На правах рукописи

Загребин Глеб Игоревич

Разработка теоретических основ и методологии автоматизированного создания атласных структур

Специальность 25.00.33 – «Картография»

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук

Москва – 2019

Работа выполнена в Московском государственном университете геодезии и картографии на кафедре картографии.

Официальные оппоненты: **Лисицкий Дмитрий Витальевич**, доктор технических наук, профессор, Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ), Научно-исследовательский институт стратегического развития СГУГиТ, директор

Флоринский Игорь Васильевич, доктор технических наук, Институт математических проблем биологии РАН – филиал Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», ведущий научный сотрудник

Филатов Валерий Николаевич, доктор военных наук, профессор, акционерное общество «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем», главный конструктор по геодезическим технологиям

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Защита диссертации состоится 26 марта 2020 г. в 10 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.143.04 при Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) по адресу: 105064, Москва, Гороховский пер., 4, зал заседаний Учёного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МИИГАиК и на сайте http://miigaik.ru/upload/iblock/cb8/cb84296938779f3bc93d0df34c40f054.pdf

Автореферат разослан « » _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Беленко Виктор Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Атласное картографирование является одним из приоритетных направлений современной картографической отрасли, что связано как с неослабевающей популярностью традиционных атласов в полиграфической версии, так и с активным внедрением и использованием интерактивных электронных и web-атласов, а также с разработкой атласных информационных систем. При этом внедрение геоинформационных технологий и интернет-технологий открывают новые возможности по созданию и использованию атласов в традиционной и электронной формах.

Атласы среди других видов картографических произведений выделяются сложностью структуры и построения содержания. Это, несомненно, приводит к высокой стоимости и трудоемкости создания атласов, к долговременному проектированию и наличию ошибок при их составлении. Несмотря на всю значимость и перспективность атласного картографирования, в настоящее время отсутствуют обобщающие методические решения по автоматизации процессов составления атласов и не существует программного комплекса, обеспечивающего выполнение всех требований по проектированию атласа.

Образовался разрыв между теорией «классического периода» картографирования и требованиями современных информационных технологий. Подобную проблему в других отраслях знаний решают на основе системного подхода и разработки методик для его реализации. При этом разработка методик, определяющих последовательность этапов выполнения анализа и методы их выполнения, опирается на базовые понятия теории систем и концепции, лежащие в основе исследования общесистемных закономерностей. Системный подход при решении проблем атласного картографирования требует, прежде всего, формализации совокупности знаний, созданных традиционной картографией, без которой невозможно

создать научного соответствия понятий и теорий ГИС и традиционной картографии.

В настоящее время наиболее трудоемкими и достаточно сложными процессами создания атласов являются: разработка оптимальной структуры атласа, проектирование математической основы (выбор масштабного ряда, картографических проекций, формата и компоновки). Кроме того, активно происходит сбор и накопление пространственных данных, в том числе постоянно изменяющиеся во времени. Поэтому разработка подходов и методов по автоматизации процессов проектирования структуры и математической основы атласов составляют содержание данного исследования.

Степень разработанности темы. На сегодняшний день не существует обобщающих решений по автоматизации процессов составления атласов. В настоящее время исследования в атласном картографировании посвящены в основном итогам и перспективам создания атласов, разработкам отдельных атласов как самостоятельных картографических произведений различной тематики и на определенную территорию, формированию атласных информационных систем заданного назначения, вопросам применения ГИС-технологий при разработке атласов.

Опыт создания атласов обобщен в работах А.Р. Батуева, М.К. Бочарова, Т.В. Верещаки, О.А. Евтеева, И.Г. Исаченко, Н.Н. Комедчикова, В.М. Котлякова, Т.В. Котовой, М.И. Никишова, А.И. Преображенского, К.А. Салищева, Т.Г. Сватковой, В.Б. Сочавы, И.А. Суетовой, В.И. Сухова, В.Г. Чуркина, Л.Ф. Январевой и других.

Исследования опирались на зарубежный и отечественный опыт, научные принципы и идеи в области автоматизации картографических процессов, а также классические труды, связанные с именами Л.М. Бугаевского, А.С. Васмута, Л.А. Вахрамеевой, Г.А. Гинзбурга, А.Г. Иванова, Г.И. Конусовой, Д.В. Лисицкого, А.А. Лютого, А.И. Мартыненко, Т.Д. Салмановой, С.Н. Сербенюка, М.Д. Соловьева,

В.И. Сухова, В.С. Тикунова, Е.И. Халугина, Д. Снайдера (J.P. Snyder), П. Янковского (P. Jankowski), Т. Нуергеса (T. Nyerges) и Ф. Кантерса (F. Canters) и других.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является разработка теоретических основ и методологии автоматизированного создания атласных структур. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать современное состояние развития атласного картографирования как в отечественной, так и в зарубежной картографических школах.
2. Определить основные понятия и концепции, лежащие в основе формализации содержания атласа.
3. Исследовать и выявить основные типы атласов, их структуры как средства исследования атласа.
4. Установить взаимосвязи уровней обобщения содержания атласа и формирование информации различного характера.
5. Формализовать подходы к проектированию атласных систем.
6. Разработать методику автоматизированного создания структуры проектируемого атласа и сформировать факторы, определяющие структуру атласа.
7. Разработать технологию выбора и построения элементов математической основы проектируемого атласа.
8. Разработать и реализовать систему поиска и хранения изданных карт и атласов, объединяющую картографические источники разных систем координат.
9. Апробировать разработанные методы и подходы при создании атласов.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Введены новые понятия и термины атласного картографирования, развивающие понятийный аппарат в области создания содержания атласа и использования его при формировании информации: «атласные структуры», «уровни обобщения содержания», «минимальная территория».

2. Определены принципы организации структуры общегеографических, тематических и комплексных атласов и разработана методика автоматизированного определения структуры атласа.

3. Предложены методы автоматизированного проектирования математической основы атласов: определение масштабного ряда карт, картографических проекций и вариантов компоновок.

4. Разработана система поиска и хранения изданных карт и атласов, определены ее назначение и структура, предложены решения по поиску, отображению, организации хранения изданных карт и атласов в системе, сформирована база метаданных изданных атласов, рассмотрены способы реализации предлагаемой справочно-поисковой системы.

5. Разработана методика автоматизированного определения математической основы, обеспечивающая интеграцию аналоговых картографических материалов в геоинформационные системы.

6. Создан программный комплекс, обеспечивающий реализацию определения структуры атласа и построения математической основы карт атласа.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы состоит в развитии теории и методов атласного картографирования, развитии электронной атласной картографии с учетом традиций и многолетнего опыта по созданию картографической продукции, разработке новых методик проектирования атласов.

Практическая значимость работы заключается в том, что результаты исследования обеспечат оперативность создания атласов и повысят их качество, будут способствовать удовлетворению возрастающего спроса

потребителей на атласную картографическую продукцию, особенно в цифровой форме в виде электронных атласов и геопортальных решений.

Результаты исследований предполагается использовать в картографическом производстве, в образовательных учреждениях и организациях, связанных с поиском, анализом и визуализацией пространственной или пространственно-временной информации.

Реализация разработанных методик позволит автоматизировать наиболее трудоемкие процессы создания атласов.

Результаты системного анализа структуры атласов могут быть использованы для оценки функции составных частей атласа и атласа в целом; формализации методических приемов организации классических атласов в среде геоинформационных технологий; совершенствования изданных атласов и анализа их достоинств.

Методология и методы исследования

Исследование опирается на фундаментальные труды отечественной картографической школы, на традиции и новейшие достижения общегеографического, тематического и атласного картографирования. В работе использовались системный картографический подход, теоретико-методологические основы картографирования, принципы картографического моделирования, эмпирико-математический метод, методы картографического, статистического и сравнительного визуального анализа, методы геоинформационного картографирования.

Положения, выносимые на защиту:

– концептуальное представление содержания атласа, определяющее принципы организации структуры общегеографических, тематических и комплексных атласов;

– методика автоматизированного определения оптимальной структуры атласа, решающая трудоемкий и начальный этап проектирования атласа с учетом накопленного опыта проектирования атласных структур и адаптацией под новые исходные данные;

– методика автоматизированного выбора и построения элементов математической основы карт атласа, обеспечивающая оптимальный выбор масштабного ряда атласа, картографической проекции, компоновки и шага картографической сетки;

– разработка системы поиска и хранения изданных карт и атласов, реализующая поиск, отображение, организацию хранения изданных карт и атласов;

– методика автоматизированного определения картографических проекций изданных карт, решающая задачи интеграции и корректной географической привязки картографических произведений в систему поиска и хранения изданных карт и атласов.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность научных и практических результатов проведённых исследований подтверждается их теоретическим обоснованием и результатами апробации, включая сравнение с наилучшими результатами, полученными отечественными и зарубежными учёными.

Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на следующих научно-технических конференциях и научных конгрессах: на международной научно-практической конференции «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях» (Москва, 2013); на международных картографических конференциях (ICC2013 в Германии, ICC2015 в Бразилии, ICC2019 в Японии); на международных научно-технических конференциях МИИГАиК (2013-2019); на международных выставках и научных конгрессах «Интерэкспо Гео-Сибирь» (Новосибирск, 2014-2018); на X научной конференции по тематической картографии (Иркутск, 2015); на международной научно-технической конференции «Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения» (Санкт-Петербург, 2015); на международной научно-практической конференции «Геодезия, картография, кадастр, ГИС – проблемы и перспективы развития»

(Новополоцк, 2016 г.); на 6th и 7th International Conference on Cartography and GIS (Болгария, 2016 и 2018); на международной научно-практической конференции «От карты прошлого – к карте будущего» (Пермь, 2017); на X Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационное картографирование в регионах России» (Воронеж, 2018); на Всероссийской научной конференции «Национальная картографическая конференция – 2018» (Москва, 2018); на 15th International Conference on Geoinformation and Cartography (Хорватия, 2019).

Полученные результаты исследований внедрены в учебный процесс Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) при чтении курсов «Проектирование картографических баз данных», «Атласное картографирование» и «Автоматизация в тематической картографии», в работе над выпускными квалификационными работами. Разработанная система поиска и хранения изданных карт и атласов позволяет удаленно работать с данными картографического фонда кафедры картографии МИИГАиК.

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в 35 публикациях, из них – 11 научных работ в рецензируемых журналах, из них 3 статьи в журналах входящих в международную реферативную базу данных Scopus.

Личный вклад автора в проведенное исследование. Все научные результаты настоящей диссертационной работы, выносимые на защиту, получены автором лично. При личном участии автора работы научные результаты применялись при подготовке курса «Атласное картографирование» и написании методического пособия для данного курса совместно с А.А. Макаренко, а также при выполнении проектов в рамках государственных заданий «Разработка методологии автоматизации процессов камерального картографирования» на 2009-2013 гг. и «Разработка теории и методов автоматизации процессов атласного картографирования» на 2017-2019 гг. под руководством С.А. Крылова и при выполнении грантов

Президента Российской Федерации «Исследования качественного аспекта отбора населенных пунктов для автоматизации процесса генерализации мелкомасштабного картографирования» на 2014-2015 гг. и «Методика автоматизированного определения картографических проекций изданных карт» на 2015-2016 гг. (руководитель к.т.н. Загребин Г.И.).

Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка используемой литературы из 167 наименований, в том числе 35 наименований на английском языке. Общий объем диссертации составляет 229 страниц машинописного текста, содержит 14 таблиц, 62 рисунка, 7 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, показаны теоретическая и практическая значимость полученных результатов, отражены выносимые на защиту научные положения, степень достоверности и апробация результатов.

В **первом разделе** диссертационной работы рассмотрен атлас как картографическое произведение, даны определение, свойства, классификация атласов, проведен анализ ключевых работ по изучаемой проблематике.

Атласы среди других видов картографических произведений выделяются сложностью структуры и построения содержания. Интерес к атласам у пользователей определил разработку методологии создания классических атласов, которая позволяет проследить современное состояние и пути развития атласного картографирования в период информационных технологий.

Определение атласа менялось со временем по форме, но и по содержанию. Уточнение определения атласа, приведенное в данном разделе, связано с осознанием объекта исследования как совокупности укрупненных

составных частей и необходимости использования атласов в современной информационной среде. Отсюда уточненное определение: атлас – системно организованный набор карт, структура и форма представления которых определяет способ получения информации.

Независимо от содержания внутренняя неоднородность атласов позволяет делить их на составные части: вводную, содержательную и внешнюю часть атласа. Наименее изучены функции внешней части. Эта часть атласов отличается неопределенностью, размытостью требований, что осложняет процесс проектирования атласа.

В результате проведенного анализа современного состояния теоретико-методических разработок по тематике работы установлено, что существующие исследования в атласном картографировании посвящены в основном созданию картографических произведений как самостоятельных продуктов на заданную территорию и разработке атласных информационных систем определенного назначения. Обобщающих решений по автоматизации процессов составления атласов на сегодняшний день не существует. Поэтому на кафедре картографии МИИГАиК предложена концепция автоматизированного создания атласов, включающая основные этапы: автоматизированное определение структуры атласа; выбор и построение математической основы атласа; формализация создания типовых географических основ атласа; формирование и визуализация справочной информации атласа; организация, хранение и использование пространственно-временных данных в электронных атласах.

Во **втором разделе** рассмотрено концептуальное представление содержания атласа.

Теоретические исследования в области атласного картографирования, основанные на опыте создания конкретных атласов, не носят системный характер, т.к. эффективная методика при составлении одного атласа может оказаться неподходящей для других. Решение проблемы связано с обновлением общей теории атласного картографирования на основе

системного анализа. Системный подход при исследовании атласа помогает наметить основные этапы методики системного анализа, на каждом из которых решены следующие задачи.

Определены основные понятия, характеризующие состав и функции атласа как системы:

– понятие «Уровень обобщения» (составные части содержания) выделяет относительно независимую часть содержания атласа, ориентированную на отображение территории примерно одинакового обобщения в атласах общегеографического содержания, или представляет совокупность однородных, одноранговых карт в атласах комплексного содержания;

– понятие «Атласная структура» (структура атласа) характеризует особый вид связей внутри, между уровнями обобщения содержания и связи с информационной средой;

– «Атласная структура» служит средством исследования, и её можно рассматривать как метод, который проявляет свои главные специфические приёмы в основном при построении структуры содержания атласа, а также структуры данных некоторых дисциплин. Этот метод может служить основой организации проектирования любого атласа в конкретных приложениях на моделях; может выступать как инвариант, перенося закономерности, выявленные и отраженные в структуре одной системы в другую;

– концепция «Минимальной территории» может служить основой для определения предела декомпозиции картографируемой территории при решении практических задач проектирования атласа.

Созданная терминология позволила по-новому обозначить объекты исследования, описать информацию, формируемую уровнями обобщения содержания. Так, уровни обобщения содержания при единой системе условных знаков атласа визуально передают:

– различия плотности изображения объектов, формируя информацию о дифференциации территории на обзорных картах;

– формирует информацию о размещении объектов по изменяющимся расстояниям между изображениями на региональных картах.

Пользователь считывает содержание на «языке» картографического изображения, и затем формирует информацию на «языке» дисциплины, создавшей исходные данные.

Современное положение картографических изображений, к числу которых относятся и атлас, в среде информационных технологий схематично можно представить следующим образом (рисунок 1).

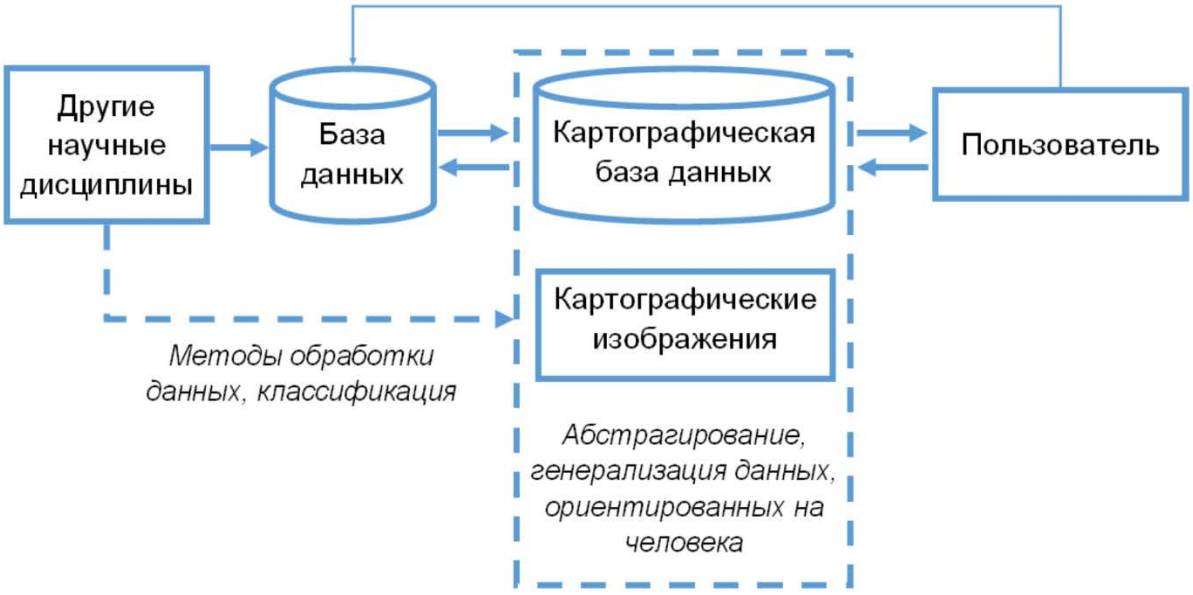


Рисунок 1 – Место картографических изображений в информационной среде

Из схемы видно, что картография использует данные и классификации других научных дисциплин, визуализация которых выполняется на основе общенаучных методов абстрагирования и генерализации. При этом исследования и объяснение сущности картографического изображения базируются на терминологии научных дисциплин, данные и классификации которых используются при картографировании.

Формальные признаки содержания атласа позволяют определить понятия, характеризующие состав и функции атласа как системы.

1. «Уровни обобщения содержания», однотипность каждого из них разделяет содержание атласа на составные части.

2. Структура содержания атласа, «атласная структура», которая создает определенную упорядоченность уровней обобщения содержания, их взаимное расположение и связи.

Объединение в систему уровней обобщения содержания и создание целостного представления картографируемой территории или тем является целью (назначением) создания атласа. Целостность содержания атласа определяется конструкцией связей уровней обобщения. Понятие «связь» обеспечивает возникновение и сохранение свойств целостности содержания атласа.

Несмотря на то, что каждый атлас имеет собственное нетривиальное содержание, создаваемое по программе, направленной на достижение заданного назначения, организацию связей между уровнями обобщения содержания атласа определяет его структура. Под структурой содержания атласа понимается взаимное расположение и связь уровней обобщения содержания атласа.

Упорядоченность отношений, свойственная определенному виду атласов, позволяет выделить типы атласных структур, от которых в значительной степени зависят функции атласов и эффективность их выполнения.

Структура обладает относительной независимостью от территории или основных тем картографирования, поэтому структурные представления выбраны и далее рассматриваются в качестве метода, который должен проявлять свои главные специфические признаки только при построении содержания атласа, но также служить средством исследования и организации данных некоторых других научных дисциплин.

Содержание каждого вида атласа (общегеографического, комплексного и тематического) характеризуется определенной упорядоченностью отношений, связывающих его составные части. Упорядоченность отношений, свойственная определенному виду атласов, позволила выделить типы атласных структур, от которых в значительной степени зависят функции

данного вида атласов и эффективность их выполнения. Каждый тип структуры отображает упорядоченность составных частей атласа и их связи.

Для однозначного понимания упорядоченности связей содержания в основных видах атласов, они были представлены в символической форме в виде графической модели. Наглядная форма модели позволяет выявить организацию связей в атласе. Пример такой модели приведен на рисунке 2.

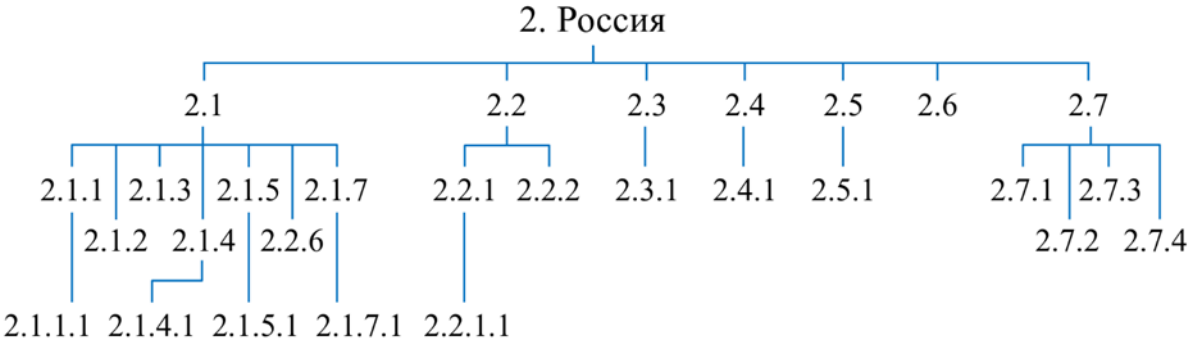


Рисунок 2 – Графическая модель раздела «Россия» Атласа мира, изд. 1999 г.

Модель позволяет показать упорядоченность связей внутри одного уровня обобщения и направление формирования информации (по «горизонтали»), которые образуют систему однотипных карт примерно с единообразным уровнем обобщения содержания.

Упорядоченность связей между уровнями обобщения близка к иерархической структуре, при которой устанавливается число уровней обобщения содержания для полного описания картографируемой территории, соответствующего целям создания атласа.

Упорядоченность связей в комплексном атласе направлена на создание полной всесторонней характеристики картографируемой территории. В таких атласах уровни обобщения содержания комплексного атласа традиционно образуют группы карт природы и социально-экономических карт. При декомпозиции их по горизонтали, внутри уровня обобщения определяет число и последовательность основных тем. Такая систематизация основных тем в атласе близка к линейной структуре.

На рисунке 3 схематично показана организация упорядоченности основных тем комплексного атласа в серии региональных школьно-краеведческих атласов. При такой структуре упорядоченность внутри уровня обобщения содержания определяется последовательностью основных тем в атласе, которая соответствует логике формирования знаний о картографируемой территории. Основные темы представлены в атласе в виде совокупности несвязанных тем. Каждая из этих тем дифференцирует размещение объектов, объединенных темой и методикой картографирования. Такая обособленность внутри уровня обобщения проявляется в большей части традиционных комплексных атласов. Обособленность проявляется в том, что карты не связаны внутри уровня обобщения. Увеличение основных тем в комплексном атласе требует деления их на подсистемы.

Вертикальная направленность связей, между уровнями обобщения в комплексном атласе близка к иерархии. Обобщение нескольких основных тем, характеризующих размещение объектов, создает их синтез и позволяет перейти к дифференциации типов территории. Переход от отдельных тем к знаниям о дифференциации территории создает разные уровни информации, формирующие комплексное описание территории и способствующие созданию целостности содержания атласа.

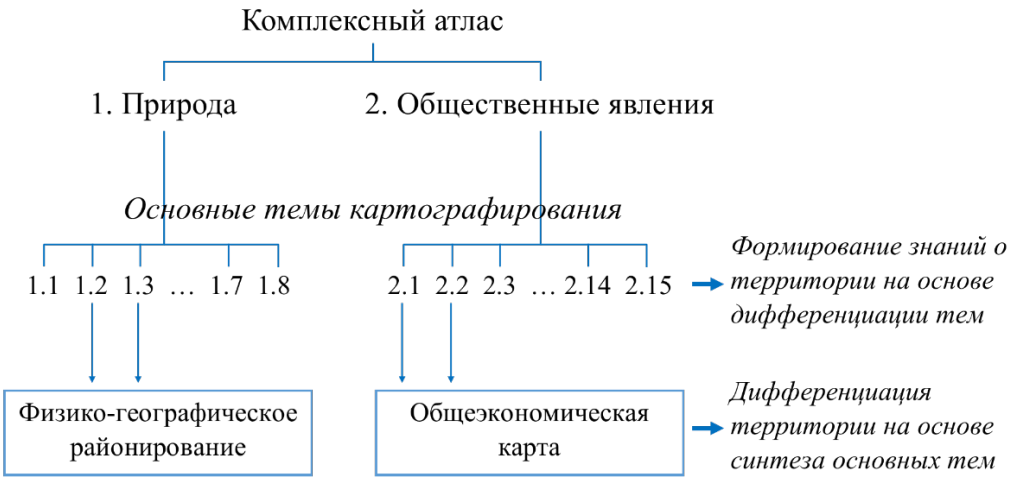


Рисунок 3 – Графическая модель упорядоченности связей карт комплексного атласа школьно-краеведческого назначения

На рисунке 4 показана графическая модель структуры тематического Физико-географического атласа мира, изд. 1964 г.

Рисунок 4 – Графическая модель связей уровней обобщения содержания тематического атласа

Концептуальное представление содержательной части атласа, позволяет создать целостное отображение картографируемой темы или территории, и на его основе конструировать не только содержание, но также назначение.

Взаимосвязи уровней обобщения содержания организуют целостность содержания атласа, определяют характер получаемой информации и формируют критерий целостности (назначение атласа), позволяющий установить связь с внешней средой.

Третий раздел посвящен теоретическим основам автоматизации определения структуры и проектирования математической основы атласа (рисунок 5).

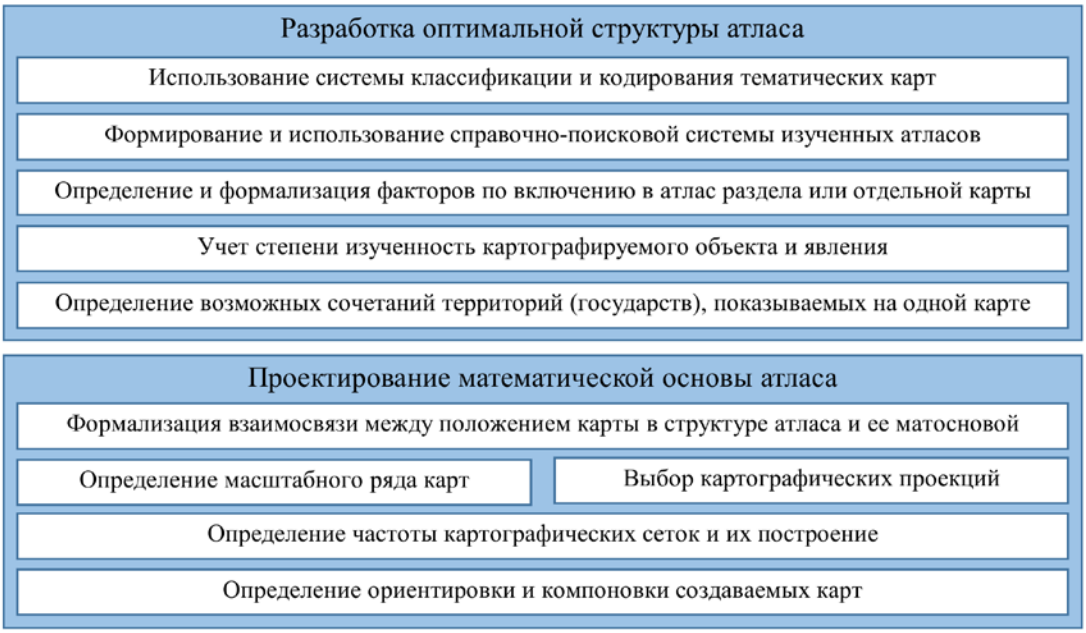


Рисунок 5 – Предлагаемые решения по автоматизации рассматриваемых процессов составления атласов

Основополагающим и трудоемким этапом создания любого атласа является определение и разработка его структуры, под которой в узком смысле при картографировании можно понимать состав и последовательность размещения разделов атласа, их строение и расположение карт в них. Разделы карт могут представлять собой серию карт, их наборы, системы карт разного масштаба, содержания, типов. В зависимости от содержания и назначения структура атласа может быть различной.

Для автоматизированного определения структуры атласа (общегеографического, тематического, комплексного) можно выделить следующие решения этапов методики:

– использование единой, подробной и современной системы классификации и кодирования тематических карт. Это обеспечивает системный и унифицированный подход в разработке структуры комплексных и тематических атласов. Несмотря на то, что в настоящее время существующие классификации разрознены, а для некоторых тематических разделов имеются противоречия или отсутствует подробная классификация, учитывающая все многообразие типов карт, проведены исследования карт

природы и социально-экономических карт и спроектирована единая база данных, содержащая наиболее подробную классификацию тематических карт, масштабные уровни картографирования для каждой карты и взаимосвязь карты с разделами атласа;

– формирование и использование справочно-поисковой системы изданных отечественных и зарубежных атласов, содержащей информацию об их структуре, а также перечень общегеографических и тематических карт. Это позволяет при разработке структуры учесть опыт атласного картографирования на заданную территорию, определить наиболее востребованные разделы и темы карт. Вопросы по разработке подобной справочно-поисковой системы рассматриваются в четвертом разделе. Однако только одной такой системы для разработки структуры недостаточно, так как в некоторых случаях нет устоявшихся разделов, их названий и состава карт. Например, геофизические карты могут быть размещены в разделе карт природы либо в составе особого раздела «Геофизические условия», либо как самостоятельные карты. В то же время большинство атласов учитывают геологическую направленность геофизических карт, часто помещая их в раздел «Геологическое строение и ресурсы недр». Кроме того, существуют карты, созданные после выхода атласа в связи появлением новых источников данных принципиально новой информации, а также с развитием программных и технических средств;

– определение и формализация факторов, влияющих на включение в атлас определенного раздела или отдельной карты. Например, на решение по включению той или иной геофизической карты в комплексный атлас помимо степени выраженности аномалий геофизического поля, определяемой при помощи районирования полей и составления соответствующих карт, влияют такие факторы, как характер рельефа, распространение полезных ископаемых, а также занимаемое положение территории по отношению к областям сейсмической активности. Для их учета целесообразно привлекать информацию с карт из существующих атласов, поскольку перечисленные

факторы имеют достаточно устоявшееся распределение в пространстве и представлены в удобной для анализа картографической форме в виде синтетических карт;

– учет степени изученности картографируемого объекта и явления. Для этого необходимо определить основные источники данных, используемые для составления тематических карт и доступные в открытом пользовании. К таким данным относятся данные статистических служб (например, Росстата), открытого Правительства РФ, научно-исследовательских институтов, международных организаций, ГИС-атласы и др. Для формализации этого процесса необходимо для каждой тематики разработать базу данных основных и дополнительных источников данных, где будут определены исходные данные, источник для их получения, дата обновления, основные показатели и т.п.;

– определение возможных сочетаний территорий (государств), показываемых на одной карте, в зависимости от различных факторов: политических, экономических, религиозных, этнических факторов, географических особенностей территории и др.;

– разработка алгоритмов и программная реализация по автоматизации перечисленных этапов.

В зависимости от вида создаваемого атласа перечень предлагаемых решений по автоматизации определения структуры атласов может быть различным. На рисунке 6 представлена схема взаимосвязей процессов разработки оптимальной структуры комплексного атласа.

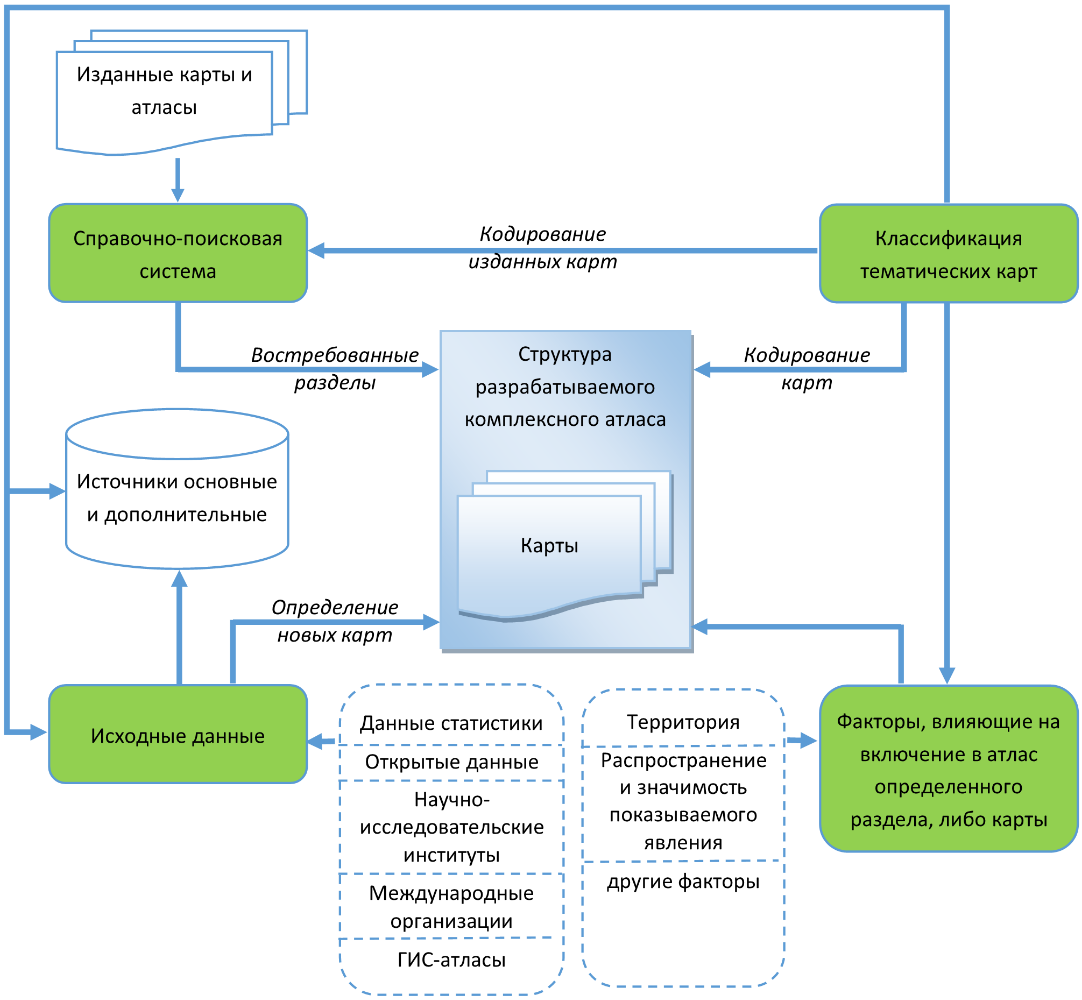


Рисунок 6 – Схема взаимосвязей процессов разработки оптимальной структуры комплексного атласа

При разработке математической основы атласов решены вопросы, связанные с установлением масштабного ряда карт; построением картографических сеток; обоснованным выбором картографических проекций, которые будут использоваться в атласе; определением ориентировки и компоновки создаваемых карт. В атласном картографировании необходимо учесть особенности проектирования математической основы атласа, заключающиеся в том, что при переходе от отдельной карты к их комплексу в составе атласа, изменяются требования к математической основе каждой карты. Помимо требований, которые предъявляются к отдельной карте, добавляются новые, связанные с положением карты в структуре атласа.

Так при установлении масштабного ряда карт атласа обязательным этапом является выявление групп масштабов, в которых будут создаваться карты. При этом необходимо использовать методы статистического анализа, а также учитывать правило кратности масштабов и формат атласа. Для вычисления масштабов создаваемых карт атласа предлагается использовать два подхода. Первый основан на расчете масштаба, исходя из формата карты и размера территории картографирования. Второй учитывает густоту и графическую нагрузку объектов, показываемых на карте, и позволяет вычислить оптимальный масштаб карты в зависимости от количества объектов общегеографического или тематического содержания карты. В таблице 1 показана связь типа атласа и способа определения его масштабного ряда.

Таблица 1 – Схемы определения масштабного ряда атласа

Тип атласа		
Комплексный	Общегеографический	Тематический
Характерные черты		
Несколько масштабных уровней одной территории разной тематики	Множество территорий картографирования, разных по размеру, но единой тематики	Множество территорий картографирования, разных по размеру и по тематике
Виды карт		
Обзорная карта Основное содержание Дополнительные карты	Основные карты Карты врезки	Основные карты Карты врезки
Определение масштабного ряда		
Согласно формату атласа с учетом схем компоновки карт на его странице	По густоте картографируемых объектов	По густоте картографируемых объектов

Для определения масштабного ряда атласа по густоте картографируемых объектов была разработана схема, представленная на рисунке 7.

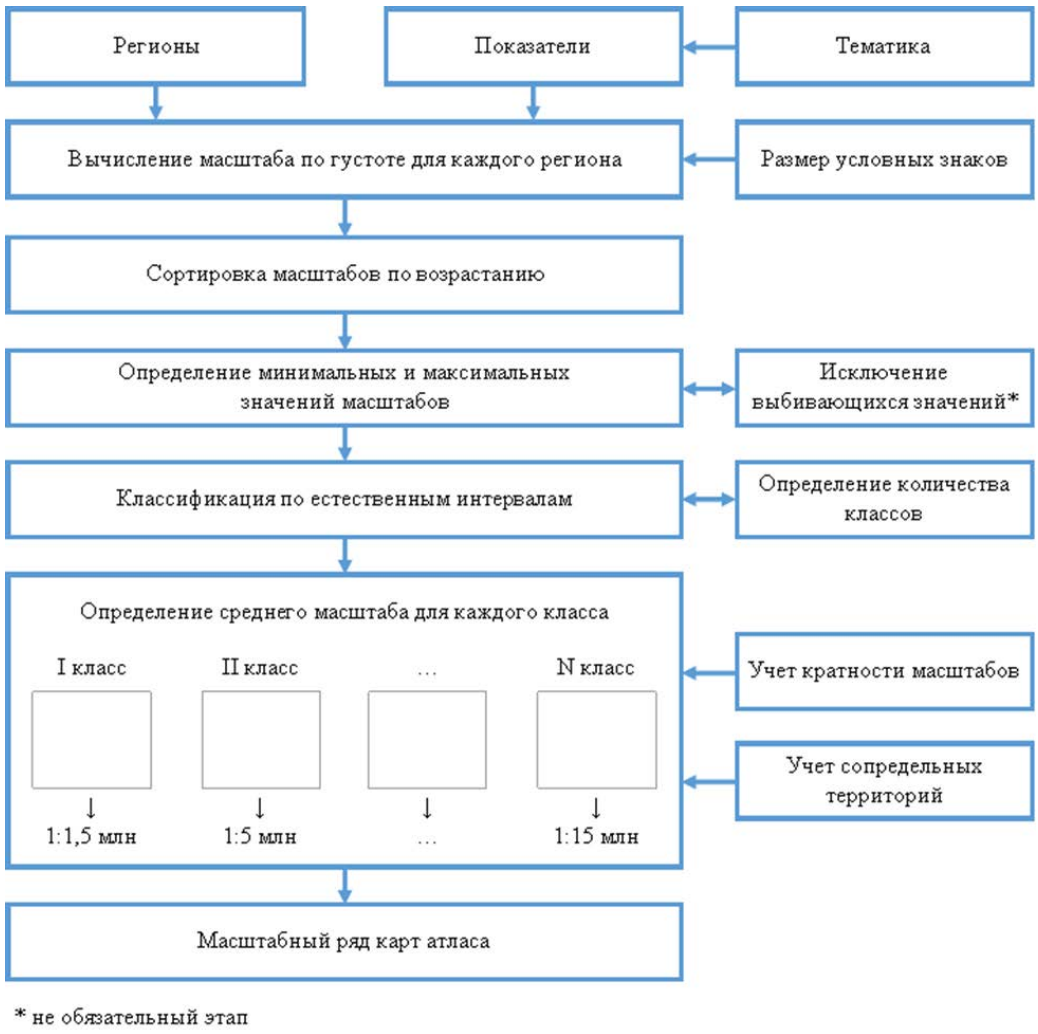


Рисунок 7 – Схема определения масштабного ряда атласа по густоте картографируемых объектов

При выборе картографических проекции для карт атласа следует учитывать положение карты в структуре атласа и рассматривать математическую основу в комплексе. Для этого формализованы взаимосвязи между положением карты в структуре атласа и ее математической основой, а также взаимосвязь между основами отдельных карт атласа.

Способ выбора картографических проекций зависит от размеров картографируемых территорий. Так для карт Мира, полушарий, материков и России круг используемых картографических проекций определен. Поэтому для автоматизации процесса выбора проекции на такие территории используется библиотека картографических проекций. При картографировании территорий протяженностью по долготе менее 9º

выбирается проекция Гаусса-Крюгера. Для карт средних регионов Российской Федерации и стран Мира выбор картографической проекции осуществляется поэтапно с использованием разработанной методики и программы выбора оптимальной проекции в интерактивном режиме, апробированной при выборе проекций для картографирования федеральных и военных округов РФ.

На начальном этапе создания картографической сетки необходимо однозначно определить ее частоту на основе соответствия масштаба создаваемой карты и положения картографируемой территории.

При разработке макета компоновки приходится находить оптимальное сочетание между проекцией, масштабом, компоновкой и форматом атласа, а это возможно оперативно осуществлять только в интерактивном режиме работы. Отсюда возникает задача разработки информационного и программно-технического обеспечения данного режима. Для автоматизации процесса разработки макета компоновки необходимо решить следующие задачи: сформировать информационную базу картографических данных на основе исходного картографического материала, покрывающего всю территорию картографирования участков (первоначально для атласов Российской Федерации), отвечающую требованиям макета компоновки; создать новое или использовать существующее программное обеспечение, позволяющее отрабатывать макет компоновки, осуществлять автоматизированный отбор содержания и одновременно трансформировать в требуемый масштаб, ориентировку и проекцию.

В **четвертом разделе** разработана система поиска и хранения изданных карт и атласов. В настоящее время непрерывно увеличивается и постоянно пополняется фонд изданных картографических произведений. Большинство карт, особенно ранних эпох, представляют собой самостоятельные документы, использование которых позволяет решать научно-практические задачи по изучению динамики явлений. По изданным картам можно выполнять сравнительный анализ различных периодов, выявлять исторические связи или изменение картографируемых объектов и явлений во времени. Кроме того,

карты интересны пользователям как самостоятельные картографические произведения.

Работа с изданными, особенно старыми, картами требует структуризации информации, ее визуализации современными средствами геоинформационного и веб-картографирования. В этом отношении становятся все более востребованными и актуальными справочно-поисковые системы, реализующие функции хранения, поиска и удаленного доступа к пространственным данным. При этом помимо поиска карты по метаданным и ее отображения в отдельном окне становятся более необходимым отображение геопривязанной карты с наложением на нее других пространственных слоев (например, современных границ субъектов РФ).

Предлагаемая структура системы поиска и хранения изданных карт и атласов представлена на рисунке 8.

При интеграции изданных карт в разрабатываемую систему требуется однозначно знать элементы математической основы карт (поверхность относимости, картографическую проекцию и её параметры). Определение этих элементов во многих случаях представляет собой сложную задачу, так как практически на всех изданных отечественных картах не указываются параметры картографических проекций. Кроме того, при определении математической основы необходимо учитывать влияние деформации бумаги и ошибок сканирования. Неточности в определении проекции и её параметров приводят к некорректной географической привязке и, как следствие, к ошибкам в метрической информации пространственных данных. Незнание проекции вызывает необходимость использования при трансформировании изображения аппроксимирующих математических моделей (аффинной, полиномиальной и др.), что ведёт к потере точности карт.

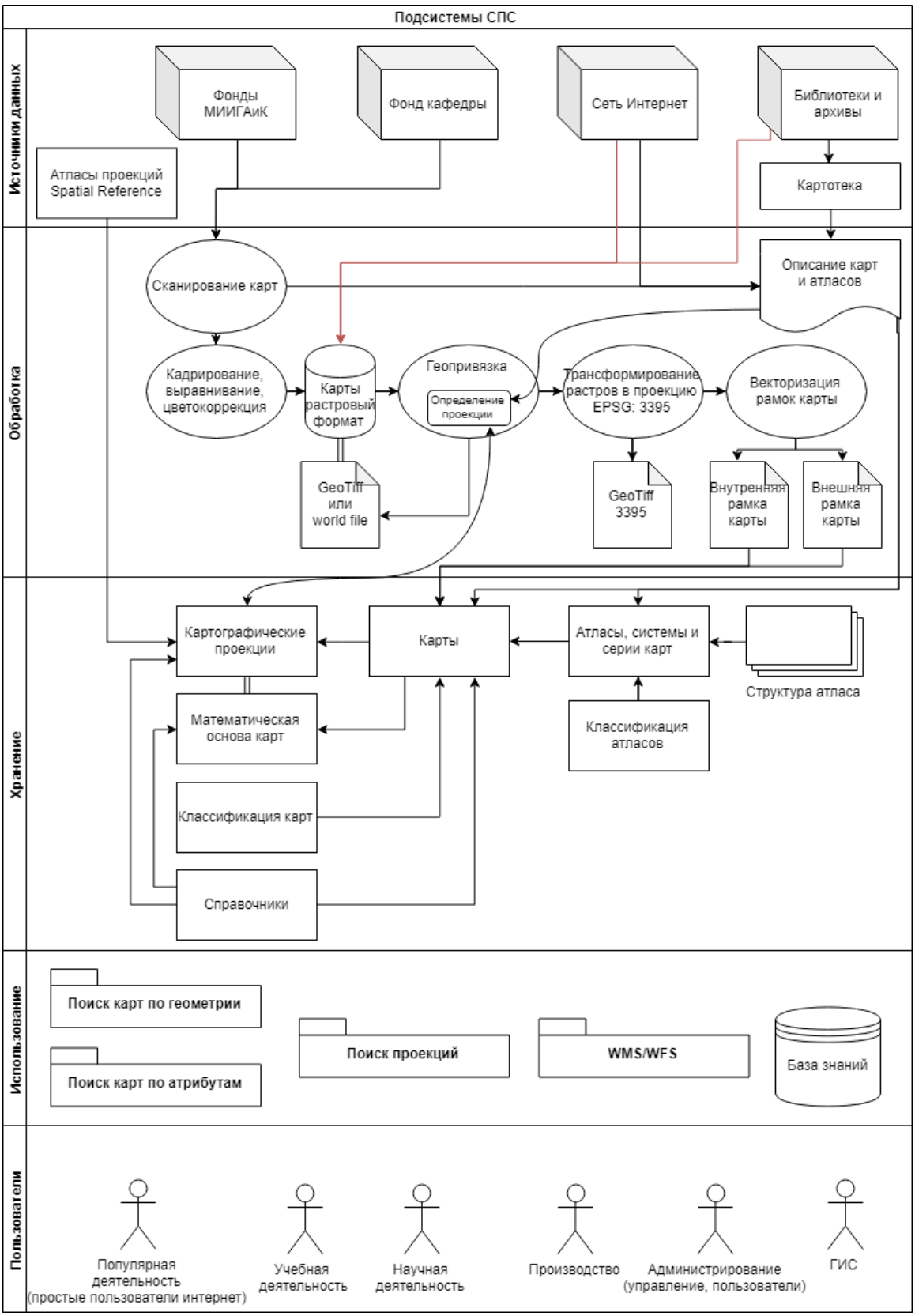


Рисунок 8 – Технологическая схема системы поиска и хранения изданных карт и атласов

Определение проекции при наличии картографической сетки на исследуемой карте выполняется путем установки совокупности свойств картографической сетки изданной карты: вида меридианов и параллелей, изображения полюса и экватора, углов между параллелями и меридианами. Чем больше свойств будет указано, тем меньшее число проекций предстоит проанализировать в дальнейшем. Также для решения проблемы определения проекции автором разработана база знаний, содержащая базу данных картографических проекций и базу данных математической основы изданных карт.

Предлагаемая автором методика автоматизированного определения проекции изданных карт включает в себя следующие этапы: 1) выбор территории, времени издания, страны издания карты и других параметров (эти параметры уже могут быть в метаданных карты); 2) указание минимального числа контрольных точек (четыре точки) для первоначальной привязки карты; 3) автоматический поиск проекции в базе данных проекций по метаданным и контрольным точкам; 4) добавление дополнительных контрольных точек (при необходимости); 5) уточнение списка проекций по отличительным особенностям картографической сетки (кривизна линий, показ полюса и т. д.) в автоматическом (по контрольным точкам) или в интерактивном режимах; 6) автоматическое определение проекции из списка и расчёт её параметров путём перебора всех возможных значений и расчёта средней квадратической ошибки; 7) учёт деформации бумаги – полиномиальное трансформирование исходного изображения в теоретическую систему координат исходного изображения; 8) аналитическое трансформирование в систему координат ГИС.

Этапы данной методики реализованы в специализированном программном комплексе, который обеспечивает автоматизацию определения математической основы изданных карт, а также трансформирование растров в большинство известных картографических проекций (в том числе отечественных) и их сохранение в общедоступных форматах, которые можно будет использовать в большинстве ГИС и в сети Интернет на геопорталах.

Описание карт и атласов хранится в реляционной базе данных в виде таблиц. Атлас представляет собой систематизированную совокупность карт, разделенную на составные части (разделы, подразделы), которые образуют иерархию, т.е. уровни составных частей атласа, между которыми существуют связи. Иерархия составных частей отличает атлас от других картографических произведений. Хранение иерархической структуры атласов осуществляется в виде файла XML.

Для показа картографического изображения на геопортале используется тайловая структура, для которой необходимо определить масштабные уровни. Минимальный масштабный уровень равен нулю. Для определения максимального уровня разработана формула, учитывающая разрешение исходного растрового изображения, масштаб изданной карты и географическое положение территории:

$$z = \log_2 \frac{6163111{,}42D \cos|\varphi|_{min}}{M}$$

где z – масштабный уровень для тайлинга – целое число, округляется в большую сторону,

D – разрешение сканирования изображения (обычно 300 dpi),

M – знаменатель масштаба карты,

$|\varphi|_{min}$ – минимальная широта картографического изображения по модулю. Если на карте изображен экватор, то $|\varphi|_{min}=0$.

Для каждой карты формируется отдельная страница посредством php-скрипта. На рисунке 9 дана технологическая схема внесения данных в систему.

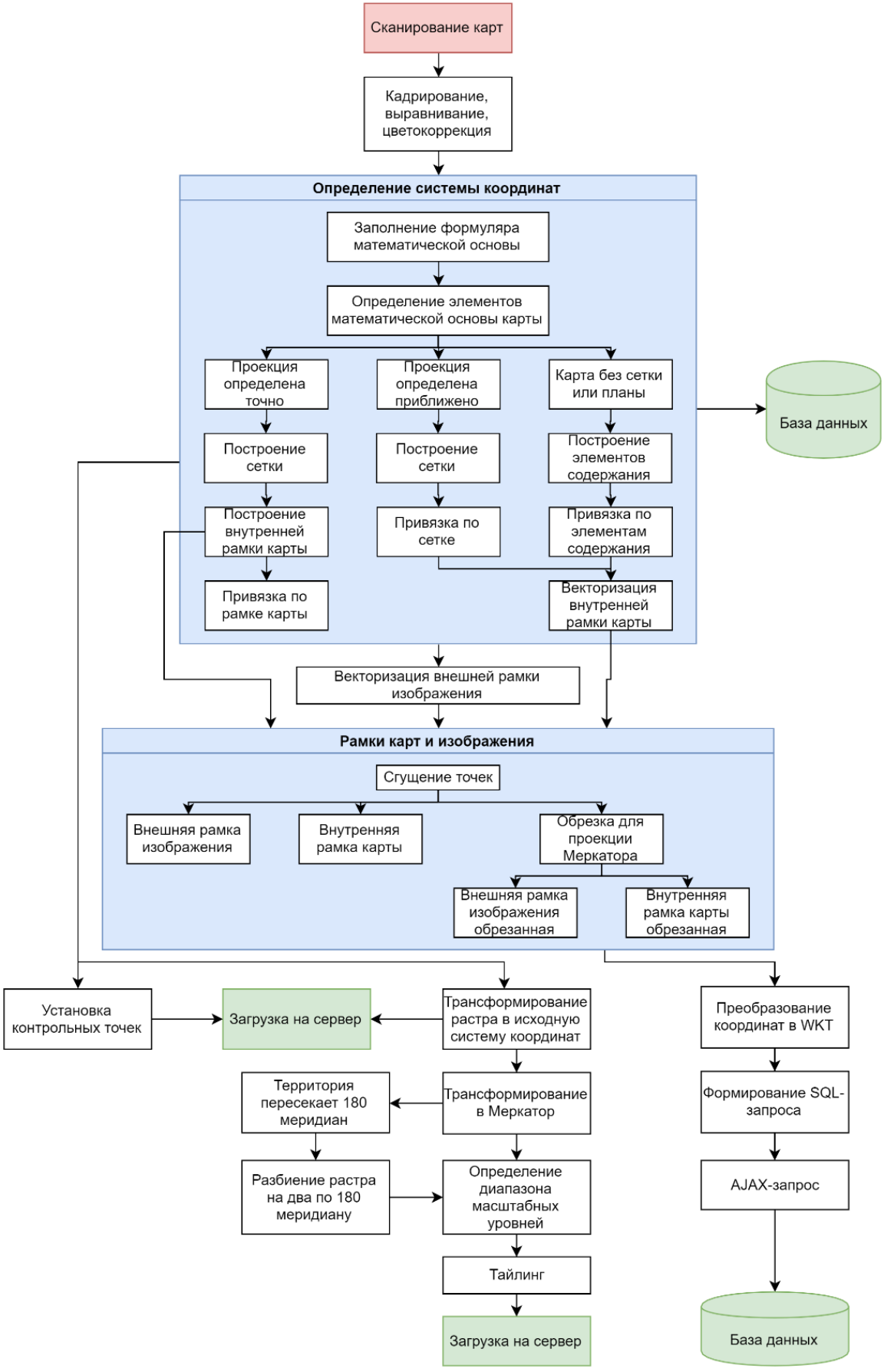


Рисунок 9 – Технологическая схема внесения пространственных данных в систему поиска и хранения изданных карт и атласов

Наполнение базы данных информацией об изданных картах и атласах позволяет получить систематизированные сведения, которые могут быть полезны учащимся ВУЗов, ученым, специалистам и любителям картографии. К таким сведениям относятся: справочная система о картографических проекциях, поиск карт, поиск атласов, сервисы WMS/WFS, база знаний. При этом работать с системой можно как в web-интерфейсе, так и с помощью геоинформационных систем посредством WMS/WFS протоколов.

Для апробации разработанной системы поиска и хранения изданных карт и атласов на примере картографического фонда кафедры картографии создан геопортал МИИГАиК, как единая точка доступа к информационным ресурсам ВУЗа для студентов, сотрудников подразделений и других заинтересованных лиц, являющихся партнерами университета в научной, образовательной и иных сферах деятельности.

Предложены и реализованы новые решения организации поиска и отображения изданных карт.

1. Для поиска карт атласа учитывается их принадлежность к атласу, как к самостоятельному произведению, а также определяется их место в его структуре. При этом в зависимости от типа представления информации в атласе отображение карт на геопортале будет различно. Для географических атласов, представляющих систематизированное собрание карт на разные территории и в разных масштабах, предлагается проводить пространственный поиск на единой картографической основе с показом рамок карт (рисунок 10). В этом случае пользователь находит все карты интересующей территории во всех масштабах, разделах атласа и всех тематик. Для отображения карт-врезок предусмотрены отдельные обозначения (цвет рамки или штриховка).

Рисунок 10 – Геопортал кафедры картографии. Нарезка карт раздела «Европа» Географического атласа учителя, 1983 год

Региональные атласы показывают одну картографируемую территорию на разных тематических картах. Территория жестко задана в названии атласа, поэтому предлагается осуществлять поиск по атрибутам карт и тематическому содержанию. В этом случае выбирается атлас из общего списка, после чего выводится таблица с информацией по каждой карте атласа (рисунок 11).

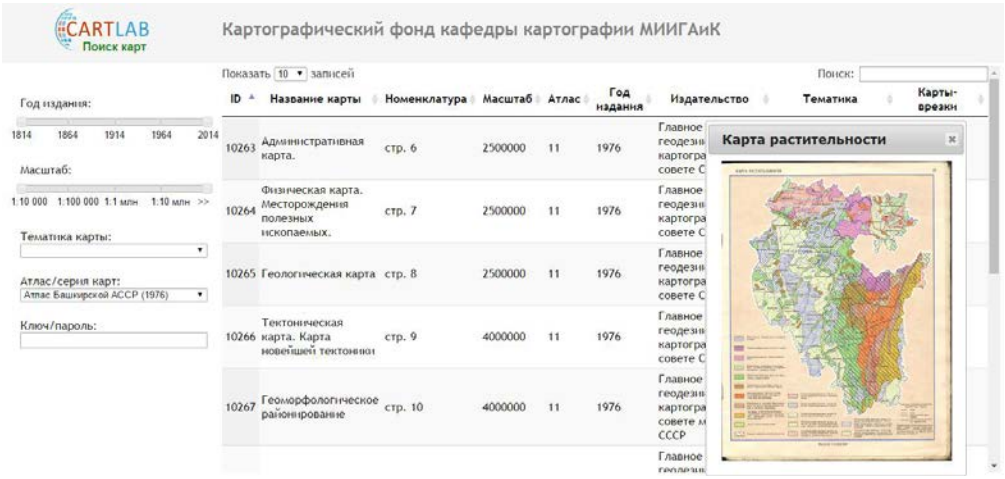


Рисунок 11 – Геопортал кафедры картографии. Поиск по атрибутам карт Атласа Башкирской АССР, 1976 год

Атласы городов и серии карт являются не классическими атласами, а набором карт, нарезанных по заданной разграфке. При этом карты могут быть нарезаны встык или с перекрытием. Поиск информации удобно проводить на картографической основе с наложенными границами листов карт (рисунок 12).

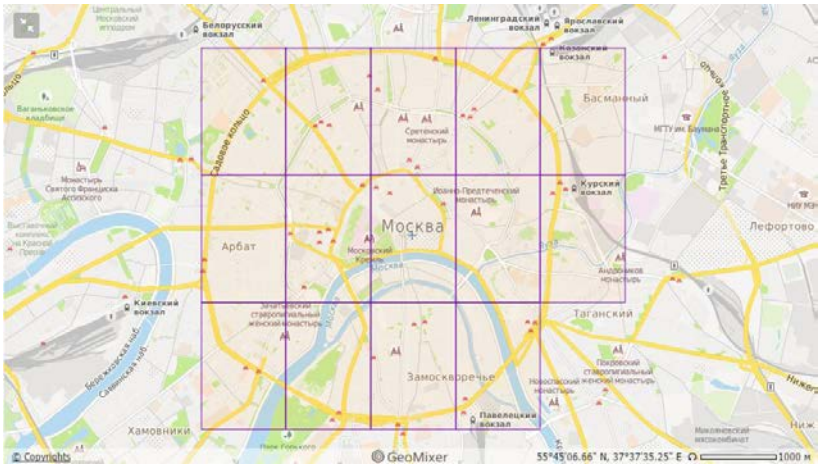
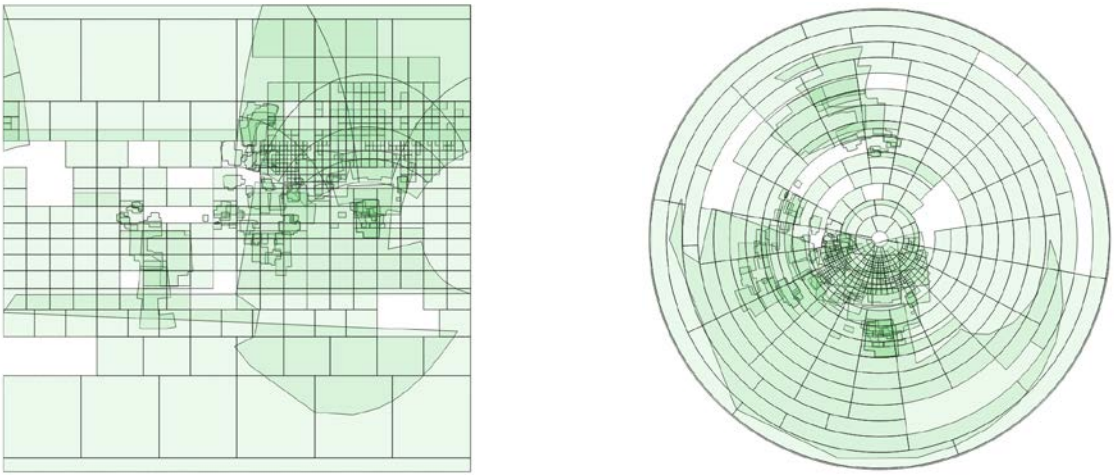


Рисунок 12 – Геопортал кафедры картографии. Атласа Москвы с каждым домом большой. Центр города. Схема расположения листов карты, 2008 год

2. Уточнение поиска карт происходит с помощью расширенной классификации тематических карт.

3. Для отображения карт полярных областей, которые невозможно показать в проекции Меркатора (рисунок 13а), используются азимутальные проекции (рисунок 13б).



а) б)

Рисунок 13 – Варианты картографических проекций для отображения рамок карт (а – Web-Меркатор, б – Азимутальная проекция)

4. Для уменьшения количества рамок найденных карт проводится обобщение контуров рамок путем объединения их по территории картографирования или другим параметрам: масштабу, тематике, году издания.

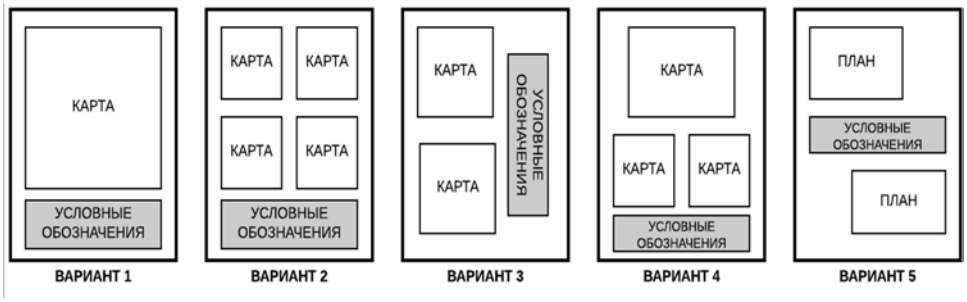
Реализация системы поиска и хранения изданных карт и атласов позволяет создать базу знаний структур изданных атласов, что обеспечивает связь существующих решений и будущих разрабатываемых атласов.

Пятый раздел рассматривает вопросы практического применения разработанных концепций и методик при создании атласов в геоинформационных системах. Следует отметить, что функционал ГИС в части создания атласных структур и выбора элементов математической основы атласа сильно ограничен. Кроме того, некоторые технологические решения сложно реализовать в геоинформационных системах с помощью встроенных инструментов. Для их реализации требуется разработка специализированных программных комплексов. В работе представлены прикладные программы для QGIS и MapInfo Pro, а также web-сервисы и отдельные программы, обеспечивающие реализацию предложенных в третьем разделе методик.

В ходе исследования разработаны подходы и решения по усовершенствованию распространенных геоинформационных систем для автоматизации основных процессов создания атласов. Так, на рисунке 14 представлены решения для усовершенствования процесса создания общегеографических и комплексных атласов в свободной геоинформационной системе с открытым кодом QGIS.

Для автоматизированного создания структуры комплексного регионального атласа и представления ее в ГИС MapInfo Pro в виде дополнительного меню разработан программный комплекс на языке MapBasic. В его основу положена технологическая схема, представленная на рисунке 15.

Разработка вариантов макетов компоновки в проекте QGIS



Пример вариантов компоновок страниц для комплексного атласа Липецкой области

Формализация структуры проектируемого атласа

Создание таблицы, содержащей структуру проектируемого атласа, в которой записи соответствуют страницам атласа, поля - наименованиям карт на странице. Для каждой страницы заносится информация о варианте компоновки атласа.

Формирование разграфки страниц атласа

Создание слоя (coverage layer), где каждый полигональный объект определяет картографируемую территорию на отдельной странице. Количество объектов соответствует числу страниц в атласе.

Разработка инструментов для реализации математической основы атласа

	Географический атлас	Комплексный атлас
А) Вычисление масштабного ряда атласа	*Автоматизированный расчет масштабов карт атласа на основе формата карт*	
В) Создание макета компоновки	*Автоматический поворот картографируемой территории относительно осевого меридиана для каждой страницы атласа*	*Реализация плавающей компоновки карты*

Автоматизированное создание дополнительных элементов оформления

Формирование справочной информации о территории	*Создание колонтитулов страницы*	*Автоматизированное добавление растровых изображений*	*Создание диаграмм с помощью html-кода*

Рисунок 14 – Разработанные решения для усовершенствования процесса создания общегеографических и комплексных атласов в QGIS

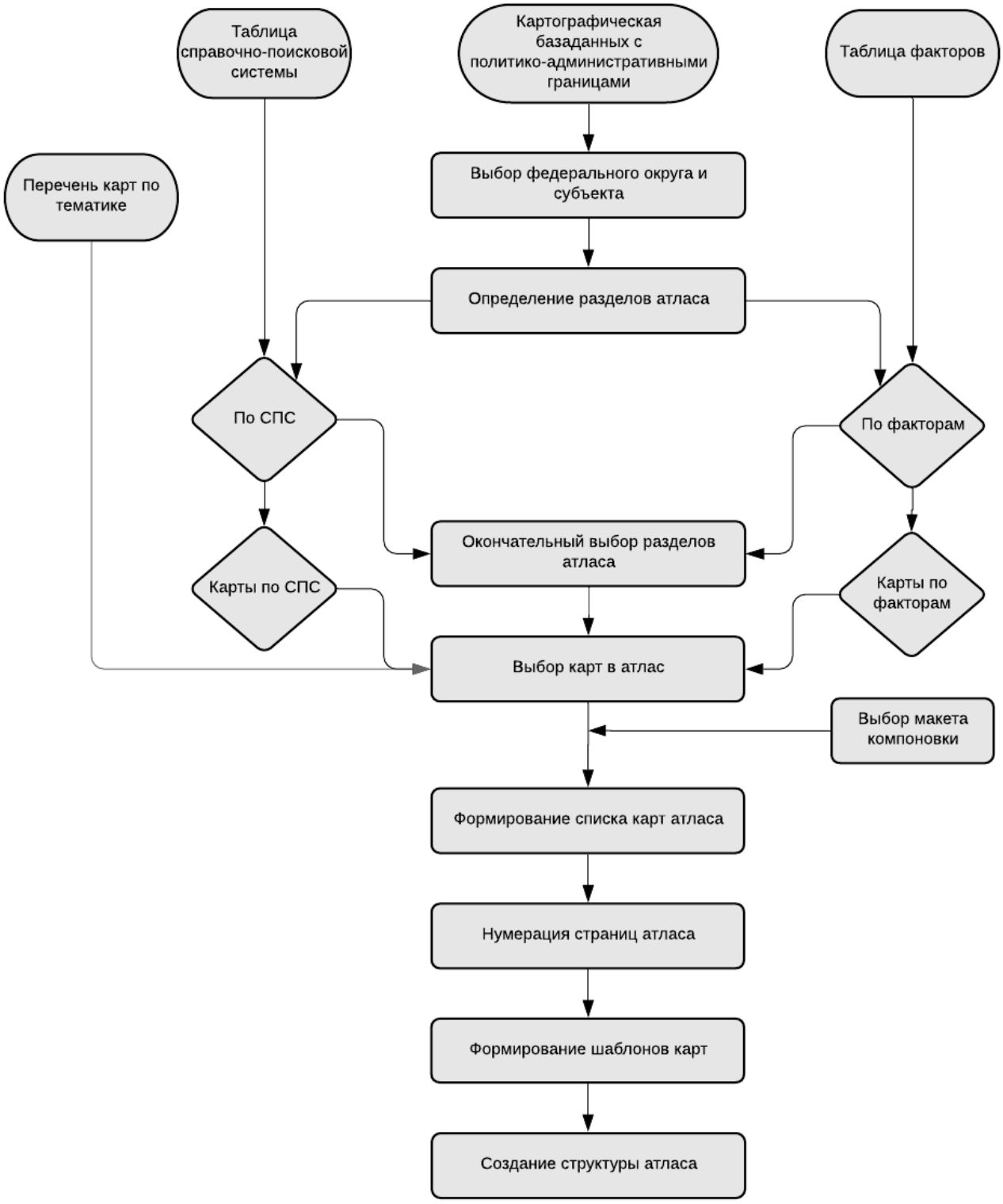


Рисунок 15 – Технологическая схема создания структуры атласа

Интерфейс разработанного программного комплекса представлен на рисунке 16.

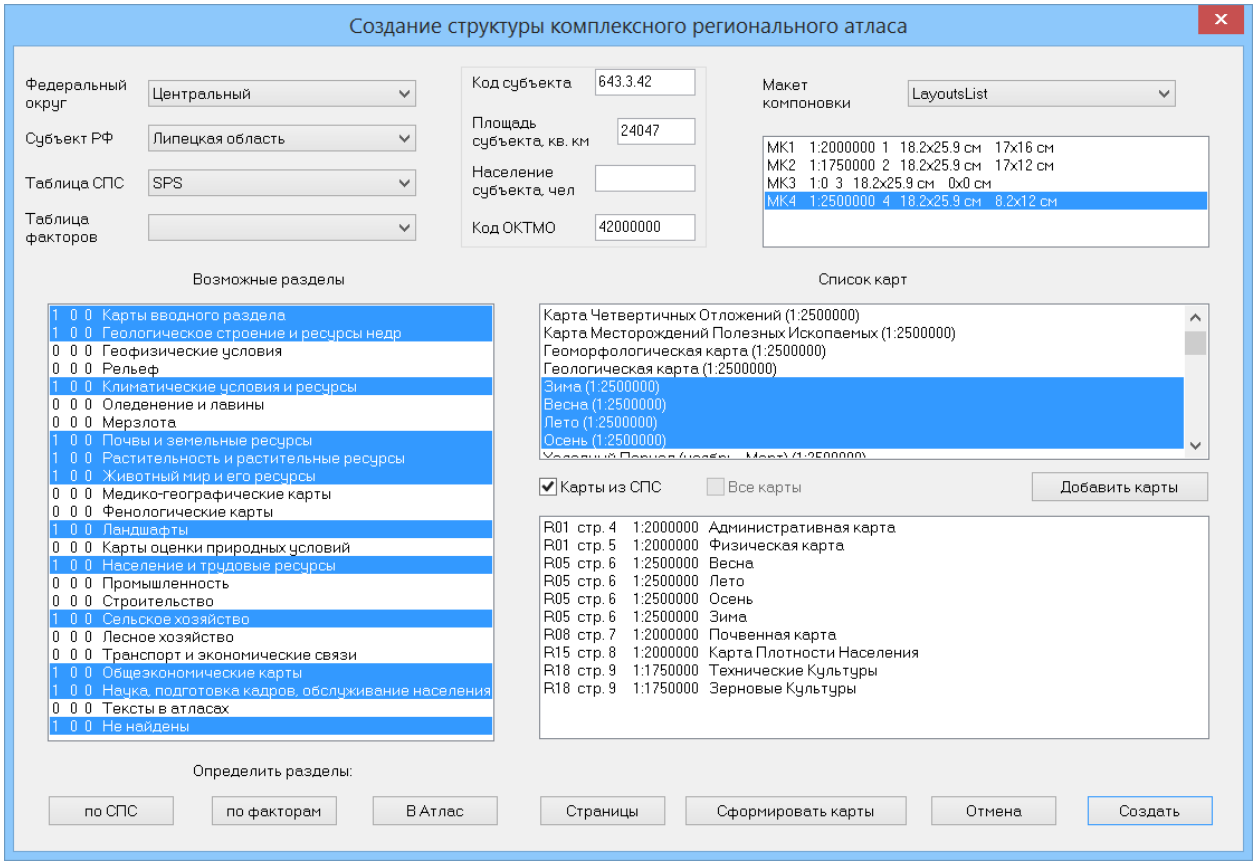


Рисунок 16 – Диалоговое окно программного комплекса «Создание структуры атласа»

Автоматизированный выбор необходимых разделов в проектируемом атласе происходит одним из следующих способов: по системе поиска и хранения изданных карт и атласов; по таблице факторов, влияющих на включение карт в комплексные региональные атласы; совокупный учет справочно-поисковой системы и таблицы факторов; интерактивный выбор пользователем. Например, на основе подгруженной справочно-поисковой системы изданных карт и атласов по коду субъекта происходит выделение в перечне тех разделов, которые содержатся в изданных на данный регион атласах.

Определение создаваемых тематических карт по каждому выбранному разделу выполняется на основе списка всех тематических карт, возможных в

заданном разделе атласа и необходимых для данного региона. При выборе тематической карты и помещении ее в структуру проектируемого атласа следует учитывать вариант компоновки страницы атласа, для которого должны быть определены следующие параметры: масштаб карты, количество карт на одной странице атласа, размеры внешней и внутренней рамок карт, описание проекции в ГИС MapInfo Pro.

На основе сформированной структуры происходит автоматическое определение страниц атласа с учетом порядка расположения карт в атласе на основе их принадлежности к разделам и на основе варианта макета компоновки. Формирование шаблонов карт выполняется с целью создания в ГИС MapInfo Pro окон карт, содержащих все типовые основы атласа. Количество типовых основ зависит от вида (карта природы или социально-экономическая карта) и масштаба карты. На заключительном этапе работы программы происходит создание структуры атласа в виде отдельного меню MapInfo Pro «Атлас», состав которого соответствует оглавлению проектируемого атласа. С помощью данного меню пользователь может формировать окна отчетов для каждой страницы создаваемого атласа (рисунок 17).

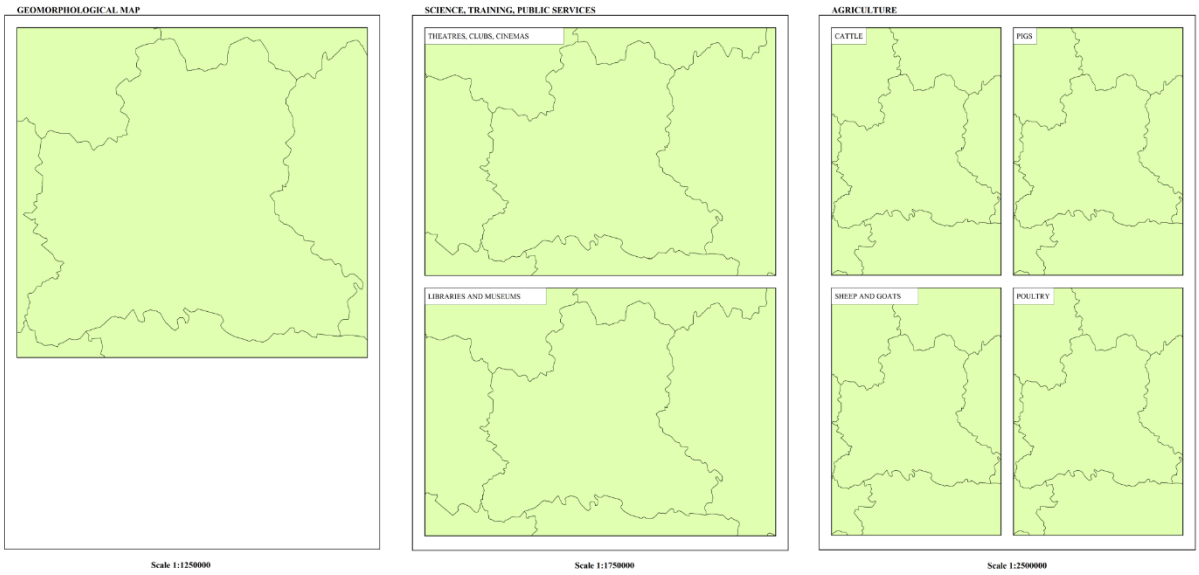


Рисунок 17 – Пример создания отчетов атласа в разных компоновках с помощью разработанного программного комплекса

Определение оптимальной картографической проекции для карт проектируемого атласа выполняется несколькими способами: с помощью разработанного программного модуля MapBasic в ГИС MapInfo Pro и с помощью специализированного программного комплекса, разработанного на языке Object Pascal в визуальной среде программирования Delphi (рисунок 18). Комплекс позволяет выполнять определение масштаба, выбор оптимальной картографической проекции, её расчет, построение картографической сетки и макета компоновки, а также дает комплексную характеристику в любой точке (географические, полярные сферические и прямоугольные координаты, величины искажений всех видов).

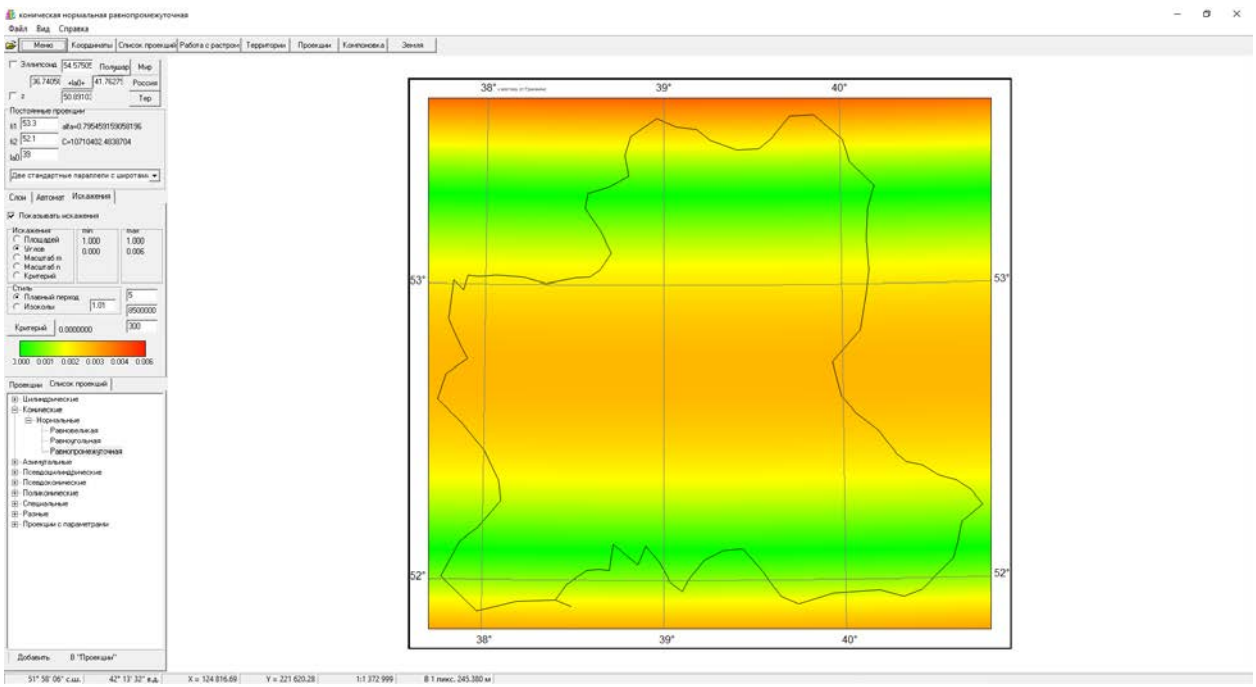


Рисунок 18 – Интерфейс программы «Проекции»

На примере создания атласа Липецкой области была апробирована технология определения возможных сочетаний районов области, показываемых на одной карте атласа. Для масштаба 1:450 000 все районы будут показаны на 11 страницах атласа. При этом шесть карт содержат по одному району, две карты по два района и три района, одна карта по четыре. Для масштаба 1:800 000 все районы будут показаны на трех картах, при этом на двух картах будет показано по шесть районов, а на одной восемь.

Макеты компоновок возможно построить и визуализировать с помощью программы, интерфейс которой представлен на рисунке 19. Реализация программы выполнена в виде клиент-серверного решения. Картографическая часть сайта реализована с помощью открытой картографической библиотеки leafletjs, преобразование координат и вычисление масштабов выполняется на языке JavaScript. Хранение данных организовано в пространственной базе данных MySQL, серверная часть на языке php. База данных содержит контуры административных единиц России первого и второго порядков. При выборе формата карты атласа происходит расчет как масштаба, так и определяется ориентировка листа. Масштабы могут округляться с учетом разрыва рамки, либо с запретом разрыва. При этом округление происходит до ближайшего удобного картографического масштаба. Программа автоматически определяет точность округления масштаба. Возможен учет масштабного ряда атласа по описанной в третьем разделе методики с установкой классификационных групп и определением масштабных уровней.

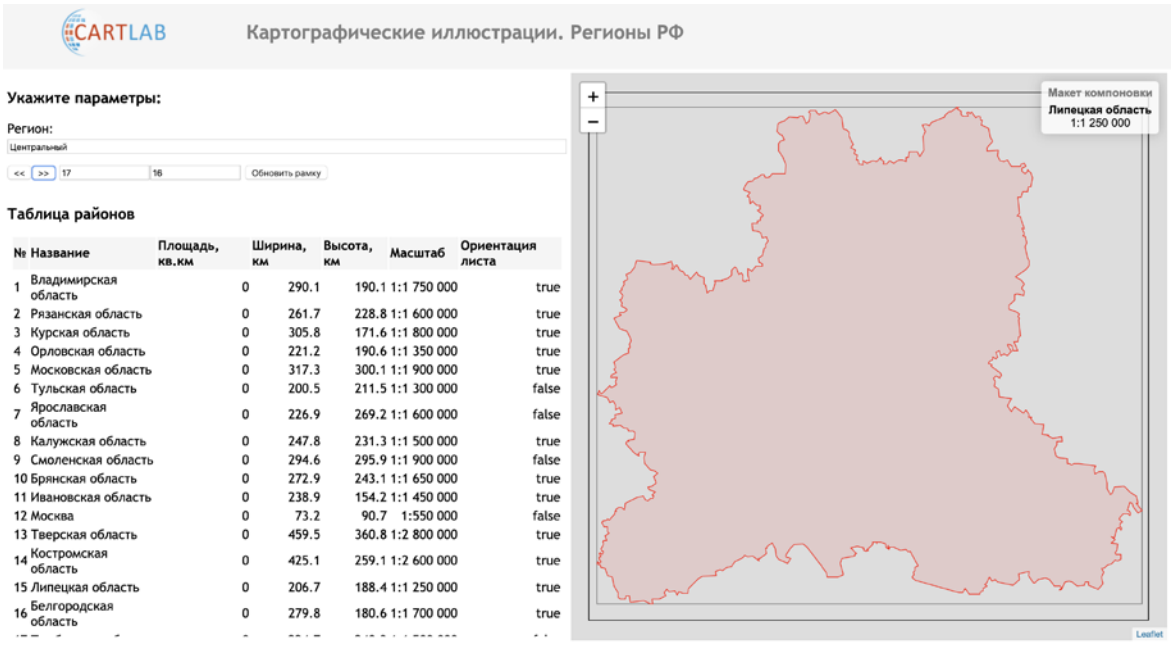


Рисунок 19 – Интерфейс программы построения макетов компоновки

Сформулированные подходы и решения по усовершенствованию рассмотренных ГИС позволяют автоматизировать основные процессы создания атласов. Особую практическую значимость данные предложения

имеют при создании комплексных региональных атласов, показывающих положение в регионе по многим отраслям знаний и использующихся при принятии решений на уровне регионов и муниципалитетов для обеспечения устойчивого развития территорий. Для создания фундаментальных картографических произведений, таких как Национальные атласы, Атласы Мира и частей света необходима очень детальная и всесторонняя проработка с привлечением большого числа специалистов, что требует больших финансовых, людских и временных затрат. Некоторые технологические решения сложно реализовать в ГИС, поэтому их целесообразно реализовывать в отдельных специализированных программных комплексах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполненных диссертационных исследований получены следующие основные научные результаты, которые являются новыми и имеют важное теоретическое и практическое значение для развития атласного картографирования.

1. Создано концептуальное представление содержания атласа, позволяющее единообразно рассмотреть вопросы построения атласных структур и использования их при формировании информации, требуемого характера. Разработанные модели позволили формализовать не только состав, но также взаимодействие составных частей содержания атласа и реализацию его целостности. Средствами моделирования показаны единообразная структура атласов, организация целостности содержания атласа, которая выполняется по уровням обобщения содержания, а также связи внутри каждого уровня и между уровнями образуют однотипные картографические изображения и формируют соответствующий характер информации. Полученные результаты в совокупности решают проблемы формализации уровней обобщения содержания атласа, получения представления о механизме действующих связей однотипных картографических изображений внутри уровня обобщения (по горизонтали) и между уровнями обобщения (по

вертикали) и создания теоретических основ организации «атласных структур». На основе концепции «атласной структуры» связи уровней обобщения можно использовать как средство исследования и как метод комплексного последовательного построения разномасштабного картографического изображения.

Разработан принцип декомпозиции картографируемой территории в атласе. Пределом декомпозиции служит «структурная единица территории», которая сохраняет структуру содержания данного уровня карт и обеспечивает целостность MIN участка территории. Связи между уровнями обобщения образуют иерархию «MIN территорий», которые формируют уровни информации, различающиеся по своему характеру.

2. Разработана методика автоматизированного определения структуры атласа, основополагающего и наиболее трудоемкого в проектировании этапа создания любого атласа. Методика включает в себя следующие этапы: использование единой системы классификации и кодирования тематических карт, формирование и использование справочно-поисковой системы изданных атласов, определение и формализация факторов, влияющих на включение в атлас определенного раздела или отдельной карты, учет степени изученности картографируемого объекта и явления, определение возможных сочетаний территорий на одной карте атласа.

3. Разработана методика автоматизированного проектирования математических основ атласов, которая позволяет определить все элементы математической основы каждой карты атласа в автоматизированном режиме, а именно: масштаб, картографическую проекцию, шаг картографической сетки и построить макеты компоновок.

4. Разработана система поиска и хранения изданных карт и атласов, содержащая информацию об структуре атласов, а также перечень общегеографических и тематических карт. Это позволит при разработке структуры учесть опыт атласного картографирования, определить наиболее востребованные разделы и темы карт.

5. Разработана методика автоматизированного определения математической основы изданных карт, точное знание которой позволяет трансформировать растровые изображения по строгим аналитическим формулам, что повышает геометрическую точность картографических изображений, интегрированных в геоинформационные системы, геопорталы и системы поиска.

6. Практическое применение результатов исследования реализовано в разработанных автором специализированных модулях и программном комплексе.

Перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в следующем. Полученные результаты будут встроены в систему камерального геоинформационного картографирования, выполняемой на кафедре картографии МИИГАиК. Дальнейшие исследования возможны как в направлении развития теоретических основ атласного картографирования, так и в направлении разработки новых методик создания содержания, в основе которого лежит концепция «атласные структуры». Современные технологии создают возможность при проектировании атласа использовать концептуальный подход не только при создании содержания, но также при обработке данных, и при этом учитывать характер информации, формируемый каждым уровнем обобщения.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах

1. Дворников А.В., Загребин Г.И., Афанасьев А.Н. Экономическая значимость как фактор качественного отбора населенных пунктов при автоматизированном мелкомасштабном картографировании // Наука и бизнес: пути развития, 2014, № 10. С. 7-12.

2. Савиных В.П., Майоров А.А., Бугаевский Ю.Л., Билибина Н.А., Верещака Т.В., Загребин Г.И. Математическая основа карт нового атласа Арктики: к проекту концепции // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2015.–№4., с. 56-61.

3. Дворников А.В., Афанасьев А.Н., Загребин Г.И. Апробирование методики автоматизированного качественного отбора населенных пунктов при автоматизированном мелкомасштабном картографировании на примере Тамбовской области // Наука и бизнес: пути развития, 2015, № 9. С. 70-75.

4. Загребин Г.И. Разработка методики автоматизированного определения математической основы изданных карт // Геодезия и Картография, 2016, №12. С. 29-35.

5. Фокин И.Е., Крылов С.А., Загребин Г.И. Методика автоматизированного создания достоверных картографических изображений (иллюстраций) // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2016.–№6. С. 78-84.

6. Макаренко А.А., Загребин Г.И. Принципы организации структуры атласов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2017. № 2. С. 63-66.

7. Dvornikov A., Zagrebin G., Afanasyev A. Practical realization of ERS data application for quality selection of localities during automated small-scale mapping // Ecology, Environment and Conservation. 23 (4): 2017; pp. 451-462.

8. Крылов С.А., Загребин Г.И., Дворников А.В., Логинов Д.С., Фокин И.Е. Теоретические основы автоматизации процессов атласного

картографирования // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2018. Т. 62. № 3. С. 283–293. DOI:10.30533/0536-101X-2018-62-3-283-293.

9. Gleb Igorevich Zagrebin, Methods of Automated Selection of Elements For Mathematical Basis of Atlas Maps, International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 9(11), 2018, pp. 2021–2028.

10. Dvornikov A.V., Krylov S.A., Zagrebin G.I., Afanasyev A.N. Creating Electronic Atlases Using Spatiotemporal Data // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), Volume-9 Issue-1, 2019, pp. 3806-3812. DOI: 10.35940/ijitee.A4848.119119.

11. Макаренко А.А., Загребин Г.И. Определение основных понятий и концепций, лежащих в основе формализации содержания атласа // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2019. Т. 63. №6. С. 673–677. DOI: 10.30533/0536-101X-2019-63-6-673-677.

Прочие научные статьи

12. Дворников А.В., Загребин Г.И, Лобков А.В., Плотников И.В. Автоматизированное создание мелкомасштабных цифровых картографических основ на регионы Российской Федерации – Сборник научных докладов V Международной научно-практической конференции «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях» М., 2013 С.263-265

13. Zagrebin G. Atlas of Map Projections: the technology of creation on the basis of program-analytical complex, ICC2013, Proceedings of the 26th International Cartographic Conference. Dresden, Germany - 2013, pp.7

14. Крылов С.А., Дворников А.В., Загребин Г.И. Разработка методики преобразования картографической базы данных. Сборник статей по итогам научно-технических конференций: Приложение к журналу Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка», №6. – вып.6, 2013. С. 57-59.

15. Крылов С.А., Загребин Г.И., Фокин И.Е. Выбор и реализация способов картографического изображения картографируемых объектов и

явлений в геоинформационных системах // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 1. № 2. С. 73-77.

16. Крылов С.А., Загребин Г.И. Разработка методики использования картографической базы данных для тематического картографирования. Сборник статей по итогам научно-технических конференций // Приложение к журналу Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка», №6. – вып.7, Ч.I, 2014. С 101-102.

17. Загребин Г.И. Исследование по геопривязке картографического изображения в геоинформационной системе // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2015. Т. 1. № 2. С. 26-28.

18. Савиных В.П., Майоров А.А., Бугаевский Ю.Л., Биктимирова Н.М., Билибина Н.А., Братков В.В., Верещака Т.В., Загребин Г.И., Сладкопевцев С.А. Новый атлас Арктики: каким он должен быть? // Материалы X научной конференции по тематической картографии.-Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 47-49.

19. Крылов С.А., Загребин Г.И. Автоматизированное создание географических основ карт атласов // Материалы X научной конференции по тематической картографии.-Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 166-167.

20. Загребин Г.И., Шмелёв В.К. Создание геопортала старых карт города Москвы // Историко-культурное наследие Басманного района Москвы: Материалы Международной научно-практической конференции, 7-8 октября 2015 г. – М.: Изд-во Высшей школы экономики, 2016.-С. 54-56.

21. Загребин Г.И., Логинов Д.С., Фокин И.Е. Решение проблемы автоматизации определения картографической проекции по виду картографической сетки // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 1. № 1. С. 164-168.

22. Загребин Г.И., Дворников А.В. Геопортал как средство хранения и обработки геопространственной информации в образовательной и научно-технической деятельности // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 1. № 1. С. 175-178.

23. Крылов С.А., Загребин Г.И, Дубровина С.В., Логинов Д.С., Качнова Е.И., Кочнев А.С. Формализация и автоматизация процессов создания тематических и специальных карт // «Геодезия, картография, кадастр, ГИС — проблемы и перспективы развития»: тезисы докладов Международной научно-практической конференции, Новополоцк, 9-10 июня 2016 г. – Новополоцк:, ПГУ, 2016 г. С. 127-128.

24. Загребин Г.И., Крылов С.А., Фокин И.Е. Выбор оптимальной математической основы для представления картографических изображений (иллюстраций) в наглядном достоверном виде // «Геодезия, картография, кадастр, ГИС — проблемы и перспективы развития»: тезисы докладов Международной научно-практической конференции, Новополоцк, 9-10 июня 2016 г. – Новополоцк:, ПГУ, 2016 г. С. 39-40.

25. Загребин Г.И., Крылов С.А., Дворников А.В. Геопортальное решение поиска и хранения карт атласов // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 1. № 2. С. 37-41.

26. Крылов С.А., Загребин Г.И., Дворников А.В., Логинов Д.С. Особенности организации поиска и отображения изданных карт и атласов с помощью геопорталов // От карты прошлого – к карте будущего: сб. науч. тр.: в 3 т. / отв. ред. С. В. Пьянков; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – Т. 1. – С. 167 -176.

27. Загребин Г.И., Крылов С.А. Исследование функциональных возможностей геоинформационных систем для создания атласов // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018.: сб. материалов. – С. 188-192.

28. Sergei A. Krylov, Gleb I. Zagrebin, Dmitriy S. Loginov Atlas mapping: the automated definition of atlases structure // Proceedings, 7th International Conference on Cartography and GIS, 18-23 June 2018, Sozopol, Bulgaria; pp. 277-285.

29. А.А. Макаренко, Г.И. Загребин Атласное картографирование: Учебное пособие. – М.: МИИГАиК, 2018. – 56 с.

30. Крылов С.А., Загребин Г.И. Автоматизация процессов атласного картографирования: направления и пути решения // Приложение к журналу Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка», №6. – вып.9, 2018. С 24-26.

31. Крылов С.А., Загребин Г.И., Логинов Д.С. Подходы и решения по разработке оптимальной структуры комплексного регионального атласа // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы X Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 14-16 ноября 2018 г.) / Воронежский государственный университет.-Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2018.-С. 77-81.

32. Крылов С.А., Загребин Г.И., Логинов Д.С., Фокин И.Е., Болотов Д.О., Бурдина К.А. Автоматизация процессов атласного картографирования на примере создания комплексных региональных атласов // Сборник тезисов Всероссийской научной конференции «Национальная картографическая конференция — 2018», Москва, Российская государственная библиотека, 16-19 октября 2018 г. — М.: Географический факультет МГУ, 2018. — С. 162-163. DOI: 10.15356/ncc2018

33. Крылов С.А., Загребин Г.И., Дворников А.В., Котова О.И. Геоинформационные технологии в образовательном процессе кафедры картографии МИИГАиК // Актуальные вопросы образования. Современные тренды непрерывного образования в России: сб. материалов Международной научно-методической конференции, 25–28 февраля 2019 года, Новосибирск. В 3 ч. Ч. 1. – Новосибирск: СГУГиТ, 2019 - С.217-222.

34. Zagrebin, G. I. and Krylov, S. A.: The definition of scale series for atlas maps depending on the density of mapped objects, Abstr. Int. Cartogr. Assoc., 1, 423, https://doi.org/10.5194/ica-abs-1-423-2019, 2019.

35. Krylov, S. A., Zagrebin, G. I., Dvornikov, A. V., Loginov, D. S., and Fokin, I. E.: The automation of processes of atlas mapping, Abstr. Int. Cartogr. Assoc., 1, 193, https://doi.org/10.5194/ica-abs-1-193-2019, 2019.