерное изображение рельефа территории Кроноцкого заповедника, полученное в модуле *GridView*.

те изображение в виде рабочего набора используемого модуля KZ-3D_2007.gvw, а также растрового файла KZ-3D_2007.bmp, который можно открыть в **MapInfo** (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕО-КУРС\09\9_02.exe).

Небольшим неудобством модуля трехмерной визуализации *GridView* является невозможность вращения и перемещения мышью изображения в главном окне программы - все изменения допускаются только через форму *3D Viewer: Scene Properties*. Этого недостатка лишено стандартное средство построения 3D-карт, включенное в базовый пакет ГИС **MapInfo 8.5**.

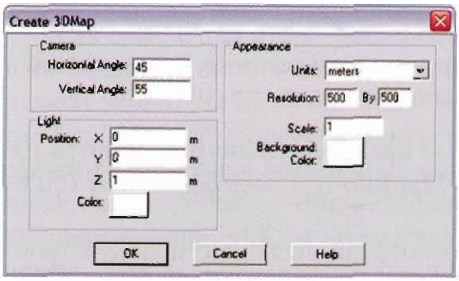


Рис. 167. Настройка параметров 3D-карты в **MapInfo 8.5**.

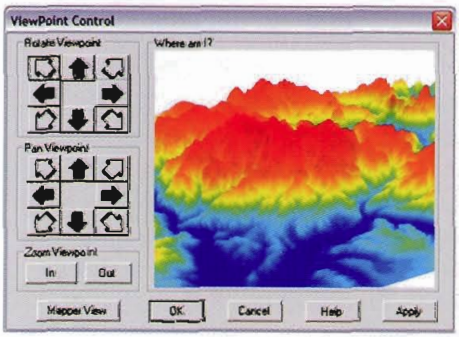


Рис. 168. *ViewPoint Control* - эффективное средство управления позиционированием трехмерных изображений в **MapInfo**.

Для трехмерного представления GRD-файла без использования *GridView* **Vertical Mapper** откройте файл Grid_color_Resized.tab обычным способом в **MapInfo**. Однако, для того чтобы ГИС восприняла его как сетевой файл, нужно установить параметр *Grid* в группе *Display Vertical Mapper GRD files as* в форме *System Settings Preferences* (кнопка *System Settings...* в меню *Options/ Preferences...*). При этом становится активным пункт меню *Map/Create 3DMap...*, которым и следует воспользоваться. Можно настроить угол обзора сцены, положение источника света и его цвет, единицы измерения, разрешение, масштаб (рис. 167). Управление визуализацией изображения, помимо использования мыши, обеспечивается также специальным модулем *ViewPoint*

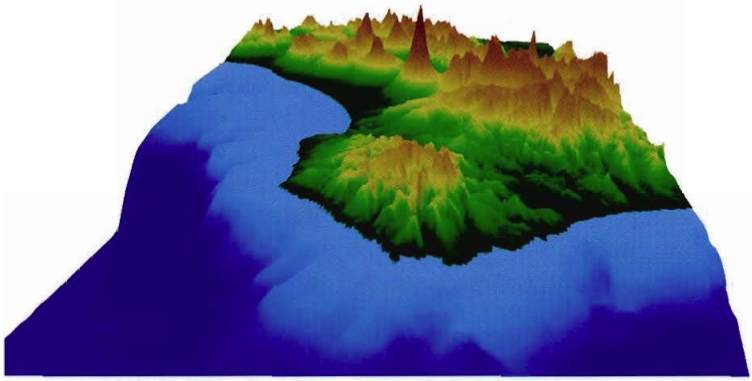


Рис. 169. Трехмерное изображение рельефа местности, полученное в **MapInfo 8.5** при помощи средства построения 3D-карт.

Control (рис. 168) с возможностью предварительного просмотра изменений в полноэкранном окне **MapInfo** (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\09\9_03.exe).

На рисунке 169 показана трехмерная сцена части полуострова Камчатка и Тихого океана в районе расположения Кроноцкого заповедника, полученная с помощью команды *Create 3DMap* **MapInfo 8.5** (см. использование рабочего набора Океан и суша.wor в видеофрагменте C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\09\9_04.exe).

Драпирование цифровой модели рельефа растровыми и векторными изображениями (построение ПММ)

Помимо трехмерной визуализации рельефа местности, в **Vertical Mapper** предусмотрена возможность драпировать сеть (проецировать двухмерные объекты на трехмерное основание), используя для этого практически любые типы объектов **MapInfo**. Таблица для формирования drape-файла и сеть должны быть открыты в одном окне *Map*, иметь одинаковую систему координат или картографическую проекцию и хотя бы частичное перекрытие. Обычно для драпирования рельефа используются космические или аэрофотоснимки, векторные слои (дороги, реки и пр.). 3D-моделирование на основе драпирования ЦМР фотопланами является одной из наиболее отработанных технологий визуализации данных (Зольников и др., 2001).

В качестве примера продемонстрируем создание серии drape-

файлов для территории Кроноцкого заповедника, полученных на основе разных источников.

Типичным объектом, предназначенным для драпирования рельефа является зарегистрированный растр.

Исходными файлами послужили: растровая таблица **MapInfo** Geobot_KZ-1979.tab с геоботанической картой заповедника 1979 г. в проекции Gauss-Kruger (Pulkovo 1942) - Zone 27 и Grid_color_Resized_trim_Reproject.grd, содержащий сеть рельефа, зарегистрированную в той же проекции. Файл Grid_color_Resized_trim_Reproject.grd создан путем перепроецирования исходной сети Grid_color_Resized_trim.grd из системы координат WGS84 (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\09\9_05.exe).

Для получения drape-файла следует выполнить соответствующую команду (кнопки *Create Drape Files* на основной панели инструментов или *3D View/Make 3D Drape Files* на панели инструментов *Grid Manager*), после чего курсором мыши указывается драпируемый слой в окне *Map*, в появившейся на экране форме устанавливается разрешение drape-файла (рекомендуемое значение - в интервале 3000-5000) и затем указывается директория его сохранения. После создания drape-файла его можно загружать в

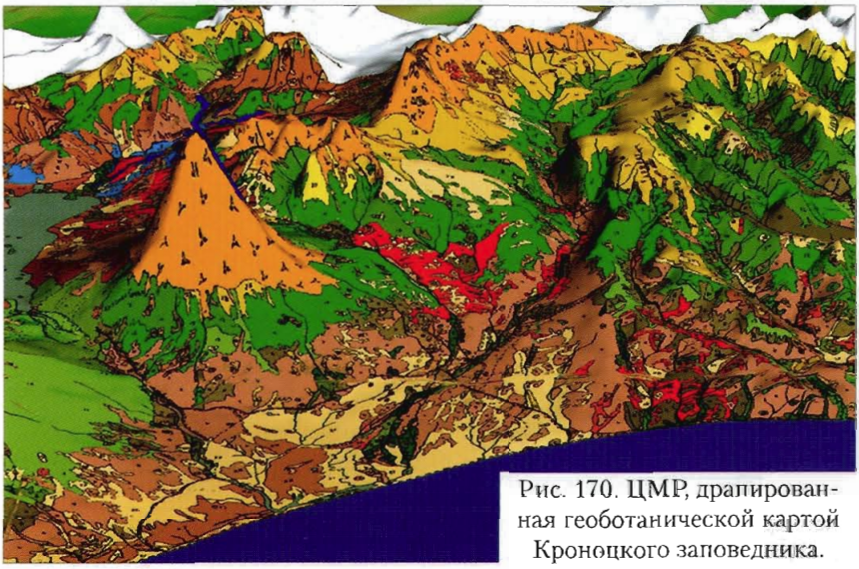


Рис. 170. ЦМР, драпированная геоботанической картой Кроноцкого заповедника.

GridView и выполнять оверлей с сетью. На вкладке *Loaded Grids* имеется возможность управлять прозрачностью драпирования поверхности GRD-файла. На рисунке 170 показан результат использования этой технологии (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\09\9_06.exe).

Другим источником для создания drape-файла может быть слой, содержащий любые векторные объекты, которые при этом подвергаются растеризации. Для драпирования целесообразнее применять предварительно подготовленные в **MapInfo** тематические карты. Использование тематической раскраски объектов в совокупности с легендами значительно повышает информативность трехмерной карты и ее визуальное восприятие.

Сформируем на основе полигонального файла Vydels.tab, показывающего распределение различных местообитаний в Кроноцком заповеднике, тематическую карту, подобную созданной на первом этапе реализации проекта. Построим для нее легенду, содержащую условные обозначения. Сохраним тематическую карту вместе с таблицей (см. видеофрагмент 3_03.exe в Упражнение № 3). Закроем и снова откроем таблицу Vydels.tab - на карте отобразится тематическая окраска выделов, сохранена также и тематическая легенда (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\09\9_07.exe). Описанным выше способом создаем drape-файл rastr_drape_ Reproject.drp из тематической карты местообитаний и загружаем его поверх сети rastr_drape_Reproject.grd в модуле *GridView* (кнопка *Load...* ниже окна *Grid list*). Настраиваем параметры визуализации 3D-сцены и после достижения требуемого результата экспортируем трехмерное изображение в TAB-файл Vydels_KZ, используя команду *Export to bmp & tab...* программы *GridView*. Открываем полученную таблицу в **MapInfo 8.5**, создаем на ее основе новый отчет и добавляем в него рамку с тематической легендой (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\09\9_08.exe). Результирующее трехмерное изображение демонстрирует рисунок 171 (все необходимые файлы находятся в папке C:\СЕМИНАР\КОНТР_РЕЗ\09\Workspace\Vydels с рабочим набором Vydels.wor).

Наиболее реалистичные трехмерные сцены на основе драпирования ЦМР создаются из крупномасштабных аэрофотоснимков или ортофотопланов местности, которые для рассматриваемой ООПТ отсутствовали при подготовке данного упражнения. Для

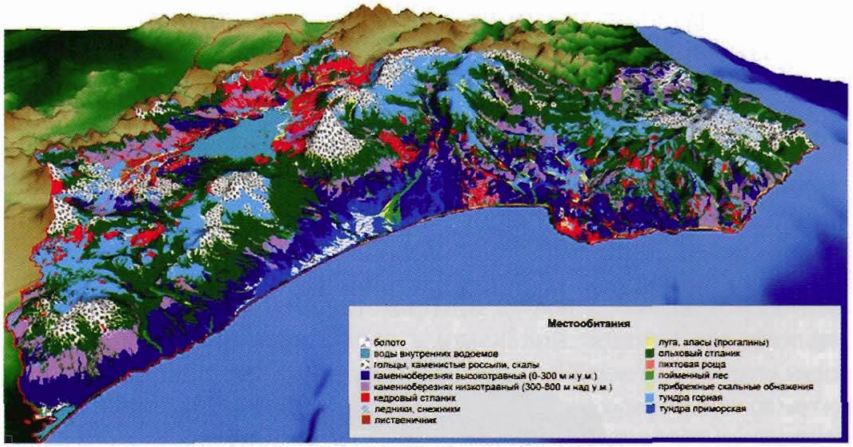


Рис. 171. Пространственная модель местности, созданная на основе драпирования ЦМР тематической картой местообитаний.

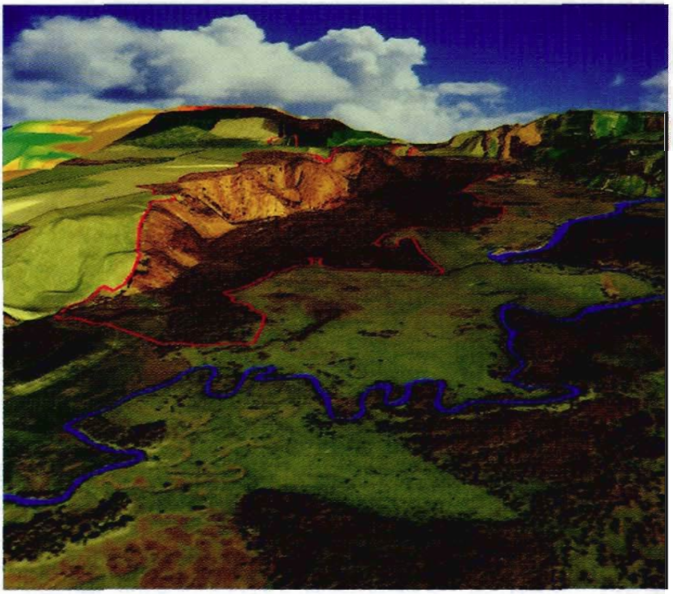


Рис. 172. Реалистичная ПММ - результат применения drape-файла к цифровой модели рельефа (памятник природы «Горы-Болото»).

усиления визуального эффекта в этом случае может быть использована способность **Vertical Mapper** загружать фоновые рисунки, в частности изображения неба, входящие в комплект стандартной поставки программы. На рисунке 172 приведен пример построения реалистичной трехмерной карты для памятника природы «Горы-Болото» (Курская область, Беловский район), исходными материалами для которой послужили: зарегистрированный аэрофотоснимок лесоустройства 1999 г. в масштабе 1 : 15000, полигональные таблицы с акваторией реки Псёл и границей ООПТ.

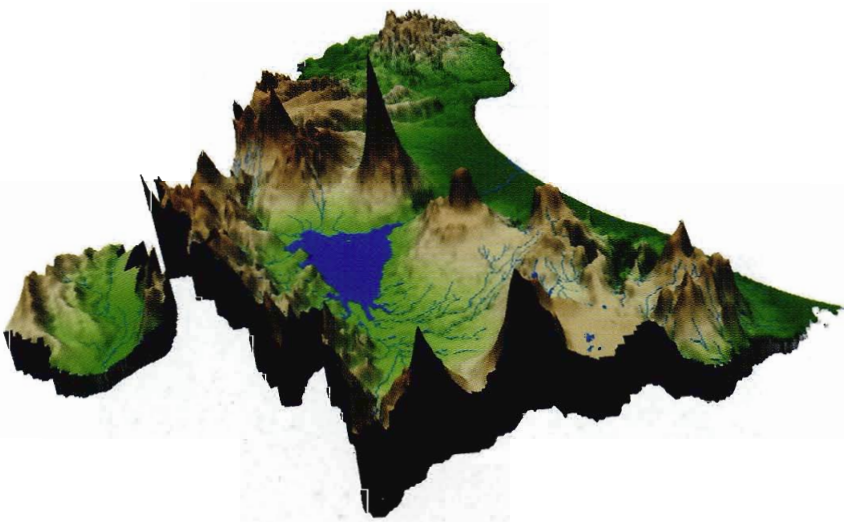


Рис. 173. Автоматическое драпирование рельефа Кроноцкого заповедника векторными полигональными и линейными объектами гидрографии.

В отличие от программы **Vertical Mapper**, которая предусматривает предварительное создание drape-файла, при использовании команды *Create 3DMap* **MapInfo 8.5** автоматически драпируются любые таблицы, открытые вместе с сетью в одном графическом окне. На рисунке 173 показан еще один вариант трехмерной карты Кроноцкого заповедника, где рельеф драпирован векторным слоем рек и озер (см. использование рабочего набора 3D.wor в видеофрагменте C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\09\9_09.exe).

Комбинирование цифровой модели рельефа с сетями, созданными из полигонов

Программа **Vertical Mapper** способна к построению сетей не только по данным точечных замеров - она умеет преобразовывать в GRD-файл любой полигональный объект. Рассмотрим, как это можно использовать на практике.

Допустим, необходимо добавить к показанной на рисунке 169 сети поверхность уровня воды Тихого океана. Для этого на основе шейп-файла, содержащего несколько оцифрованных тополистов акватории океана, командой **MapInfo** *Combine...* создается единый полигон, который сохраняется в отдельной таблице sea_union.tab. Для данной таблицы выполняется команда *Region to Grid...* из меню *Vertical Mapper/Create Grid*. Указывается поле, содержащее отметки высоты/глубины (в нашем примере в таблице имеется единственная запись со значением в поле «Layer_0», равным нулю), а также единицы измерения, имя и путь сохранения нового сетевого файла Sea_0.grd (рис. 174). После создания GRD-файла следует отредактировать его цветовую схему, удалив все оттенки и оставив единственный цвет, соответствующий нулевому значению (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\09\9_10.exe).

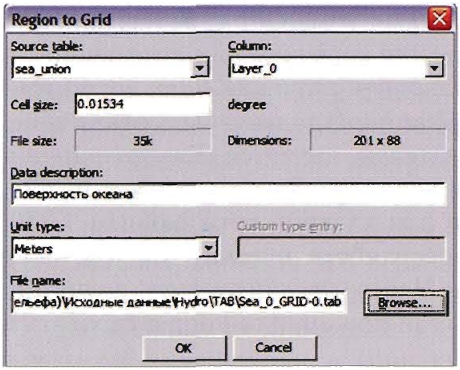


Рис. 174. Установка параметров преобразования полигона **MapInfo** в GRD-файл **Vertical Mapper**.

Теперь открываем сетевой файл с рельефом материковой части и дна океана alt_isobata_grid.grd из директории C:\СЕМИНАР\ИСХ_ДАН\09, используя панель *Grid Manager* программы **Vertical Mapper**, и запускаем для него программу трехмерной визуализации *GridView*. Настраиваем оптимальным образом параметры главной сети на трех вкладках формы *Scene Properties* (см. рис. 165).

Следующим шагом является добавление к главной сети дополнительной точно так же, как и при загрузке drape-файла (использу-

ется кнопка *Load*, доступная из любой вкладки указанной выше формы). После добавления нового GRD-файла его имя появляется в списке *Grid List* (рис. 175). В отличие от drape-файла, сетевому файлу можно придавать высоту, что позволяет создавать эффектные презентации, состоящие из нескольких уровней различных сетей одной и той же местности.

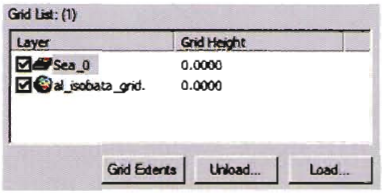


Рис. 175. Добавление сети, созданной из полигона в трехмерную сцену **Vertical Mapper 3.1.1**.

Обратите внимание, что главная сеть и дополнительная имеют в списке *Grid List* разные символьные обозначения. В отличие от первой, вторую можно выгрузить кнопкой *Upload...*

Основные настройки по совмещению двух сетей сосредоточены на вкладке *Loaded Grids*, которая изменяет свое название на имя выбранного сетевого файла. Для корректного совмещения сетей необходимо правильно установить значение *Base*, хотя отображение основания (параметр *Show base*) должно быть отключено. Вторым настраиваемым показателем является *Exaggregation* в группе *Z Values*. По умолчанию величина *Base* составляет 0.2693. Введем значение *Exaggregation* для главной сети равным 1.250, тогда для дополнительной (поверхности океана) оно составит около 1.520 (1.250 + 0.2693). Часто рассчитанную величину *Exaggregation* дополнительной сети приходится корректировать в

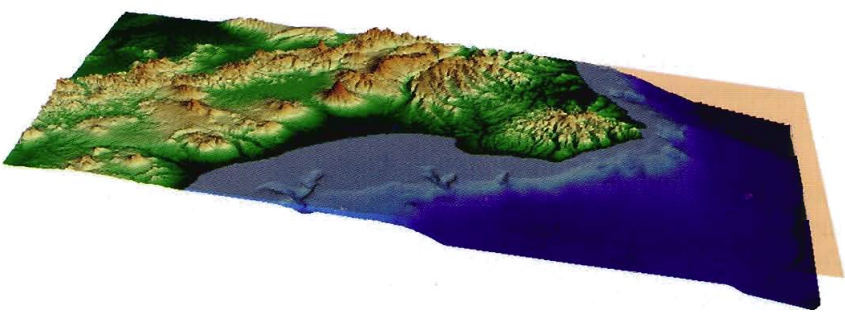


Рис. 176. Результат комбинирования сетей (ЦМР со слоем поверхности Тихого океана) в модуле *GridView*.

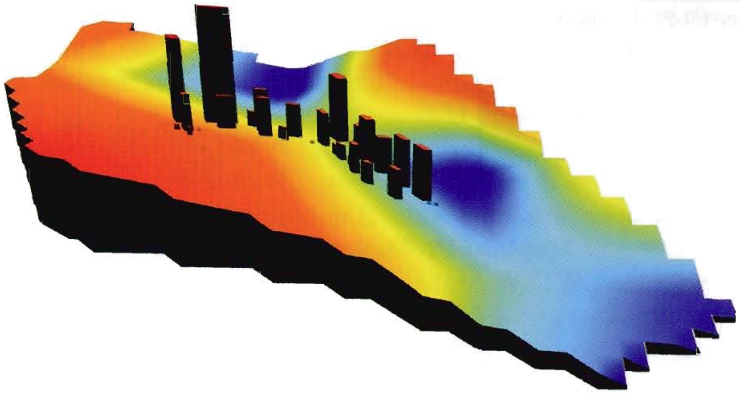


Рис. 177. Пример применения **Vertical Mapper** для визуализации 2.5-мерной графики (сеть зданий) на трехмерной поверхности (сеть рельефа).

сторону увеличения. Для того, чтобы рельеф дна океана просматривался через толщу воды нужно установить для дополнительной сети прозрачность (параметр *Transparency* в группе *Grid*), при этом эффект можно визуально контролировать в окне предварительного просмотра. После завершения указанных настроек в основном окне программы *GridView* будет сгенерировано 3D-изображение (рис. 176). Сохраните его в рабочем наборе sea.gvw (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\09\9_11.exe).

В отдельных публикациях, посвященных обзору возможностей трехмерной визуализации данных в ГИС, указывалось, что **Vertical Mapper** (версия **2.5**) способен отображать только рельеф, но не привнесенные объекты (Иванов, 2001). К сожалению, и последняя версия программы на способна позиционировать трехмерную графику на земном ландшафте, возможно только построение 2.5-мерных сцен, представленных, например, слоем зданий. При этом основания и вершины зданий в горизонтальной плоскости могут иметь сложную многоугольную форму, но всегда будут полностью идентичны и параллельны друг другу согласно принципу 2.5-мерности.

Для отображения зданий на поверхности сети используется та же команда **Vertical Mapper** *Region to Grid...* с указанием поля в таблице, содержащего значения их высот. Затем выполняется сложение сети рельефа с сетью зданий и «штамповка» полученной се-

тью сети рельефа (команда *Stamp* модуля *Splicer*, расположенного на панели инструментов *Grid Manager* в меню *Tools)*. Будет сгенерирован новый GRD-файл со зданиями, размещенными на поверхности рельефа (рис. 177).

Однако для получения по-настоящему реалистичного представления местности с использованием 3D-объектов возможностей **Vertical Mapper** недостаточно. Для этого предназначено другое приложение для **MapInfo Professional**, разработанное английской компанией DATAVIEW SOLUTIONS, под названием - **Pavan** (номер последней версии - **2.5**). Ниже представлено краткое описание возможностей программы по материалам сайта *www.esti-map.ru*.

Пакет **Pavan** ориентирован на создание мультимедийных 3D-моделей на основе данных **MapInfo**. Кроме различных виртуальных перемещений по трехмерной модели, программа предоставляет возможность получать различную информацию об объектах модели и переходить от одной из них к другой (вложенная детализация). **Pavan** имеет стандартный инструментарий для создания 3D-сцен и компилятор Virtual Reality Modelling Language (VRML), позволяющий осуществлять виртуальный полет или поездку по трехмерной модели.

Среди основных функциональных возможностей программы следует указать: создание трехмерных динамических цифровых моделей местности на основе цифровой модели рельефа с размещением на поверхности аэрофото- и космических снимков; построение трехмерных моделей зданий на рельефе; использование двух- и трехмерных моделей из CAD-систем, включая возможность создания комбинированных объектов, например трубы или антенны на крыше здания; размещение фотоизображений и видеороликов (в формате MPEG) на фасадах зданий и пр.

В настоящее время ПО **Pavan** снято с производства и компанией ESTI MAP предлагаются другие современные программы аналогичного назначения, в частности **TerrainView** и **TerrainView-Globe Professional** швейцарской фирмы VIEWTEC.

3D-моделирование в настоящее время становится неотъемлемой составной частью геоинформационных систем, что вполне понятно и обусловлено потребностями пользователей к восприятию пространственных данных в виде привычной трехмерной картины.

7. Использование в GPS-приемниках карт ГИС

Первые модели портативных спутниковых навигаторов или вовсе были лишены картографических функций, или имели в лучшем случае мало информативные встроенные базовые карты мира. В связи с бурным развитием в последние годы технологий в области спутникового позиционирования и навигации появились конструктивно новые приборы, оснащенные модулями внешней памяти и способные получать, хранить и отображать различную картографическую информацию, в которой пространственно распределенные данные связаны с соответствующей атрибутикой. В этом отношении GPS-карты имеют много общего с классическими картами геоинформационных систем. GPS-карты, также как и ГИС-карты, основаны на базах данных, в которых возможны индексация, поиск объектов и другие действия.

Появились коммерческие карты отдельных регионов, областей, городов, специально предназначенные для использования в персональных спутниковых навигаторах. Однако наибольший интерес, без сомнения, вызывает возможность создания собственных карт для загрузки в GPS-приемники. При этом для подготовки GPS-карты может быть использована среда любой геоинформационной системы. В спутниковые навигаторы могут быть переданы с максимальной точностью слои ГИС, состоящие из стандартных векторных объектов - полигонов, линий и точек, что может быть, в частности, эффективно использовано при изучении динамики природных процессов, повторных инвентаризациях биоты, различных тематических картографированиях компонентов природных комплексов ООПТ.

Исходя из важности картографических функций GPS-приемников, представляем подробную технику их использования на примере Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника.

УПРАЖНЕНИЕ № 10

Задание - осуществить подготовку, конвертирование и загрузку карт в GPS-приемник компании GARMIN и выгрузку карт из него.

Используемое ПО - **MapInfo 8.5**, **GPS TrackMaker 12.3**, **GPSMapEdit 1.0.33.5**, **cGPSmapper land version 0092 (shareware)**, **SendMap20 Pro 4.0**, **GPSDaemon 1.5.6**.

Модель GPS-приемника - GPSMAP 76CSx.

Исходные данные - векторные слои границ, квартальной сети, основных горизонталей (интервал - 40 м), озера Кроноцкого и рек заповедника (линейные и полигональные объекты); точечный объект в месте впадения реки Перевальная в озеро Кроноцкое.

Масштаб - 1 : 200 000.

Система координат - Longitude/Latitude (WGS 84).

Формат - *.TAB, *.SHP, *.MIF, *.MP, *.IMG.

Задание выполняется в шесть этапов, включающих:

- подготовку векторных данных;
- распределение данных по уровням детализации и сохранение карты в «польском» формате;
- конвертирование карты из «польского» формата в формат GARMIN;
- загрузку карты в GPS-приемник;
- отображение карты на дисплее GPS-приемника;
- выгрузку карты из GPS-приемника.

<u>Подготовка векторных данных</u>

Для выполнении данного задания используются карты, полученные в Упражнении № 8.

1. Конвертируем через *Универсальный транслятор* **MapInfo 8.5** необходимые векторные слои из формата *.TAB в формат *.SHP. Программа **GPSMapEdit** умеет работать и с обменным форматом **MapInfo** *.MIF, но в нашем распоряжении была пробная версия, в которой на это введены ограничения (см. технику конвертирования на примере TAB-файла квартальной сети Кроноцкого заповедника в видеофрагменте C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_01.exe). Анологичным образом подготовлены остальные шейп-файлы, все они расположены в директории C:\СЕМИНАР\ИСХ_ ДАН\10\SHP.

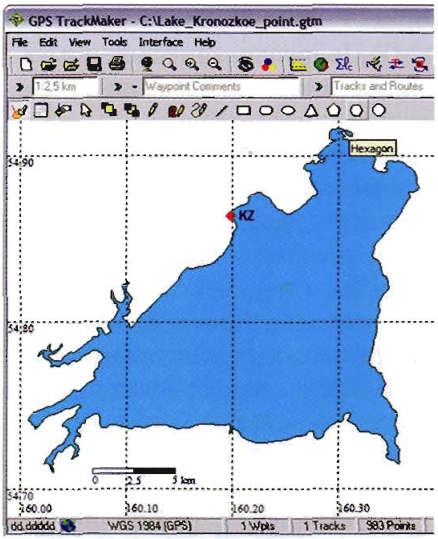


Рис. 178. Создание вспомогательной точки в северо-западной части Кроноцкого озера.

2. Открываем шейп-файл с границей Кроноцкого озера в ПО **GPS TrackMaker 12.3** и создаем, используя инструмент *Pensil Tool* данной программы, путевую точку у места впадения реки Перевальная в озеро и присваиваем ей название «KZ» (рис. 178). Сохраняем файл Lake_Kronozkoe_point.gtm в папку C:\СЕМИНАР\ИСХ_ДАН\10\POINT. Полученную точку загружаем в прибор GPSMAP 76CSx (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_02.exe). Она потребуется для быстрого отображения района расположения заповедника.

Распределение данных по уровням детализации и сохранение карты в «польском» формате

На этом этапе используется программный продукт **GPSMapEdit** (текущая версия **1.0.33.5**, автор K. Galichsky), предназначенный для самостоятельного изготовления векторных карт для GPS-приемников GARMIN, а также некоторых других производителей приборов спутниковой навигации. Программа предоставляет также возможность быстрой загрузки и визуализации векторных карт в «польском» формате, сравнения их с данными из альтернативных источников (растровые карты, GPS-треки и путевые точки).

GPS-приемники компании GARMIN, поддерживающие загрузку карт, используют закрытый и недокументированный формат *.IMG.

Однако существует программа **cGPSmapper** (см. следующий этап), которая позволяет преобразовывать текстовые файлы с геоданными (с расширениями *.TXT или *.MP), имеющими простую и хорошо документированную структуру, в файлы *.IMG. Ее входной язык называется «польским» форматом (по материалам *http://www.geopainting.com/ru/*).

Таким образом, нам предстоит создать карту в среде **GPSMapEdit 1.0.33.5** в формате *.MP. Подробное описание данной программы имеется по адресу *http://v-dorogu.narod.ru/article/mapeditpart1.htm*, поэтому мы акцентируем внимание только на самых важных моментах, имеющих практическое значение.

Итак, в нашем распоряжении 7 шейп-файлов: граница заповедника (полигональный и линейный), квартальная сеть (полигональный и линейный), реки (линейный), озеро Кроноцкое (полигональный), основные горизонтали (линейный).

Карта в «польском» формате состоит из уровней детализации (Level), по которым необходимо распределить перечисленные файлы. Перед этим следует определиться, какие данные будут самыми детальными (они помещаются на Level 0), а какие можно отобразить в более мелком масштабе на следующих уровнях.

Как правило, большинство GPS-карт имеют не более 3-4-х уровней детализации. Выберем для перечисленных SHP-файлов четыре следующих уровня:

1) Level 0 - граница заповедника (линии), граница заповедника (полигоны); реки (линии), основные горизонтали (линии), озеро Кроноцкое (полигон);

2) Level 1 - граница заповедника (линии), граница заповедника (полигоны); реки (линии), озеро Кроноцкое (полигон);

3) Level 2 - граница заповедника (линии), квартальная сеть (полигоны), квартальная сеть (линии);

4) Level 3 - граница заповедника (линии), граница заповедника (полигоны).

Кроме четырех перечисленных рабочих уровней детализации, автоматически генерируется еще один пустой уровень (в нашем примере - Level 4), который нельзя изменять и удалять.

Чтобы создать указанные уровни, сначала необходимо поместить данные на Level 0. Начинаем импорт в **GPSMapEdit** шейп-файлов, которые должны располагаться на этом уровне, для чего запускаем программу и выбираем через пункт меню *File/Import/ESRI shape* файл с границами заповедника Boundary_KZ_polyline.shp (линии).

Далее в первой форме (рис. 179, позиция 1) указываем тип линии (можно в не зависимости от предлагаемых атрибутов, основной критерий - четкая визуализация на дисплее навигатора); во второй форме (рис. 179, позиция 2) определяем поле надписей, которые бу-

дут отображаться на карте (важным параметром здесь является настройка транслитерации: если прибор не поддерживает кириллицу, выбираем метод *Russian* и все русские буквы будут заменены английскими аналогами; в нашем случае в этом нет необходимости - навигатор GPSMAP 76CSx имеет полностью русифицированную прошивку и корректно отображает кириллические шрифты, поэтому выбираем метод *Don't transliterate*); в третьей форме (рис. 179, позиция 3) оставляем без изменений предложенные по умолчанию координатную систему и датум, а в четвертой (рис. 179, позиция 4) - Level 0. На экране появится граница Кроноцкого заповедника (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_03.exe).

Теперь создадим остальные уровни детализации, управление которыми осуществляется на вкладке *Levels* формы *Map properties*

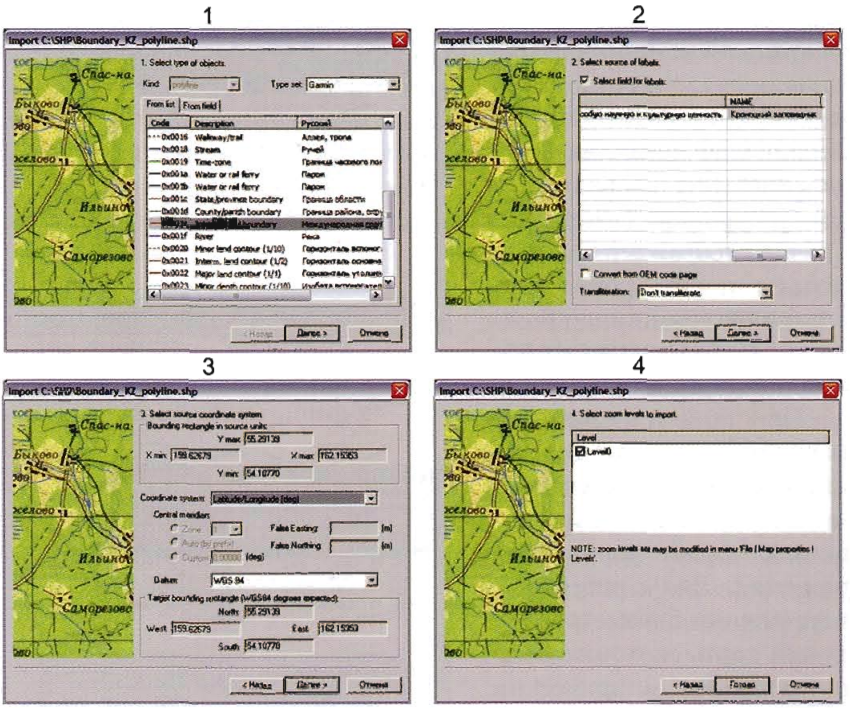


Рис. 179. Формы настройки параметров импорта SHP-файлов в программу **GPSMapEdit**.

(меню *File/Map properties* - клавиши быстрого вызова *Alt+Enter*). Выберите строку Level1 и нажмите три раза на кнопку *Insert before*, в результате чего будут получены еще три уровня детализации.

Линейная граница заповедника согласно распределению должна размещаться на всех четырех уровнях, что в программе **GPSMapEdit** можно сделать двумя способами: непосредственным копированием на выбранный уровень или объединением копий в уровнях (рис. 180) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_04.exe).

Импортируем оставшиеся SHP-файлы, выполнив действия, описанные выше. Теперь в четвертой форме импорта будут отображены все 4 уровня, комбинации выбора которых следует формировать согласно перечня распределения.

В конечном результате получаем распределенные по уровням векторные объекты однотипной тематики. Переключаться между показом изображения в **GPSMapEdit** можно удерживая нажатой клавишу *Ctrl* + порядковый номер уровня (например, *Ctrl + 1* отображает все объекты на втором уровне детализации) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_05.exe).

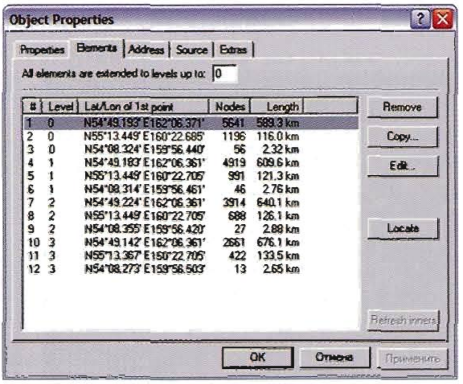


Рис. 180. Управление объектами в форме *Object Properties*.

Приступаем к настройке масштабов уровней детализации, определяемых диапазонами, задаваемыми на вкладке *Levels* формы *Map properties*. Это одни из самых важных параметров будущей карты, которые устанавливаются эмпирическим путем (рис. 181) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_06.exe).

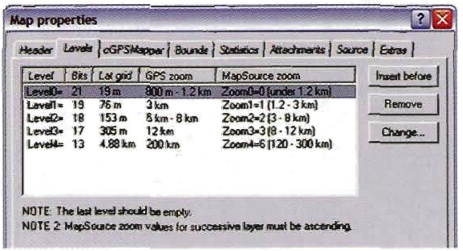


Рис. 181. Настройка уровней детализации в форме *Map Properties*.

Имеется прямая зависимость между интервалом масштаба уровня *GPS zoom* и размером ячейки сети широта/долгота *Lat grid* - чем меньше первый показатель, тем точнее формируется карта за счет уменьшения второго показателя (максимальная точность - 2.4 м), однако при этом возрастает время конвертирования данных и размер карты.

Уровневая структура MP-файла и, соответственно, создаваемого на его основе IMG-файла имеет немало преимуществ. Каждый из уровней, по мере возрастания значения *GPS zoom*, подвергается увеличивающейся генерализации данных, что сопровождается сокращением количества узлов объектов, спрямлением их сторон и, в конечном счете, все большей потерей точности. Однако в этом заключается большой смысл. На малом дисплее GPS-приемника нет никакой необходимости в высокодетальном отображении мелкомасштабных контуров границ обширных географических областей, поэтому они помещаются на предпоследний уровень детализации. Если же имеется потребность в сохранении максимальной детализации таких границ, достаточно разместить их копии на предыдущих уровнях, вплоть до нулевого, которому соответствует максимальная точность. Именно так мы поступили при создании GPS-карты Кроноцкого заповедника, расположив его границу на всех четырех уровнях от 3 до 0. На рисунке 182 представлен участок такой границы ООПТ, изображенный на разных уровнях в одинаковом масштабе. На уровне 3 контур заметно ступенчатый, а на уровне 0 - максимально сглаженный. Уровневая структура увеличивает также скорость прорисовки графических элементов и экономит ресурсы памяти персональных навигаторов.

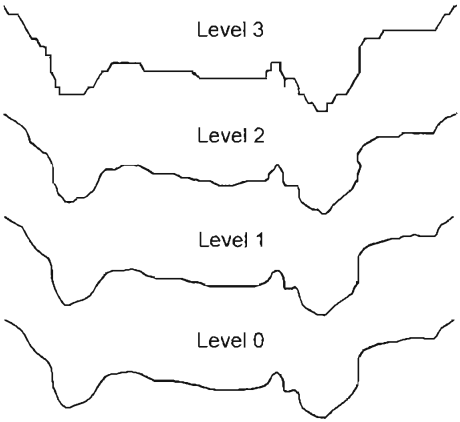


Рис. 182. Визуальная оценка качества графики разных уровней детализации.

Помимо *GPS zoom*, на вкладке *Levels* имеется также параметр *MapSource zoom*,

который для нашего примера неважен. Тем не менее, для него также нужно указать корректные значения (см. рис. 181), иначе возможны сообщения об ошибках и прерывание конвертирования карты (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_06.exe).

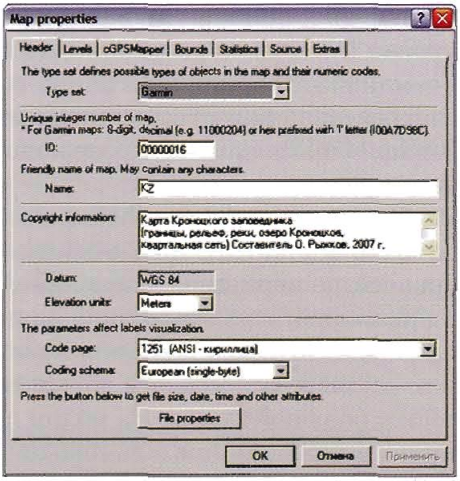


Рис. 183. Установка параметров заголовка карты.

Завершив с настройкой уровней детализации, открываем вкладку **cGPS-Mapper**, на которой следует изменять только два параметра - предварительную обработку (*Preprocessing*) и установку прозрачности карты (*Map is transparent*). Активизация последнего параметра позволяет отображать загружаемую карту на фоне другой карты. Заданный по умолчанию метод *Preprocessing* Generalization+intersection в большинстве случаев является оптимальным, однако иногда лучшие результаты достигаются при отключении предварительной обработки.

Переходим к настройке заголовка карты, которая выполняется на вкладке *Header* формы *Map properties* (рис. 183). Здесь указываются ID карты, ее название, пояснительная информация, кодировка текста. Обращаем внимание на важность ввода значения ID - любой восьмизначной комбинации цифр (если разные карты будут иметь одинаковый ID, вы не сможете одновременно загрузить их в навигатор), а также кодовой страницы 1251, что позволит корректно отображать русский текст (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_07.exe).

Рассмотрены все основные установки, влияющие на создание карты. Сохраняем ее в «польском» формате - Polish format (меню *Files/Save Map As...*) под именем «KZ». После этого закрываем карту и открываем сохраненный файл KZ.mp для проверки работоспособности уровней детализации. Включаем отображение надписей (ме-

ню *View/Show Labels*), нажимаем клавишу CTRL и, удерживая ее нажатой, вращаем колесо мыши для изменения масштаба карты - при переходе через заданные границы интервалов уровни детализации будут сменять друг друга с соответствующим изменением изображения на экране (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_08.exe). Переходим к этапу конвертирования.

Конвертирование карты из «польского» формата в формат GARMIN

На этом этапе выполняется конвертирование карты из формата *.MP в формат *.IMG при помощи программы **cGPSmapper** (используем последнюю версию - shareware land version **0092**). Автор - S. Kozicki. Программа работает из командной строки и запускается непосредственно из **GPSMapEdit** (меню *File/Export/Garmin IMG/cgpsmapper.exe*). В появившемся диалоговом окне требуется указать имя IMG-файла и путь к программе **cGPSmapper**.

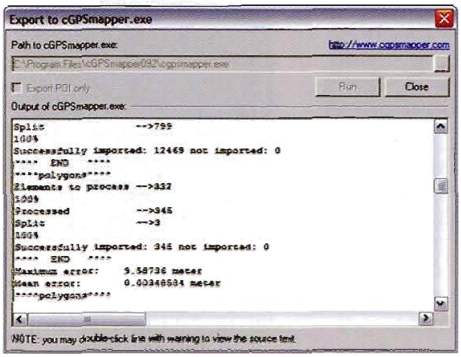


Рис. 184. Фрагмент информации о ходе конвертирования карты модулем **cGPSMapper**.

Старт конвертирования осуществляем нажатием кнопки *Run*. При этом на экране можно наблюдать разнообразную информацию о выполнении этого процесса отдельно по каждому уровню детализации - тип и количество обработанных объектов, в том числе поврежденных и разрезанных на части (большие объекты в GPS-приемниках GARMIN отображаются по частям для ускорения вывода на экран), средняя и максимальная погрешность и пр. (рис. 184) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_09.exe). По окончании конвертирования программа **cGPSmapper** выдает соответствующее сообщение. Полученный файл KZ.img готов для передачи в спутниковый навигатор.

Загрузка карты в GPS-приемник

Загрузка карты в GPS-приемник осуществляется при помощи бесплатной программы того же автора (S. Kozicki) **SendMap20 Pro 4.0**, которая поддерживает как COM-, так и USB-порты. При использовании прибора GPSMAP 76CSx возможны три способа загрузки карт.

Первый способ заключается в непосредственной отправке карты через USB-порт в приемник. *Для этого в главном окне программы* **SendMap20 Pro** (рис. 185) выполняется добавление карты в список (кнопка *Add Maps*). Программа поддерживает загрузку нескольких карт при условии, если они имеют разные ID.

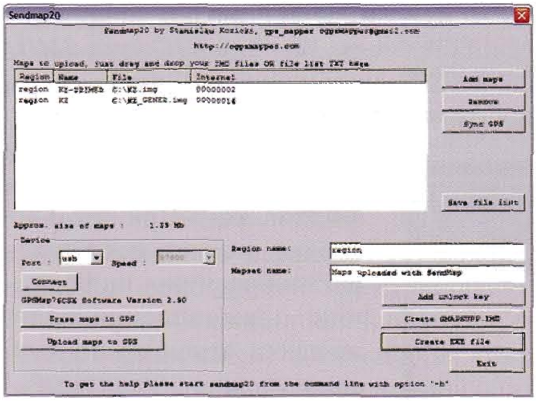


Рис. 185. Главное окно программы **SendMap20** с установками для загрузки карт в GPS-приемник.

Рис. 186. Подключение внешней памяти GPS-навигатора к ПК.

Перед отправкой карты необходимо установить связь со спутниковым навигатором нажатием кнопки *Connect*. При успешном соединении появляется название модели прибора и номер версии используемого в нем программного обеспечения (в нашем случае «GPSMAP76CSx Software version 2.90»). Карта (или их набор) загружается в GPS-приемник при нажатии на кнопку *Upload maps to GPS*. В программе предусмотрена также возможность удаления из памяти прибора всех пользовательских карт (кнопка *Erase maps in GPS*) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_10.exe).

Из одной или нескольких отправляемых в приемник карт формируется единственный файл GMAPSUPP.img, который хранится в GPSMAP 76CSx на карте памяти MicroSD в папке Garmin, что позволяет легко им манипулировать.

Второй способ как раз и заключается в создании этого файла (кнопка *Create GMAPSUPP.IMG*) на ПК с последующим копированием его на flash-накопитель прибора. Для этого последний нужно подключить в операционной системе как обычный съемный диск. Делается это следующим образом. В приборе GPSMAP 76CSx дважды нажимаем на кнопку *MENU*, выбираем последовательно пункты *Настройки* и *Интерфейс*, в появившемся окне щелкаем на кнопке *USB Mass Storage* (рис. 186). Отображаем содержимое памяти MicroSD GPS-приемника на экране через проводник **Windows**. Далее обычным способом копируем файл GMAPSUPP.img в папку Garmin съемного диска, после чего отключаем его, прибор автоматически перезапускается, и появляется возможность работы с пользовательскими картами, хранящимися в файле GMAPSUPP.img (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_11.exe).

Третий способ состоит в создании исполняемого EXE-файла, который можно запустить на любом ПК, даже если программа **SendMap20** на нем не установлена. Для получения такого файла предназначена кнопка *Create EXE file*. В отличие от двух предшествующих способов, имеется возможность выбора индивидуального прибора для загрузки карты с указанием его номера - на любой другой GPS-приемник карта отправлена не будет (рис. 187). Создадим два файла (KZ.exe - без защиты и KZ-Lock.exe - с защитой) и попробуем в действии механизм блокировки передачи карты (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\ 10_12.exe).

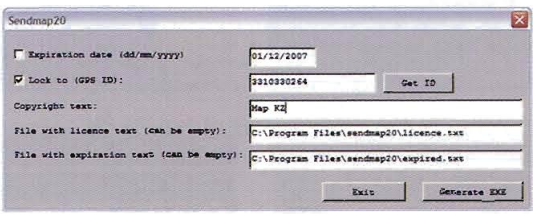


Рис. 187. Установка разрешения на загрузку карты в определенный GPS-прибор

Итак, загружаем одним из указанных способов (удобнее первым - он самый быстрый) созданный файл KZ.img в прибор GPSMAP 76CSx.

Отображение карты на дисплее GPS-приемника

Использованная для конвертирования версия программы **cGPSmapper** имеет ограниченный набор функциональных возможностей по управлению картой в спутниковом навигаторе. В частности, отсутствие индексированных полей приводит к невозможности поиска объектов по их названиям и сложности быстрого перехода в район расположения новой карты, т.к. GPSMAP 76CSx автоматически отображает карту текущего расположения пользователя.

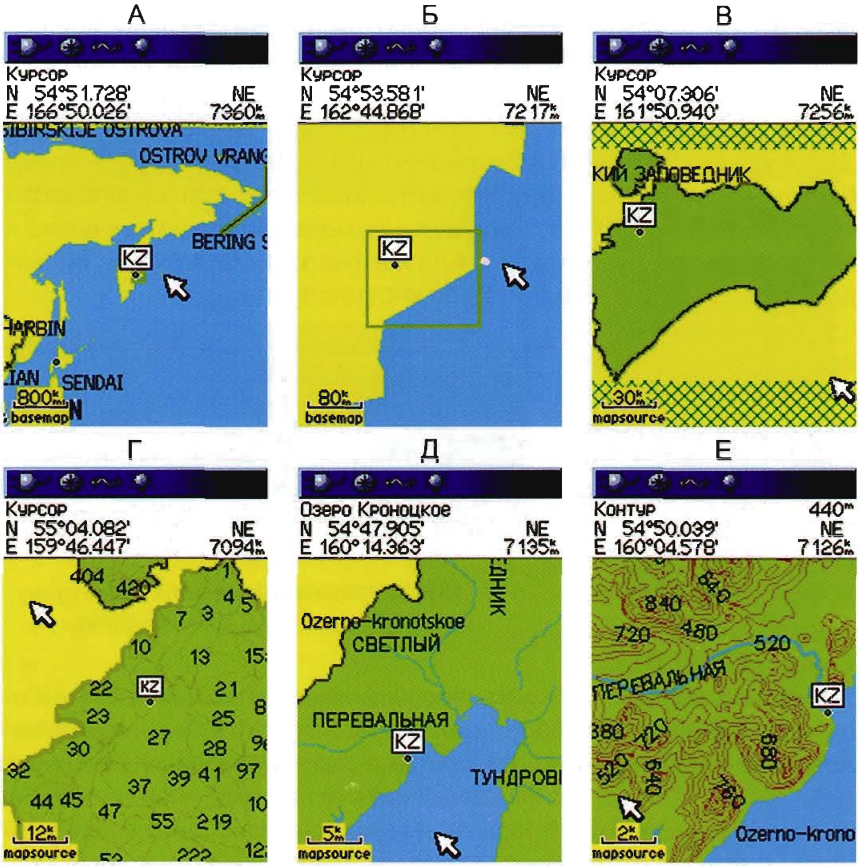
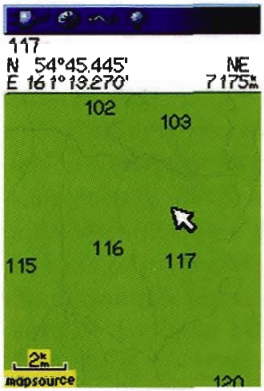


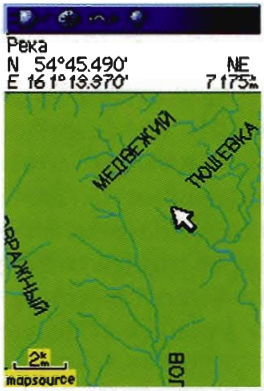
Рис. 188. Демонстрация фрагментов карты Кроноцкого заповедника разной степени детализации: А - расположение ООПТ на карте мира; Б - границы размещения карты; В - Level 3; Г - Level 2; Д - Level 1; Е - Level 0.

Именно поэтому в начале задания была создана и загружена в прибор путевая точка «KZ», которую мы и используем для визуализации новой карты. Для отображения карты на дисплее GPS-приемника выполните следующие действия. Нажмите на приборе кнопку *FIND*, затем выберите пункт *Точки*, в строке поиска с использованием виртуальной клавиатуры введите английскую букву «K» в любом регистре - список путевых точек изменится, отображая первую путевую точку, название которой начинается с выбранной буквы. Для скрытия виртуальной клавиатуры нажмите кнопку *QUIT*. Так как в памяти прибора всего одна точка с именем «KZ» соответствует критерию поиска, то именно она будет выбрана. Нажмите кнопку *ENTER* - появится экран *Точка* со свойствами путевой точки «KZ», где выбирается пункт *Карта*. В центре дисплея прибора появится искомая точка, а вместе с ней и участок созданной нами карты, а именно окрестности места впадения реки Перевальная в озеро Кроноцкое.

Рис. 189. Управление степенью детализации карты в приборе GPSMAP 76CSx.

Уменьшим масштаб изображения до минимума неоднократным нажатием на кноп-





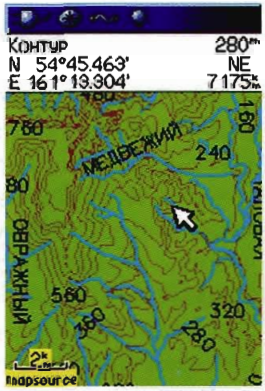


Рис. 190. Установка детализации изображения в приемнике GPSMAP 76CSx: минимальная (слева), нормальная (в центре) и высокая (справа).

ку *OUT* пока не появится карта мира с полуостровом Камчатка в центре экрана. С помощью кнопки *IN* начнем постепенное увеличение масштаба изображения. Сначала мы увидим ограниченный прямоугольником район размещения карты, затем появится территория Кроноцкого заповедника, далее квартальная сеть с номерами кварталов, потом озеро Кроноцкое и реки с названиями и, наконец, горизонтали с отметками высот (рис. 188).

Здесь мы видим в действии созданную в программе **GPSMapEdit** структуру уровней детализации. Однако прибор GPSMAP 76CSx имеет собственный инструмент детализации карт, состоящий из пяти элементов (рис. 189), что позволяет гибко управлять масштабом отображения отдельных уровней.

Для доступа к этим установкам нажмите кнопку *MENU*, затем выберите *Настройка карты* и далее - первую вкладку *Главная*. На рисунке 190 показан один и тот же участок местности в масштабе 1 : 200 000, но с разной настройкой детализации. На карте с минимальной детализацией показана квартальная сеть заповедника, с нормальной - гидрография, с максимальной - гидрография и рельеф. Для перемещения по карте используется джойстик прибора. Иногда надписи мешают просмотру и навигации по карте. Для их временного удаления с дисплея у прибора GPSMAP 76CSx имеется полезная команда *Спрятать лишнее*, доступ к которой осуществляется нажатием на кнопку *MENU* при нахождении на странице *КАРТА*.

Выгрузка карты из GPS-приемника

Выгрузка карты из GPS-навигатора может потребоваться для ее переноса на другой прибор, она необходима также для создания резервных копий карт на ПК. При загрузке пользовательских карт в GPS-приемник нередки случаи их потери, например при совпадении идентификационных номеров (прибор в этом случае не выводит никаких предупреждающих сообщений, а просто перезаписывает одну карту поверх другой), и тогда на помощь приходят резервные копии. Бывают ситуации, когда имеется единственная карта, которая хранится в памяти только одного прибора, что также может привести к ее утрате.

Выгрузка карт из GPSMAP 76CSx может быть выполнена двумя способами. *Первый* описан на этапе загрузки карты и заключается в простом копировании средствами операционной системы

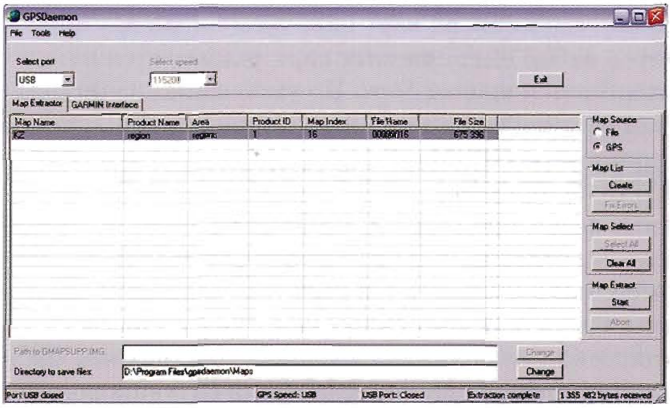


Рис. 191. Интерфейс программы **GPSDaemon**.

файла GMAPSUPP.img из прибора на ПК. Недостаток - если указанный файл содержит несколько карт, из которых требуется только одна, придется хранить все или выполнить дополнительную процедуру, заключающуюся в добавлении указанного файла в **SendMap20**, удалении лишних карт и перезаписи файла GMAPSUPP.img, уже содержащего необходимую карту. При большом количестве карт такой порядок действий достаточно сложен. К счастью, имеется программа, позволяющая выборочно выгружать из файла GMAPSUPP.img любые наборы карт (см. второй способ). Здесь уместно упомянуть о наличии у программы **SendMap20** функции синхронизации карт между ПК и приемником, но при этом можно только просмотреть список карт, возможность их сохранения заблокирована. Рассмотренный способ эффективен только при наличии у GPS-приемника внешней памяти, где по умолчанию хранятся пользовательские карты и к которой можно получить доступ как к съемному диску.

Второй способ - универсальный и основан на использовании специализированного программного обеспечения, позволяющего выгружать пользовательские карты из памяти навигатора. К его числу относится свободно распространяемая программа **GPSDaemon** (текущая версия **1.5.6** от 23.09.2006 г., автор Swan). Она имеет английский и русский интерфейс, и может устанавливать соединение с GPS-приемником через USB-порт, что немаловажно.

Работа с **GPSDaemon** проста. Все операции выполняются на вкладке *Map Extractor* (рис. 191), где следует выбрать порт, источ-

ник карт и сформировать список карт нажатием на кнопку *Create*. Далее составляется набор выгружаемых карт, указывается путь их сохранения и нажимается кнопка *Start*. По умолчанию, записываемому файлу с картой присваивается имя, заданное в поле *ID* формы *Map Properties* программы **GPSMapEdit** (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\10\10_13.exe).

Как отмечалось выше, программа **GPSDaemon** имеет полезную функцию по выгрузке отдельных карт из файла GMAPSUPP.img. Данная операция выполняется аналогично выгрузке карт из навигатора, только меняется источник карт (Map Source) с *GPS* на *File*.

Мы рассмотрели базовую технику создания собственных GPS-карт, управления и обмена ими между приборами спутникового позиционирования и ПК. Возможность использования для этой цели готовых ГИС-слоев, на наш взгляд, представляется чрезвычайно полезной при осуществлении картографических съемок на территориях заповедников и национальных парков.

8. Съемка природных объектов в реальном времени (GPS+ГИС)

Навигация и GPS-съемка в реальном режиме времени становятся возможными при совместном использовании в полевых условиях спутникового прибора и переносного компьютера, которым может быть ноутбук, КПК, полевой контроллер или любое другое устройство, способное принимать и хранить информацию, полученную от GPS-приемника. Важными преимуществами такой связки являются: 1) отсутствие промежуточного этапа передачи данных на ПК, которые напрямую поступают в геоинформационную систему; 2) использование для работы детальных и информативных векторных ГИС-карт или зарегистрированных растров. К недостаткам относится необходимость постоянно иметь при себе, помимо GPS-приемника, дополнительное устройство для сбора и отображения информации.

Наиболее предпочтительны для этой цели современные высокоточные устройства с дифференциальной коррекцией сигналов, предназначенные для картографии и ГИС, например, модель GeoCE XT из серии GeoExplorer компании TRIMBLE. Приборы такого типа компактны, сочетают в одном корпусе встроенную антенну, контроллер и блок питания (Евтеев, 2007), оснащены собственной операционной системой и способны к сбору данных в ГИС-формате непосредственно в полевых условиях (см. рис. 4).

Простейшей комбинацией для навигации и выполнения GPS-съемки в реальном режиме времени является «Ноутбук + Портативный спутниковый навигатор». В настоящее время существуют легкие и компактные модели переносных компьютеров с длительным сроком автономной работы, которые подходят для этих целей.

Существует большое количество программ, способных взаимодействовать с GPS-приемниками в реальном времени. Многие из специализированных продуктов по обмену данными между спутниковыми приборами и ПК имеют встроенные модули приема данных по протоколу NMEA, например, использованный нами **GPS**

TrackMaker 12.3. Среди других следует отметить программу **OziExplorer**, которая получила широкое распространение в России, в основном за счет использования совместно с КПК или ноутбуком для навигации в реальном времени по отсканированным топографическим картам, что особенно актуально для GPS-приемников без поддержки загрузки карт. Однако программного обеспечения, способного отправлять GPS-данные непосредственно в ГИС, не так много. В этом отношении наиболее интересным продуктом является **The Geographic Tracker**, разработанный компанией BLUE MARPBLE GEOGRAPHICS. Мы опишем принцип работы версии **3.3 MapInfo Edition** данной программы, предназначенной для использования в среде ГИС **MapInfo**.

УПРАЖНЕНИЕ № 11

Задание - осуществить навигацию и съемку объектов местности в реальном режиме времени.

Используемое ПО - **MapInfo Professional 8.5, The Geographic Tracker 3.3 MapInfo Edition, GPS TrackMaker 12.3, MapSource 6.10.2/Trip & Waypoint Manager 3.00, u-center 4.01, Microsoft Excel 2007**.

Модель GPS-приемника - GPSMAP 76CSx.

Исходные данные - зарегистрированное растровое изображение участка местности.

Система координат - Longitude/Latitude (WGS 84).

Формат - *.GTM, *.GDB, *.GPS, *.MIF, *.TAB, *.XLS.

Для выполнения упражнения потребуется два типа кабелей для USB- и COM-портов.

Вначале рассмотрим возможности программы **The Geographic Tracker**.

Перед использованием программы в **MapInfo** надо создать таблицу, в которой будут храниться геокодированные данные. Она имеет фиксированный набор полей типа *Fload* (рис. 192). В свойствах таблицы должен быть выставлен флажок *Table is Mappable*, кроме того она должна

Latitude_Y	Float
Longitude_X	Float
Elevation	Float
Time	Float
Speed	Float
Heading	Float
PDOP	Float

Рис. 192. Список полей таблицы **MapInfo** для использования в **The Geographic Tracker**.

находиться в режиме редактирования. Сохраним таблицу под именем Real_Navigate.tab (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\11\11_01.exe).

Прибор GPSMAP 76CSx присоединяется с помощью кабеля к порту COM1 ноутбука (если таковой отсутствует, используется переходник USB-COM). Далее открывается меню *Настройки* навигатора и выбирается пункт *Интерфейс*, где в поле *Формат данных RS-232* выбирается *NMEA In/NMEA Out*. При этом скорость порта выставляется автоматически - 4800.

Для запуска приложения применяется команда **MapInfo** *Run MapBasic Program...* из меню *Tools*. Выбираем файл GEOTRACK.MBX, по умолчанию расположенный в директории C:\Program Files\MapInfo\Professional\GPS. При этом открывается главное окно программы **The Geographic Tracker** и добавляется пункт меню *GPS* в **MapInfo 8.5** (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\11\11_02.exe).

Приступаем к настройке **The Geographic Tracker**. Сначала проверяем в форме *Set GPS Receiver Options*, что в ней выставлен такой же протокол передачи данных (NMEA 0183) и скорость порта (4800), как и в GPSMAP 76CSx. Через кнопку *Settings...* получаем доступ к настройкам NMEA, где указываем вариант отсчета высот от уровня моря (рис. 193) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\11\11_03.exe).

Рис. 193. Выбор приема с навигатора высот над уровнем моря.

Далее, при необходимости, корректируем параметры в форме *Set Preferences* (рис. 194). Кроме того, очень полезным является включение записи данных, прини-

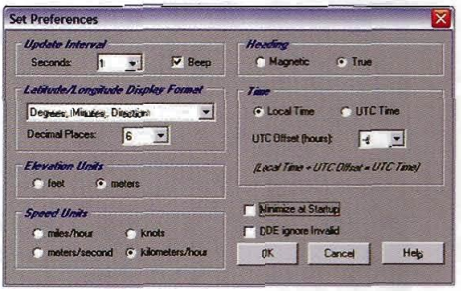


Рис. 194. Форма основных настроек **The Geographic Tracker**.

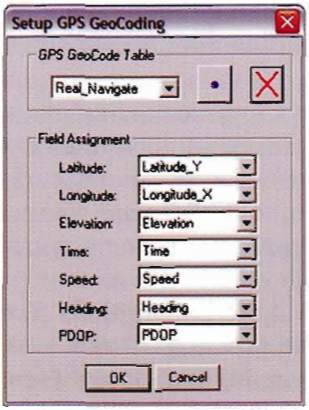


Рис. 195. Выбор полей таблицы для хранения геокодированных данных.

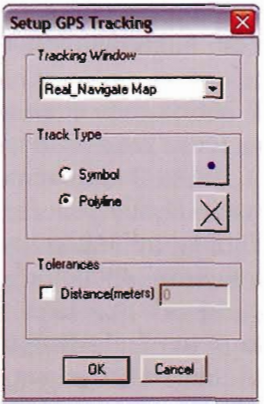


Рис. 196. Выбор карты и типа объектов для отображения.

маемых со спутников в лог-файл формата *.GPS (меню *File/Record GPS Data...*) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\11\11_04.exe).

Сворачиваем **The Geographic Tracker** в панель задач Windows и переходим к меню *GPS* **MapInfo**.

Далее осуществляем настройку геокодирования данных, для чего следует привести в соответствие поля созданной таблицы полям формы *Setup GPS Geocoding*, где предварительно должна быть выбрана таблица. Здесь же определяются стили геокодированных точек и полилиний. Выполните установки в соответствии с рисунком 195.

Открываем в **MapInfo** окно карты местности, которая может быть векторной или содержать зарегистрированный растр (мы использовали растровое изображение части г. Елизово - файл Елизово_план для семинара.tab). Выбираем эту карту в списке *Tracking Window* формы *Setup GPS Tracking* (меню *GPS/Setup Tracking...*). Здесь же указываем *Polyline* в группе *Track Type*, и, при необходимости, определяем дистанцию допуска в метрах. Допуск регулирует частоту узлов трека, с помощью чего можно добиться более ровных его очертаний (рис. 197) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\11\11_05.exe; в указан-

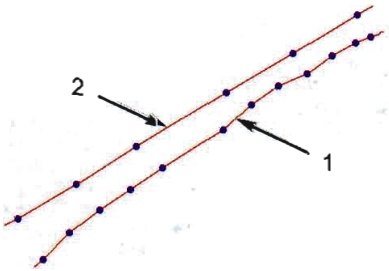


Рис. 197. Треки, созданные при разных значениях допуска: 1 - Tolerance = 0 м; 2 -Tolerance = 3 м.

ном видеофрагменте использована чистая карта Real_Navigate вместо Елизово_план для семинара).

В меню *GPS* присутствует важный параметр *AutoRecenter*, который по умолчанию активен. Он осуществляет автоматический скроллинг карты при выполнении навигации по местности. Кроме меню *GPS* имеется одноименная панель инструментов с кнопками добавления точек или полилиний в геокодируемую таблицу. Нажатие средней кнопки с изображением ломаной делает возможным запись пройденного пути.

Latitude_Y	Longitude_X	Elevation	Time	Speed	Heading	PDOP
51.5691	36.0922	822.178	41.983	3.34	320	1.13
51.5696	36.0915	830.052	42.031	2.76	310	1.13
51.5696	36.0908	829.396	42.079	0	245	1.41
51.5696	36.0904	826.772	42.099	2.99	261	1.41
51.5695	36.0904	828.084	42.103	2.99	259	1.13
51.5695	36.0899	831.037	42.125	3.11	260	1.13
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Рис. 198. Фрагмент геокодированной таблицы **MapInfo**, полученной при использовании **The Geographic Tracker** (записи с нулевыми значениями соответствуют трекам).

Теперь все готово к запуску программы, который осуществляется

Рис. 199. Пример навигации в реальном времени с использованием **MapInfo 8.5** и **The Geographic Tracker**.

командой *Live GPS Data*. При перемещении с ноутбуком и портативным навигатором по местности ГИС будет отслеживать движение по карте. Запись треков и путевых точек в таблицу осуществляется нажатием соответствующих кнопок на панели *GPS* (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\11\11_06.exe). На рисунке 198 приведен пример такой таблицы. Атрибутивная информация формируется только для точечных объектов. Обращаем внимание на отслеживание величины показателя PDOP, характеризующего качество условий съемки на основе геометрии спутников (см. подраздел 2.2) .

На рисунке 199 показан трек навигации в реальном времени на автомобиле по территории г. Елизово с использованием геопривязанного космического снимка, полученного из картографического сервиса Google Earth. Представленная иллюстрация свидетельствует о высокой точности и корректной передаче GPS-данных модулем **The Geographic Tracker** в **MapInfo 8.5**.

К числу незначительных недоработок программы **The Geographic Tracker**, применительно к среде ГИС, следует отнести отсутствие функций автоматической записи путевых точек. Полезно было бы выводить атрибутивную информацию для каждого узла трека в отдельную таблицу, в частности, значений высот над уровнем моря (эти данные доступны из GPS-файла), что позволило бы оперативно строить вертикальные профили рельефа.

Указанных недостатков лишен модуль связи с GPS-приемником

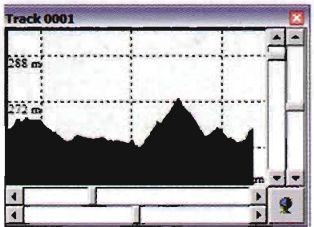


Рис. 200. Консоль навигации в реальном времени (сверху) и вертикальный профиль пути (слева) программы **GPS TrackMaker**.

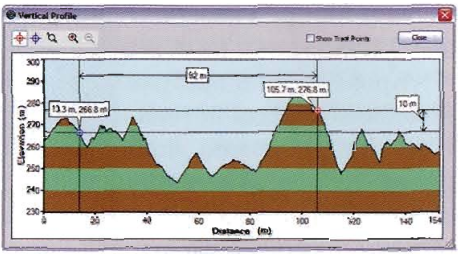


Рис. 201. Инструменты графического анализа вертикальных профилей программы **Trip & Waypoint Manager**.

в реальном времени программы **GPS TrackMaker 12.3**, к тому же он поддерживает поток GPS-данных через USB-порт, что актуально при использовании ноутбуков. Данный модуль состоит из консоли навигации (рис. 200), в которой выводятся значения широты, долготы, высоты над уровнем моря, скорости и направления движения, дата и время, режим GPS, а также ошибка определения координат; и двух окон - в одном автоматически строится вертикальный профиль, а в другом генерируется графическое изображение (в профессиональной версии возможно использование геопривязанных растров) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\11\11_07.exe).

Допускается автоматическая запись файла через определенный промежуток времени, а также настройка способа и интервала записи пути - по времени или расстоянию.

В профессиональной версии программы **GTM PRO** возможно сохранение полученных треков в обменном формате **MapInfo** в виде графических объектов (в этом случае будут получены такие же треки, как и в **The Geographic Tracker**, не имеющие полезной атрибутивной информации - передаются цвет, стиль, масштаб линий и дата) или в формате **MS Excel** в виде числового массива трехмерных координат каждого узла трека, а также длин, углов и скоростей прохождения каждого трека, который в последующем можно дополнительно обрабатывать и анализировать.

Графический анализ превышений высот, полученных в **GPS TrackMaker** треков, удобно осуществлять в программе **Trip & Waypoint Manager**, имеющей для этого специальные инструменты (рис. 201).

На наш взгляд, использование **The Geographic Tracker** в сочетании с **MapInfo** предпочтительнее - данные напрямую поступают и геокодируются в ГИС, а такой недостаток, как отсутствие у элементов треков атрибута высоты, легко компенсируется средствами

Vertical Mapper, позволяющими строить высотные профили по любым полилиниям на основе цифровой модели рельефа.

Кроме того, в программе **The Geographic Tracker** имеется возможность вывода потока информации в файл *.GPS, сценарий которого затем можно «проиграть» в программе **u-center**, оценить и проанализировать многочисленные показатели съемки треков, построить разнообразные графики зависимостей и отдельных переменных, включая высоту над уровнем моря, а также генерировать разнообразные пользовательские таблицы, содержащие подробную информацию о каждой точке трека (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\11\11_08.exe). На рисунке 202 показан один из возможных вариантов такой таблицы. При помощи специализированного программного обеспечения (подобного **u-center**), предназначенного для диагностики GPS-оборудования и способного расшифровывать поток спутниковой информации, возможно создание детальных баз данных конкретных сеансов съемок природных объектов, которые содержат полный набор показателей (как исходных, так и расчетных), получаемых со спутников.

Index	Lat	Lon	Alt (MSL)	HDOP	VDOP	PDOP	Used SVs	DGPS	Nav. Mode	SVs Used	SVs Tracked
0	51.569425	36.086725	255.50	1.4	1.4	0.0	2,3,13,23,24,27	No	3D	6	11
1	51.569412	36.086720	254.80	1.0	1.0	0.0	2,3,8,13,23,25,27	No	3D	7	11
2	51.569393	36.086726	252.90	1.0	1.0	0.0	2,3,8,10,13,23,25,27	No	3D	8	11
3	51.569397	36.086722	254.40	1.0	1.0	0.0	2,3,8,10,13,23,25,27	No	3D	8	11
4	51.569400	36.086737	255.60	1.0	1.0	0.0	2,3,8,13,23,25,27	No	3D	7	11
5	51.569408	36.086737	257.20	1.0	1.0	0.0	2,3,8,10,13,23,25,27	No	3D	8	11
6	51.569403	36.086755	256.60	1.0	1.0	0.0	2,3,8,13,23,25,27	No	3D	7	11
7	51.569408	36.086763	256.20	1.0	1.0	0.0	2,3,8,10,13,23,25,27	No	3D	8	11
8	51.569413	36.086775	256.30	1.0	1.0	0.0	2,3,8,10,13,23,25,27	No	3D	8	11
9	51.569425	36.086773	259.00	1.0	1.0	0.0	2,3,8,10,13,23,25,27	No	3D	8	11
10	51.569437	36.086757	262.50	1.0	1.0	0.0	2,3,8,10,13,23,25,27	No	3D	8	11
11	51.569437	36.086752	265.50	1.0	1.0	0.0	2,3,8,10,13,23,25,27	No	3D	8	11

Рис. 202. Фрагмент пользовательской таблицы **u-Center**, построенной по данным лог-файла **The Geographic Tracker**.

Способность модуля **The Geographic Tracker 3.3 MapInfo Edition** параллельно формировать в ГИС векторные объекты (треки и путевые точки) и сохранять всю GPS-информацию в отдельный файл, безусловно, важна для практического применения. Так, на рисунке 203 изображен вертикальный профиль трека, построенный в **MapInfo 8.5** на основе таблицы **u-Center 4.01** (источник данных - файл Real_Navigate.gps), преобразованной в формат **Microsoft Excel 2003** (с использованием версии **2007**) и представленной на рисунке 202 (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\11\11_09.exe).

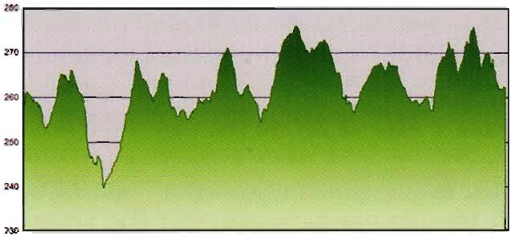


Рис. 203. Вертикальный профиль, полученный в **MapInfo** на основе данных таблицы **u-center**.

Итак, в данном разделе мы рассмотрели особенности совместного использования в режиме реального времени GPS-приборов и ГИС, были представлены его преимущества и недостатки.

Не вызывает сомнения дальнейшее аппаратное и программное усовершенствование этой технологии вследствие возрастающей практической востребованности.

9. Внедрение карт ГИС в другие приложения

Встроенная в **MapInfo 8.5** возможность использования механизма OLE (Object Linking and Embedding - внедрение и связь объектов) позволяет использовать ГИС-карты в других приложениях, поддерживающих этот механизм.

Внедренный в прикладную программу-получатель объект *MapInfo Map* позволяет выполнять следующие операции с картами: открывать сразу несколько таблиц; управлять порядком, показом и подписанием слоев; создавать и настраивать тематические карты; изменять представление окна карты; искать информацию; изменять проекцию и единицы измерения карты (MapInfo Professional. Руководство пользователя, 2004).

Технология OLE открывает широкие возможности не просто по использованию геопривязанных данных в других приложениях, но и позволяет оформлять пользовательские тематические карты, содержимое которых в программе-клиенте автоматически обновляется при внесении изменений в базовую таблицу **MapInfo**. Эту возможность можно эффективно использовать для актуализации ГИС-карт, внедренных в СУБД, например, **MS Access**. В пункте 5.1.2 мы останавливались на тесной интеграции ГИС с этой платформой. В данном разделе рассмотрим особенности их взаимодействия на основе OLE, когда **MS Access** будет выступать в роли клиента.

В ходе выполнения научных исследований на заповедных территориях, особенно направленных на инвентаризацию редких видов, создаются специализированные БД, которые содержат, как правило, информацию описательного характера. Однако в данном случае географическая составляющая имеет не менее важное значение. Точная привязка к местности пункта обнаружения того или иного вида упрощает его поиск в дальнейшем, позволяет организовать мониторинг состояния его популяции на конкретной территории, а также избежать дублирования одних и тех же сведений о местонахождениях,

приводимых различными исследователями. Атрибутивные БД можно связать с видовыми картами ГИС на основе OLE-технологии.

УПРАЖНЕНИЕ № 12

Задание - изучить технику управления ГИС-картами, внедренными в СУБД на основе механизма OLE.

Используемое ПО - **MapInfo 8.5**, **MS Access 2007**.

Исходные данные:

- атрибутивная таблица учетных видов животных;
- зоогеографическая карта Кроноцкого заповедника, 1976 г. (М 1 : 100 000);
- векторный слой с границей заповедника.

Система координат - Longitude/Latitude (WGS 84).

Формат - *.TAB, *.MDB.

Задание выполняется в три этапа, включающих:

- внедрение базовой карты ГИС в таблицу СУБД;
- построение тематических карт ГИС из СУБД;
- создание формы в СУБД для визуализации карт.

Внедрение базовой карты ГИС в таблицу СУБД

В качестве исходной выберем таблицу «ЖИВОТНЫЕ_KZ» в базе данных **MS Access** «УЧЕТ_ЖИВОТНЫХ», которая содержит перечень учетных видов, использованный для построения зоогеографической карты Кроноцкого заповедника 1976 г. Таблица включает 21 запись и 2 поля «Номер» и «Вид».

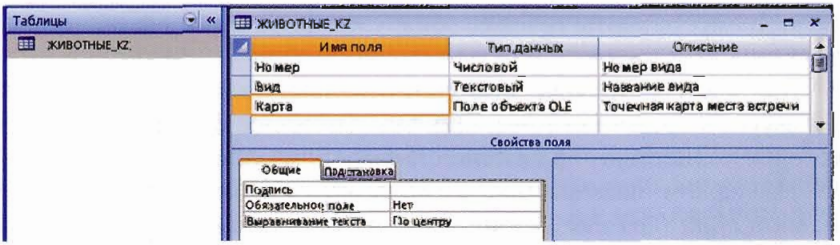


Рис. 204. Добавление поля для хранения карт ГИС в таблицу БД **MS Access**.

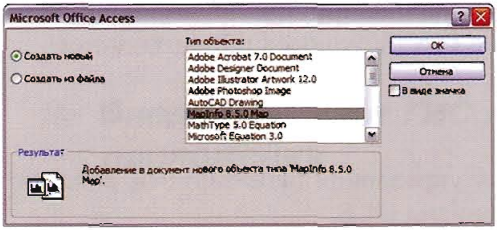


Рис. 205. Форма выбора типа OLE-объекта *MapInfo Map*.

Добавим в таблицу новое поле «Карта» с типом данных *Поле объекта OLE* в режиме конструктора (рис. 204). Перейдем в режим таблицы, сохранив изменения ее структуры (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\12\ 12_01.exe).

Внедряем в первую ячейку поля «Карта» (запись с видом белая куропатка) OLE-объект *MapInfo 8.5.0. Map*, для чего используется команда *Добавить объект* контекстного меню с последующим выбором указанного типа объектов из списка (рис. 205). Появляется пустое окно карты *MapInfo Map* (рис. 206) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\12\12_02.exe).

Следующие действия являются стандартными для **MapInfo 8.5**. Открываем, используя меню *Table*, таблицы, содержащие точечную карту учетов животных на территории Кроноцкого заповедника (по данным лесоустройства 1976 г.) (файл Animals.tab) и карту границы данной ООПТ (файл Boundary_KZ_Polygon.tab). Настраиваем стили отображения точек и полигона на зоогеографической карте (рис. 207) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\ 12\12_03.exe).

Построение тематических карт ГИС из СУБД

Напомним, что мы работаем с ячейкой записи вида белая куропатка, а вместо карты точек ее обнаружения на экран выведена карта учетов всех видов.

Для построения точечных карт отдельно по каждому виду воспользуемся средством генерации тематических карт *MapInfo Map*, которое полностью аналогично стандартному **MapInfo**.

На первом шаге выбираем тип тематической карты *Individual*, шаблон *Point IndValue Default*, на втором - указываем имя таблицы и поле, содержащее названия видов (рис. 208), на третьем - каждому виду программой автоматически ставится в соответствие цветной символ. Здесь необходимо, используя кнопку *Styles...*, пооче-

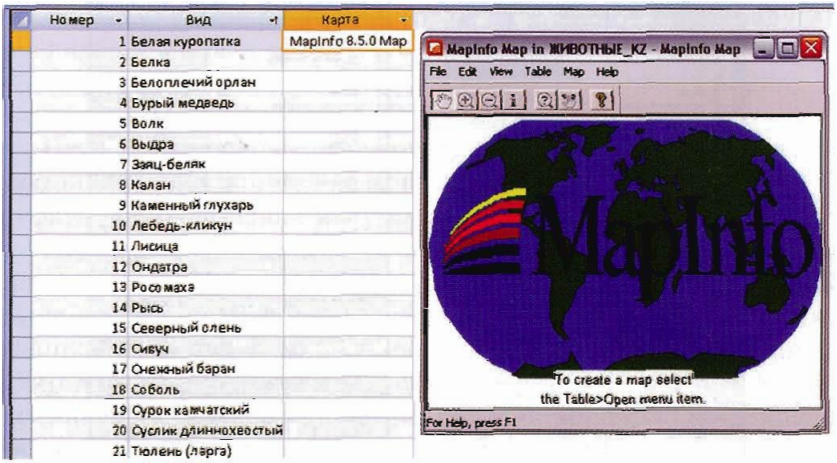


Рис. 206. Пустой объект *MapInfo Map*, внедренный в таблицу **Access**.

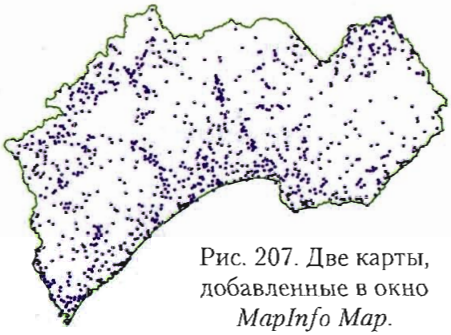


Рис. 207. Две карты, добавленные в окно *MapInfo Map*.

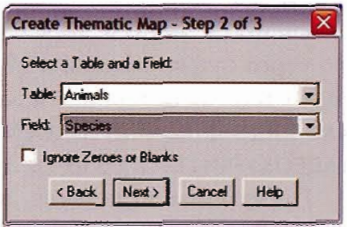


Рис. 208. Выбор таблицы и поля для тематической карты.

редно для каждого вида запретить использование символа, при этом в предварительном окне легенды должны исчезнуть цветные обозначения слева от названия каждого вида (рис. 209). В итоге, получаем пустую тематическую карту для записи с белой куропаткой, для чего следует запретить визуализацию слоя «Animals». Отключите также вывод на экран легенды при помощи соответствующей команды в меню *View* (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\12\12_04.exe). Имеется возможность сохранения проделанной работы в виде шаблона для последующего использования.

Возвращаемся в базу данных **MS Access**, копируем содержимое

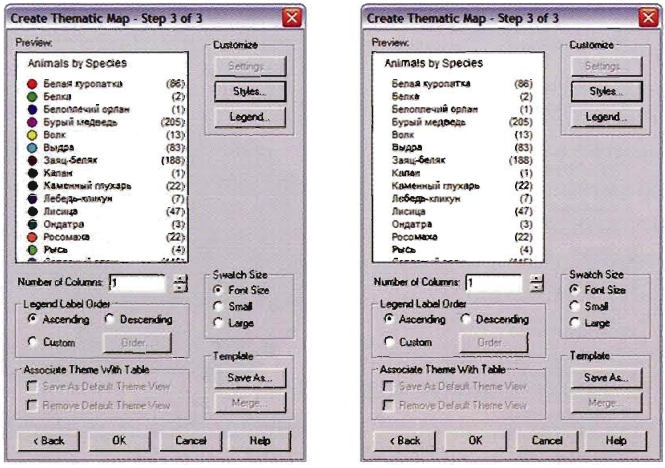


Рис. 209. Форма создания тематической карты до (слева) и после (справа) редактирования стилей.

полученной ячейки и вставляем его через буфер обмена в 20 ячеек поля «Карта» оставшихся записей (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\12\12_05.exe).

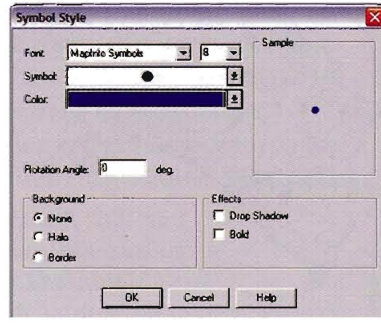


Рис. 210. Установка стиля символа для отдельного вида.

Переходим к первой записи, двойным щелчком в ячейке с OLE-объектом открываем чистую тематическую карту данных учета белой куропатки. В данном случае выполняется обратная операция - выбор символа, его цвета и размера, но только для одного вида - белой куропатки (рис. 210), для остальных остается включенной блокировка вывода на экран символов. В результате получаем требуемую карту распределения точек обнаружения белой куропатки на территории Кроноцкого заповедника. Аналогичные действия выполняем для оставшихся видов (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\12\12_06.exe).

Таким образом, нами сформирована таблица в базе данных **MS**

Access 2007, каждой записи которой соответствует индивидуальная видовая карта.

Создание формы в СУБД для визуализации карт

При табличном представлении данных в **MS Access** нельзя просматривать содержимое внедренных объектов. Для этого следует создать форму на основе полученной таблицы.

Переходим на вкладку *Создание*, нажимаем кнопку *Форма*, что приводит к автоматическому формированию стандартной формы, содержащей все три поля. Удаляем поле «Номер», а поля «Вид» и «Карта» форматируем в режимах макета и конструктора. При закрытии формы сохраняем ее, оставляя предложенное программой название (такое же, как у таблицы) (см. видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\12\12_07.exe).

При переходе из конструктора в режим формы на экране появится название вида и карта его распределения (рис. 211). Тому, кто знаком с территорией Кроноцкого заповедника, точечная карта мест обнаружения лисицы, показанная на рисунке 211, продемонстрирует четкую приуроченность местообитаний этого вида к побережью Тихого океана и окрестностям озера Кроноцкого, для других специалистов она покажется мало информативной.

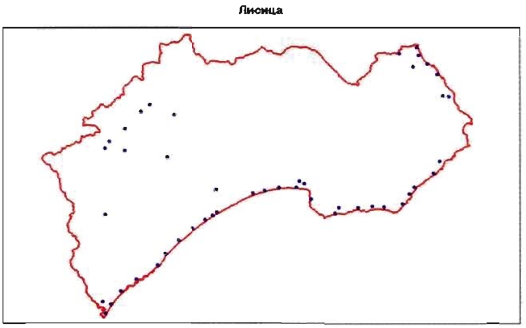


Рис. 211. Точечная карта мест обнаружения лисицы на территории заповедника.

Увеличить информативность карты можно с помощью добавления растровых слоев. Например, несложно предположить, что снежный баран обитает в экотопах гористой местности, но при помощи цифровой модели рельефа, загрузки карт уклонов и экспозиций, построенных в **Vertical Mapper**, можно выявить и другие закономерности (приуроченность к определенным высотным поясам, склонам определенной экспозиции и пр.), что наглядно демонстри-

рует рисунок 212. Помимо использования многослойной структуры карты, в форму можно добавлять поля СУБД с разнообразной атрибутивной информацией, фотографиями, рисунками (см. рис. 212 и видеофрагмент C:\СЕМИНАР\ВИДЕОКУРС\12\12_08.exe).

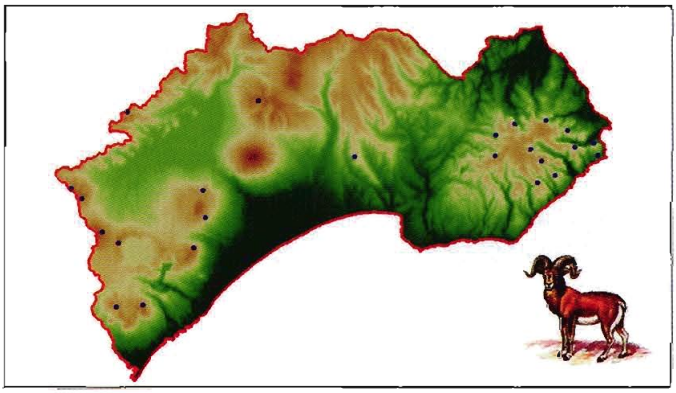


Рис. 212. Дополнение точечной карты обнаружений снежного барана его рисунком и ЦМР.

В отличие от таблицы, записи в форме можно пролистывать, при этом будет меняться изображение на экране.

Предложенный метод позволяет автоматически обновлять схемы распространения видов в базе данных **Microsoft Access** при внесении изменений в базовую таблицу ГИС **MapInfo**. Помимо обновления изображений, можно просматривать атрибутивную информацию по каждому местонахождению, хранящуюся в таблице **MapInfo**, находясь непосредственно в базе данных **Access**.

Таким образом, точечная зоогеографическая карта генерируется и периодически обновляется (при поступлении новых координат местонахождений видов) в ГИС **MapInfo**. Атрибутивная информация из внешней базы данных связана с точками обнаружения того или иного вида и, соответственно, доступна в информационном окне при выборе одного из местонахождений.

Полученные формы можно применять для построения на основе запросов компактных отчетов, содержащих на одной странице

миниатюрные изображения видовых карт. При этом удобно использовать многоколоночный вывод, для чего необходимо определить соответствующие настройки в параметрах страницы.

Таким образом, в рассмотренной БД реализована возможность работы с картами и атрибутикой ГИС. Пространственные данные могут быть получены при съемке координат мест обнаружения видов GPS-приемниками или сняты с цифровой топоосновы. Они могут эффективно использоваться для обновления содержимого базы данных, подготовки схем распространения видов на ООПТ, проведения повторных инвентаризационных работ и пр.

10. Практическое применение GPS- и ГИС-технологий на ООПТ

Первые географические информационные системы появились в организациях, связанных именно с управлением природными ресурсами, и эта сфера их использования наиболее очевидна. ГИС природоохранного назначения впервые нашли практическое применение в США для картирования старовозрастных лесов в конце 80-х гг. прошлого столетия, а в начале 90-х гг. Служба управления ресурсами рыб и диких животных США (U.S. Fish and Wildlife Service) начала реализацию проекта анализа системы охраняемых природных территорий с применением ГИС по всем экосистемам США. Эта организация оказывает также содействие заповедникам и национальным паркам Российской Федерации в плане использования геоинформационных технологий для изучения и охраны природно-территориальных комплексов и управления природными ресурсами. Подробный обзор истории развития ГИС приведен в методическом пособии (Начальный курс упражнений..., 2003).

GPS- и ГИС-технологии на ООПТ можно использовать для решения различных задач, некоторыми из которых являются:

- изучение многолетней динамики различных компонентов степных, лесных и водных экосистем на основе повторных картографирований и лесоустроительных материалов, организация картографического мониторинга растительного и животного мира, ландшафтов, почв и т.д.;
- создание системы научных стационаров и маршрутов, уточнение и оптимизация границ ООПТ, организация новых заповедных участков;
- геокодирование существующих баз данных и визуализация информации путем создания тематических карт;
- изучение биологического разнообразия ООПТ и формирование региональных экологических сетей;
- создание баз данных и карт распространения редких и исче-

зающих видов растений, животных и грибов, обитающих в заповедниках и национальных парках;

- проведение учетов и тропления животных;

- изучение почвенно-геоморфологических и ландшафтных параметров местности на основе цифровых моделей рельефа;

- принятие управленческих решений по оптимизации режимов охраны территории, проведение научных исследований, выполнение эколого-просветительских программ и работы с населением;

- прокладка оптимальных маршрутов для патрулирования территории, экологических троп и маршрутов для туристов и экскурсантов.

Результаты исследований в разрезе перечисленных и других направлений представлены в разных публикациях (Арамилев и др., 2004; Жуков и др., 1999; Рыжкова, Рыжков, 2001 и пр.). Существуют также специализированные периодические издания по современным геоинформационным технологиям, в частности журнал «ArcReview», выпускаемый ООО «ДАТА+» совместно с ESRI и LEICA GEOSYSTEMS, в котором печатаются статьи по природоохранным ГИС, в том числе и особо охраняемым природным территориям России (Новиков и др., 2004; Квашнина, 2004 и пр.).

Как отмечалось, одним из основных источников наполнения ГИС заповедников и национальных парков данными являются пространственная информация, полученная в результате съемки на местности координат объектов с помощью GPS-приемников. При этом можно фиксировать как точечные (например, основания стволов деревьев, места произрастания редких видов растений, находки гнезд хищных птиц и пр.), так и линейные объекты (например, маршруты передвижения или миграции животных).

ГИС позволяют строить на своей основе цифровые модели рельефа и пространственные модели местности, что чрезвычайно важно для изучения природных экосистем особо охраняемых природных территорий.

С помощью ГИС можно оценить и прогнозировать степень определенного антропогенного воздействия на охраняемую территорию, включая угрозу загрязнения промышленными выбросами и т.д.

Геоинформационные системы являются эффективным средством для исследования среды обитания отдельных видов животных и растений. Например, зная биологические свойства и экологичес-

кие потребности того или иного вида, несложно выявить территории с подходящей комбинацией параметров, пригодных для его обитания или реакклиматизации.

Мы привели только некоторые из многочисленных примеров использования GPS- и ГИС-технологий на ООПТ. В целом, специфические аспекты их применения для изучения, охраны и управления территориями заповедников и национальных парков трудно перечислить - все зависит от конкретно поставленных целей.

Список литературы

Арамилев В., Арамилев С., Белозор А. Спутниковые навигаторы при троплении животных. Охота и охотничье хозяйство, № 12. 2004. С. 18-19.

Берлянт А.М. Геоиконика. М.: Астрея, 1996. 208 с.

Евтеев Д. О совместном использовании GPS-оборудования Trimble и программного обеспечения ArcGIS / ArcReview, № 1 (40). 2007. С. 23.

Жалило А.А., Шелковенков Д.А., Шокало В.М. Достижение дециметровой точности в режиме мультиреференцной дифференциальной навигации с использованием наблюдений перманентных референцных GPS-станций // Всеукраинский научно-технический сборник «Радиотехника». Харьков: ХНУРЭ, 2005. С. 75-82.

Жуков В.Т., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Компьютерное геоэкологическое картографирование. М.: Научный мир, 1999. 128 с.

Зольников И., Добрецов Н., Вишневская Е., Глушкова Н. Использование ГИС для геологического картирования Ширинского учебного полигона (Республика Хакасия) / ArcReview, N3 (18). 2001 - *http://www.dataplus.ru/Arcrev/Number_21/4_Geology.html.*

Иванов В. Три измерения в ГИС // Компьютерра, №46 (423). 2001. - *http://offline.computerra.ru/2001/423/14515/.*

Использование GPS- и ГИС-технологий для изучения особо охраняемых природных территорий (на примере ландшафтной структуры Воронежского государственного природного биосферного заповедника) / В.Н. Солнцев, О.В. Рыжков, О.В. Трегубов, Б.А. Алексеев, Н.Н. Калуцкова, А.А. Анциферова. Тула: Гриф и К°, 2006. 216 с.

Итоговый отчет Благотворительного фонда «Центр охраны дикой природы» о ходе выполнения контракта по теме «Российский специа-

лист по нанесению биоразнообразия 4-х охраняемых территорий на карты, используя ГИС» по Проекту ПРООН/ГЭФ RUS/01/G31 «Демонстрация устойчивого сохранения биологического разнообразия на примере четырех охраняемых территорий Камчатской области Российской Федерации». М., 2004. 31 с.

Кажберов В. Использование программ Spotlight и RasterDesk в ОАО «Институт Нефтепродуктпроект» / САПР и графика, № 4. 2005.

Квашнина А. Мониторинг природных комплексов в заповеднике «Денежкин Камень» / ArcReview, № 4 (31). 2004. С. 3.

Марков С. Принципы работы системы GPS и ее использование - *http://www.geomatica.kiev.ua/training/DataCapture/GPS/chapter100.htm.*

Начальный курс упражнений по использованию географических информационных систем для сохранения и управления природными ресурсами. Вашингтон, 2003. 232 с.

Новиков В., Гришенков В., Сурикова Е., Филиппов С. Информационная система национального парка «Угра» / ArcReview, № 4 (31). 2004. С. 2.

Портативный навигатор GPSMAP 76 Cx/CSx. Руководство пользователя. JJ-Group, 2007. 102 С.

Рубцов Б.Г. Геоинформационная система MapInfo / САПР и графика, 1998.

Рыжков О.В. Методология использования векторных карт растительности в лесоведении и визуализации графической информации // Ботанические, почвенные и ландшафтные исследования в заповедниках Центрального Черноземья: Тр. Ассоциации ООПТ Центрального Черноземья России. Вып. 1. Тула: Гриф и К°, 2000. С. 120-130.

Рыжков О.В. Использование AutoCAD 2000 для создания векторных карт лесных фитоценозов // Растительный покров Центрально-Черноземного заповедника: Тр. Центр.-Черноземн. гос. заповедника. Вып. 18. Тула: Гриф и К°, 2001. С. 82-93.

Рыжкова Г.А., Рыжков О.В. Распространение древесно-кустарниковых видов на некосимых залежах Казацкого участка Центрально-Черноземного заповедника // Растительный покров Центрально-Черноземного заповедника: Тр. Центр.-Черноземн. гос. заповедника. Вып. 18. Тула: Гриф и К°, 2001. С. 94-224.

ArcView GIS. Руководство пользователя. ESRI, 1996. 364 с.

Conservation GIS Starter Kit / A Workbook for Using Geographic Information Systems for Natural Resource Conservation and Management. The Conservation GIS Consortium, 1996-1999. 246 p.

MapInfo Professional. Руководство пользователя (полное). MapInfo

Corporation. Troy, New York, 2004. 676 с.

Richard B. Langley Dilution of Precision // GPS World, 2000 (русский перевод - *http://www.agp.ru/gps/dop/index.htm*).

http://www.allsoft.ru
http://www.cad.ru
http://www.computerra.ru
http://www.dataplus.ru
http://www.esti-map.ru
http://www.geopainting.com/ru
http://www.gisa.ru
http://www.gis-lab.info
http://www.gpsinfo.ru
http://www.gpsinformation.org
http://www.handy.ru
http://www.internavigation.ru
http://www.ixbt.com
http://www.navgeocom.ru
http://www.omnistar.com
http://www.racal-landstar.com
http://www.rasterarts.ru
http://www.realbiker.ru
http://www.report.ru
http://www.resident.ru
http://www.v-dorogu.narod.ru
http://www.vobis.ru

Заключение

В настоящей книге представлены методические рекомендации по использованию GPS- и ГИС-технологий в заповедниках и национальных парках. Изложена техника создания геоинформационных систем и управления ими, подготовки данных и картографических материалов для ГИС, интеграции GPS и ГИС, применения пользовательских GPS-карт. Издание дополняет подробный курс практических упражнений с многочисленными иллюстрациями, видеофрагментами и примерами по Кроноцкому государственному природному биосферному заповеднику.

Автор выражает надежду, что данное пособие окажется полезным для работников ООПТ Камчатки и России.

Отзывы направлять по адресу:
683031, Петропавловск-Камчатский, пр. Карла Маркса 29/1, офис 400. Tel./ Fax: (41522) 9-08-24, *office@unkam.ru*

Проект ПРООН/ГЭФ работает для Камчатки, России и всего мира.

Защита окружающей среды становится темой номер один в жизни каждого человека планеты Земля. Все больше людей в мире осознают великую ценность и невероятную ранимость среды обитания. Все больше людей встают на защиту природы.

Проект Программы развития ООН и Глобального Экологического Фонда «Демонстрация устойчивого сохранения биологического разнообразия на примере четырех охраняемых территорий Камчатской области Российской Федерации», начал свою активную работу в 2002 г. и сейчас продолжает деятельность:

- по укреплению и развитию инфраструктуры, административного и управленческого потенциала особо охраняемых природных территорий;
- содействует развитию перспективных альтернативных источников средств существования;
- повышает информированность населения в вопросах охраны окружающей среды;
- создает новые и инновационные механизмы устойчивого финансирования;
- способствует развитию экологического туризма.

Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник в осуществлении планов Проекта занимает особое место. Для этого заповедника, одного из старейших в России, разработаны планы управления, закуплено офисное и полевое оборудование, осуществляется строительство и капитальный ремонт кордонов, реконструкция Эколого-просветительского центра, музейной экспозиции, идет переоборудование помещений для коллекционного фонда и библиотеки. Сотрудники постоянно повышают свою профессиональную квалификацию на семинарах, тренингах и курсах в России и за рубежом. Огромный объем исследований, накопленный специалистами заповедника за многие десятилетия работы, переводится на современные носители и становится доступным ученым России и всего мира. Заповеднику оказывается значительная информационная поддержка в российских и региональных СМИ. На средства Проекта издаются газета, журналы, красочные календари и другая полиграфическая продукция.

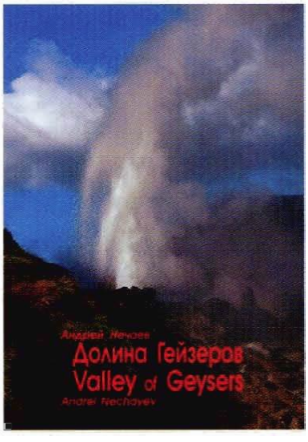
Не остаются в стороне и другие ООПТ: **Быстринский** и **Налычевский природные парки**, **Южно-Камчатский федеральный заказник**, которые, также как и Кроноцкий заповедник, играют ключевую роль в охране природы на всем полуострове Камчатка и включены в Проект ПРООН/ГЭФ в качестве модельных территорий.

В ближайшие годы работа Проекта будет продолжена на благо сохранения замечательной природы Камчатки, на благо России и всего мирового сообщества.

С уважением.

Николай Александрович Малешин.
Руководитель Проекта ПРООН/ГЭФ «Демонстрация устойчивого сохранения биоразнообразия на примере 4-х ООПТ Камчатской области, фаза 2».

Тел./Факс: +7 (41522) 9-08-24; *http://www.unkam.ru*. 683031, Россия, Петропавловск-Камчатский, пр. Карла Маркса, 29/1, офис 400.



Проект ПРООН/ГЭФ последовательно ведет работу по поддержке изданий эколого-просветительских, научно-популярных, детских и иных, которые реально помогают людям понять и оценить важность для них особо охраняемых природных территорий - заповедников, национальных и природных парков, заказников, памятников природы. В издательстве «Логата» готовится к печати фотоальбом (и в то же время книга) Андрея Нечаева **«Долина Гейзеров»**, в судьбе которого проект принимает самое горячее участие.

Эта книга рассказывает об уникальном уголке Земли. О чуде, сотворенном природой среди необитаемых гор Камчатки, - о Долине Гейзеров. Из всех известных человечеству Чудес природы Долина Гейзеров - одно из самых труднодоступных. За минувшие полстолетия лишь нескольким десяткам тысяч человек удалось увидеть ее собственными глазами. Как будто сама природа постаралась спрятать свой шедевр как можно дальше от людских глаз.

Путь к Долине Гейзеров не всегда бывает легок и быстр, как не бывает легким и быстрым осуществление мечты. Встреча с Долиной - это возвращение к детской сказке, к тем временам, когда верилось в невозможное и хотелось идти за небесной радугой, чтобы отыскать то волшебное место, где она начинается. Возможно, эти поиски как раз и привели бы на Камчатку, в Долину Гейзеров.

Первое издание альбома «Долина Гейзеров» вышло в свет в 2000 году и быстро стало библиографической редкостью. Через семь лет, подготовленный к переизданию альбом, должен был уйти в печать, но 3 июня 2007 года мощнейший селевой поток накрыл Долину Гейзеров. К счастью, он не смог уничтожить ее: Долина не погибла.

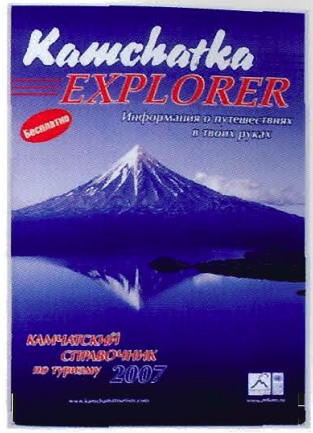
Как она будет выглядеть в ближайшие годы - предсказать невозможно. Время покажет. Одно ясно: те гейзеры и источники, которые уцелели, продолжают радовать, как и прежде, своей красотой. Те же, которым не суждено выбраться из-под завалов, будут «жить» на страницах альбома и в памяти людей.

Информация об издании книги будет размещена на сайте проекта ПРООН/ГЭФ *http://www.unkam.ru.*

На протяжении четырех лет Проект ПРООН/ГЭФ осуществляет, поддерживает и уже практически вывел на самоокупаемость **«Kamchatka Explorer»** - справочник по туризму на Камчатке и на особо охраняемых природных территориях, в частности. Издание нацелено на то, чтобы помочь гостям Камчатского полуострова и потенциальным туристам быть информированными и защищенными от неожиданностей и в то же время увлекательно провести время, не нарушая правил посещения заповедников, природных парков и заказников.

В «Kamchatka Explorer» 2007 года дана достаточно полная и разнообразная информация о Камчатке по разделам: особо охраняемые природные территории, культура народов полуострова, туристические возможности, помощь в планировании путешествия, гостиничный и

туристический сервисы, куда обращаться в экстренных случаях, правила поведения в природе и при встрече с медведями, а также полезные советы путешественникам, специализирующимся на зимнем отдыхе, наблюдении за птицами или спортивной рыбной ловле.



Этой же работе содействует созданная при помощи Проекта ПРООН и сотрудничающая с ним Региональная общественная организация **«Камчатское общество экотуризма»**, которое пропагандирует практику организации путешествий, поддерживающих сохранение природы и улучшение качества жизни местного населения через:

- налаживание партнерских отношений между заинтересованными в развитии экологического туризма гражданами, организациями, предприятиями туриндустрии;
- внедрение принципов и стандартов экологического туризма в процесс планирования деятельности и повседневную работу туроператоров Камчатки;
- экологическое просвещение и образование путешественников, туроператоров, местных жителей.

Камчатка - земля чудес! Откройте для себя мир удивительной и заповедной природы Камчатки.

По всем вопросам и с предложениями обращаться по адресу:
Россия, 683031, г. Петропавловск-Камчатский, пр. Карла Маркса 29/1, оф. 400.
Телефон/факс: +7 (41522) 9-08-24.
Электронная почта: office@unkam.ru.
Website: *www.unkam.ru*.

Сведения об авторе

Рыжков Олег Валентинович
Дата рождения - 20 июня 1964 г.
Образование - высшее (в 1986 г. окончил Воронежский ордена Дружбы народов лесотехнический институт по специальности инженер лесного хозяйства).
Ученая степень - кандидат биологических наук (в 1996 г. защитил диссертацию на тему «Состояние и развитие дубрав Центральной лесостепи (на примере заповедников Центрально-Черноземного и «Лес на Ворскле»)» по специальности 03.00.16 - Экология).
Место работы - Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник им. проф. В.В. Алехина (Россия, Курская обл.).
Должность - заместитель директора по научной работе.
Дополнительные сведения - В 1997-1998 гг. в Москве обучался на курсах по ведению СУБД MABFauna и MABFlora, организованных Американским и Российским комитетами МАБ, и был ответственным исполнителем проекта от заповедника. Являлся руководителем проектов: «Сопряженный анализ многолетних рядов данных Летописи природы Центрально-Черноземного государственного заповедника» (грант ГЭФ «Сохранение биоразнообразия Российской Федерации», 1998-1999 гг.); «Столетняя динамика климата и биоты Центральной лесостепи (на примере Центрально-Черноземного заповедника и прилегающих территорий)» (грант WWF 2688/RU0078.01/GLO «Russian Climate Change Strategy/Officer Project», 2000 г.); «Создание электронной картографической базы данных по различным компонентам природных комплексов Центрально-Черноземного заповедника» (тема НИОКР, 2002 г.); «Комплексное обследование особо охраняемых природных территорий Курской области и разработка паспортов на них» (2002-2006 гг.); «Сохранение редких и исчезающих видов животных и растений (ведение Красной книги Курской области)» (2005-2006 гг.). Владеет сертификатом непрерывного образования университета «Уилкс» (США, Пенсильвания, г. Уилкс-Барре) о прохождении курсов по ГИС и GPS (2004 г.). Имеет большой опыт работы по наземному картографированию лесной растительности, в т.ч. с использованием приборов спутниковой навигации.
Область научных интересов - компьютерное картографирование, лесоведение, охрана окружающей среды, заповедное дело.
Электронный адрес - ryzhkov@zapoved.kursk.ru

Ryzhkov, Oleg V.
Candidate of Biological Sciences.
Deputy Director on Science, central Black Earth State Biosphere Reserve.
Area of scientific interests: computer-based mapping, forest science, environmental protection, reserve management and studies.
E-mail: ryzhkov@zapoved.kursk.ru

О.В. Рыжков Методическое пособие к семинару "Геоинформационные системы и особо охраняемые природные территории"
ПРОЕКТ ПРООН/ГЭФ "Демонстрация устойчивого сохранения биологического разнообразия и ландшафтов на примере четырех охраняемых территорий Российской Федерации"
Сопровождение проекта
О.В. Рыжков
Российской Федерации