

На правах рукописи

УДК 528.9

ИВАНОВ АНАТОЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ КАРТ**

Специальность 25.00.33 – Картография

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук

Москва 2003

Работа выполнена в Московском государственном университете геодезии и картографии

Официальные оппоненты: доктор технических наук

Постников Алексей Владимирович

доктор технических наук, профессор

Мартыненко Александр Иванович

доктор технических наук, профессор

Журкин Игорь Георгиевич

Ведущая организация: Федеральное унитарное предприятие "Центральный ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт геодезии, аэрофото-съемки и картографии им. Ф.Н. Красовского" (ЦНИИГАиК).

Защита диссертации состоится " ____ " _____ 2003 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.143.01 при Московском государственном университете геодезии и картографии по адресу: 105064, Москва, Гороховский пер. 4. МИИГАиК, ауд. 321.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета геодезии и картографии

Автореферат разослан " ____ " _____ 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Краснопевцев Б.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Народное хозяйство страны крайне заинтересовано в оперативном получении самой разнообразной картографической продукции в графической и цифровой форме, что может быть реализовано только путем автоматизации процессов создания и использования карт.

Бурное развитие электронно-вычислительной техники и компьютерных технологий создают капитальную программно-техническую основу комплексной автоматизации картографического производства посредством автоматизированных систем. Характерной особенностью любой автоматизированной системы является наличие трех составляющих (информационная, программная и техническая), которые обеспечивают решение основной задачи системы — однократный ввод и многократное использование информации в виде баз данных, что определяет научную и практическую важность и актуальность данной разработки.

Отечественная картографическая продукция создается посредством крупномасштабного (топографического) и мелкомасштабного (камерального) картографирования.

Топографическое цифровое картографирование успешно осуществляется не один десяток лет и в настоящее время российский банк цифровых топографических карт содержит цифровые планы и карты вплоть до миллионного масштаба, которые стали рентабельной картографической продукцией.

Несмотря на усиливающуюся роль данных дистанционного зондирования Земли в создании базовых цифровых топографических карт, основным исходным картографическим материалом остаются традиционные топографические карты. Это объясняется тем, что большинство стран мира имеет высокоточные и высококачественные топографические карты, основные параметры которых (масштабный ряд, математическая основа, содержание и оформление) унифицированы и стандартизованы. Это способствует их цифрованию, созданию базовых топографических карт и обеспечению уникальной возможности одновременной работы по двум

адекватным моделям местности – визуализированной и цифровой, что чрезвычайно важно для решения инженерных задач.

Масштабный ряд базовых цифровых топографических карт и послынная структура хранения цифровой картографической информации обеспечивают условия автоматизации процессов создания производных цифровых картографических основ промежуточных масштабов, необходимых для изготовления тематических карт и разработки самых разнообразных ГИС-проектов.

Для мелкомасштабного цифрового картографирования практически не приемлем путь создания базовых цифровых общегеографических карт, что связано с отсутствием единой системы их традиционных аналогов. Кроме того, с уменьшением масштаба картографирования возникают сложности с генерализацией изображений, которая плохо поддается формализации, и поэтому ее реальное осуществление, ориентированное на принципы отечественной картографической школы, заключается в сочетании автоматического (программного) и автоматизированного (интерактивного) режима работы.

Острота проблемы мелкомасштабного цифрового картографирования: недостаточная проработанность научно-методических основ создания общегеографических карт и необходимость совершенствования баз данных обуславливает актуальность диссертационной работы. Проблема автоматизированного создания мелкомасштабных карт является многогранной и включает ряд проблем к которым относятся: выбор и изыскание математической основы (картографической проекции, масштаба, компоновки); сбор и анализ различных источников информации; конструирование и употребление картографических условных знаков и способов картографического изображения; использование картографической генерализации для отбора и обобщения картографических объектов. Автор предлагает принципиально новое решение проблемы автоматизации процессов создания и использования мелкомасштабных карт путем формирования единой многофункциональной мелкомасштабной базы картографических данных (МБКД), ее преобразования и использования для решения картографических и народнохозяйственных задач. В составе предлагаемого решения проблемы автоматизации имеются алгоритмы реализации

многих из указанных выше проблем. Первоначальный состав цифровой картографической информации мелкомасштабной базы картографических данных в разработках автора включает четыре классификационные группы картографических объектов: границы, гидрографию, населенные пункты, пути сообщения, составляющие основное содержание типовых картографических (географических) основ, используемых для создания производных общегеографических и тематических карт, атласов и ГИС-проектов.

Цель исследования – разработка методов и средств комплексного решения проблемы автоматизированного создания и использования карт на основе формирования единой многофункциональной системы мелкомасштабной базы картографических данных (МБКД).

На защиту выносятся:

1. Теоретические основы формирования мелкомасштабной базы картографических данных как самостоятельной структуры, обеспечивающей автоматизацию технологических и информационных процессов, а также обновление геоинформации путем обмена информацией с различными системами.
2. Научно-методические основы преобразования МБКД путем картографической генерализации, предусматривающей сочетание методик автоматического (программного) и автоматизированного (интерактивного) режима отбора и обобщения картографируемых объектов.
3. Теоретико-экспериментальные исследования по использованию МБКД и методик автоматизированного отбора и обобщения картографических объектов для автоматизированного создания общегеографических и тематических карт и атласов (в традиционной и цифровой форме), а также для разработки ГИС-проектов.

Научная новизна работы. Научная новизна исследования заключается в том, что предлагаются разработки новых методов и средств комплексного решения проблемы автоматизации создания и использования мелкомасштабных карт на основе единой многофункциональной базы картографических данных, которая рассматривается как автоматизированная картографическая система с собственным информационным, программным и техническим обеспечением.

К оригинальным теоретическим и практическим результатам диссертации относятся поэтапное решение следующих комплексов задач:

- на этапе формирования МБКД: определение основных положений, свойств и функций МБКД; разработано содержание и структура форматов записи геоинформации; определены алгоритмы взаимодействия с базами данных поставщиком-потребителей; разработана методика формирования МБКД с использованием традиционных и цифровых данных; реализована технология создания базовой цифровой картографической основы масштаба 1:2 500 000;
- на этапе преобразования МБКД: обоснован эмпирико-математический метод решения картографических задач; определено понятие минимальной, оптимальной и максимальной графической нагрузки; определена густота картографических объектов, разработана шкала густоты и выполнено районирование территории РФ; выявлены факторы, влияющие на отбор объектов; разработана методика автоматизированного отбора картографических объектов;
- на этапе использования МБКД: обоснован выбор масштаба картографирования; разработана методика создания производных цифровых картографических основ заданных масштабов; реализован выбор оптимальной картографической проекции; предложено решение отработки макетов компоновки; обоснован выбор способа картографирования и его реализация; разработана методика и технология автоматизированного создания некоторых видов социально-экономических карт.

В диссертации впервые рассматриваются практические пути развития мелко-масштабной автоматизированной картографической системы и создания картографической информационной системы, с последующей интеграцией обеих систем в мелкомасштабный банк картографических данных.

Практическое внедрение разработок будет способствовать унификации и стандартизации картографической продукции как в бумажной, так и цифровой (электронной) форме.

Методы исследований. Научные принципы и методы предлагаемых исследований опираются на фундаментальные труды отечественной картографической школы, на традиции и новейшие достижения общегеографического, тематического и атласного картографирования. В основе разработок лежит системный подход, картометрические, морфометрические приемы исследований, приемы математического, картографического, аэрокосмического анализа, теория информации и распознавания образов, графов, использование компьютерных и ГИС-технологий.

Методологической базой диссертации являются общие принципы формирования цифровых баз картографических данных, выявление и анализ исходных данных, аналитико-синтетическая обработка информации, сочетание программной и интерактивной обработки геоинформации, методики формирования, преобразования и использования баз данных, а также разработка математического аппарата и алгоритмов реализации методик. При этом использовался эмпирико-математический метод решения задач автоматизации картографических процессов, учитывающий особенности отечественной картографической школы и обеспечивающий достаточную точность аппроксимации.

Апробация работы. Разработанный математический аппарат и алгоритмы методик формирования, преобразования и использования МБКД апробированы при формировании цифровой картографической информации на примере субъектов РФ. При этом были получены традиционные и цифровые (электронные) оригина-

лы: базовых цифровых картографических основ масштаба 1:2 500 000 ряда субъектов РФ; производные цифровые картографические основы широкого диапазона масштабов, демографические карты размещения, плотности населения и типов поселения. Проведенная оценка и сравнительный анализ полученных и аналогичных традиционных карт показали хорошую сходимость результатов, что подтвердило корректность и эффективность выполненных разработок.

Результаты работ по формированию, преобразованию и использованию МБКД докладывались на: Международной научно-технической конференции, посвященной 220-летию со дня основания МИИГАиК (Москва, 1999 г.); 5-ой Международной конференции «Методы дистанционного зондирования и ГИС-технологий для контроля и диагностики состояния окружающей среды (Москва, октябрь 2000 г.; в Московском центре Русского географического общества в отделении картографии и аэрокосмических методов (Москва, апрель 2001 г.); на 2-ой Всероссийской конференции по картографии, посвященной памяти А. А. Лютого «Картография XXI века: теория, методы и практика» (Москва, октябрь 2001 г.).

В основу работы положены материалы многолетних исследований и разработок автора. Под его научным руководством и при непосредственном участии выполнены многочисленные работы в области автоматизации технологических и информационных процессов создания и использования карт по научно-исследовательским темам ЦНИИГАиК, ПКО «Картография», Московского института электромеханики и автоматики (МИЭиА) Министерства авиационной промышленности. Исследования внедрены в картографическое производство и другие отрасли народного хозяйства.

Получены научно-практические результаты в различных направлениях: для географического и социально-экономического обоснования информационной основы общегеографического и тематического картографирования; для моделирования и системного картографирования; для топографо-геодезического обеспечения математической основы общегеографических карт; для математико-картографического моделирования, создания алгоритмов и программ картографи-

рования и использования карт, разработки в области информационно-поисковых систем; для построения технической базы создания и использования карт; для составления, уточнений, обоснования и формирования баз цифровых данных дистанционными методами.

Под научным руководством автора разработана и успешно защищены четыре кандидатские диссертации по проблеме автоматизации процессов создания и использования карт.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Работа содержит 61 таблицу и 26 иллюстраций. Объем диссертации 339 стр. Список литературы содержит 265 источников.

Автор считает своим долгом выразить благодарность сотрудникам кафедры картографии МИИГАиК за помощь и советы в написании и оформлении диссертации.

Своими успехами в научной и практической реализации разрабатываемой темы автор во многом обязан своим ученикам кандидатам технических наук: Гончарову В.В., Крылову С.А., Малику У.В, Татарникову А.Н. и аспирантам Агапову В.С., Котовой О.И..

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ содержит обоснование избранного направления исследований – фундаментальной проблемы автоматизации процессов создания и использования карт на основе традиционных и цифровых исходных данных.

Показана актуальность диссертационной работы, сформулированы научные цели и задачи, представлены этапы исследований и оригинальные научные результаты, полученные автором.

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ БАЗЫ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Изучение существующих картографических баз и банков данных, анализ их построения и функционирования, оценка классификаций по различным критериям, рассмотрение стандартов и протоколов, касающихся обмена картографическими данными позволило сформулировать научные основы мелкомасштабной базы картографических данных (МБКД) и описать принципы ее организации. Вводится понятие универсальных (общих) и специальных (частных) форматов записи, определены условия взаимодействия с топографическими и тематическими базами данных.

Развитие компьютерных технологий привело к созданию и широкому распространению технологии использования прикладной информации, собранной в компьютерные базы данных, которые играют ведущую роль в триаде «компьютер – программа – данные». Под базой данных мы понимаем совокупность данных, организованных по определенным правилам, а под картографической базой данных подразумевается компьютерная база данных, содержащая цифровую картографическую информацию (геоинформацию).

Картографические базы данных классифицируются по целевому назначению, масштабу исходных картографических материалов; тематике и характеру управления.

По целевому назначению выделяются:

- национальные (государственные) и интернациональные базы и банки данных, создаваемые по заказу государственных структур и содержащие информацию общенационального и, частично, всемирного характера;

- отраслевые (ведомственные) картографические базы данных, аналогичные по способу создания национальным, но ограниченные определенной тематикой;
- исследовательские картографические базы данных, которые создаются и наполняются в процессе выполнения научно-исследовательской работы;
- коммерческие (самые многочисленные) картографические базы данных, создаваемые для коммерческих комплексов и как независимый продукт.

Исходя из масштабов используемых картографических материалов, картографические базы данных можно разделить на три большие группы:

- крупномасштабные БКД, получаемые с топографических планов;
- крупномасштабные БКД, получаемые с топографических карт;
- мелкомасштабные БКД, получаемые с использованием традиционных (бумажных) и цифровых данных.

По тематике БКД делятся на:

- общегеографические (топографические);
- тематические.

В свою очередь тематические БКД можно классифицировать по использованию для создания определенных тематических карт.

С развитием сетевых технологий и обеспечения доступа к данным одновременно из разных мест БКД можно различать по характеру управления с дифференциацией:

- по месту расположения: локализованные с размещением БКД на одной или нескольких компьютерных системах в рамках одной организации; централизованные с управлением одной организацией, но размещенные на различных компьютерных станциях; распределенные, т. е. состоящие из совокупности БКД, размещенных между различными компьютерными системами и обслуживаемых (наполняемых) независимыми подразделениями или организациями.

Наиболее перспективны распределенные базы данных, примером которых может служить создаваемая в Роскартографии «Государственная распределенная база геопространственных данных (Гос БГД). По характеру изменения данных и доступа к ним они делятся на: стабильные, состоящие из основной БКД, в которую

на регулярной основе вносятся изменения; обновляемые, в которых дополнение к базам данных формируется с некоторой частотой; он-лайнные, доступ потребителей в которые осуществляется непосредственно к динамически обновляемой БКД.

В главе рассматриваются примеры наиболее известных на данный момент собраний картографических баз данных, открытых для пользования в гражданских и научных проектах, классифицируемых по рассмотренным критериям.

Важную роль в использовании БКД играют стандарты обмена информацией между базами данных, что связано с конвертированием данных из одного стандарта (формата) в другой. В главе освещаются как общесистемные стандарты, обеспечивающие обмен информацией безотносительно к прикладной области на уровне форматов файлов, так и картографические стандарты, описывающие средства импорта и экспорта цифровой картографической информации. В общем случае, в настоящее время начинает все больше преобладать тенденция стремления к собственным форматам хранения поддерживать наиболее важные и распространенные стандарты обмена цифровой картографической информацией.

Наряду со стандартизацией обмена цифровой картографической информацией делаются попытки обобщить и стандартизировать основные структуры хранения информации в базах данных. Ассоциацией Open GIS разработан стандарт описания данных на SQL, который наиболее подходит для автоматизированной картографии.

На основании теоретических исследований и анализа многочисленных картографических баз данных, из которых, к сожалению, только незначительная часть ориентирована на работу с мелкомасштабной цифровой картографической информацией, сформулированы научные принципы мелкомасштабной базы картографических данных и разработаны ее критерии, заключающиеся в следующем:

- многофункционального использования МБКД для автоматизации технологических и информационных процессов, а также процесса отбора картографических объектов;
- многообразии источников формирования МБКД, включая традиционные картографические и справочно-статистические материалы, а также топографические и тематические базы данных;

- структура хранения цифровой картографической информации предлагается по политико-административному принципу с послонным распределением картографических объектов и их характеристик (табл. 1);
- первоначальный состав хранимой информации – в пределах содержания базовой цифровой картографической (географической) основы масштаба 1:2 500 000 (границы, гидрография, населенные пункты, пути сообщения);
- программно-технический комплекс обеспечивает реализацию процессов формирования, преобразования и использования огромных массивов информации, ответно-запросного режима работы, взаимодействие с базами данных поставщиков-потребителей информации.

Таблица 1

Пример иерархической структуры МБД (реки)

№ Уровня	Направленный граф	Ярусы	Натуральное выражение	Пример кодирования
1	2	3	4	5
1		Том данных	Административная единица 1 порядка	РФ Московская Область 643.3.23
2		Набор файлов	Классификационная группа (КГ)	Элементы гидрографии 3000
3		Файлы	Картографические объекты (КО)	Река 3400
4		Блок записей	Параметры	Постоянное русло 3410
5		Запись	Характеристика	Судоходный участок реки 3411

Итоговая запись: 643.3.23.3411

Рассмотренные теоретические основы показывают, что на современном этапе развития компьютерной технологии мелкомасштабная база картографических данных представляет собой сложный программно-технический комплекс, реализуемый на базе SQL серверов и обслуживающий поставщиков-потребителей цифровой картографической информации с помощью набора функций, как при непосред-

венном взаимодействии, так и удаленно, в оперативном и пакетном режимах. Для специфических взаимодействий предусматривается аппарат расширения функций, ориентированных на специальные (частные) форматы записи. Общий (универсальный) и частный (специальный) форматы записей используют уникальный идентификатор объектов для связи между форматами и для связи с внешними топографическими и тематическими базами данных.

Глава 2. МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ БАЗЫ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Методика формирования МКД включает следующие аспекты разработок:

- анализ и обоснование выбора исходных картографических и справочно-статистических материалов;
- определение состава цифровой картографической информации;
- аналитико-синтетическая обработка картографической информации, включая ее унификацию и стандартизацию;
- разработку классификации содержания и создания структуры кодирования;
- проектирование и создание форматов представления цифровой картографической информации;
- выбор программно-технических средств реализации мелкомасштабной базы картографических данных.

Анализ отечественных мелкомасштабных общегеографических карт на территорию РФ показал большой разброс в используемых масштабах, математических основах, содержании и оформлении, т. е. отсутствие какой-либо унификации и стандартизации основных параметров карт, что препятствует использованию их в качестве исходных картографических материалов. Даже наиболее популярная для нашей страны общегеографическая карта масштаба 1:2 500 000 сильно отличается по своим параметрам и каждое новое ее издание существенно отличается от предыдущего. Так, анализ последнего издания 1999 года – «Общегеографическая карта России и сопредельных государств» показал следующие недостатки: несогласованность густоты населенных пунктов с топографической картой масштаба 1:1 000 000; низкую точность положения на карте населенных пунктов (средняя

квадратическая ошибка составляет 1.5 мм, а максимальная до 3.3 мм); недостаточную читаемость градации людности. Эта карта особенно тщательно была изучена нами с точки зрения графической нагрузки. Исследования показали, что 90 % субъектов РФ имеют оптимальные, а некоторые – даже максимальные значения нагрузки.

Исходя из результата анализа при формировании многофункциональной МБКД предлагается использовать следующие источники информации:

- карту масштаба 1:2 500 000 – для формирования МБКД объектами, представляющими границы, гидрографию, пути сообщения (путем цифрования и одновременного выполнения картометрических работ);
- крупномасштабную (топографическую) базу данных для формирования МБКД, наполнения ее метрической информацией и достижения более точного положения населенных пунктов (путем программного взаимодействия баз данных в режиме «запрос – ответ»);
- тематическую базу Госкомстата – для обновления МБКД, особенно семантической информацией о населенных пунктах (путем программного взаимодействия, что особенно важно при использовании результатов переписи населения).

Кроме основного вида использования общегеографических карт масштаба 1:2 500 000 как справочного источника, большое значение имеет их использование в качестве картографических (географических) основ для создания производных общегеографических и тематических карт, а также атласов. При этом содержание основ первоначально может быть ограничено 4-я информационными слоями (границы, гидрография, населенные пункты, пути сообщения). Одновременно с формированием МБКД целесообразно создавать базовые цифровые картографические основы масштаба 1:2 500 000 для каждого субъекта РФ, что обеспечит автоматизированное создание производных традиционных (бумажных) и цифровых (электронных) карт и атласов, а также разработку ГИС-проектов. В дальнейшем другие информационные слои могут быть импортированы в МБКД из различных источников с использованием отработанной методики.

Для обеспечения функционирования МБКД в различных технологических и информационных режимах необходимо предусмотреть соответствующий состав информации и гибкую систему ее адаптации к решению новых задач. При этом, естественно, усложняется процесс аналитико-синтетической обработки картографической информации, но зато обеспечивается многофункциональный характер работы МБКД. Чрезвычайно важным является то, что аналитико-синтетическая обработка информации будет способствовать унификации и стандартизации основных параметров традиционных и цифровых карт.

Многофункциональное использование базы данных обеспечивается применением двух форматов записи цифровой картографической информации: общего для реализации технологического процесса и частных для реализации информационных процессов. В общем формате записи все объекты и их характеристики описаны единым 4-х уровненным графом, состоящим из кодов: политико-административной привязки; идентификационного кода объектов и их характеристик; порядкового номера объекта, служащего для слияния метрической и семантической информации объекта (табл. 2). Кроме точной однозначной идентификации картографического объекта полный формат записи выполняет еще одну важную функцию, а именно: обеспечивает автоматическое конструирование графического образа объекта (условного знака и подписи).

Ярким примером разработки и использования частного формата записи может послужить абсолютный код речной сети, реализующий логическую соподчиненность рек от притоков n -го порядка до основной реки, что весьма важно при реализации информационно-поисковой системы. Причем это достигается не «лобовым» кодированием рек по карте, а функционированием технологического процесса формирования базы данных сначала по отдельным субъектам РФ, а затем – автоматизированной обработкой цифровой картографической информации.

В результате проведенных исследований обоснованы: выбор программно-технических средств реализации МБКД; системы управления базой данных и рассмотрены средства межкомплексного взаимодействия баз данных.

Таблица 2.

Формат записи цифровой картографической информации МБКД

№ пп	Разделы записи	Политико-административная привязка			Картографические объекты и их характеристики /параметры/				Ключ №№ по списку
		Государство	Административная ед. 1-го порядка	Субъект	№ класс группы 1 уров.	Картогр. объект 2 уров.	Характеристики 3 уров	Параметры 4 уров.	
1	Поля записи								
2	Номер поля и записи	1	2	3	4	5	6	7	8
3	Максимальный разряд кода	999	9	99	9	9	9	9	999
4	Количество знаков	3	1	2	1	1	1	1	3
5	Источники информации	Стандарт ISO 3166	Нормативные документы		Коды класс гр ЦТК	Двумерный граф			Список объектов
Пример 1 «Граница»	Участок границы Московской области	РФ 643	Область 3	Московская 23	КГ «Граница» 8	Государственная 1	Областная 3	Районная 0	№ по списку 03
Пример 2 «Гидрография»	Участок реки Руза	РФ 643	Область 3	Московская 23	КГ «Гидрография» 3	Река 4	Постоянная 1	Не судходная 2	№ по списку 18
Пример 3 «Населенный пункт»	Населенный пункт Химки	РФ 643	Область 3	Московская 23	КГ «Населенный пункт» 4	Центр района 3	Город 1	От 100-500 т. жит. 3	№ по списку 37
Пример 4 «Пути сообщ.»	Участок ж/д	РФ 643	Область 3	Московская 23	КГ «Пути сообщен.» 6	Сухопутная 1	Ж/д 1	Магистральная 1	№ по списку 10

Глава 3. КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ

Концепция автоматизированной картографической генерализации рассматривается исходя из общих понятий и положений картографической генерализации, присущей отечественной школе традиционного картографирования. При этом учитываются возможности реализации пространственной генерализации и генерализации содержания карты. Изучены многочисленные разработки в области генерализации точечных, линейных и площадных объектов, особенно исследования В.И.Сухова, которые легли в основу предлагаемой методики автоматизированного отбора картографических объектов.

Теоретической основой автоматизированной картографической генерализации является общая теория картографической генерализации. Специфика же разработок состоит в том, что вместо вербального метода рекомендуется применять метод математической обработки картографической информации. Генерализация является творческим процессом и представляет особую трудность создания математической модели. В настоящее время предпринимаются попытки создания математической модели формализованных операций этого процесса. Автоматизация картографической генерализации предполагает математическую обработку цифровой картографической информации в автоматическом (программном) и автоматизированном (интерактивном) режиме с целью отбора и обобщения объектов цифровых карт в соответствии (с положениями теории) с ее назначением и масштабом, а также с особенностями картографируемой территории.

В отечественной картографии автоматизированная картографическая генерализация рассматривается в зависимости от характера локализации картографической информации отдельно для точечных, линейных и площадных объектов. На кафедре картографии и геоинформатики географического факультета МГУ выполнены исследования по автоматизированному обобщению линейных объектов с использованием теории фракталов применительно к созданию мелкомасштабных географических (картографических) основ тематических карт, включающих линейные объекты: границы, береговые линии, реки и дороги. В связи с активным использованием современных программно-технических комплексов и компьютерных технологий в картографическом производстве, возникла также необходимость в осмыслении и разработке современных направлений генерализации, таких как дис-

танционная (оптическая), которая присуща обобщению изображения на снимках. Этот принцип может быть весьма полезным для картографических целей путем моделирования метода оптической генерализации на экране дисплея для автоматизации процесса обобщения линейных объектов. Представляет интерес динамическая генерализация – механическое (анимационное) обобщение изображения, позволяющее проследивать главные, наиболее устойчивые во времени закономерности, типичные долговременные тенденции развития явлений за счет изменения скорости демонстрации фильмов и анимаций.

Автор излагает свою концепцию решения проблемы автоматизированной картографической генерализации. Перед картографом всегда стояла и стоит задача графического отображения окружающей нас действительности, которая наиболее подробно, точно и достоверно регистрируется на топографических планах и картах. С уменьшением масштаба картографирования и резким сокращением площадей карты возрастает густота картографических объектов, что приводит к необходимости их отбора и обобщения. При этом окружающая нас действительность в силу разнообразия самих объектов, явлений и их связей не может быть описана математически, а следовательно, нельзя математически точно обосновать (выразить) отбор объектов при переходе от масштаба к масштабу.

В связи с этим, автором предлагается использовать эмпирико-математический метод решения задачи, основанный на анализе содержания традиционных общегеографических карт, выявлении закономерностей распределения густоты объектов и их аппроксимации математическим аппаратом. Это позволяет количественную часть отбора решать автоматическим (программным) путем, а качественную часть отбора, связанную с учетом значимости, местной локализации, согласованности объектов решать автоматизированным (интерактивным) путем. Этот метод с успехом используется не только для автоматизированного отбора объектов, но и для решения других картографических задач.

К существенным свойствам карты относится ее графическая нагрузка, которая определяется соотношением площадной нагрузки изображений картографических объектов с площадью карты. Площадную нагрузку карты представим площадью, занятой внешними очертаниями объектов, в кв. мм на 1 кв. см (или в процентах к площади карты). Многочисленные измерения картографического изображения показали, что плотность штрихового рисунка густонаселенных районов по достижении некоторого предела становится нечитаемой – «слепой». С графической нагруз-

кой карты тесно связана густота картографических объектов, которая может быть минимальной, оптимальной и максимальной или предельной нормой количества объектов на единицу площади карты. Отбор осуществляется в строгой последовательности от важных к менее важным объектам.

Следует отметить, что генерализация, осуществляемая при создании общегеографических карт, принципиально не отличается от генерализации при создании топографических карт. Генерализация на общегеографических картах носит более обобщенный характер, а на первый план выступает процесс отбора картографических объектов. В настоящее время на кафедре картографии проводятся исследования по обобщению линейных объектов и, на наш взгляд, наиболее перспективному направлению – оптической генерализации с использованием экрана дисплея (для обобщения линейных объектов).

Глава 4. МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОТБОРА КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Методика автоматизированного отбора картографических объектов (населенных пунктов, рек и дорог) строится на рассмотрении факторов, влияющих на их отбор: масштаб, густота на исходном картографическом материале, значимость объектов, размеры их условных знаков и подписей. Определена густота картографических объектов на базовых цифровых картографических основах масштабов 1:2 500 000, 1: 8 000 000 и на производных основах заданных масштабов. Разработана методика ранжирования объектов, отраженная в коде их значимости (от высших разрядов к низшим), создающая условия количественного отбора объектов. Выведены формулы расчета площадей объектов на базовой цифровой картографической основе масштаба 1 : 2 500 000, что позволило определить общую графическую нагрузку этой основы для каждого субъекта РФ и вычислить коэффициенты графических нагрузок, которые определяют «порог» отбора при создании производных основ соответствующих субъектов РФ.

Разработанная автором методика автоматизированного отбора картографических объектов основывается на определении и манипулировании графической нагрузкой карты. При этом, первоначально рассмотрены объекты, составляющие содержание картографических основ – населенных пунктов, рек и дорог.

Общим фактором, влияющим на отбор всех объектов, является коэффициент уменьшения масштаба от исходного картографического материала до масштаба создаваемой карты, который приводит к резкому сокращению площади картографируемой территории (на карте) согласно формуле:

$$K_m = (M_k / M_m)^2 \quad (1)$$

где: K_m - коэффициент уменьшения масштабов;

M_k - масштаб создаваемой карты;

M_m - масштаб исходного картографического материала.

Если иметь дело с конкретными картами конкретных масштабов, в нашем случае 1 : 1 000 000 и 1 : 2 500 000, то получим отношение масштабов равное 6,25.

Методика автоматизированного отбора населенных пунктов

Густота населенных пунктов субъектов РФ в МБКД и соответственно на базовой цифровой картографической основе масштаба 1:2 500 000 должна быть согласована с имеющейся их густотой на ИКМ (топографической карте масштаба 1:1 000 000). Для реализации необходимо разработать методику автоматизированного отбора населенных пунктов, используя эмпирико-математический подход.

Существо эмпирико-математического метода заключается в следующем. Выполняется анализ изданных картографических материалов, получивших хорошую оценку специалистов. Используя картографический анализ и методы математической статистики определяются эмпирические формулы для количественной генерализации и набор правил качественной генерализации для выполнения классификации отображаемых объектов, способов их отображения с учетом назначения, содержания, масштабов исходных материалов и создаваемых карт, особенностей и значимости картографируемой территории. При этом также используются эмпирические формулы, полученные В.И.Суховым, М.К.Бочаровым, Ф.Топфером, Э.Срнком и другими учеными. В развернутом виде особенности эмпирико-математического метода показан в виде таблицы на примере автоматизации процесса отбора населенных пунктов (рис. 1)

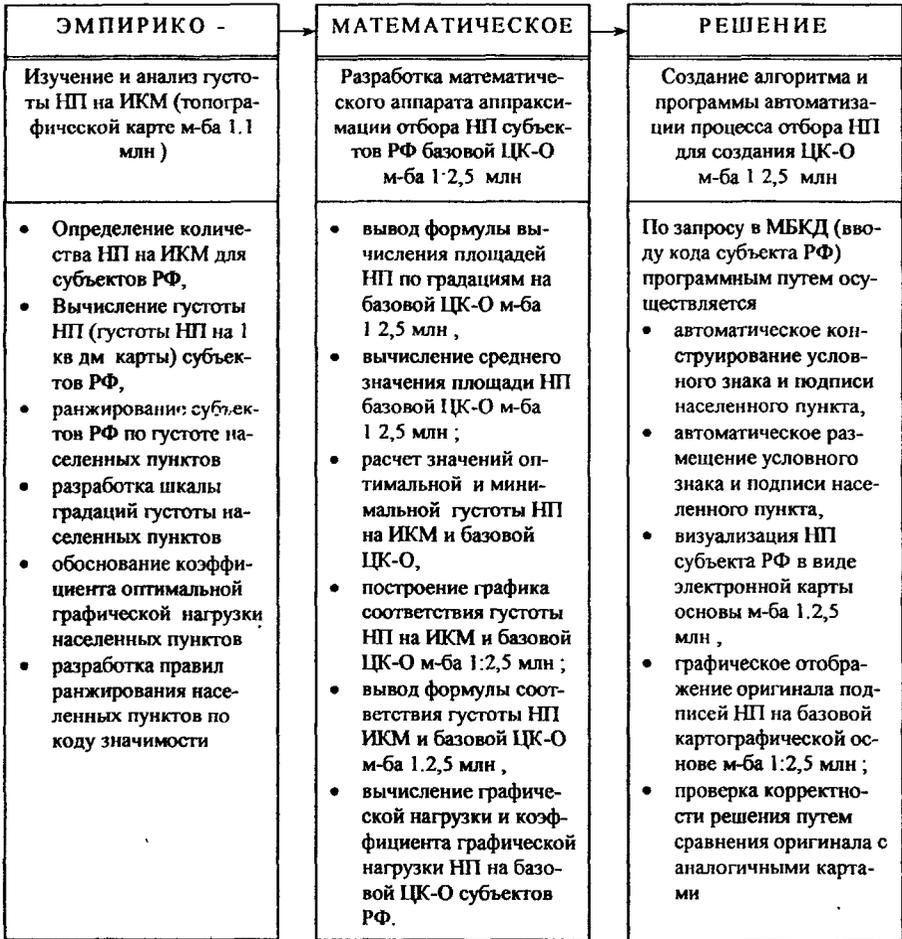


Рис.1 Блок-схема автоматизации процесса отбора населенных пунктов для создания базовой цифровой картографической основы масштаба 1:2 500 000 субъектов РФ

В процессе реализации эмпирико-математического метода определена связь и выведена формулы зависимости густоты населенных пунктов на базовой цифровой картографической основе масштаба 1:2 500 000 от густоты населенных пунктов на топографической карте масштаба 1:1 000 000 для каждого субъекта РФ:

$$\sum НП_{2,5} = 124 + 0.046 * \sum НП_1 \quad (2)$$

где: $\sum НП_{2,5}$ - густота населенных пунктов на базовой цифровой картографической основе масштаба 1 : 2 500 000;

$\sum НП_1$ - густота населенных пунктов на топографической карте масштаба 1 : 1 000 000;

"124" и "0.046" – постоянные величины, найденные математическим путем.

Аналогичным путем разработана формула зависимости густоты населенных пунктов на базовой цифровой картографической основе масштаба 1 : 8 000 000 от густоты населенных пунктов на топографической карте масштаба 1 : 1 000 000:

$$\sum НП_8 = 13 + 0.01 * \sum НП_1 \quad (3)$$

где: $\sum НП_8$ - густота населенных пунктов на базовой цифровой картографической основе масштаба 1 : 8 000 000;

"13" и "0.01" – постоянные величины, найденные математическим путем.

С помощью полученных формул осуществлено полное согласование густоты населенных пунктов на топографической карте масштаба 1 : 1 000 000 и базовых цифровых картографических основах масштаба 1 : 2 500 000 и 1 : 8 000 000 для каждого субъекта Российской Федерации. Это дало возможность разработать график и вывести формулу расчета густоты населенных пунктов на производных цифровых картографических основах любых заданных масштабов в диапазоне масштабов от 1 : 1 500 000 до 1 : 12 000 000 для каждого субъекта РФ.

$$\sum НП_n = (1/(M_n^2 * (M_8^2 - M_{2,5}^2))) * [M_8^2 * (M_n^2 - M_{2,5}^2) * \sum НП_8 + M_{2,5}^2 * (M_8^2 - M_n^2) * \sum НП_{2,5}] \quad (4)$$

где: $\sum НП_n$ - густота населенных пунктов на производной цифровой картографической основе заданного масштаба;

$\sum НП_{2,5}$ - густота населенных пунктов на базовой цифровой картографической основе масштаба 1 : 2 500 000;

$\sum НП_8$ - густота населенных пунктов на базовой цифровой картографической

ской основе масштаба 1 : 8 000 000;

M_n - масштаб проектируемой карты;

$M_{2,5}$ - масштаб первой базовой основы (1 : 2 500 000);

M_8 - масштаб второй базовой основы (1 : 8 000 000).

На основании выведенной формулы разработана специальная программа, с помощью которой в диалоговом режиме при задании кода субъекта РФ и требуемого масштаба карты осуществляется вычисление и отображение на экране дисплея количества населенных пунктов для производной цифровой картографической основы.

Проверка полученного математического аппарата для расчета густоты и количества населенных пунктов выполнена путем сравнения рассчитанных и фактически показанных населенных пунктов на традиционных картах для всех субъектов РФ (табл. 3).

Таблица 3.

Расхождения в густоте населенных пунктов на традиционных
и рассчитанных картах

Количество субъектов РФ	Шкала расхождений в густоте населенных пунктов субъектов РФ в процентах				
	Менее 5%	5-10 %	10-20%	20-30 %	Более 30 %
1	2	3	4	5	6
Между традиционными картами Малых атласов СССР и РФ	23	18	23	12	9
Между традиционными картами Малых атласов и рассчитанными	48	21	10	5	1
Между традиционной общегеографической-картой м-ба 1:2.5 млн. и рассчитанной	42	17	26	-	-
Между традиционной политико-административной картой РФ м-ба 1:8 млн. и рассчитанной	40	18	22	5	-

Для этой цели использовались разномасштабные карты Малого атласа СССР (1975) и Малого атласа РФ (1993); Общегеографическая карта России и сопредельных государств масштаба 1 : 2 500 000 (1999); Политико-административная карта РФ масштаба 1 : 8 000 000 (1993).

Выполненный анализ густоты населенных пунктов выявил:

- существенные различия в густоте населенных пунктов на аналогичных традиционных картах атласов СССР и РФ, достигающее для 9-и субъектов РФ более 30 %;
- предложенный математический аппарат расчета густоты населенных пунктов примерно вдвое увеличивает сходимость результатов, что подтверждает его корректность и эффективность.

Предлагаемый математический аппарат кроме корректного и эффективного решения количественного аспекта отбора населенных пунктов обеспечивает преемственность и согласованность изображения населенных пунктов на общегеографических и топографических картах, что способствует унификации отображения населенных пунктов на всех общегеографических картах.

На отбор оказывает влияние и значимость населенных пунктов, зависящая от их политико-административного значения, типа поселения и плотности. Значимость населенных пунктов определяется в процессе классификации и построения двумерного графа. Установлено 24 возможных комбинаций кодов значимости, что позволяет провести программное ранжирование населенных пунктов от максимального значения: «столица государства – город – более 1 млн. жителей» (код 4111), до минимального «не имеет административного значения – поселок сельского типа – менее 10 тыс. жителей» (код 4436) и создает условия для их качественного отбора. При этом, ранжирование населенных пунктов проводится в несколько этапов: сначала осуществляется ранжирование по коду административной привязки (код 4000); затем – по типу (код 4000) и, наконец, - по коду плотности (код 4000), что позволяет провести строгое ранжирование населенных пунктов.

Кроме отмеченных характеристик (значимость, тип, плотность) предлагается учет четвертой характеристики – площади, занимаемой населенными пунктами на местности, информация о которой может быть импортирована из цифровой топографической карты масштаба 1 : 200 000. Эта характеристика пополняет инфор-

мативность и точность отражения населенных пунктов в МБКД. Экспериментально отработана шкала градаций площадей населенных пунктов, состоящая из семи ступеней, отображаемых площадью кружков (пунсонов), эквивалентных площади населенных пунктов в натуре, которая дает возможность определить параметры (диаметры) кружков населенных пунктов на основной базовой цифровой картографической основе масштаба 1 : 2 500 000.

Следующим фактором, влияющим на графическую нагрузку, а следовательно на отбор, является размер условных знаков (кружков) и подписей названий населенных пунктов. Выполненные исследования показали, что не редки случаи совпадения диаметра кружка и высоты подписи. Примем эти случаи за правило, тогда площадь населенного пункта на карте выразится простой формулой:

$$S_{\text{пн}} = 9.18 * B^2 (D^2) \quad (5)$$

где: $S_{\text{пн}}$ - площадь изображения населенного пункта на базовой цифровой картографической основе масштаба 1 : 2 500 000;

B - высота подписи названия;

D - диаметр кружка;

"9.18" - постоянная величина, найденная математическим путем.

Размеры диаметров кружков и высоты подписей названий населенных пунктов для базовой цифровой картографической основы масштаба 1 : 2 500 000 (для отображения градаций численности жителей) получены на основании размеров их площадей. Это позволило разработать гибкую систему программного перехода от 3-х параметровой шкалы населенных пунктов к 4-х параметровой и наоборот – по желанию (запросу) потребителя.

В отличие от традиционного картографирования, где каждая характеристика населенного пункта показывается сочетанием различных средств отображения, для электронной карты предлагается дифференцированный подход. Так, политико-административное значение – подчеркиванием подписи, тип поселения – видом шрифта, численность – видом кружка и размерами кружка и подписи. В этом случае, цифровой код выполняет еще одну важную роль – автоматизированное конструирование графического образа и унификацию изобразительных средств.

Данные по размерам площадей населенных пунктов (пунсон + подпись) позволили определить графическую нагрузку отранжированных по значимости населенных пунктов на базовой цифровой картографической основе масштаба 1 : 2 500 000 каждого субъекта РФ. На основании данных графической нагрузки проведено районирование территории РФ по графической нагрузке и каждый субъект причислен к соответствующему району (табл.4). Для сопоставления для каждого субъекта вычислена плотность населения (чел/кв.км) и густота населенных пунктов (количество населенных пунктов на 1 кв км).

Таблица показывает, что из трех показателей: густота, плотность и нагрузка, графическая нагрузка является усредненным значением между густотой населения и плотностью населения, т.е. отражает оба показателя одновременно на одной карте. Это естественно, т.к. графическая нагрузка зависит как от густоты (количества), так и от размеров.

Методика автоматизированного отбора рек принципиально не отличается от отбора населенных пунктов и также зависит от 4-х факторов, но ввиду линейного характера объекта имеет свои особенности.

Густота речной сети отдельных территорий неравномерна. Ее принято выражать в виде отношения суммарной длины рек данной речной системы к площади ее бассейна. Это отношение называется коэффициентом густоты речной сети.

$$K_p = \Sigma L / P \quad (5)$$

Где: K_p - коэффициент густоты речной сети (км/кв.км);

ΣL - суммарная длина рек (км);

P - площадь бассейна реки (кв.км).

Для территории РФ по густоте выделено пять типов речной сети. Для отбора рек предлагаются дифференцированные нормы, учитывающие различия в густоте речной сети и допускающие на карту реки длиной от 6 до 12 мм в масштабе карты. Данный метод использован для Общегеографической карты России и сопредельных государств масштаба 1:2 500 000, которая используется в качестве исходного картографического материала при цифровании речной сети. В связи с этим, наша задача заключается в сохранении характера речной сети и количественной оценке ее графической нагрузки. Для обеспечения автоматизированного отбора рек при создании производных цифровых картографических основ реки ранжируются в

Таблица 4.

Районирование территории РФ по густоте населенных пунктов, плотности населения и графической нагрузке

№№ районов	Тип района по плотности населения и густоте населенных пунктов	Плотность населения чел./кв. км	Густота населенных пунктов на:		Коэффициент графической нагрузки, %
			Топографической карте масштаба 1:1 000 000	Общегеографической карте масштаба 1:2 500 000	
1	Густонаселенный с максимальной густотой населенных пунктов	Более 100	Более 1000	Более 170	Более 20
2	Средненаселенный с оптимальной густотой населенных пунктов	50-100	600-1000	150-170	15-20
3	Малонаселенный с достаточной густотой населенных пунктов	25-50	300-600	140-150	10-15
4	Слабонаселенный с минимальной густотой населенных пунктов	10-25	130-300	130-140	7-10
5	Редконаселенный с отдельными группами населенных пунктов	2-10	30-130	Все	2-7
6	Малообжитой с отдельными населенными пунктами	Менее 2	Менее 30	Все	Менее 2

зависимости от значимости, за которую принимается их соподчиненность от основной реки до притоков «n-го» порядка. При идентичности этого показателя ранжирование выполняется по длинам рек. Для определения площади, занимаемой реками на карте, используется формула, учитывающая площадь подписи:

$$S_p = L_p * (T_{cp} + 0.20) \quad (6)$$

Где: S_p - площадь изображения реки на карте;

L_p - длина реки более 30 мм. в масштабе карты;

T_{cp} - средняя толщина реки на карте;

“0.20” – постоянная величина, вычисленная математически, а также формула, не учитывающая подпись названия (при длине реки менее 30 мм в масштабе карты):

$$S_p = L_p * T_{cp} \quad (7)$$

Полученные данные обеспечивают определение графической нагрузки рек на базовой цифровой картографической основе масштаба 1 : 2 500 000 и создают условия для автоматизированного отбора рек при создании производных цифровых картографических основ заданных масштабов.

Методика автоматизированного отбора дорог аналогична отбору рек. По составу и густоте дорожной сети Общегеографическая карта России и сопредельных государств отвечает требованиям МБКД. Поэтому, как и в случае с речной сетью, стоит задача корректного цифрования дорог, выполнения картометрических работ и вычисления графической нагрузки дорог для каждого субъекта РФ. Для обеспечения автоматизированного отбора дорог при создании производных карт ранжирование дорог производится в зависимости от их значимости от магистральных железных дорог до прочих автодорог на этапе подготовки к цифрованию. При аналогичном значении дорог ранжирование продолжается в зависимости от федерального или регионального значения. При изображении дорог линией одной толщины и отсутствия подписей площадь изображения дорог вычисляется умножением длины, которая определяется в процессе цифрования, на толщину, которая заложена в условных знаках.

Глава 5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ БАЗЫ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Изложенные в предыдущих главах результаты исследований позволяют предложить технологическую схему практической реализации формирования и преобразования МБКД (рис.2). Она включает следующие основные этапы:

- сбор и систематизация исходных данных;
- аналитико-синтетическая обработка исходной информации;
- подготовка исходных данных к вводу в компьютер;
- ввод исходных данных в компьютер;
- программная обработка геоинформации;
- интерактивная обработка геоинформации;
- формирование мелкомасштабной базы картографических данных;
- создание базовой цифровой картографической основы масштаба 1:2 500 000 (для каждого субъекта)

Предлагаемая технология во многом аналогична технологии создания цифровых топографических карт, но при этом имеет свои особенности:

- многофункциональность базы данных, достигающаяся использованием как традиционных, так и цифровых исходных данных;
- аналитико-синтетическая обработка информации, обеспечивающая унификацию и стандартизацию геоинформации;
- определение параметров картографируемых объектов методами картометрии в процессе их цифрования;
- сочетание автоматического (программного) и автоматизированного (интерактивного) режима обработки геоинформации;
- формирование МБКД и визуализация геоинформации в виде электронной базовой картографической основы масштаба 1:2 500 000 каждого субъекта РФ.

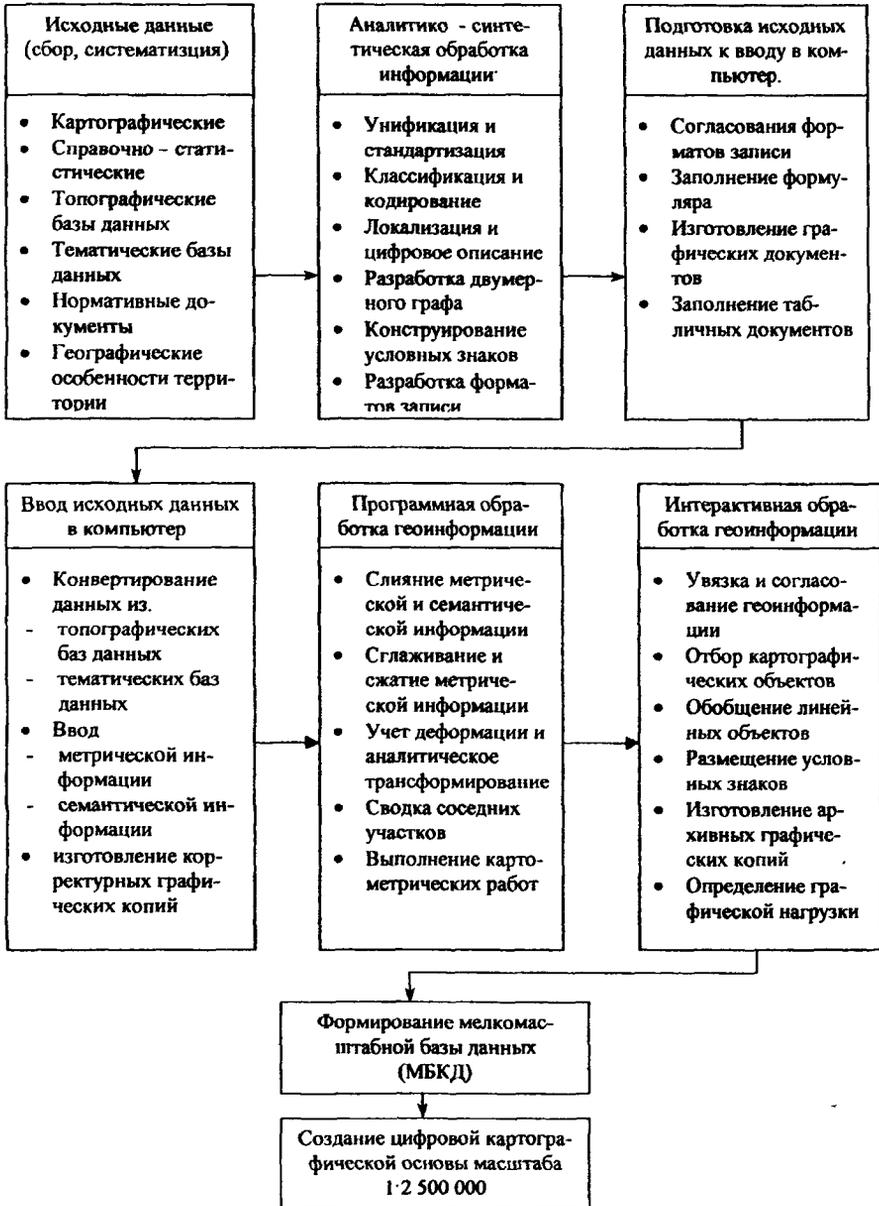


Рис.2. Общая технологическая схема формирования МБКД и создания базовой цифровой картографической основы масштаба 1:2 500 000.

Оценивая визуально графическую нагрузку Общегеографической карты России и сопредельных государств масштаба 1:2 500 000 (1999) как оптимальную автор ставит задачу количественной ее оценки для каждого субъекта РФ в виде коэффициента графической нагрузки и сохранения его при создании производных цифровых картографических основ более мелких масштабов. В результате выполнения вышеуказанных операций для каждого субъекта будем иметь:

- отображение базовой цифровой картографической основы масштаба 1:2 500 000;
- таблицы с отранжированными по значимости объектами, их параметры и графическую нагрузку;
- коэффициенты графических нагрузок в целом и по классификационным группам объектов.

С учетом рассчитанных коэффициентов вычисляется графическая нагрузка на территорию составляемой карты на конкретный субъект РФ.

С уменьшением масштаба карты на ней в результате отбора остаются более значимые объекты, а следовательно и более крупные по размеру объекты, что приводит к рассогласованию количества объектов с их завышенной графической нагрузкой. Для устранения этого несоответствия необходимо либо сократить количество объектов, либо уменьшить их размеры. Первое приведет к потере информативности, второе - обычный прием, используемый в традиционной картографии, когда с уменьшением масштаба карты уменьшаются размеры условных знаков. В отличие от традиционной картографии, где этот прием выполняется визуально, в цифровой картографии размеры условных знаков вычисляются по выведенным формулам расчета параметров знаков и подписей с учетом их размеров, разработанных для базовой основы масштаба 1:2 500 000 и коэффициента масштабирования.

В результате, на основании таблицы с данными и параметрами базовой цифровой картографической основы соответствующего субъекта при задании масштаба проектирования программным путем формируется таблица отбора объектов, содержащая количественный состав объектов с соответствующими параметрами. Это обеспечивает условия для реализации качественной генерализации путем интерактивного (диалогового режима) работы "картограф-компьютер". Для этой цели на экран дисплея выводится рассчитанная таблица отбора производной проектируе-

мой карты и соответствующее уменьшенное до ее масштаба изображение базовой цифровой картографической основы масштаба

1:2 500 000 (заданного субъекта). Картограф, учитывая факторы, не поддающиеся формализации, а именно: местную (в пределах субъекта) локализацию объектов, взаимосвязи между ними, достопримечательность объектов, визуально оценивает ситуацию и проводит окончательный отбор конкретных объектов.

Разработанная методика и технология преобразования содержания базы данных посредством автоматизированного отбора картографических объектов была апробирована на картах ряда субъектов РФ. Полученные результаты в виде производных цифровых картографических основ самых разнообразных масштабов сравнивались с традиционными общегеографическими картами и показали хорошую сходимость результатов, как по общему количеству объектов, так и по конкретно рассчитанными и имеющимися объектами, что свидетельствует об эффективности и корректности предлагаемого метода.

Предложенная нами методика способствует и стандартизации содержания и оформления цифровых картографических основ, необходимых для создания цифровых и традиционных карт и атласов – общегеографических и тематических, а также для разработки самых разнообразных ГИС-проектов.

Заключительная часть главы посвящена программно-техническому комплексу, который способствует широкому развертыванию автоматизации процессов создания и использованию карт. Комплекс должен обеспечивать проектирование электронных и создание традиционных (бумажных) карт. В этом направлении нами предприняты определенные усилия по использованию инструментальной – ГИС (MapInfo) для проектирования электронных карт и издательского пакета (CorelDraw) для изготовления "бумажных" карт. Мы считаем, что в этом направлении необходимо продолжить разработку и на основе пакетов прикладных программ разработать серию "программ-подсказок" для реализации интерактивного режима работы в соответствии с требованиями к картам, отвечающими принципам отечественной картографической школы



Глава 6. МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СОЗДАНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ (СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ) КАРТ

Программное взаимодействие с топографическими и тематическими базами данных и первоначальный состав МБКД в объеме базовой цифровой картографической основы масштаба 1:2 500 000 в первую очередь позволяет автоматизировать процесс создания социально-экономических карт, а именно – демографических. Кроме автоматизированного процесса создания производных цифровых картографических основ заданного масштаба и содержания карт разработаны алгоритмы решения других задач, крайне необходимых для реализации тематического картографирования и разработки ГИС-проектов, а именно:

- обоснование оптимального масштаба картографирования;
- выбор наилучшей картографической проекции;
- построение макета компоновки;
- выбор и реализация способа графического изображения объектов.

Подробное описание алгоритмов решения указанных задач с соответствующим математическим аппаратом дано в диссертационной работе и публикациях (34, 35). Здесь же приведена основная идеология разработок по реализации указанных задач.

Для топографических карт важнейшим свойством является точность, которая определяет их масштаб. Для обзорных общегеографических карт важна информативность содержания карт, с которой связана их графическая нагрузка. Автором выведены формулы для определения масштаба картографирования: строгая, учитывающая оптимальную графическую нагрузку карты, и упрощенная, учитывающая оптимальное количество населенных пунктов на проектируемой карте. Вторая формула важна для картографирования результатов переписи населения и для определения масштабов карт атласов путем доведения густоты населенных пунктов до оптимального значения, что приведет к существенному уменьшению масштабов карт при сохранении их информативности, а следовательно, к экономии картографической бумаги.

Важным и сложным процессом создания карты является обоснованный выбор картографической проекции. Практически, на производстве предпочитают об-

ходить этот не простой этап путем проектирования карт в проекции исходного картографического материала (даже в ущерб точности и компоновки). Цифровое картографирование обеспечило возможность решение этой задачи на современном техническом уровне, используя интерактивный режим работы. Между факторами, характеризующими объект картографирования (размер, местоположение, форму), факторами, характеризующими картографические проекции (ориентирование, вспомогательная поверхность) и факторами, характеризующими искажения проекции (площадные, угловые, линейные), установлены логические связи, представленные нами в виде двумерного графа, на основании которого разработан алгоритм "программы-подсказки" для выбора проекции – в диалоговом режиме.

Ответственным этапом создания карт и разработки ГИС-проектов является проектирование макета компоновки, при разработке которого ставится задача оптимального сочетания проекции, масштаба, формата карты, что определяет многовариантность. Обработку макета компоновки предлагается оперативно решать в интерактивном режиме. Для этого в качестве информационной основы целесообразно использовать вторую базовую цифровую картографическую основу масштаба 1:8 000 000, которая обеспечит создание макетов компоновки широкого масштабного ряда, начиная с масштаба 1:1 500 000 и мельче, благодаря большому перепаду коэффициентов графической нагрузки базовой основы и макета компоновки. Причем, для отбора содержания будет использован тот же аппарат, что и при создании производных цифровых картографических основ. Помимо автоматизации процесса проектирования макета компоновки данная разработка позволит унифицировать как содержание, так и оформление макета компоновки.

Выбор способа графического отображения тематического содержания определяется сочетанием состояния и размещения явления и имеющимися графическими средствами. Между этими факторами и способами графического отображения установлены логические связи, которые отображены в виде двумерного графа - алгоритма "программы-подсказки" выбора способа графического отображения в диалоговом режиме.

Каждый способ графического отображения предполагает: расчет параметров графического образа; конструирование (отображение) и размещение его на картографической основе, учитывая при этом оптимальную графическую нагрузку карты. На основании научных исследований и изучения опыта создания социально-

экономических карт нами были определены основные параметры идеальной шкалы характеристик (количество ступеней, минимальный размер знака, порог различимости), которые позволили определить минимальную графическую нагрузку карты, а зная ее оптимальное значение, вычислить нужные параметры знаков шкалы. При этом исключается многовариантность решения задачи, так как учтены оптимальные параметры шкалы и использована оптимальная графическая нагрузка карты. Разработанная методика может быть весьма эффективна для использования при картографировании системы данных переписи населения Госкомстата и точных координат местоположения населенных пунктов топографической базы данных (рис.3). Это особенно актуально при обработке результатов переписи населения в стране.

Разработанная методика и алгоритмы были апробированы на примере создания серии демографических карт, а именно: размещения, плотности и типов населенных пунктов субъектов РФ. Проектирование тематических карт проводилось в программной среде MapInfo, а оформление – посредством программ дизайнера CorelDraw, что позволило получить качественные оригиналы карт.

Глава 7. КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

В главе рассмотрено поэтапное развитие картографических автоматизированных систем от технологической к информационной и их совместная интеграция в мелкомасштабный банк картографических данных, в основе которого лежит единая многофункциональная мелкомасштабная база картографических данных. Выполненные научно-методические исследования позволили заложить основы реализации мелкомасштабной автоматизированной картографической системы как технологической системы программных, технических и информационных средств формирования, преобразования и использования единой мелкомасштабной базы картографических данных для автоматизации процессов создания и использования карт.

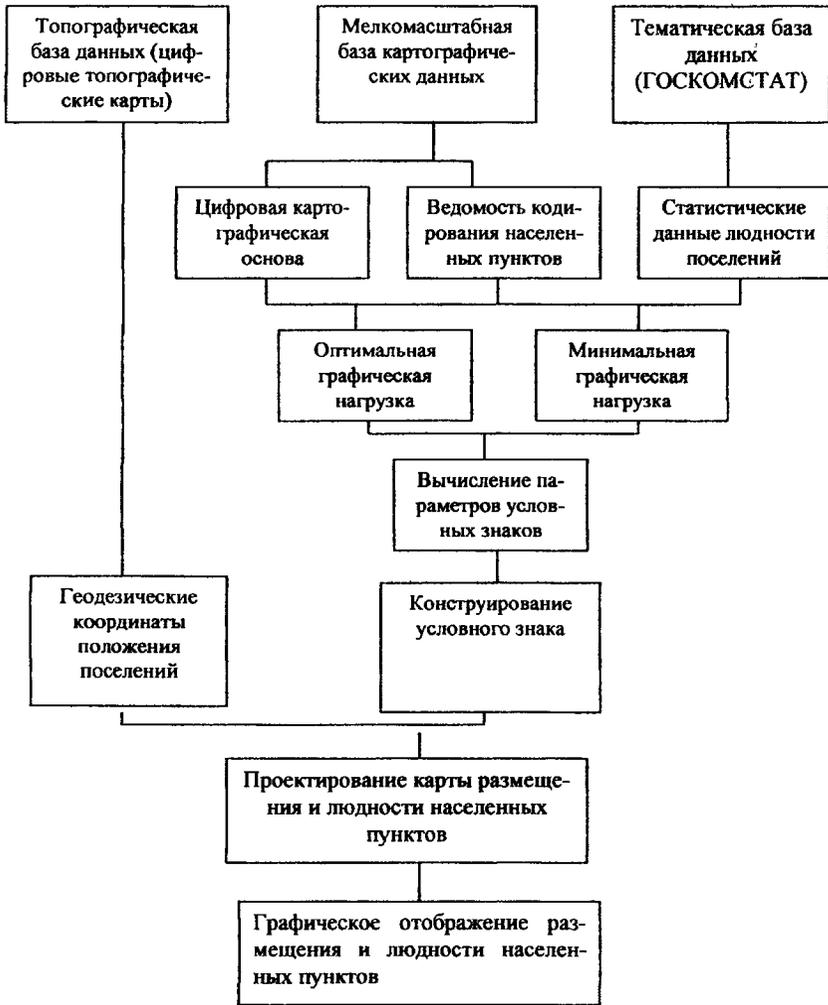


Рис.3. Технологическая схема автоматизированного создания карт людности и размещения населенных пунктов.

Мелкомасштабная автоматизированная картографическая система организована из следующих подсистем:

- подсистема сбора и изучения исходных данных, которая включает как традиционные картографические и справочно-статистические материалы, так и топографические и тематические цифровые базы данных и предназначена для формирования многоаспектной мелкомасштабной базы картографических данных;
- подсистема аналитико-синтетической обработки информации, которая включает: анализ картографической и справочно-статистических материалов; унификацию основных параметров общегеографических карт; классификацию и кодирование картографической информации; согласование с содержанием топографических баз данных и унификацию основных параметров цифровой картографической информации МБКД;
- подсистема ввода, обработки и хранения цифровой картографической информации, реализуемой комплексом программно-технических средств и обеспечивает: преобразование алфавитно-цифровой и графической информации в цифровую форму; программную обработку формализованных операций; интерактивную обработку интеллектуальных операций; графическое воспроизведение обработанной цифровой картографической информации на твердом носителе; долговременное хранение огромных объемов цифровой картографической информации;
- подсистема формирования МБКД, которая включает: цифровую картографическую информацию первоначально состоящую из четырех информационных слоев (границы, гидрография, населенные пункты, пути сообщения), соответствующие содержанию картографических (географических) основ; цифровая картографическая информация фрагментируется по политико-административному принципу, обеспечивающему взаимодействие с тематическими базами данных; два формата данных, один – общий для реализации технологических процессов, второй – частный для реализации информационных процессов;
- подсистема преобразования содержания единой МБКД, которая включает автоматизированный отбор картографических объектов на основе определения и манипулирования цифровой картографической информацией, содержащейся в базовой цифровой картографической основе масштаба

1:2 500 000 при создании производных цифровых картографических основ;

- подсистема использования МБКД, которая усиливает степень автоматизации технологических процессов создания традиционных и цифровых общегеографических и тематических карт и атласов, а также обеспечивает разработку самых разнообразных ГИС-проектов и создание условий для автоматизации информационных процессов.

На основе МБКД, формируемой в процессе работы технологической автоматизированной картографической системы, путем взаимодействия с тематическими базами данных поставщиков-потребителей нормативной информации посредством сетевых технологий и с использованием глобальной сети Интернет развивается автоматизированная информационная система, которая предназначена для обеспечения:

- дежурства и обновления цифровой картографической информации;
- создания справочно-информационных документов;
- работы в режиме избирательного распространения информации;
- работы в режиме ретроспективного поиска информации.

Дальнейшее развитие технологической и информационной системы приведет к их интеграции в мелкомасштабный банк картографических данных, который представляет собой интерактивную автоматизированную систему (рис.4). Мелкомасштабный банк картографических данных будет функционировать как автономно, так и как составная часть в качестве информационной основы сначала ГИС регионального уровня (ГИС-субъект), а затем ГИС национального уровня (государственной распределенной базы данных) в масштабах Роскартографии

В заключение хотелось бы сказать несколько слов о месте мелкомасштабного цифрового картографирования в общей модели взаимодействия дистанционного зондирования Земли с традиционной и цифровой картографией. Первоначальная модель создания цифровых топографических карт по традиционным картам имела и имеет огромное значение для народного хозяйства нашей страны (рис.5). К сожалению, перенесение этого опыта на создание мелкомасштабных цифровых карт по традиционным практически невозможен как по причине отсутствия унификации и стандартизации их основных параметров, так и длительного процесса создания традиционных карт.

В настоящее время все большее значение приобретает перспективная модель создания цифровых топографических карт по данным дистанционного зондирования Земли с последующей визуализацией традиционных топографических карт (рис.6). В эту модель хорошо вписывается данная разработка, где одним из основных источников формирования мелкомасштабной базы картографических данных является топографическая база данных (цифровые топографические карты). Причем, в части населенных пунктов подготовлены все условия не только для конвертирования, но и для автоматизированного отбора населенных пунктов из цифровой топографической карты масштаба 1:1 000 000 для общегеографической масштаба 1:2 500 000. Реализовав эту взаимосвязь и по другим картографическим объектам и в первую очередь по объектам, составляющим содержание цифровой картографической основы, появится возможность автоматизированного создания традиционных и цифровых карт и атласов, а также разработки ГИС-проектов.



Рис.4. Интегрирование автоматизированной технологической и информационной системы в мелкомасштабный банк картографических данных.

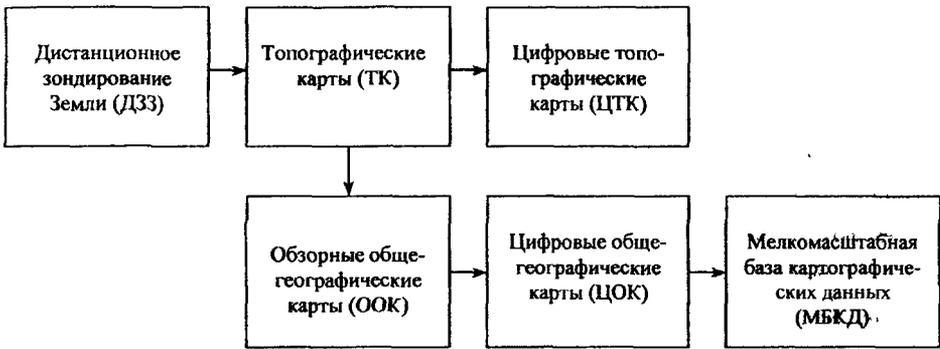


Рис.5. Современная модель взаимодействия дистанционного зондирования Земли с традиционной и цифровой картографией

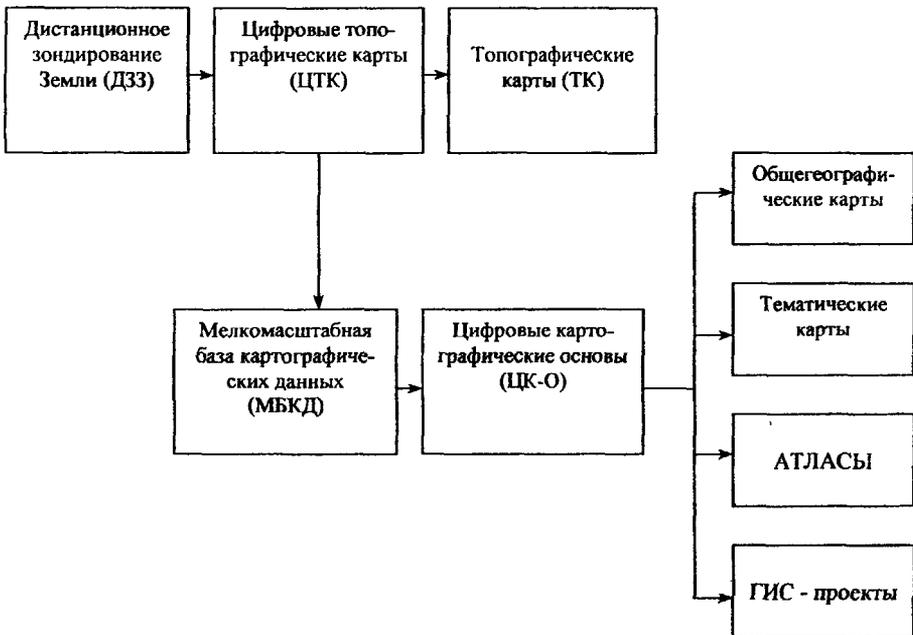


Рис.6. Перспективная модель взаимодействия дистанционного зондирования Земли с традиционной и цифровой картографией

Основные результаты исследований

В соответствии с поставленной целью диссертации выполнено обобщение и решена крупная научная проблема - автоматизация процессов создания и использования мелкомасштабных карт в виде разработанной многофункциональной базы картографических данных (МБКД) с ее программно-техническим обоснованием. В результате исследований получены следующие основные результаты:

1. Разработаны теоретические и методические основы формирования единой многофункциональной МБКД с использованием как традиционных картографических и справочно-статистических материалов, так и цифровых топографических и тематических баз данных.

2. Предложены методы преобразования информации, содержащейся в МБКД, при составлении карт разных масштабов путем автоматизированного отбора картографических объектов на основании определения и манипулирования графической нагрузкой карты.

3. Показаны теоретические основы использования МБКД и разработана методика автоматизации процессов: создания производных цифровых картографических основ; обоснования масштаба проектирования; выбора оптимальной картографической проекции; отработки макета компоновки; выбора и реализации способа графического отображения для автоматизации создания традиционных и цифровых карт и атласов и разработки ГИС-проектов.

4. Предложена методика проектирования социально-экономических карт на основе использования МБКД, разработанного программно-технического аппарата отбора объектов, программного взаимодействия с топографическими и тематическими базами данных, а также технология создания демографических карт в виде бумажных копий хорошего качества.

5. Разработаны научные основы создания и дальнейшего развития автоматизированной картографической системы, начиная с функционирования технологической системы, разработки на ее основе информационной системы и интегрирования обеих систем в мелкомасштабный банк картографических данных.

Практическое внедрение результатов исследований осуществляется в двух направлениях:

1. Теоретические обобщения. В процесс обучения студентов картографического факультета МИИГАиК внедрен новый раздел "Мелкомасштабное цифровое картографирование" программы курса "Автоматизация процессов создания и использования карт", читаемого диссертантом с 1995 года. Исследования по основным методикам формирования, преобразования и использования МБКД применяются в процессе практических работ с использованием современного программно-технического комплекса.

2. Научно-практические разработки. Разработанная технология формирования, преобразования и использования МБКД апробирована при создании карт субъектов РФ по всей технологической цепочке, начиная с подготовительных работ, создания базовой цифровой картографической основы масштаба 1:2 500 000 и кончая созданием производных цифровых картографических основ и изготовлением на их основе социально-экономических карт размещения населения, плотности и типов населенных пунктов с использованием современного программно-технического комплекса. Проектирование содержания карт проводилось в программной среде Инструментальной - ГИС (MapInfo), а оформление посредством программ дизайна (CorelDraw).

Диссертация является результатом многолетних исследований автора. Целевая комплексная программа "Переход топографо-геодезического и картографического производства на цифровые методы картографирования", в которой автор принимал непосредственное участие, определила развитие этого перспективного направления науки и картографического производства.

В разные годы под научным руководством и при непосредственном участии автора выполнены исследования сначала в области механизации, а затем – автоматизации технологических и информационных процессов создания и использования карт.

1. Разработана и внедрена в картографическое производство (ПКО "Картография" и Центральное Картографическое Производство ВМФ) методика и технология трансформирования карт с помощью целевой приставки ФТБ (ЦНИИГАиК, 1969).

2. Разработана автоматизированная информационно-поисковая система топонимов (АИПСТ) и в виде автоматизированного процесса создания указателей и справочников географических названий внедрена в картографическое производство - ПКО "Картография" (ЦНИИГАиК, 1978).

3. Разработана и внедрена в картографическое производство технология вычисления и построения математической основы карт с использованием ЭВМ и КПА-1200 (ПКО "Картография", 1982).

4. Разработана и внедрена в картографическое производство автоматизированная технология создания некоторых видов тематических карт с использованием ЭВМ и автоматического фотонабора (ПКО "Картография", 1985).

5. Разработан и внедрен в производство комплекс автоматизированного отображения специальной информации на обзорно-топографической карте масштаба 1:1 000 000 с использованием ЭВМ и плоттера (Московский институт электромеханики и автоматики, 1988).

6. Разработана и внедрена в практику Союзводпроекта методика автоматизированного отображения информации о водохозяйственных объектах на цифровой картографической основе масштаба 1:500 000 с использованием персонального компьютера и плоттера (Московский институт электромеханики и автоматики, 1991).

Указанные работы и результаты по автоматизации отдельных картографических процессов позволили автору обобщить и разработать теоретические и методические основы комплексной автоматизации процессов создания и использования карт, изложенные в данной работе, которая проводится в МИИГАиК с 1994 года.

**СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ,
ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Изобретения

1. Устройство к ФТБ для щелевой развертки изображения. Авторское свидетельство №211112 от 5 июня 1966 г. /Соавторы: Бородин А.В. и Гордон Г.Г./.

Публикации

2. Трансформирование мелкомасштабных географических карт за рубежом. Сб-к ОНТИ ЦНИИГАиК, 1968, №3, с.17-23.
3. Получение трансформированного негатива на ФТБ непосредственно с картографического материала. // Геодезия и картография, 1968, №6, с.35-41.
4. Трансформирование картографических материалов с помощью ФТБ с устройством // Геодезия и картография, 1968, №12, с.25-33. Соавтор: Бородин А.В.
5. Получение трансформированного негатива непосредственно с картографического материала. Сб-к ОНТИ ЦНИИГАиК, 1970, №7, с.20-22.
6. О точности перенесения содержания картографических материалов способом ЦНИИГАиК. Сб-к ОНТИ ЦНИИГАиК, 1970, №7, с.32-35.
7. Щелевое устройство к ФТБ для трансформирования картографических материалов. Сб-к ОНТИ ЦНИИГАиК, 1970, №10, с.17-19.
8. О трансформировании мелкомасштабных географических карт. // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1970, - №1, с.41-47.
9. О некоторых основах изыскания и преобразования картографических проекций. Тр. ЦНИИГАиК, 1971, вып.189, с.24-40. Соавтор: Бугаевский Л.М.
10. Разработка информационно-поисковой системы для географических названий. Сб-к ОНТИ ЦНИИГАиК, 1974, №23, с.12-21. Соавторы: Молодых А.Е. и Панарин В.И.
11. Выбор технических средств для оперативного размножения информационных документов о географических названиях. Сб-к ОНТИ ЦНИИГАиК, 1974, №31, с.24-30. Соавтор: Панарин В.И.
12. Кодирование информации о географических названиях. Сб-к ОНТИ ЦНИИГАиК, 1974, №31, с.31-35. Соавтор: Молодых А.Е.

13. Каталогизация названий географических объектов с использованием современной поисковой техники. Сб-к ОНТИ ЦНИИГАиК, 1975, №39, с.47-51. Соавтор: Панарин В.И.
14. Автоматизированная информационно-поисковая система географических названий. // Геодезия и картография, 1975, №6, с.38-44. Соавторы: Молодых А.Е. и Панарин В.И.
15. Об автоматизированных картографических ИПС. Тезисы доклада на VIII Международной конференции. Москва 3-10 августа 1976 г. с.43-46. Соавторы: Бюшгенс Л.М. и Лозинова В.М.
16. Обзор состояния картографических фактографических информационно-поисковых систем. // Геодезия и картография, 1977, №8, с.47-55. Соавтор: Капчиц Б.З.
17. Автоматизированная информационно-поисковая система географических названий или топонимов /АИПСТ/. Тр. ЦНИИГАиК, 1977, вып.219, с.61-70.
18. Итоги и перспектива развития картографических автоматизированных ИПС. Сб-к ОНТИ ЦНИИГАиК, 1978, №55, с.11-14. Соавтор: Лозинова В.М.
19. Automated information retrieval system for geographical names (toponyms). The IX th international cartographic conference. Washington, USA, July – August, 1978, p.24-28. Соавтор: Комков А.М.
20. Интегралы картографски информационно-интерпретационной системы. // Геодезия, Картография, Землеустройство. София. 1979, №1, с.15-19. Соавторы: Лозинова В.М. и Егорова Н.А.
21. О создании комплекса фактографических картографических ИПС. Экспресс-информация ЦНИИГАиК, 1980, - вып.4 /281/, с.31-34.
22. Комплекс фактографических картографических ИПС. Экспресс- информация ЦНИИГАиК, 1980, - вып.7 /284/, с.17-23.
23. Методы механизации и автоматизации чертежно-оформительских работ при создании карт. Сб-к ОНТИ ЦНИИГАиК, 1980, №46, с.32-38. Соавтор: Богинский В.М.
24. Автоматизированные информационные системы в картографии. // Геодезия и картография, 1981, №6, с.41-47. Соавтор: Панарин В.И.

25. О возможности машинной обработки букв необычного написания и диакритических знаков. Исследования по томонимике. Сб-к трудов ЦНИИГАиК, вып.229, с.45-59.
26. Об использовании фотонаборных автоматов 2НФА и ЭВМ для автоматизации процессов картографирования. Сб-к НИИПГ, 1981, - №3, с.24-36.
27. Об информационно-поисковых системах. Экспресс- информация ЦНИИГАиК, 1983, - вып.4 /483/, с.1-29. Соавтор: Крюков Ю.А.
28. Использование банка общегеографических данных в качестве банка данных тематического картографирования. Изд-во МГУ, 1985, с.21-24. Соавтор: Капчиц Б.З.
29. Опыт и перспектива использования автоматизированного фотонабора в картографическом производстве. Тр. ЦНИИГАиК, 1985, вып.315, с.28-40.
30. Результаты опытно-методических работ, выполненных в области автоматизации картографического производства. Экспресс- информация ЦНИИГАиК, 1985, - вып.4 /364/, с.26-52.
31. Создание программно-технического комплекса графического отображения тематической информации на общегеографических картах. Ж-л "Тематические и специальные карты мониторинга на службе человека". Научные труды ВАГО, М, 1991, с.41-54. Соавтор: Гончаров В.В.
32. Use of microcomputer graphics and mapping for USSR water cadastre. Seminar for ecosystems approach for water management – Economic comission for Europe, Oslo, Norway, May 1991, p.17-23. Соавторы: Владимиров В.А. и Гончаров В.В.
33. Использование специализированных (картографических) баз данных; пополнение запросов на поиск библиографической информации в сети Интернет. Сб-к трудов 5-й юбил. методической конференции "Крым 98. Библиотеки и ассоциации в меняющемся мире: новые технологии и новые формы сотрудничества". Судак, 1998, с.145-148. Соавтор: Гончаров В.В.
34. Мелкомасштабное цифровое картографирование (концептуальные основы) // Изв. Вузов, Геодезия и аэрофотосъемка, 1999, - №1, с. 98-104. Соавторы: Гончаров В.В. и Крылов С.А.
35. Формирование и использование цифровой картографической информации. Тезисы доклада на Международной научно-технической конференции «220-лет

- геодезическому образованию в России» // Материалы международной научно-технической конференции «220-лет геодезическому образованию в России» (24-29 мая, 1999г.). –М.: Минобразование РФ, МИИГАиК, 1999, с.101-102. Соавторы: Гончаров В.В., Крылов С.А. и др.
36. Автоматизированная картографическая генерализация. // Геодезия и картография, 2000, №1, с.33-36. Соавторы: Крылов С.А., Татарников А.Н. и др.
37. Формирование мелкомасштабной базы данных и ее использование для разработки ГИС. // В кн. Дистанционное зондирование и геоинформатика – технологии и наука XXI века. 5-ая Международная конференция " Методы дистанционного зондирования и ГИС-технологии для контроля и диагностики состояния окружающей среде". М., 2000, с.13-14. Соавторы: Крылов С.А., Татарников А.Н. и др.
38. Формирование мелкомасштабной базы картографических данных и ее использование для разработки ГИС. // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2001. №5, с.150-154. Соавторы: Крылов С.А., Татарников А.Н. и др.
39. О решении проблемы мелкомасштабного цифрового картографирования. Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти А.А. Лютого, "Картография XXI века: теория, методы, практика". Москва, октябрь 2001, с.120-126. Соавторы: Крылов С.А.

МГУГиК

105064, Москва К-64, Гороховский пер., 4

Подп. к печати 11.04.2003	Формат 60×90
Бумага офсетная Печ. л. 3	Уч.-изд. л. 3
Тираж 80 экз. Заказ № 69	Цена договорная