

На правах рукописи



Каримова Анастасия Альбертовна

**Разработка методики автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли**

Специальность 25.00.35 – «Геоинформатика»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва 2019

Работа выполнена на кафедре информационно-измерительных систем в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК)

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор  
**Майоров Андрей Александрович**

**Официальные оппоненты:**

**Лисицкий Дмитрий Витальевич**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», Научно-исследовательский институт стратегического развития, директор

**Филиппов Дмитрий Викторович**, кандидат технических наук, ФГБУН «Научный геоинформационный центр», РАН, ФАНО, Лаборатория геоинформационных систем, старший научный сотрудник

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»)

Защита состоится «26» декабря 2019 года в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.143.03 при федеральном государственном общеобразовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», расположенном по адресу: 105064, г. Москва, Гороховский пер., д. 4, Зал заседаний Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета геодезии и картографии и на сайте: <http://www.miigaik.ru/science/councils/dissertation/>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года

Ученый секретарь

диссертационного совета



Ольга Владимировна Вшивкова

## **Общая характеристика работы**

### **Актуальность темы исследования:**

В настоящее время наблюдается устойчивый рост потребностей всех сфер экономики и обороноспособности страны в унифицированной пространственной информации. В геометрической прогрессии возрастает значимость современности, достоверности и точности пространственных данных, что предъявляет высокие требования к их своевременному обновлению в оперативные сроки вплоть до обновления в режиме, близком к реальному времени.

В современных условиях развития отрасли геодезии и картографии геоинформационные системы (ГИС) и государственные топографические карты (в цифровом виде) являются связующим звеном для совместимости пространственных данных в целях геоинформационного картографирования.

Однако, цифровые топографические карты (ЦТК) на различные районы страны и на зарубежные территории создаются как электронный вариант аналоговой карты с требованиями к ним традиционной картографии: обеспечение полноты содержания, точности местоположения объектов, достоверности и наглядности карт.

Геоинформационное картографирование предъявляет свои требования к описанию объектов в наборах пространственных данных: формализованный показ всех категорий объектов с условием корректности их отбора на различных масштабных уровнях; установление однозначного соответствия при помощи кода объекта и характеристик между условным знаком и отображаемым объектом; обеспечение логически-пространственных связей между объектами местности; единство принципов генерализации изображения объектов для определенного масштабного ряда. Данные требования наиболее важны при проведении исследований по геоинформационному картографированию и созданию ГИС различного назначения на основе наборов пространственных данных и материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Выполненный автором анализ работ с использованием методов и технологий геоинформационного картографирования показал, что цифровые топографические

карты не в полной мере удовлетворяют требованиям геоинформационной картографической основы при их применении в ГИС. Это объясняется следующими факторами: сложной системой классификации и кодирования объектов карты; дублированием качественных и количественных характеристик в подписях объектов на карте; присутствием в содержании карт объектов оформления; отсутствием сводок между номенклатурными листами цифровых карт; несовместимостью форматов и версий программного обеспечения, используемых в процессе обновления карт.

Для решения данной задачи необходимо предусмотреть разработку единого геоинформационного картографического обеспечения, включающего в себя классификаторы геопространственной информации, правила цифрового описания пространственной информации (ПЦОПИ), электронные библиотеки условных знаков.

В связи с этим проблема развития методических и технологических аспектов использования пространственных данных в виде наборов для целей геоинформационного картографирования представляется важной и предлагаемые автором решения не имеют аналогов в отечественной практике работ по геоинформатике.

**Степень разработанности проблемы:** Вопросы автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных ДЗЗ рассматривались в работах ученых и специалистов в данной области: Берлянта А.М., Бугаевского Л.М., Верещаки Т.В., Журкина И.Г., Иванова А.Г., Кошкарева А.В., Лисицкого Д.В., Лурье И.К., Майорова А.А., Сербенюка С.Н., Тикунова В.С., Цветкова В.Я. и др. Имеются нормативные документы, разработанные Военно-топографическим управлением Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации (ВТУ ГШ ВС РФ), Росреестром, Госкорпорацией «Роскосмос», ЗАО КБ «Панорама», АО «Ракурс» и т.д. в области создания цифровой информации о местности.

**Целью диссертации** является разработка методики автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли.

Для достижения цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Провести анализ опыта работ по использованию методов геоинформационного картографирования при создании наборов пространственных данных, в том числе:

-изучить и проанализировать существующие методы и технологии геоинформационного картографирования;

-показать роль и место пространственных данных при создании геоинформационной картографической основы – базовой компоненты геоинформационных систем (ГИС) различного назначения и территориального охвата;

-исследовать и оценить степень использования источников геопространственной информации о территории картографирования - исходных картографических материалов (ИКМ); данных дистанционного зондирования Земли; дополнительных, справочно-информационных материалов и др. в процессе геоинформационного картографирования;

-обозначить основные направления использования наборов пространственных данных на технологических этапах автоматизированного геоинформационного картографирования.

2. Разработать требования по оптимизации объектового состава для формирования баз пространственных данных.

3. Исследовать технологические приемы и разработать методические рекомендации по совершенствованию правил цифрового описания наборов пространственных данных, с учетом современных требований к решению задач геоинформационного картографирования.

4. Разработать методику автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных ДЗЗ, включающую: научные принципы; основные методы и приемы обработки материалов космической съемки; усовершенствованные правила цифрового описания наборов пространственных данных.

5. Выполнить экспериментальные исследования по апробации

разработанной методики автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли, с учетом разработанных автором предложений и дополнений в правила цифрового описания наборов пространственных данных, на примере картографирования территорий ряда субъектов РФ.

**Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:**

Разработанная методика отличается от используемых в настоящее время тем, что за счет:

- развития алгоритмов создания наборов пространственных данных;
- внедрения автоматизированных комплексов (дешифрирования и векторизации данных ДЗЗ; генерализации картографического изображения различных масштабных уровней и контроля качества наборов пространственных данных);
- изменения правил цифрового описания пространственных объектов, что позволяет создавать и обновлять геоинформационную картографическую основу в сжатые сроки без ухудшения качественных и количественных характеристик цифрового геоинформационного продукта.

Предложенные методические рекомендации по изменению правил цифрового описания наборов пространственных данных в целях усовершенствования классификации пространственных объектов, их метрического и семантического описания, обеспечивают упрощение объектового состава и исключают его неоднозначность в цифровом описании объектов местности.

**Теоретическая значимость диссертации** заключается в развитии научных основ и технических решений в области автоматизации создания наборов пространственных данных в сфере геоинформационного картографирования.

**Практическая значимость.** В процессе внедрения в производственные процессы создания и обновления данных о пространственных объектах

разработанная методика позволит создавать в автоматизированном режиме до 40% изображений объектов на отдельных слоях и до 25% – от общего числа объектов, содержащихся в наборе пространственных данных, что в свою очередь обеспечит повышение эффективности работ до 1,6 раза без потери качественных свойств картографической основы ГИС.

Результаты диссертационного исследования были использованы при выполнении работ по обновлению наборов пространственных данных в АО «НИИП «Природа» на примере территорий субъектов Российской Федерации: Белгородской (2016), Самарской (2017), Ульяновской (2017), Нижегородской (2018) областей, Республик Марий Эл и Чувашия (2018), проводимых в рамках Государственных контрактов с Росреестром.

Основные результаты диссертации, внедрены в производственный процесс создания и обновления наборов пространственных данных в АО «НИИП «Природа», в учебную программу производственной практики кафедры «Картографии» МИИГАиК по дисциплинам «Основы геоинформатики» и «Геоинформационное картографирование» и, а также в учебную программу Московского Колледжа геодезии и картографии (МИИГАиК) для студентов 3 курса по дисциплине «Векторизация» и «Фотограмметрия».

Внедрение основных результатов подтверждается соответствующими актами.

**Методы исследования** опираются на научные принципы автоматизации картографических процессов при геоинформационном картографировании, обработки материалов ДЗЗ, а также на опыт отечественных производственных работ в сфере обновления карт с использованием современного программного обеспечения и компьютерных технологий.

### **Положения и результаты, выносимые на защиту:**

1. Рекомендации и предложения по основным направлениям использования наборов пространственных данных при создании геоинформационной картографической основы ГИС в процессе автоматизированного

геоинформационного картографирования, разработанные по результатам анализа опыта работ в данной предметной области.

2. Требования к оптимизированному объектовому составу для формирования баз пространственных данных.

3. Технологические приемы и методические рекомендации по совершенствованию правил цифрового описания наборов пространственных данных, с учетом современных требований к решению задач геоинформационного картографирования.

4. Методика автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли;

5. Результаты экспериментальных исследований по апробации разработанной методики автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли на примере картографирования территорий ряда субъектов РФ, с учетом разработанных автором предложений и дополнений в правила цифрового описания наборов пространственных данных.

**Достоверность научных и практических результатов** проведенных исследований подтверждается теоретическим обоснованием и экспериментальными исследованиями. Полученные результаты построены на анализе известных и проверенных данных, опубликованных по теме диссертации или по смежным тематикам, связанным с геоинформационным картографированием. В работе использованы апробированные методы и программное обеспечение, стоящие на снабжении в предприятиях Росреестра и ВТУ ГШ МО РФ, применяемые при создании и обновлении цифровой картографической продукции.

#### **Апробация результатов диссертационного исследования**

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на международных научно-технических конференциях: «Актуальность проблемы



создания космических систем дистанционного зондирования Земли», Москва (2016, 2017); «Геопространственные технологии и пространственные данные для экономики и безопасности России», МИИГАиК (2017); «Пространственные данные – основа стратегического планирования, управления и развития», МИИГАиК (2019); на научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК (2013, 2017, 2018).

Основные результаты диссертационного исследования использованы в производственном процессе создания и обновления наборов пространственных данных в АО «НИИП «Природа». За период 2016-2018гг. с применением разработанной методики выполнены работы в рамках Государственных контрактов с Росреестром на территории Белгородской, Самарской, Ульяновской, Нижегородской областей, Республик Марий Эл и Чувашия.

**Объектом диссертационного исследования** являются автоматизированные методы и технологии геоинформационного картографирования.

**Предмет исследования:** основные этапы процесса формирования наборов пространственных данных по материалам ДЗЗ для целей автоматизированного геоинформационного картографирования.

**Диссертация соответствует паспорту научной специальности** в следующих областях исследований: 7 – «Геоинформационное картографирование и другие виды геомоделирования, системный анализ многоуровневой и разнородной геоинформации.» и 11 – «Взаимодействие геоинформатики, картографии и аэрокосмического зондирования» паспорта научной специальности 25.00.35 – «Геоинформатика», разработанного экспертным советом ВАК.

**Публикации.** По теме диссертации имеется 7 публикаций, в том числе 5 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, поставлены цели и задачи исследований.

**В первой главе** проведен анализ опыта работ по использованию методов и технологий геоинформационного картографирования для создания ГИС.

*Методы геоинформационного картографирования* условно можно разделить на методы, опирающиеся на использование базы пространственных данных, и на алгоритмические процедуры (Лурье, 2008, Сербенюк, 1990).

К первой группе относятся методы создания карт по данным атрибутивных таблиц баз данных (БД), позволяющие получать разнообразное представление пространственных объектов в соответствии с их описанием, например: уникальных (отдельных) значений; естественных интервалов; равных классов (или квантилей); стандартных отклонений; плотности точек.

Ко второй группе относятся методы пространственного моделирования, основанные на алгоритмических процедурах, и разделяющиеся на направления исследования: структуры, взаимосвязей и динамики явлений.

*Определяющей ролью и местом* цифровых топографических карт как одного из источников пространственных данных для геоинформационного картографирования является доступность большого объема территориально-привязанной достоверной информации. ЦТК позволяют выбрать проекцию, построить координатную основу, выполнить пространственную привязку тематических данных, являются первоисточником информации о рельефе, гидрографии, населённых пунктах, и т.д.

В период с 2009 года по настоящее время в рамках Федеральной целевой программы "Глобальная навигационная система" (ФЦП «ГЛОНАСС») создано более 118 000 номенклатурных листов ЦТК и 694 цифровых планов городов (ЦПГ) на территорию РФ. Работы по созданию и обновлению ЦТК и ЦПГ в настоящее время продолжаются, а результаты работ – обновленная цифровая продукция - составляют основу федерального фонда пространственных данных.

*Анализ исходных источников геопространственной информации о территории* показал, что они могут быть разделены на следующие группы – основные (картографические и данные ДЗЗ), дополнительные и справочно-информационные материалы.

В качестве основного картографического материала для создания и обновления наборов пространственных данных используются ЦТК предыдущих лет создания и аналоговые топографические карты различных лет (периодов) издания: тиражные оттиски (ТО), диапозитивы постоянного хранения (ДПХ), издательские оригиналы, оригиналы изменения.

Основным исходным материалом для обновления пространственных данных являются цифровые ортофотопланы (ЦОФП), создаваемые по данным ДЗЗ, которые содержат максимально полную и современную на данный момент времени информацию о состоянии территории картографирования.

Основными видами данных ДЗЗ для создания ЦОФП являются: аэрофотосъемка и космическая съемка (КС). На выбор материалов ДЗЗ для создания и обновления пространственных данных влияют следующие факторы: масштаб изготавливаемой картографической продукции; выполнение съемки в заданные сроки и сезоны; информационные свойства снимков; методика фотограмметрической обработки; технические особенности съемочных систем; экономические аспекты и другие факторы.

К дополнительным и справочно-информационным материалам относятся: каталоги (списки) координат и высот геодезических пунктов, пунктов нивелирования всех классов и точек съемочной сети, технические отчеты, дежурные карты с данными об изменениях местности; специальные карты и планы, схемы и базы пространственных данных различных ведомств.

***Основные проблемы в использовании пространственных данных в процессе геоинформационного картографирования*** подразделяются на следующие: невысокое качество ИКМ; технологические трудности; недостаточно современное состояние нормативно-технической базы и др.

Вопросы качества исходных материалов, от которых в значительной степени зависит детальность и точность создаваемых (обновляемых) пространственных данных, имеют следующие недостатки: годы состояния местности в ряде случаев более 50 лет; ошибки составления прошлых лет; необходимость генерализации при создании традиционных топографических карт; перегруженность объектами для картоиздания (бергштрихами, подписями и т.д.); избыточный уровень секретности.

Технологические трудности использования различных программных средств, обусловлены несовместимостью между собой, различных видов программного обеспечения (ПО) и их версий.

Состояние нормативно-технической базы в области геодезии и картографии. В настоящий момент действуют порядка 311 документов, которые были разработаны и приняты до 1991 г. В общем ожидают обновления 278 нормативных акта (89%), а снятие со снабжения 15 документов (5%), необходимо создать 96 документов в области картографического, геодезического, геоинформационного и навигационного обеспечения.

*Выводы:* Как показывает анализ современного состояния методов и технологий геоинформационного картографирования, одним из источников пространственных данных являются цифровые топографические карты. Однако полноценному использованию ЦТК в качестве основы ГИС мешают: накопившиеся ошибки ранее созданных картографических материалов, используемых в качестве ИКМ; несогласованность и несовместимость программного обеспечения; недостаточная актуальность нормативно-технической базы и, как результат, предъявление к цифровой картографической продукции тех же требований, что и к аналоговым топографическим картам.

Разрабатываемая методика должна обеспечить: комплексное использование источников геопространственной информации; единый подход к созданию и обновлению пространственных данных; автоматизацию процессов создания картографической основы ГИС. В свою очередь, пространственные данные в составе картографической основы должны иметь определенность кодового

представления, однозначность семантического и метрического описания, полноту содержания, достоверность изображения, точность и наглядность, общность подходов к генерализации изображения пространственных объектов.

**Во второй главе** разработаны принципы и основные приемы методики геоинформационного картографирования на основе данных ДЗЗ.

**Методика автоматизированного геоинформационного картографирования** построена: на принципах традиционной и цифровой картографии, заключающихся в точности, достоверности и наглядности показа пространственных объектов, на методах фотограмметрической обработки материалов ДЗЗ и приемах и способах ГИС-технологий и включает в себя последовательное усовершенствование технологических этапов создания и обновления картографической основы.

Критериями, положенными в основу разрабатываемой методики, являются:

- оптимизация кодового описания элементов содержания наборов пространственных данных, позволяющая исключить неоднозначность;
- адаптация метрических и семантических характеристик пространственных объектов к автоматизации процесса генерализации.

В ходе развития методики была рассмотрена картографическая продукция масштабного ряда 1:25 000 (в качестве продукции базового масштаба), 1:50 000 и 1:100 000 (как продукция, созданная методом генерализации картографического изображения, для обеспечения согласованного представления объектов на разных масштабах) (Рис.1).

Основными источниками исходных данных о пространственных объектах предлагается использовать цифровые ортофотопланы, матрицу рельефа и цифровые и аналоговые топографические карты предыдущих лет создания.

В качестве программного обеспечения выбрана продукция отечественных производителей, стоящая на снабжении в предприятиях Росреестра и ВТУ ГИ МО РФ: для фотограмметрической обработки материалов ДЗЗ - ПО ЦФС «Photomod 6» разработчик АО «Ракурс»; для картографических работ в целях создания наборов пространственных данных - ГИС «Карта 2011», разработка ЗАО КБ «Панорама».

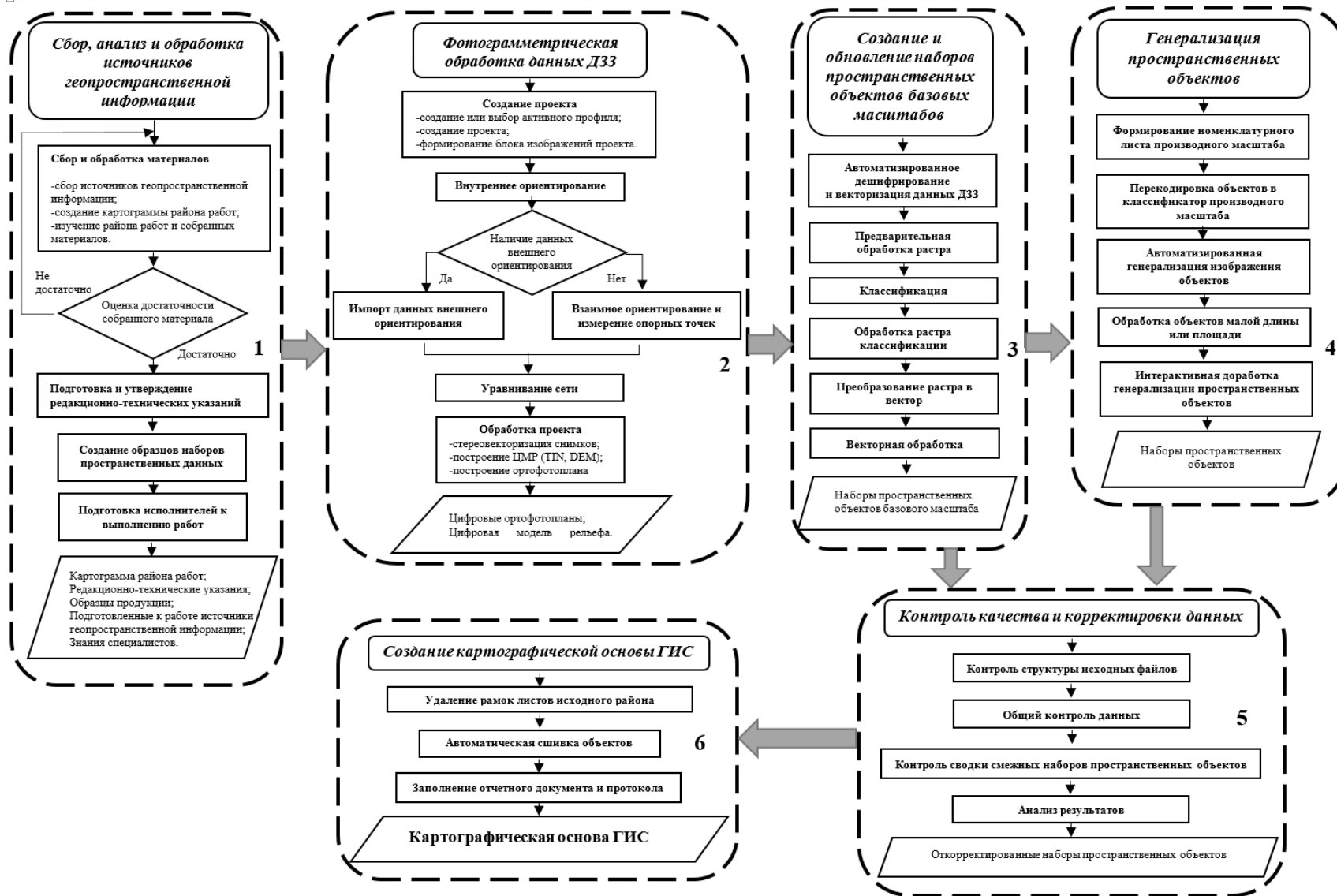


Рисунок 1 - Алгоритм методики автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли

## Сбор, анализ и обработка источников геопространственной информации

направлены на подготовку данных и исполнителей к работе. (Рис.2).

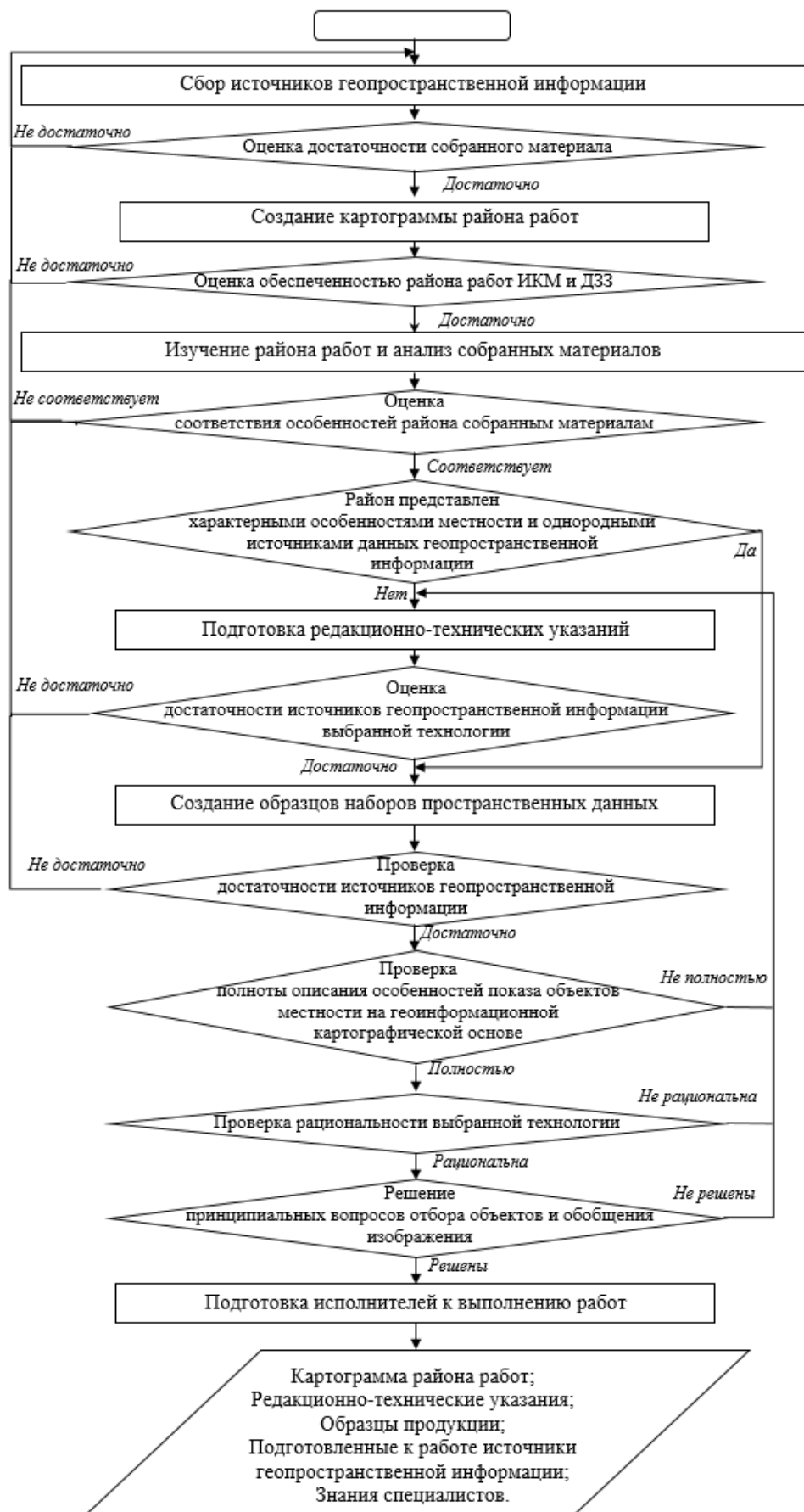


Рисунок 2 - Алгоритм выполнения сбора, анализа и обработки источников геопространственной информации

*В процессе фотограмметрической обработки данных ДЗЗ* выполняется преобразование материалов космической съемки в программной среде ЦФС «Photomod» в целях получения ортотрансформированного изображения земной поверхности в виде цифровых ортофотопланов, которые содержат актуальную геопространственную информацию о состоянии объектов местности. При создании ЦОФП предполагается использовать автоматизированные процедуры, заложенные в программное обеспечение (Рис.3).

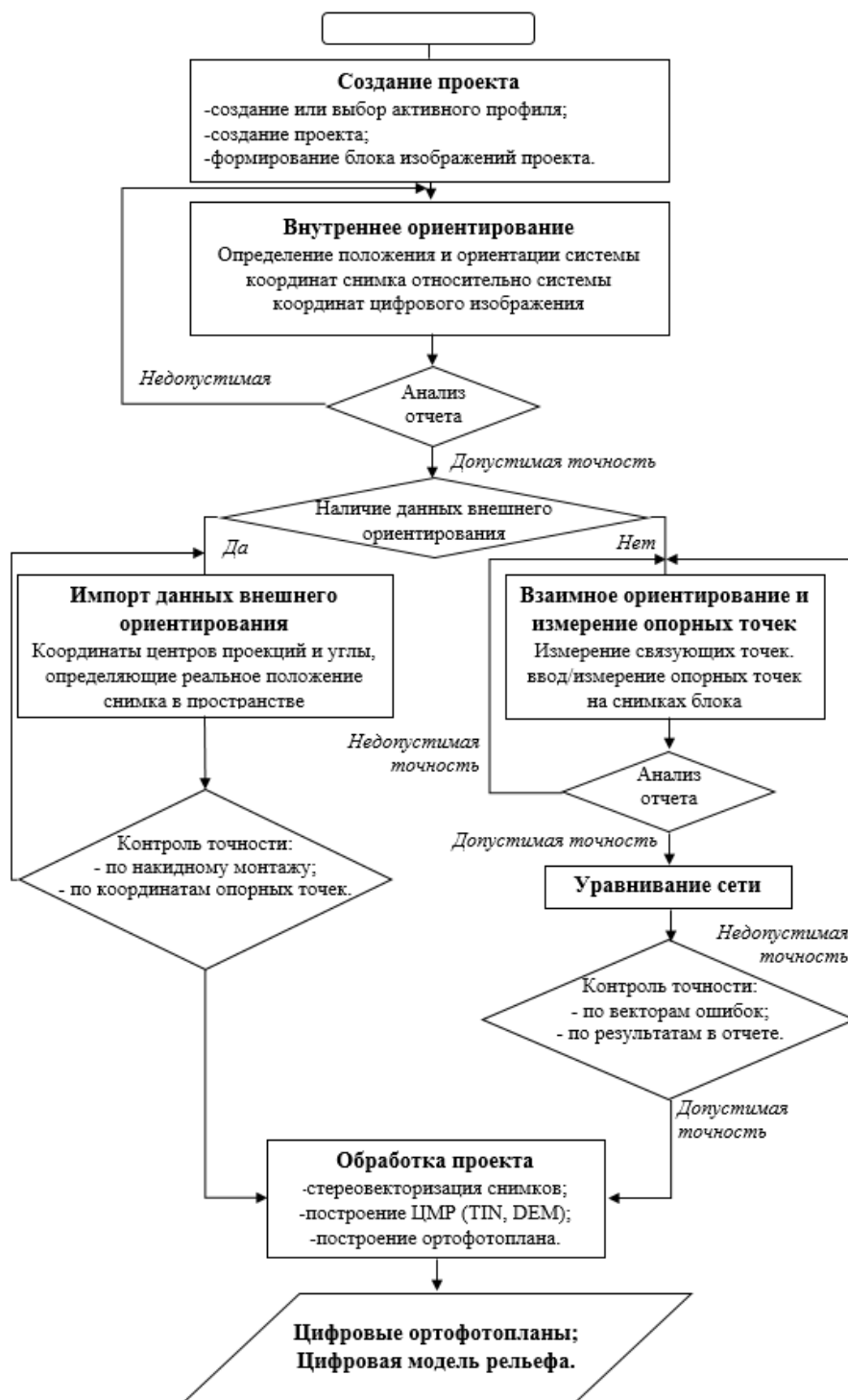


Рисунок 3 -  
Технологическая схема  
этапа  
фотограмметрической  
обработки данных ДЗЗ



***Создание и обновление данных о пространственных объектах базовых масштабов*** в интересах геоинформационного картографирования предполагает использование «Комплекса автоматизированного дешифрирования и векторизации данных ДЗЗ» (Комплекс).

Автором экспериментально апробировано внедрение Комплекса в производственный процесс обновления пространственных данных масштаба 1:25 000 в целях векторизации изображения объектов, составляющих содержание следующих слоев: «рельеф суши»; «гидрография»; «населенные пункты»; «промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты»; «дорожная сеть»; «растительный покров, грунты, заполняющие условные знаки».

***На этапе генерализации пространственных объектов для получения производных масштабов*** использовано приложение ПО, ориентированное на автоматизацию генерализации изображения и решение следующих задач: формирование номенклатурного листа производного масштаба; перекодировку объектов; генерализацию изображения объектов (планово-высотной основы, гидрографии и гидротехнических сооружений, кварталов, населенных пунктов, рельефа), обработку объектов малой длины или площади.

В данном приложении не все этапы реализованы в полной мере. В частности, интерактивная доработка результатов генерализации изображений населенных пунктов сравнима по трудозатратам с новым составлением карты по материалам ДЗЗ. Представляется, что с учетом предлагаемых изменений в ПЦОПИ задача автоматизированной генерализации может быть решена.

***На этапе контроля качества и корректировки наборов пространственных данных*** автором применялся комплекс автоматизированного контроля качества и исправления цифровых карт, который позволил выполнить контрольно-редакционные работы в сжатые сроки и в соответствии с руководящими документами (Рис.4).

Для выполнения этапа были подготовлены схемы контроля для каждого масштабного уровня, которые представляют собой XML файлы, содержащие списки видов контроля и контролируемых параметров.

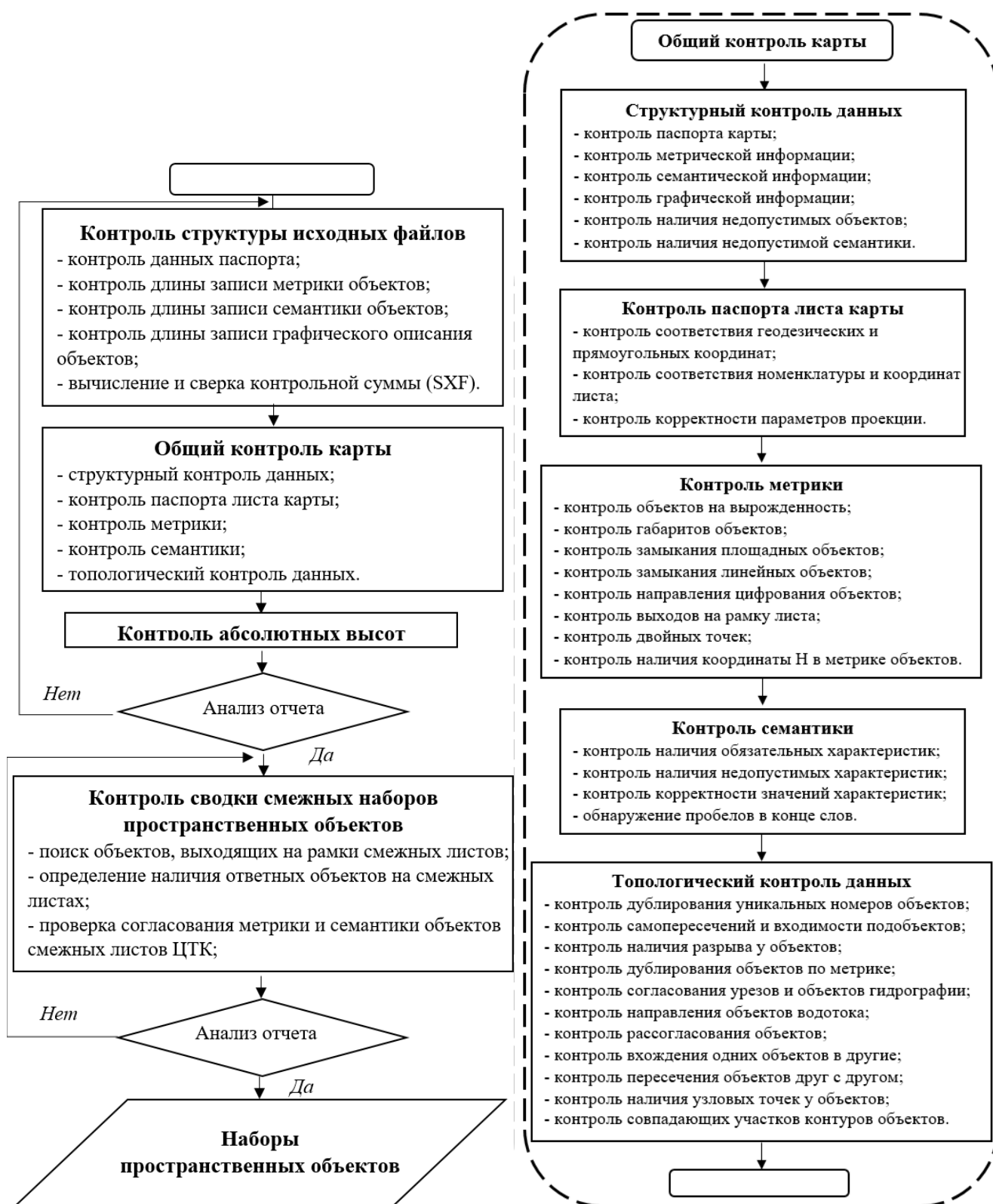
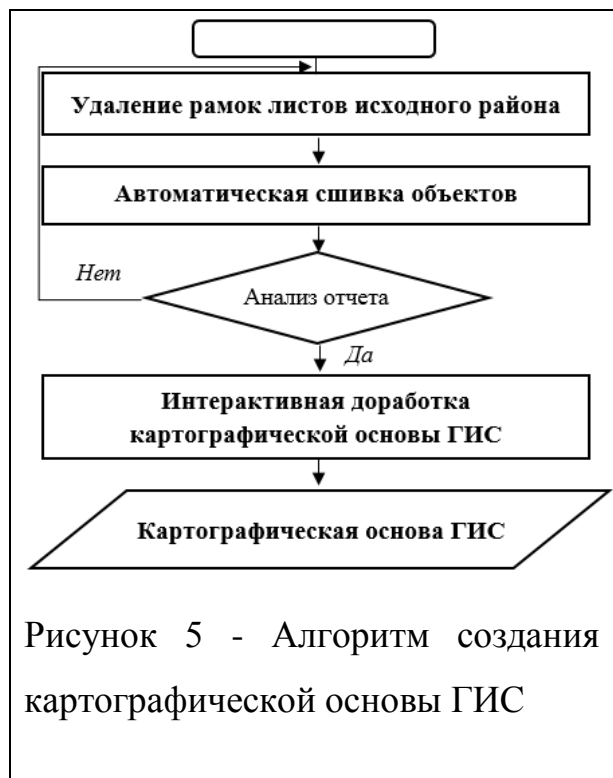


Рисунок 4 - Алгоритм контроля качества наборов пространственных данных  
*На этапе создания картографической основы ГИС* посредством автоматизированной процедуры выполняется сшивка созданных наборов пространственных данных (Рис.5). Для этого используется программное обеспечение, входящее в комплекс автоматизированного контроля качества и

исправления цифровых карт с формированием протокола об ошибках.



качества созданной геопространственной информации в технологический процесс создания пространственных данных, позволяющих сократить время создания наборов пространственных данных.

В третьей главе разработаны *Методические рекомендации по изменению правил цифрового описания наборов пространственных данных*, которые заключаются в оптимизации (исключении неоднозначности) кодового описания элементов содержания пространственных данных их метрических и семантических характеристик и адаптации к автоматизации создания картографической основы.

Так, например, в слое «Населенные пункты» основной особенностью предлагаемых изменений в ПЦОПИ является то, что цифруются не кварталы, а улицы и проезды по оси изображения проезжей части на ортофотоплане, при этом кварталы формируются по оси проезжей части (Рис.6).

Необходимость оптимизации кодового описания населенных пунктов обоснована следующими причинами: в действующих правилах присутствуют 9 кодов для описания объектов «населенные пункты», автором предлагается оставить 4 кода: «Города», «Посёлки», «Отдельные дворы (хутора)», «Части населённого пункта».

**Выводы.** Разработанные автором предложения, обеспечивающие автоматизацию геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли, включают:

- развитие алгоритмов создания наборов пространственных данных;
- внедрение комплексов автоматизированного дешифрирования и векторизации данных ДЗЗ, генерализации картографического изображения и контроля

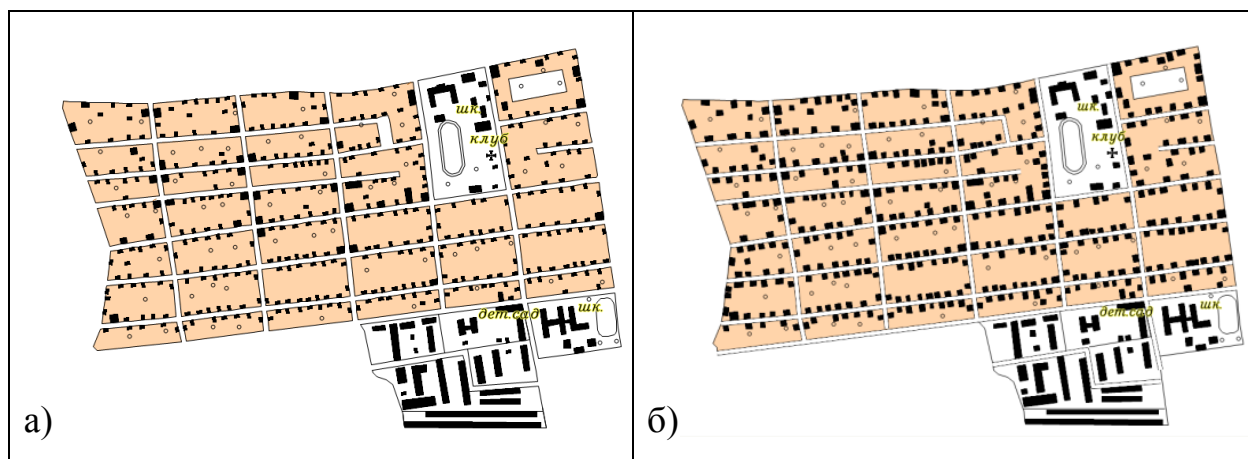


Рисунок 6 – Пример изображения фрагмента населенного пункта в масштабе 1: 25000, оцифрованный: а) по действующим ПЦОПИ и б) с учетом изменения принципов формирования кварталов

**Выводы.** Разработанные автором методические рекомендации по изменению ПЦОПИ, обеспечивающие автоматизацию геоинформационного картографирования на основе данных ДЗЗ, обеспечивают:

- исключение неоднозначности при цифровом описании объектов местности;
- оптимизацию кодового описания пространственных данных;
- адаптацию метрических и семантических характеристик пространственных объектов к автоматизации процесса генерализации;
- сокращение времени на создание наборов данных базового масштаба.

**В четвертой главе** выполнены экспериментальные исследования по апробации разработанной методики и проверке предложенных методических и технических решений в области автоматизации процесса создания картографической основы ГИС.

Первоначально был выполнен *сбор и анализ источников геопрограмственной информации*, изучение, составление краткой географической характеристики районов работ и создание картограммы.

В качестве *исходных картографических материалов* для обновления использовались НЛ ЦТК, ранее созданные в формате \*.sxf, и ЦОФП.

При выполнении работ использовались *материалы ДЗЗ*, полученные с космического аппарата (КА) «Канопус-В» и «Ресурс-П».

С учетом опыта использования материалов ДЗЗ на производстве АО «НИиП

центр «Природа», сформулированы следующие предложения к условиям проведения космической съемки и материалам КС, которые предусматривают: сплошную (без пропусков) космическую съёмку территории РФ; повышение разрядности кодирования информации до 12 бит/пиксель, что позволит дешифровать изображение в тени высотных объектов; усовершенствование контроля частотно-контрастных свойств снимков и, при необходимости, их улучшение на этапе формирования изображения из телеметрических данных; учет действующих требований (облачность; угол высоты Солнца и т.д.).

Перечисленные предложения к условиям проведения космической съемки позволят: сократить объемы дополнительных источников информации; исключить необходимость выполнения полевого дешифрирования; минимизировать трудозатраты на камеральное дешифрирование снимков.

Специфика создания ЦОФП с использованием материалов с КА «Ресурс-П» и «Канопус-В» была изучена на этапе *фотограмметрической обработки данных*.

Автоматические процедуры векторизации и предложенные изменения ПЦОПИ проверялись на этапе *создания и обновления данных пространственных объектов базовых масштабов*. В итоге выполнения процесса автоматизированной векторизации ЦОФП было оцифровано до 40% пространственных объектов. При этом в качестве исходных материалов использовались ортофотопланы и ДПХ.

На примере слоя «Населенные пункты» были проверены подходы к автоматизации *генерализации пространственных объектов для получения производных масштабов*. Предложенные изменения в ПЦОПИ, касающиеся принципов описания ряда объектов, дали возможность ускорить процесс генерализации изображения, не ухудшая характеристик визуализации, по сравнению с ЦТК, созданной традиционным методом.

Применение автоматизированного комплекса на *этапе контроля качества и корректировки данных* позволило выполнить исправление наборов пространственных данных в соответствии с действующими требованиями.

На *этапе создания картографической основы ГИС* была выполнена в автоматическом режиме сшивка полученных наборов данных.

**Выводы:** В результате экспериментального исследования по апробации разработанной методики автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли были проверены: обоснованность методических рекомендаций в правила цифрового описания наборов пространственных данных; эффективность использования источников данных о пространственных объектах; производительность автоматизированных комплексов дешифрирования и векторизации данных ДЗЗ, генерализации и контроля качества.

Справедливость выдвинутых теоретических аспектов автоматизации процессов геоинформационного картографирования подтвердил анализ рентабельности работ, показавший увеличение производительности труда в 1.6 раза без потери качественных свойств наборов пространственных данных.

**Заключение.** В диссертационной работе апробированы разработанные автором предложения по развитию методики автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли с применением усовершенствованных правил цифрового описания наборов пространственных данных.

Основные **итоги** диссертационного исследования:

1. На основании проведенного анализа опыта работ по использованию методов геоинформационного картографирования:

- исследованы существующие методы геоинформационного картографирования;

- показана роль и место пространственных данных в составе цифровых топографических карт как картографической основы для формирования ГИС;

- рассмотрены основные проблемы использования источников геопро пространственной информации о территории картографирования;

- обозначены проблемные вопросы использования пространственных данных в процессе автоматизированного геоинформационного картографирования.

2. Разработана методика автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных ДЗЗ для создания картографической основы

ГИС с использованием наборов пространственных данных.

3. Разработаны методические рекомендации по изменению правил цифрового описания наборов пространственных данных с учетом требований к решению задач геоинформационного картографирования.

4. Выполнены экспериментальные исследования по апробации разработанной методики с учетом предложений и дополнений автора в правила цифрового описания наборов пространственных данных.

5. На основе проведенного исследования были выработаны практические рекомендации к условиям проведения космической съемки для целей картографирования и изменениям в правилах цифрового описания наборов пространственных данных.

Решения задач диссертационного исследования показали, что **перспективным и ключевым направлением развития** методики является совершенствование технологических приемов автоматизации геоинформационного картографирования.

Отраженные в работе основные аспекты методики автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных ДЗЗ и методические рекомендации по адаптации и оптимизации правил цифрового описания объектов местности целесообразно использовать для реализации подходов и принципов автоматизации процессов создания наборов пространственных данных.

**Рекомендации** по практическому использованию. Полученные результаты могут быть использованы в производственном процессе создания и обновления наборов пространственных данных при формировании геоинформационной основы как базовой компоненты федеральных государственных информационных систем для обеспечения пространственной информацией федеральных, региональных и муниципальных органов исполнительной власти.

#### **Список публикаций автора по теме диссертации:**

1. Каримова А.А. Ведение фонда цифровых материалов инженерных изысканий /А.Г. Демиденко, А.А. Каримова // Инженерные изыскания. – 2011. – №12. – С.82–86.

2. Каримова А.А. Проблемы автоматической идентификации пространственных объектов и их обновления при ведении базы пространственных данных на основе государственных топографических карт / О.В. Беленков, А.А. Каримова, Р.А. Демиденко // Геодезия и картография –2012. – №1. – С.23–27.

3. Каримова А.А. Ведение цифрового фонда геодезических и топографических материалов / Р.А. Демиденко, А.С. Турутина, А.А. Каримова // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель – 2012. – №7. – С.68–74.

4. Каримова А. А. Современные подходы к технологии создания и обновления государственных топографических карт и планов // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 59. – № 5. С. 27–36.

5. Каримова А.А. Общая методика автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли / А.А.Майоров, А.А. Каримова // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка» —2019. — Т. 63. № 2. — С. 234-240.

6. Каримова А.А. Особенности технологии создания базовых пространственных наборов данных в интересах наполнения инфраструктуры пространственных данных / А.А. Каримова // Сборник статей по итогам научно-технической конференции – 2013 – №6. – С.136–139.

7. Каримова А.А. Методические аспекты использования современных материалов космической съемки для обновления цифровых топографических карт и планов городов / А.А. Каримова // Вопросы электромеханики – 2016.– №3. – С.29–33.