

На правах рукописи

Дворников Антон Викторович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ
ЦИФРОВЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ОСНОВ
ДЛЯ МЕЛКОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ**

Специальность: 25.00.33 – Картография

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Москва – 2009

Работа выполнена на кафедре картографии Московского государственного университета геодезии и картографии.

Научный руководитель: **доктор технических наук, профессор
Иванов Анатолий Георгиевич**

Официальные оппоненты: **доктор технических наук, профессор
Сладкопевцев Сергей Андреевич**
**кандидат технических наук,
Новосёлова Лидия Павловна**

Ведущая организация: Сибирская государственная геодезическая академия (СГГА)

Защита диссертации состоится «__» _____ 2009 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 212.143.01 при Московском государственном университете геодезии и картографии по адресу: 105064, Москва, Гороховский пер. 4, зал заседаний Ученого совета.

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

Автореферат разослан «__» _____ 2009г.

Ученый секретарь диссертационного совета

Б.В.Краснопевцев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Постоянно растущий спрос на разнообразную и качественную картографическую продукцию может быть удовлетворен путем автоматизации процессов создания и использования карт. Прежде всего это касается общегеографических карт (включая топографические), которые кроме самостоятельного значения широко используются в качестве картографических основ при тематическом и атласном картографировании. В отличие от системы топографических карт, математическая основа, содержание и оформление которых стандартизированы и унифицированы, мелкомасштабные общегеографические карты не имеют жестких регламентаций. Это препятствует их использованию в качестве исходных картографических материалов и созданию соответствующих цифровых аналогов. К тому же увеличивающаяся мера генерализации при уменьшении масштаба карты снижает точность положения картографируемых объектов, что также препятствует их использованию для создания цифровых карт. Всё это обуславливает актуальность темы диссертации.

Цель исследования – автоматизация процессов мелкомасштабного картографирования путём создания типовых цифровых картографических основ с одновременным формированием мелкомасштабной базы картографических данных и преобразованием её содержания.

Задачи исследования:

1. Выявление степени разработанности проблемы, поставленной в диссертации.
2. Развитие и модернизация методик формирования и преобразования мелкомасштабной картографической базы данных, предложенных Ивановым А.Г.
3. Совершенствование системы классификации и кодирования картографируемых объектов при создании картографической базы данных.
4. Анализ густоты, графической нагрузки картографируемых объектов и согласованности их отображения на общегеографических картах мас-

штабов от 1:1 000 000 до 1:8 000 000.

5. Определение зависимости изменения густоты и графической нагрузки картографических объектов при уменьшении масштаба карты.
6. Разработка программного обеспечения для реализации технологических этапов создания базовой и производных цифровых картографических основ.
7. Апробирование усовершенствованных методик.

Методы исследования. Исследования опирались на научные принципы и идеи в области автоматизации картографических процессов, разработанные В.И. Суховым, Е.И. Халугиным, А.С. Васмутом, А.И. Мартыненко, Д.В. Лисицким, С.Н. Сербенюком, В.С. Тикуновым и др., В основу работы положены исследования по камеральному геоинформационному картографированию, выполненные на кафедре картографии Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) под научным руководством профессора, д.т.н. А.Г. Иванова.

Широко использовались эмпирико-математический метод, методы статистического анализа и картографический метод исследования.

Научная новизна исследования заключается в том, что автором разработана методика создания цифровых картографических основ для мелкомасштабного картографирования на основе картографической базы данных и методика их использования для автоматизации информационных и технологических процессов.

Наиболее оригинальные исследования автора состоят в следующем:

1. Исследованы густота, графическая нагрузка картографируемых объектов и согласованность их изображения на общегеографических картах ряда масштабов: 1:1 000 000; 1:2 500 000; 1:3 000 000; 1:5 000 000; 1:8 000 000.

2. Разработаны предложения по повышению качества и точности объектов, отображаемых на цифровых картографических основах.

3. Значительно расширена система классификации и кодирования картографируемых объектов (границы, населенные пункты, пути сообщения), введены новые характеристики объектов; классификация согласована с общепринятой сис-

темой классификации территориальных образований (ОКАТО).

4. Скорректирован математический аппарат, позволяющий установить характер и степень зависимости графической нагрузки и густоты картографируемых объектов от масштабов общегеографических карт.

5. Разработан комплекс программного обеспечения как база автоматизированной системы получения мелкомасштабных картографических основ. Комплекс включает в себя следующие программы:

- расчета количества населенных пунктов, отображаемых на карте заданного масштаба, конкретного региона (любого субъекта РФ);
- вычисления графической нагрузки карт изображением гидрографии и дорожной сети;
- автоматизированного отбора элементов гидрографии, путей сообщения, населенных пунктов;
- автоматического вычисления координат центров поселений на топографической карте масштаба 1:200 000;
- сдвига пунсонов населенных пунктов относительно рек;
- расчета коэффициентов густоты и графической нагрузки карты на заданный субъект РФ с представлением полученных данных в виде отчёта.

6. Составлены оригинальные картографические основы карт Липецкой области в масштабах : 1:2 500 000, 1:3 000 000, 1:5 000 000, 1:8 000 000 и основа карты Центральной России (Белгородская, Воронежская, Липецкая, Рязанская, Тамбовская, Тульская области) в масштабе 1:3 000 000.

7. Сформированы направления дальнейшего развития геоинформационного мелкомасштабного картографирования.

8. Правомерность и корректность разработанной методики подтверждена экспериментальными работами по составлению картографических основ.

Практическое значение исследования

Методика создания цифровых картографических основ реализована на примере составления образцов цифровых картографических основ на Липецкую область масштабов: 1:2 500 000, 1:3 000 000, 1:5 000 000, 1:8 000 000 и получения

цифровой картографической основы для карт Центральной России (Белгородская, Воронежская, Липецкая, Рязанская, Тамбовская, Тульская области) масштаба 1:3 000 000.

Результаты разработанной методики используются в учебном процессе по курсу «Геоинформационное картографирование», читаемом на кафедре картографии Московского университета геодезии и картографии.

По предложенной методике также выполняются работы в «Научно-учебном центре геоинформационного картографирования» МИИГАиК.

На защиту выносятся:

1. Методика формирования цифровой картографической основы на базе цифровых топографических карт масштаба 1:1 000 000 с одновременным созданием мелкомасштабной картографической базы данных.

2. Методика преобразования элементов содержания цифровой картографической основы и получения производных основ на базе разработанного программного обеспечения.

3. Методика использования базы картографических данных при создании мелкомасштабных общегеографических и тематических (социально-экономических) карт.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях студентов, аспирантов, молодых ученых МИИГАиК (2005 – 2009гг.), на XVI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2009» в МГУ имени М.В.Ломоносова, на Международной научно-технической конференции «Геодезия, Картография и Кадастр XXI век» в МИИГАиК. По теме диссертации опубликовано 3 статьи.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы и приложений. Работа содержит 36 таблиц и 46 рисунков. Объем диссертации 186 страниц. Библиография включает 67 наименований.

Содержание работы

Во **введении** показана актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования.

Глава I Теоретические основы камерального геоинформационного картографирования.

Растущий спрос на картографическую продукцию в традиционной и цифровой форме может быть обеспечен только путем автоматизации процессов создания карт, т.е. посредством геоинформационного картографирования.

Традиционно отечественные общегеографические карты делятся на топографические карты местности (масштабов от 1:10 000 до 1:100 000), обзорно-топографические карты (масштабов от 1:200 000 до 1:1 000 000) и общегеографические карты масштаба мельче 1:1 000 000. Первые создаются преимущественно путем съемочных работ, остальные, как правило, в камеральных условиях по принципу «карта по карте».

Успешное внедрение методологии цифрового картографирования обеспечивало одновременную работу с традиционными картами и их цифровыми аналогами, что расширило функциональные возможности их использования. Однако неизменной остается идеология последовательного создания карт. Данная работа посвящена мелкомасштабному картографированию, то есть созданию карт масштаба мельче 1:1 000 000.

На кафедре картографии под научным руководством профессора А.Г. Иванова реализуется принципиально новое решение проблемы геоинформационного мелкомасштабного картографирования, а именно: формирование единой многофункциональной картографической базы данных, преобразование содержания базы данных в любой масштаб посредством автоматизированной картографической генерализации и использование картографической базы данных для автоматизации технологических и информационных процессов.

В рамках решения этой проблемы автором разработана методика формиро-

вания картографических баз данных, включающая следующие аспекты:

- 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;
- разработка классификации содержания и создание структуры кодирования;
- проектирование и создание форматов представления цифровой картографической информации;
- выбор программно-технических средств реализации картографических баз данных мелкомасштабного картографирования.

Преобразование содержания картографической базы данных в объеме базовой цифровой картографической основы масштаба 1:2 500 000 в любой заданный масштаб производной цифровой картографической основы осуществляется посредством автоматизированной картографической генерализации

Теоретической основой автоматизированной картографической генерализации является общая теория картографической генерализации, которая реализуется посредством сочетания автоматического (программного) и автоматизированного (интерактивного) режима работы. Сущность метода заключается в анализе известных картографических произведений, выявлении закономерностей распределения объектов и их аппроксимации математическим аппаратом, разработанным на основе математической статистики. Это позволяет количественную часть отбора решать программным путем, а качественную – путем диалога «картограф-компьютер». Причем этот метод с успехом используется не только для автоматизированного отбора объектов, но и для решения других картографических задач.

Объективной характеристикой любой карты, а особенно мелкомасштабной, является густота объектов и связанная с ней их графическая нагрузка. Густота определяется количеством (длиной) объектов на определенную площадь карты

(см.², дм.²) Графическая нагрузка определяется отношением суммарной площади изображения объектов к площади карты. Если в условиях традиционной картографии выполнение картометрических работ по определению длин и площадей объектов было крайне трудоемким делом, то в условиях цифровой картографии эта работа выполняется в процессе цифрования объектов. Это позволяет не только оперативно получать коэффициенты густоты и нагрузки, но и манипулировать ими до нужного значения. Методика автоматизированного отбора картографических объектов (населенных пунктов, рек и дорог) строится с учетом факторов, влияющих на их отбор: масштаба, густоты объектов на исходном картографическом материале, значимости объектов, размеров их условных знаков и подписей.

Картографическая база данных (КБД) предназначена для автоматизации технологических и информационных процессов. Предлагаемая методология формирования, преобразования и использования КБД обеспечит создание базовых и производных цифровых картографических основ на любую территорию РФ в заданном масштабе для выполнения тематического картографирования, что позволит отказаться от практики поиска подходящей традиционной карты требуемого масштаба для использования в качестве исходного картографического материала.

Вторым назначением КБД является обеспечение автоматизации информационных процессов, связанных с цифровой картографической информацией об объектах картографирования. Для этого необходима система кодирования картографических объектов, обеспечивающая их идентификацию и поиск. При этом, необходимо реализовать систему кодирования взаимодействия объектов, что расширит функциональные возможности КБД.

Глава II Разработка методики создания картографических основ масштаба 1: 2 500 000 с одновременным формированием картографической базы данных

Многофункциональность мелкомасштабной картографической базы данных (МКБД) дает возможность решать задачи по автоматизации технологических процессов создания общегеографических и тематических карт; автоматизации

информационных процессов взаимодействия с общегеографическими (топографическими) и тематическими базами данных; автоматизации процесса отбора картографируемых объектов на основе определения и манипулирования густотой и графической нагрузкой картографических объектов.

В этой связи, в МКБД должна быть заложена многосторонняя информация, которая зависит от наличия и состава исходных картографических материалов.

В данной работе изложено решение задачи автоматизации технологического процесса создания мелкомасштабных общегеографических карт путем создания цифровых картографических основ (ЦКО) и формирования картографической базы данных.

Основной принцип автоматизации – «однократный ввод информации и многократное ее использование» определяет многофункциональный характер использования базы данных, в том числе картографических баз данных. Как известно, практическая отдача от справочно-информационного фонда или базы данных начинает происходить только при формировании (накоплении) представительного массива информации. Сам процесс формирования баз данных (БД) является нерентабельным, требующим значительных затрат сил и средств. В связи, с этим процесс формирования БД необходимо совместить с рентабельным технологическим процессом создания какой-либо продукции. Применительно к картографии такой продукцией могут стать картографические основы, необходимые для создания карт, атласов и ГИС-проектов.

Следовательно, для оперативного формирования картографической базы данных необходимо ограничить её содержание картографическими объектами четырех классификационных групп, а именно: границы, гидрография, населенные пункты и пути сообщения, с одновременным созданием цифровой картографической основы. При этом формирование КБД следует осуществлять по политико-административному принципу, что позволит создавать цифровые картографические основы субъектов РФ.

Для обеспечения многофункциональности КБД должна иметь такой состав

информации, который обеспечивал бы автоматизацию как технологических, так и информационных процессов. Этого можно достичь только посредством использования не одного источника информации в виде базовой карты, но и других традиционных и цифровых картографических и справочно-статистических источников, включая тематические БД. Это усложнит первоначальное накопление информации, но в дальнейшем позволит решить крайне важную для картографии задачу, а именно, организовать дежурство и оперативное обновление цифровой картографической информации путем программного взаимодействия с поставщиками автоматизированных информационных систем – потребителями нормативной информации. Этому способствует то, что в КБД сосредоточена наиболее динамичная картографическая информация (границы, населенные пункты, дороги), из-за «старения» которой преимущественно обновляются карты. Сочетая традиционные издания и оперативно обновляя их содержание, можно решить проблему актуализации базовых карт.

Таким образом, изначально КБД рассматривается не как хранилище файлов цифровой картографической информации, а как автоматизированная система, обеспечивающая автоматизацию сначала технологических процессов создания карт, а затем информационных – использования цифровой картографической информации, имеющейся на картах в явном и неявном виде. Под вторым понимается возможность использования картографических показателей для решения научных и практических задач.

Согласно капитальному исследованию Н.М. Волкова – точность мелкомасштабных общегеографических карт во многом определяется процессом генерализации. В условиях традиционной картографии с уменьшением масштаба карты неизбежен сдвиг объектов относительно друг друга из-за замены масштабных условных знаков на внемасштабные при сохранении их согласованности. Значительные сдвиги объектов (до нескольких миллиметров) препятствуют процессу цифровизации всего генерализированного содержания мелкомасштабных общегеографических карт.

Анализ общегеографической карты России и сопредельных государств

масштаба 1:2 500 000 показал, что в отображении населенных пунктов есть большие ошибки, как по точности их локализации (табл.1), что связано с согласованностью населенных пунктов и рек, так и по самому характеру отбора и размещения, поскольку на этой карте населенные пункты показаны с учетом сразу двух показателей: их густоты и плотности населения.

Анализ точности местоположения населенных пунктов на общегеографической карте масштаба 1:2 500 000

Таблица 1

№	Среднеквадратической ошибки, мм.	Количество населенных пунктов	Процентное соотношение
1	2	3	4
1	0 – 1.0	360	34
2	1.0 – 2.0	240	23
3	2.0 – 3.0	360	34
4	более 3.0	100	9
	Итого:	1060	100

Поэтому приходится отказаться от карты масштаба 1:2 500 000 как от основного исходного картографического материала, с возможностью использовать её как дополнительный картографический материал, а вместо неё использовать номенклатурные листы цифровых топографических карт масштаба 1:1 000 000. В качестве исходного картографического материала для внесения семантической информации по населенным пунктам (численность жителей) целесообразно использовать тематические базы данных Федеральной службы государственной статистики (Росстата).

В итоге выстраивается целостная система, в основе которой лежит формирование единой многофункциональной КБД первоначально в объеме содержания картографических основ с использованием в качестве основного картографического материала цифровых топографических карт масштаба 1:1 000 000. Далее производится преобразование (генерализация) содержания КБД и создание базовой карты (масштаба 1: 2 500 000), а также производных (в диапазоне масштабов от 1:1 000 000 до 1:15 000 000) цифровых картографических основ, с их последующим использованием в создании самых разнообразных по тематике мелкомасштабных карт и проектов (рис.1).

Основной задачей классификации и кодирования картографической информации является обеспечение автоматизированного сбора, анализа, хранения, поиска, обработки и получения информации в цифровой и традиционной – графической(бумажной) форме.

Основными принципами построения системы классификации картографической информации являются следующие:

- деление на классификационные группы картографической информации по одному или нескольким логическим признакам;
- установление автономности классификационной группы на всех уровнях классификации;

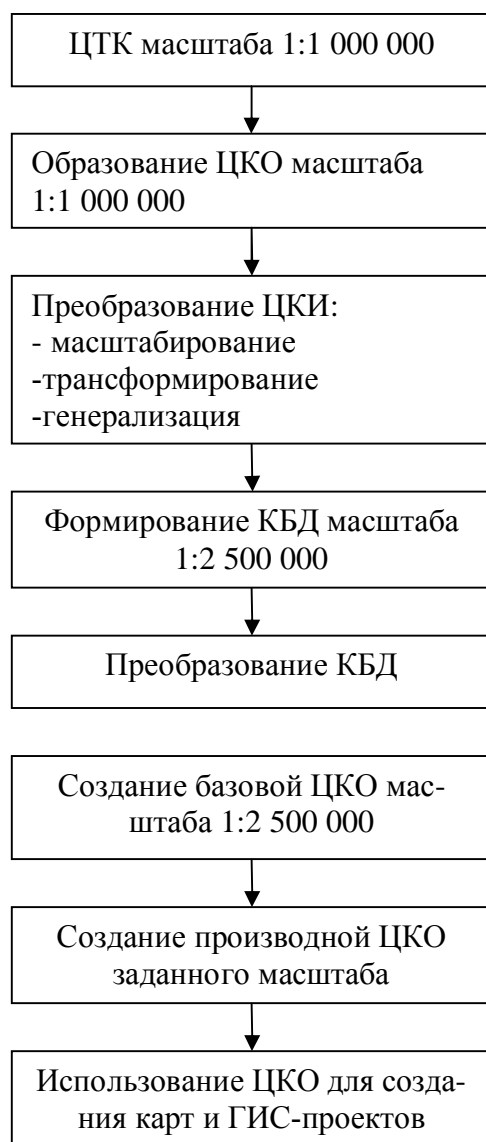


Рисунок 1 Принципиальная схема улучшения процесса камерального геоинформационного картографирования

- определение минимальной сложности для установления смысловых связей между классификационными группами;
- обеспечение универсальности системы классификации, т.е. возможности решения широкого круга задач;
- установление динамичности системы классификации, т.е. возможности включения новых классификационных групп.

Вся информация, введенная в базу данных, нуждается в согласовании. Если ввод производился путем импорта и конвертирования информации из других баз данных, то эту информацию необходимо привести к общей системе классификации и кодирования. Для этого следует провести работу по составлению таблицы соответствия классификатора внешней базы данных и системы классификации МКБД, на основе которой в автоматическом или интерактивном режиме выполнялась перекодировка импортируемой информации.

Рассмотрим ввод информации о населенных пунктах, взятой с цифровой топографической карты масштаба 1:1 000 000. Необходимо, чтобы эта информация соответствовала формату мелкомасштабной картографической базы данных масштаба 1:2 500 000. Прежде всего, проводится сравнение категорий деления населенных пунктов по численности жителей на картах разных масштабов. На основании этого и разработанного графа в интерактивном режиме информация о населенных пунктах перекодируется – им присваивается код значимости, код общероссийского классификатора административно территориальных образований ОКАТО, на основе автоматизированных вычислений производится вычисление координат центра населенного пункта, с последующей записью этих координат в семантическую информацию населенного пункта. Затем вычисляется и записывается в семантику площадь населенного пункта.

Аналогичным образом обрабатываются и другие элементы содержания картографической базы данных.

Глава III Разработка методики преобразования содержания картографической базы данных и создание производных картографических основ.

Перед картографией стоит задача графического отображения окружающей нас действительности. Но даже на крупномасштабных топографических картах и планах, созданных на основании инструментальной съемки и данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ), не удастся передать все особенности окружающей действительности, хотя эти картографические произведения и являются наиболее полными и точными. С уменьшением масштаба картографирования и, как следствие, с резким сокращением площадей карты возрастает густота картографируемых 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. Следовательно, нельзя математически точно обосновать (выразить) процесс отбора объектов при переходе от масштаба к масштабу.

В связи с этим, предлагается использовать эмпирико-математический метод решения проблемы, основанный на результатах анализа содержания капитальных картографических произведений, выявлении закономерностей распределения густоты объектов и их аппроксимации математическим аппаратом. При этом количественная часть отбора, связанная с расчетом густоты (количества) объектов, решается автоматическим (программным) путём, а качественная часть отбора, связанная с учетом значимости, местной локализации, согласованности объектов решается автоматизированным (интерактивным) путём.

Сущность эмпирико-математического метода заключается в следующем. Выполняется анализ капитальных картографических произведений, получивших положительную оценку специалистов. С использованием картографического анализа и методов математической статистики определяются эмпирические формулы для количественной генерализации, набор правил для качественной генерализации и выполнения классификации отображаемых объектов, способов их отображения с учетом назначения, содержания, масштабов исходных материалов и соз-

даваемых карт, особенностей и значимости картографируемой территории.

Прежде всего, необходимо разработать математический аппарат отбора картографических объектов. Для этой цели, используя эмпирико-математический подход, было проведено исследование густоты картографируемых объектов на фундаментальных топографических и общегеографических картах следующих масштабов: 1:200 000, 1:1 000 000, 1:2 500 000 и 1:8 000 000, которые воплотили в себе опыт и методические наработки советской картографической школы. Это дало возможность установить зависимость коэффициентов густоты картографируемых объектов от изменения масштаба. Нами проведено экспериментальное апробирование предлагаемого пути решения на примере Липецкой области путем расчета коэффициента густоты населенных пунктов, рек и дорог на картах вышеперечисленных масштабов.

На основании полученных данных сформирован график зависимости густоты картографируемых объектов от масштаба картографирования (рис.2), который объективно отражает зависимость густоты от масштаба и позволяет разработать математический аппарат вычисления значений густоты объектов для карт промежуточных масштабов и, следовательно, вычислить количество населенных пунктов и общую длину рек и дорог на карте любого масштаба. При этом, достигается полная согласованность и преемственность содержания карт, начиная с масштаба 1:200 000 и заканчивая масштабом 1:8 000 000.

Для каждого отрезка ломаной линии можно получить уравнение прямой, по которому можно рассчитать густоту картографируемых объектов на картах любого масштаба, попадающего в промежуток между определенными точками. Так, густота картографируемых объектов для карт масштабов от 1:2 500 000 до 1:8 000 000 рассчитывается по следующей формуле:

$$K_G = K_{G_{2.5}} + \frac{M - 2.5}{5.5} (K_{G_8} - K_{G_{2.5}}) \quad (1)$$

где: $K_{G_{2.5}}$ – коэффициент густоты на карте масштаба 1:2 500 000.

K_{G_8} – коэффициент густоты на карте масштаба 1:8 000 000.

М – масштабный коэффициент

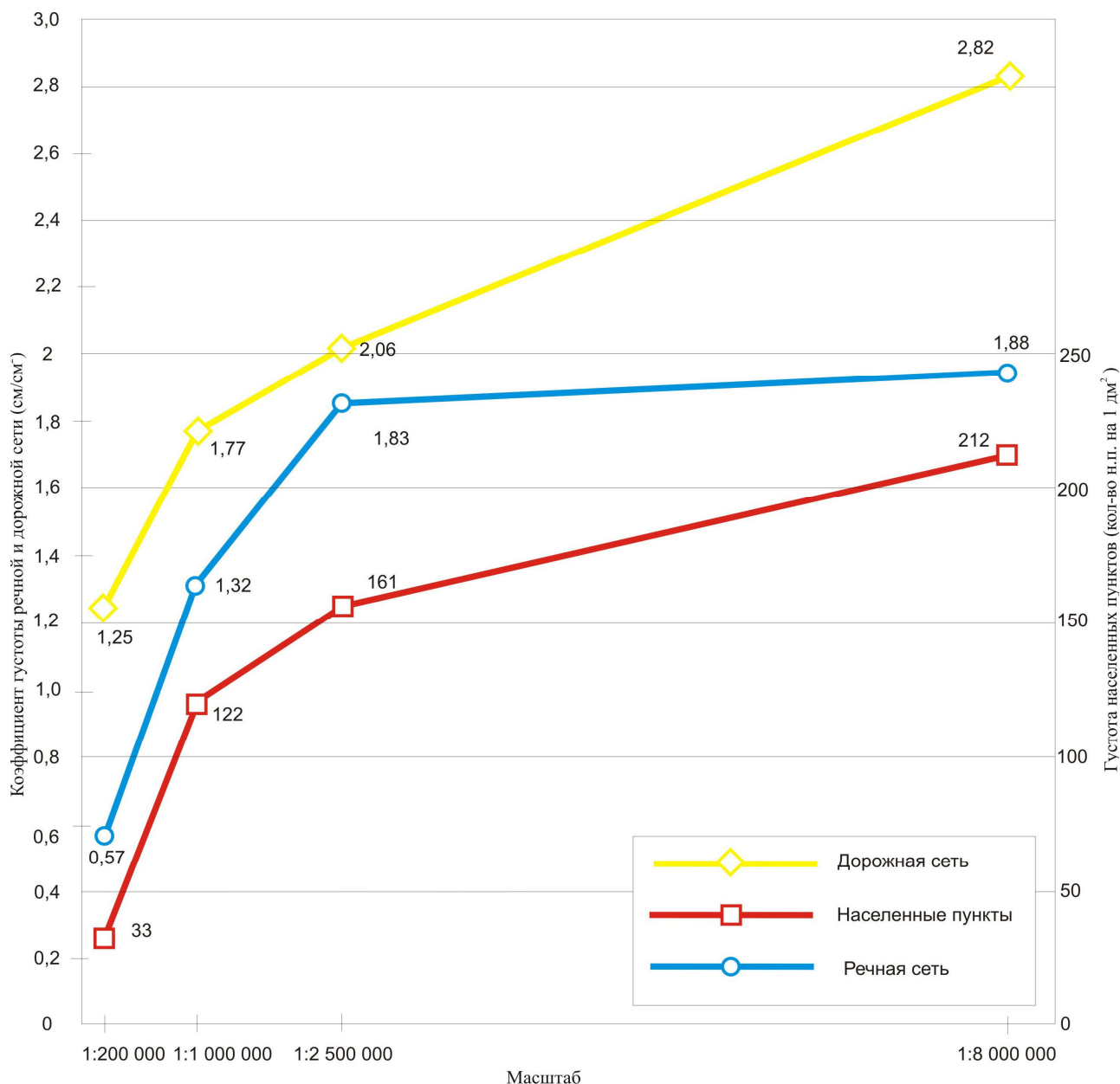


Рисунок. 2. Зависимость густоты картографических объектов от масштаба карты

На основе полученной формулы были вычислены коэффициенты густоты картографических объектов на Липецкую область для масштабов: 1:3 000 000; 1:4 000 000; 1:5 000 000

Для проверки математического аппарата было проведено сравнение полученных результатов с изданными картами вышеперечисленных масштабов. Для этого были отобраны:

- карта масштаба 1:3 000 000 малого атласа РФ;

- общегеографическая карта России масштаба 1:4 000 000;
- карта масштаба 1:5 000 000 малого атласа Мира.

По этим картам было проведено цифрование речной и дорожной сети, посчитана сумма длин рек и дорог на каждой карте и вычислены коэффициенты густоты речной и дорожной сети. Затем было определено количество населенных пунктов, на основе чего рассчитана густота населенных пунктов ($\Sigma \text{НП}$ на 1 дм.²). Проведенные исследования показали эффективность разработанного математического аппарата по отбору картографических объектов. Оценка выполнена путем сравнения рассчитанного и фактического количества населенных пунктов, значений длин рек и дорог на картах разных масштабов для многих субъектов РФ. Выявленные расхождения не выходят за пределы фактических данных, полученных на аналогичных изданных картах разных лет издания.

Выполненные исследования дали возможность наметить пути дальнейшей реализации автоматизированного отбора картографируемых объектов через выполнение районирования территории по густоте населенных пунктов, дорог и рек. Каждый субъект РФ отнесен к определенному району по густоте, а это в свою очередь, позволит разработать математический аппарат для определения густоты картографических объектов для любой территории РФ в любом масштабе (от 1:200 000 до 1:8 000 000), что является основанием для автоматизированного отбора картографических объектов.

Для населенных пунктов выполнено районирование; каждый субъект РФ причислен к соответствующему району, который характеризуется плотностью населения, густотой населенных пунктов и их графической нагрузкой (табл.2).

Очевидно, что густота дорожной сети имеет прямую зависимость от густоты населенных пунктов, поэтому необходимо провести дальнейшее исследование по определению средних значений густоты дорожной сети для выполнения районирования территории РФ по густоте дорожной сети.

Благодаря разработанному математическому аппарату, у нас на каждый субъект РФ есть количество населенных пунктов подлежащих показу, то есть решается вопрос количественной части генерализации населенных пунктов.

Встает вопрос качественной генерализации, то есть, какие именно населенные пункты необходимо показать на карте территории субъекта. Этот вопрос решается исходя из значимости населенных пунктов.

Районирование территории РФ по густоте населенных пунктов, плотности населения и графической нагрузке *Таблица 2*

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

Значимость населенных пунктов определяется в процессе их классификации и кодирования и отражается в виде двумерного графа. Перед количественной генерализацией населенных пунктов проводится их ранжирование по значимости следующим образом: в начале списка стоят наиболее значимые населенные пункты, а в конце – наименее значимые. Затем отображается необходимое (рассчитанное) количество населенных пунктов по порядку значимости. В интерактивном режиме картографом производится удаление наименее важных населенных пунктов до рассчитанного количества. Аналогичным образом проводится генерализация речной сети и путей сообщения.

Глава IV Экспериментальное апробирование методик формирования и преобразования картографической базы данных на примере Липецкой области.

Экспериментальное апробирование проведено по следующей схеме.

Формирование цифровой картографической базы данных.

Сформированная на основе номенклатурных листов цифровой топографической карты масштаба 1:1 000 000 картографическая база данных состоит из 4-х слоев: административные границы, гидрография, населенные пункты и пути сообщения. Именно такое количество слоев было выбрано исходя из того, что населенные пункты и пути сообщения являются наиболее быстро меняющимися картографическими объектами, а речная сеть и границы необходимы для согласованности в размещении. На данном этапе разработки в картографическую базу данных не входит рельеф, так как его генерализация является самостоятельной задачей, нуждающейся в дополнительных исследованиях.

Кроме информации с цифровой топографической карты масштаба 1:1 000 000 в картографическую базу данных для повышения её актуальности, универсальности и точности из различных источников заносится дополнительная информация следующего состава:

- численность жителей (Росстат РФ);
- коды ОКАТО и административная привязка населенных пунктов (классификатор ОКАТО);
- площадь населенных пунктов и их координаты (цифровая топографическая карта масштаба 1:200 000 и федеральное агентство кадастра объектов недвижимости);
- дополнительная информация о дорожной сети (федеральные, региональные и муниципальные планы развития дорожной сети).

Разработанная методика предусматривает получение и обновление большей части этой дополнительной информации в автоматическом режиме через компьютерную сеть Интернет.

Формирование базовой цифровой картографической основы масштаба 1:2 500 000.

На основе разработанного математического аппарата картографической генерализации из картографической базы данных была сформирована базовая ЦКО масштаба 1:2 500 000. Полученная ЦКО полностью согласована по густоте с цифровой топографической картой 1:1 000 000. Дальнейшая работа по получению производных ЦКО проходила в несколько этапов (рис 3).

Вычисление густоты и графической нагрузки картографических объектов на производных цифровых картографических основах.

На основе разработанного аппарата по результатам расчета густоты и графической нагрузки на ЦКО 1:2 500 000 была рассчитана необходимая густота и графическая нагрузка для производных ЦКО различных масштабов. Далее были рассчитаны пороги отбора для населенных пунктов, речной сети и путей сообщения. Все результаты расчетов для удобства использования сведены в формуляры.

Для автоматизации процесса написано программное обеспечение, в автоматическом режиме рассчитывающее теоретическую густоту, графическую нагрузку, пороги отборов для ЦКО производных масштабов по заданным ключевым параметрам с возможностью печати данных формуляров (отчетов) и их экспорта в MS Word, MS Excel и др.

Преобразование содержания картографической базы данных

На основании проведенных расчетов в интерактивном режиме на базовой ЦКО масштаба 1:2 500 000 производилась генерализация картографических объектов, включающая в себя два аспекта: количественный и качественный отбор. На основании разработанного кода значимости производилось ранжирование населенных пунктов таким образом, что наиболее значимые населенные пункты оказывались в начале списка, а наименее – в конце. Затем, на основании рассчитанного порога отбора, с начала списка отсчитывалось необходимое количество населенных пунктов. Далее в интерактивном режиме оператору предлагалось определить корректность списка населенных пунктов, попадающих под отбор и, в случае необходимости, – внести изменения. Затем производилось удаление населенных пунктов. Аналогичным методом производился отбор для речной и до-

рожной сети (с той разницей, что порогом отбора для линейных объектов служит не количество, а их общая длина).

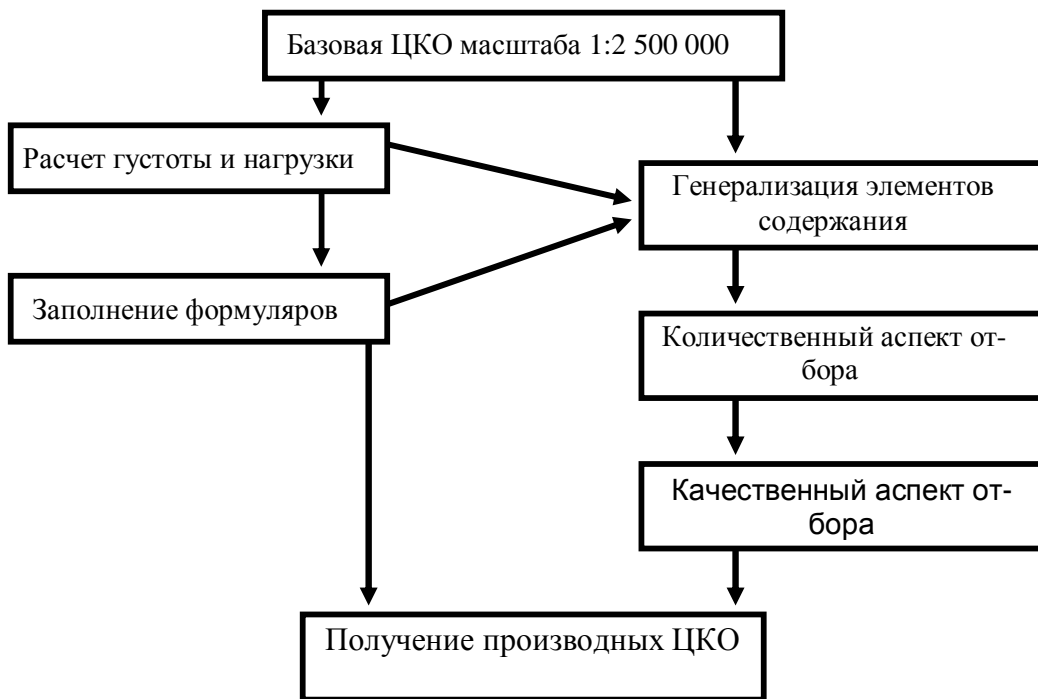


Рис. 3. Схема перехода от базовой ЦКО к производным

Была разработана специальная программа, позволяющая производить данные работы в интерактивном режиме.

Создание производной цифровой картографической основы

После проведенного отбора картографических объектов, с помощью разработанного программного обеспечения в автоматическом режиме были созданы ЦКО масштабов 1:3 000 000 и 1:5 000 000, на которых пунсоны населенных пунктов размещены автоматически и согласованы с речной сетью (сдвиг пунсона относительно реки). Вид и размер пунсонов, а также подписи населенных пунктов задавались автоматически на основании расчетов графической нагрузки, типа населенного пункта и его характеристик. Вид речной и дорожной сети также конструировался автоматически на основании заданных параметров.

В результате всех проведенных работ получены графические образцы ЦКО Липецкой области масштабов 1:3 000 и 1:5 000 000 в электронном и бумажном вариантах (рис. 4 а,б,в). Сравнения данных образцов с существующим картографическим материалом дают хорошую сходимость. Таким образом, разработанная методика апробирована и подтверждена её состоятельность.

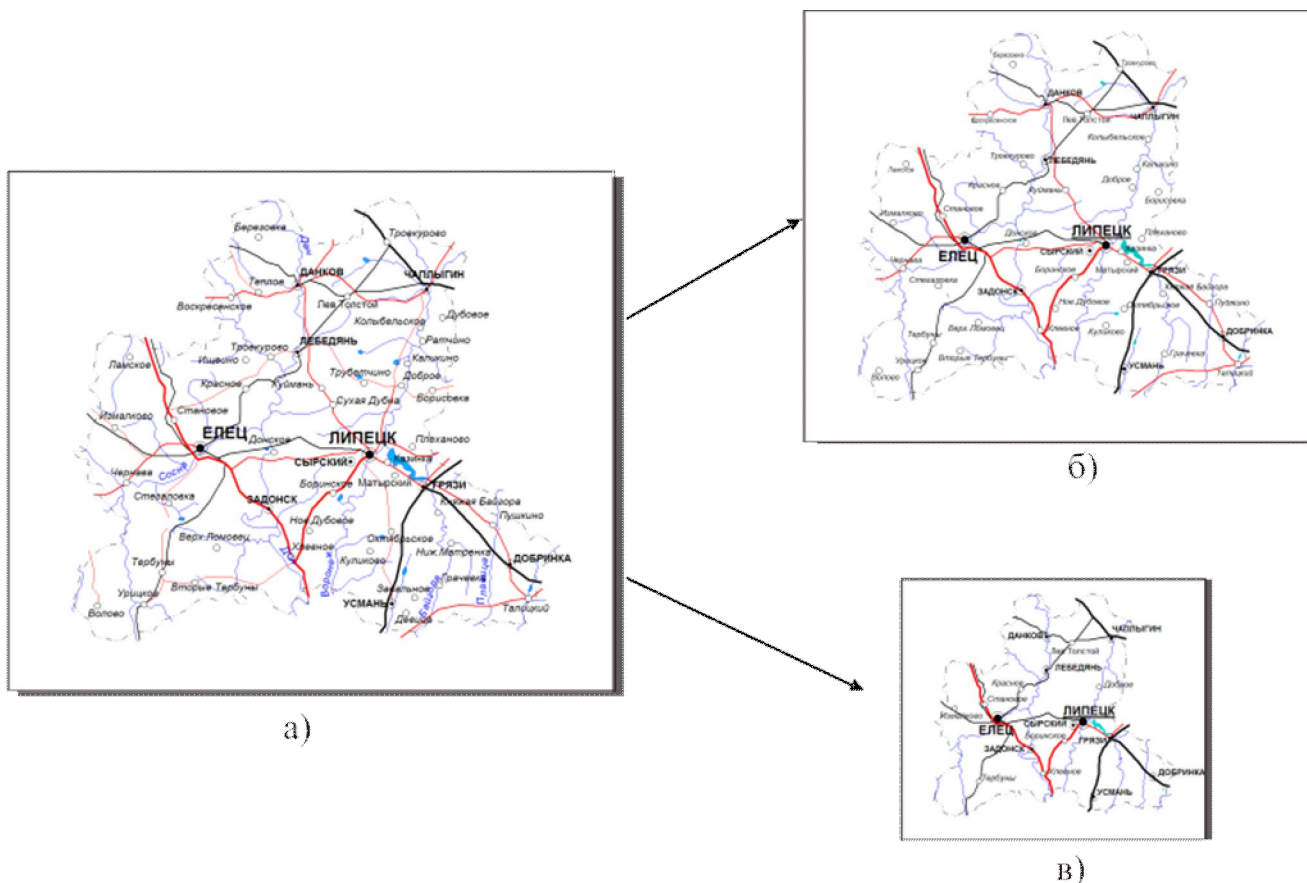


Рисунок 4. Примеры ЦКО Липецкой области масштабов (а-базовая ЦКО масштаба 1:2 500 00; б, в - производные ЦКО масштабов 1:3 000 000 и 1:5 000 000)

В дальнейшем она может быть использована для получения ЦКО любого масштаба от 1:2 500 000 до 1:12 000 000.

Заключение

В соответствии с поставленной целью выполнены теоретические и экспериментальные исследования, которые привели к следующим основным результатам и выводам:

- проведен анализ исходных картографических материалов, используемых при создании цифровых картографических основ для мелкомасштабного картографирования;
- выявлен характер зависимости изменения густоты и графической нагрузки картографических объектов при уменьшении масштаба карты.
- значительно расширена система классификации и кодирования картографических объектов (границы, населенные пункты, пути сообщения), введены новые характеристики объектов; классификация согласована с общепринятой системой

кодирования общероссийского классификатора территориальных образований (ОКАТО);

- разработаны предложения по повышению качества и точности цифровых картографических основ для мелкомасштабного картографирования.
- внесены существенные концептуальные изменения в технологический процесс камерального геоинформационного мелкомасштабного картографирования;
- разработано программное обеспечение для реализации технологических этапов создания базовой и производных цифровых картографических основ.

Основные положения диссертации освещены в следующих работах автора:

1. Проблема камерального геоинформационного картографирования (концепция) // Сборник статей по итогам научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава. Приложение к журналу «Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка», 2008, №1, С.54-58. (соавторы: А.Г.Иванов, С.А. Крылов, Л.В. Кудрявцев).
2. Повышение качества и точности мелкомасштабного картографирования. // «Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка», 2008, №6, С.56-59. (соавторы: А.Г.Иванов, С.А. Крылов).
3. Подходы к автоматизации картографической генерализации (по материалам XXIII Международной картографической конференции, Москва 8 – 10 августа, 2007) // «Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка», 2008, №6, С. 84-89.