

На правах рукописи

УДК 528.936:528.4

ВАХТАНОВ АНДРЕЙ СЕРГЕЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБНОВЛЕНИЯ
ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ ПО МАТЕРИАЛАМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ
(МАСШТАБЫ 1:25 000 – 1:200 000)

25.00.33 – картография

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук



Москва 2003

Работа выполнена на кафедре картографии Московского государственного
университета геодезии и картографии

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор Т.В. Верещака

Официальные оппоненты – доктор технических наук,
профессор С.А. Сладкопевцев
доктор технических наук,
профессор А.И. Мартыненко

Ведущая организация – Институт Географии РАН

Защита диссертации состоится «__» декабря 2003 года в __ часов на
заседании диссертационного Совета № Д.212.143.01 Московского
государственного университета геодезии и картографии по адресу: 105064,
Москва, Гороховский пер., 4, ауд. 321

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МИИГАиК

Автореферат разослан «__» ноября 2002 года

Ученый секретарь
диссертационного Совета



Б.В. Краснопевцев

2003-А
18821

Актуальность темы исследования. В 1988 г. завершено создание государственной топографической карты масштаба 1:25 000 на всю территорию бывшего СССР. 300 тыс. листов карты несут уникальную информацию, имеют большое социально-экономическое, научно-техническое и культурно-историческое значение. Кроме того, вся территория России обеспечена топографическими картами более мелких масштабов (1:50 000 1:1 000 000). Создание и обновление топографических карт – обязательная предпосылка развития производительных сил страны, укрепление ее обороноспособности. Несмотря на обеспеченность всей страны картой 1:25 000 масштаба, сохраняют свое значение карта масштаба 1:100 000, особенно для подготовки новых изданий обзорно-топографических карт. Известно, что топографические карты всего масштабного ряда обеспечивают общегеографическое, тематическое и комплексное картографирование. Спрос на карты постоянно растет. Возникает необходимость в оперативной информации, обеспечивающей решение проблем управления территориями, проведения земельной реформы, проблем экологической безопасности и многих других. В тоже время начало съемок и составления карт положено очень давно. Поэтому актуальная и емкая проблема сегодняшнего дня – обновление созданного фонда топографических карт. Удовлетворение потребностей в современной топографической карте решается в условиях современной компьютеризации картографии созданием цифровых и электронных карт, федеральных и региональных банков картографических данных. Приобретает первостепенное значение проблема оперативного обновления топографических карт на базе современной техники и космических съемок.

Цели и задачи исследования. Целью диссертационной работы является научный анализ, обобщение и совершенствование цифровой технологии и практических методов обновления топографических карт масштабов 1:25 000, 1:100 000, 1:200 000 по материалам космической съемки. Реализация поставленной цели потребовала решения следующих задач:



- изучить современные средства, методы и технологии обновления топографических карт с обзором литературы;
- разработать концепцию общей (целостной) цифровой технологии обновления топографических карт по космическим снимкам на основе обобщения современного опыта и научных достижений;
- выделить в общей технологической схеме основные этапы цикла обновления карт и разработать рекомендации по цифровой технологии и методам их выполнения, или по совершенствованию технологий (методов);
- исследовать значение редакционных работ в цифровых технологиях обновления карт и разработать методику их редактирования;
- рассмотреть возможности применения приемников спутникового позиционирования на разных этапах обновления карт.

Объект исследования – топографическая поверхность Земли и происходящие на ней процессы. **Предмет исследования** – методика и технология картографирования или актуализации имеющихся карт топографической поверхности.

Методы исследований, примененные в диссертационной работе, опираются на теоретические и методологические основы топографического картографирования, фотограмметрии, дистанционного зондирования, отраженные в трудах ученых и топографических картах, методы математической картографии, а также на достижения в области цифровых компьютерных технологий.

На защиту выносятся:

1. Концептуальная схема общей цифровой технологии обновления топографических карт масштабов 1:25 000, 1:100 000, 1:200 000 по материалам космической съемки (с учетом научных достижений и реальных возможностей производства сегодняшнего дня).
2. Рекомендации по методике обработки растровых изображений при обновлении карт.

3. Разработки по цифровой технологии полевого и камерального дешифрирования космических снимков.
4. Методика редактирования цифровых топографических карт при их обновлении.
5. Рекомендации по применению и методике GPS-измерений при обновлении карт рассматриваемых масштабов.

Научная новизна.

Предлагаемая диссертация является первой работой, обобщающей в целом технологию обновления топографических карт масштабов 1:25 000, 1:100 000, 1:200 000 по космическим снимкам с применением компьютерных технологий. К оригинальным результатам исследований, по мнению автора, можно отнести:

- обзор литературы и обобщение отечественного и зарубежного опыта компьютерных технологий обновления топографических карт по космическим снимкам;
- рекомендации по методике перевода информации в цифровой вид и использованию в качестве исходного материала вместо диапозитивов постоянного хранения тиражных оттисков обновляемых карт;
- опытно-производственные исследования по подготовке растровых изображений снимков к трансформированию и их преобразованию;
- предложения по использованию «идеальных стереопар» космических снимков (КФА-1000) для анализа изменений в рельефе и оптимизации процесса дешифрирования в целом;
- выявление (определение) особенностей и преимуществ цифровой технологии дешифрирования космических снимков;
- разработки по методике и вариантам сочетания полевого и камерального дешифрирования, критериям выбора оптимальных вариантов;
- методику редактирования цифровых топографических карт;
- рекомендации по использованию GPS-приемников на разных этапах обновления карт. Руководство по подготовке планово-высотного обоснования

аэрокосмических снимков с использованием двухчастотных фазовых приемников фирмы Ashtech марки Z-FX.

Практическая значимость.

Рекомендации по технологии обновления топографических карт масштабов 1:25 000, 1:100 000, 1:200 000 в целом и по отдельным этапам используются в научно-исследовательском и производственном центре «Природа». Разработки по методике обработки растровых изображений, методам использования GPS-приемников на разных этапах обновления карт, включая «Руководство по подготовке планово-высотного обоснования аэрокосмических снимков с использованием двухчастотных фазовых приемников фирмы Ashtech марки Z-FX», подтверждены справками о внедрении в этой организации.

Все результаты исследований по теме диссертации внедрены в учебный процесс на кафедре Картографии МИИГАиК в курсах «Топографическое картографирование», «Редактирование топографических карт и атласов», что также подтверждено документально.

Апробация работы.

Диссертационные исследования доложены и обсуждены на научных семинарах и заседаниях кафедры Картографии, ежегодных научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК (2002, 2003 гг.), на I-ой Международной конференции «Земля из космоса – наиболее эффективные решения», организованной Инженерно-технологическим центром СканЭкс (Москва, ноябрь, 2003г.)

Публикации.

Содержание диссертации освещено в 3-х опубликованных статьях, одной депонированной работе, в обновленных изданиях топографических картах 1:25 000 и 1:200 000 масштабов. Исследования диссертации отражены также в научно-технических отчетах кафедры картографии Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК), в «Руководстве по подготовке планово-высотного обоснования аэрокосмических

снимков с использованием двухчастотных фазовых приемников фирмы Ashtech марки Z-FX» (препринт).

Объем и структура работы.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и приложения - «Руководства по подготовке плано-высотного обоснования аэрокосмических снимков с использованием двухчастотных фазовых приемников фирмы Ashtech марки Z-FX». Содержит 159 страниц машинописного текста, 10 таблиц, 11 рисунков. Список литературы включает 135 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, поставленные цели и задачи исследований.

Глава 1. Современные средства, методы и технологии обновления топографических карт (обзор литературы)

Глава представляет собой обзор отечественной и зарубежной литературы.

Охарактеризованы материалы дистанционного зондирования, получаемые различными космическими аппаратами в их историческом развитии. Особое внимание обращено на характеристики космических изображений – их разрешение, спектральные диапазоны, пространственный охват. Изучена литература по вопросам геометрического преобразования космических снимков, получения метрической и семантической информации по данным дистанционного зондирования, выполнен анализ аппаратно-программного обеспечения, используемого при создании и обновлении карт. По результатам обзора и анализа литературы сделаны следующие выводы:

Из фонда доступных и наиболее современных отечественных космических снимков по изобразительным свойствам и разрешению выделяются материалы, полученные со спутников Ресурс и конверсионные снимки со спутников оборонного ведомства (Комета). Из зарубежных материалов решение задач топографического картографирования обеспечивается получением снимков с французских спутников SPOT, индийских JRS, японских ADEOS,

американскими IKONOS; снимки высокого разрешения с индийского спутника JRS, в нашей стране принимает и распространяет фирма СканЭкс.

Большую роль в обновлении карт играют преобразования космических снимков в проекцию карты – строго фотограмметрические, необходимые для обновления карт крупных масштабов, и менее строгие, используемые для карт мелких масштабов (в нашем случае 1:100 000, 1:200 000). Особенно актуальной задачей является повышение точности получения изображения рельефа. В последнее время для плано-высотного обоснования снимков все чаще используются GPS-приемники.

При всем многообразии методов компьютерной обработки цифровых снимков для их распознавания, включая попытки автоматизации (классификация объектов по спектральным признакам с привлечением текстурных и других), они малоэффективны для комплексного многокомпонентного топографического дешифрирования, поэтому ведущим его методом и в цифровых технологиях, особенно в условиях производства, пока остается визуальное дешифрирование.

В программном и аппаратном обеспечении, используемом при обновлении карт, осуществлен переход от аналитических приборов к цифровым. Используются фотограмметрические станции «Фотомод», «ЦФС ЦНИИГАиК», «Талка», геоинформационные системы «Нева», «Панорама», «Растр-2», «ЦФС ЦНИИГАиК», MapInfo, Microstation – картографические, издательские системы – «Нева», FreeHand, CorelDraw, Illustrator, «КартДок».

Глава 2. Концептуальная схема общей цифровой технологии обновления топографических карт по материалам космических съемок (схема и пояснительный текст)

При анализе литературы, освещающей научные исследования в области цифрового топографического картографирования и источников, его регламентирующих, нам не встретилось достаточно последовательной и систематизированной технологии обновления карт в полном, обобщающем виде. Наибольшее количество новых публикаций, включая монографии, посвящено отдельным проблемам – фотограмметрической обработке аэро- и космических

снимков, их дешифрированию, подходам к автоматизации работ. Поэтому одной из важных, на наш взгляд, решенных в диссертации задач является целостное обобщенное представление цифровой технологии и процессов обновления карт, позволяющее проникнуть в его суть, а также в последовательность, соотношение и особенности каждого из этапов, оценить их значение в общем технологическом цикле, степень разработанности по разным параметрам. Практически важно на сегодняшний день показать реальные возможности воплощения научных и технологических достижений в картографическом производстве. Экспериментальные исследования выполнены по снимкам Ресурс ФМ; характеристики снимков и параметры съемок приведены в табл. 1.

Табл. 1.
 Параметры съемки и характеристики снимков космического аппарата
 Ресурс ФМ (съемка 1999г).

Основные характеристики	Тип камеры	
	КФА-1000	КАТЭ-200
Наклонение орбиты, град.	82,3	82,3
Назначение фотоаппаратуры	специальная	топографическая
Фокусное расстояние, мм	1000 ²	200
Угол поля зрения, град.	24	65
Формат кадра, см	30X30	18X18
Спектральные диапазоны	2	1
Максимальная дисторсия объектива, мкм	700	35
Тип затвора	Центральный двухъярусный	Центральный
Спектральные зоны, нм	570-680, 680-810	600-700
Тип пленок	СП-10	Т-38Л
Количество опорных (координатных) крестов	5	81
Компенсация сдвига изображения	Есть	Нет
Рабочий диапазон высоты фотографирования, км	215-290	215-290
Масштабы фотографирования	1:185000-1:290000	1:1100000-1:450000
Полоса захвата	0.87Н (217км для 3х кадров при Н=250км)	0.9Н(225км при Н=250км)
Пространственное разрешение, м:		
- на спектральной пленке;	3,5-5,0	--
- на черно-белой пленке;	--	15-18
Продольное перекрытие, %	20; 60	60

1- На космическом аппарате установлены 3 камеры КФА-1000: одна центральная – вертикально и две с наклоном в 16° в плоскости, перпендикулярной направлению полета, с фокусными расстояниями: 1016,09мм – для центральной камеры, 1012,88мм и 1013,39мм - для двух других.

2- На космическом аппарате установлены 3 камеры КФА-1000: одна центральная – вертикально и две с наклоном в 16° в плоскости, перпендикулярной направлению полета, с фокусными расстояниями: 1016,09мм – для центральной камеры, 1012,88мм и 1013,39мм - для двух других.

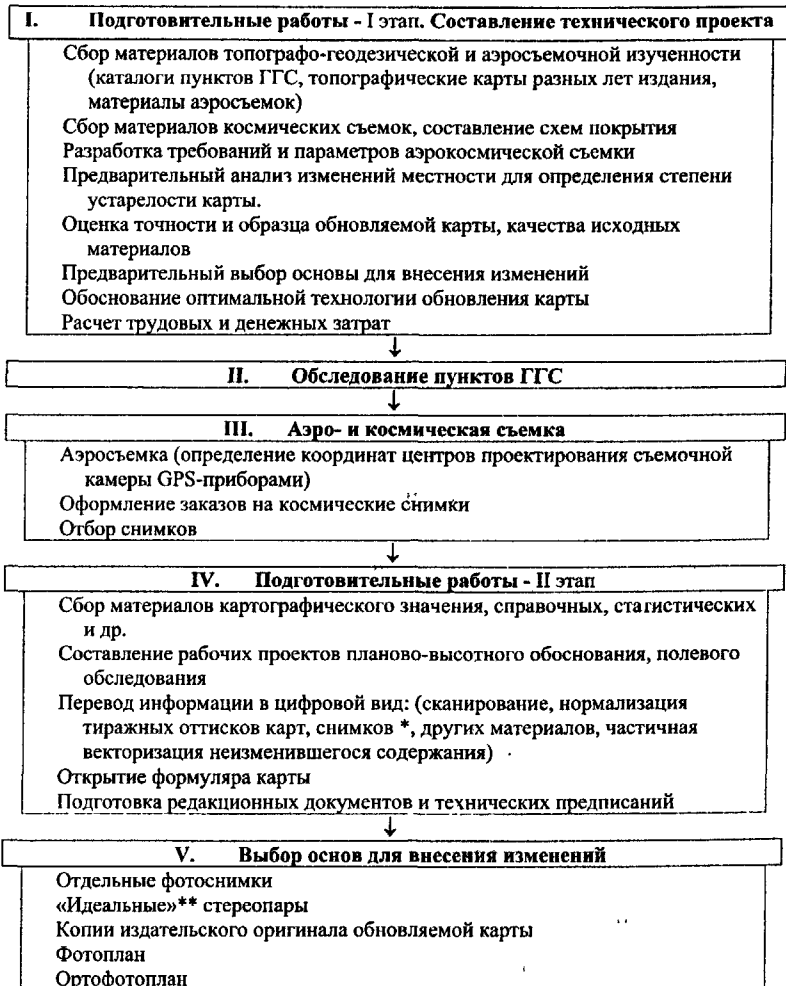
Обобщенная схема цифровой технологии обновления топографических карт представлена в табл. 2. Покажем ее основные особенности.

1. В цифровой технологии выделены два подготовительных этапа: а) 1-ый – на стадии составления технического проекта, включающий традиционный набор видов работ и сбор космической изученности (составление схем покрытия района космическими снимками, оценка их параметров); б) 2-ой этап – начало производства и выполнение работ, связанных с переводом традиционно используемых материалов в цифровую форму.
 2. В качестве основ для внесения изменений кроме традиционных, предложено использовать «идеальные стереопары» космических снимков, которые позволяют оптимизировать процесс дешифрирования и анализа изменений.
 3. Выполнены опытно-производственные исследования по сканированию снимков, тиражных оттисков, подготовке растровых изображений к трансформированию. Определены области применения полиномиальных преобразований при планово-высотном обосновании и фотограмметрической обработке космических снимков.
 4. Исследованы и представлены в сравнении традиционные и цифровые технологии методов полевого и камерального дешифрирования, варианты их сочетания, критерии выбора оптимальных вариантов, этапы работ.
 5. Выявлены особенности и сформулированы основные положения методики редактирования цифровых карт.
 6. Рассмотрены возможности применения GPS-приемников и рекомендации по их использованию на разных этапах обновления топографических карт.
- Все выделенные позиции рассмотрены подробно в последующих главах.

Глава 3. Обработка растровых изображений при обновлении топографических карт

В главе рассмотрены особенности сканирования снимков и тиражных оттисков карт и подготовки растрового изображения к трансформированию. Показано, что шаг (апертуру) при сканировании снимка необходимо выбирать, исходя из его изобразительных свойств и требуемой детальности растрового

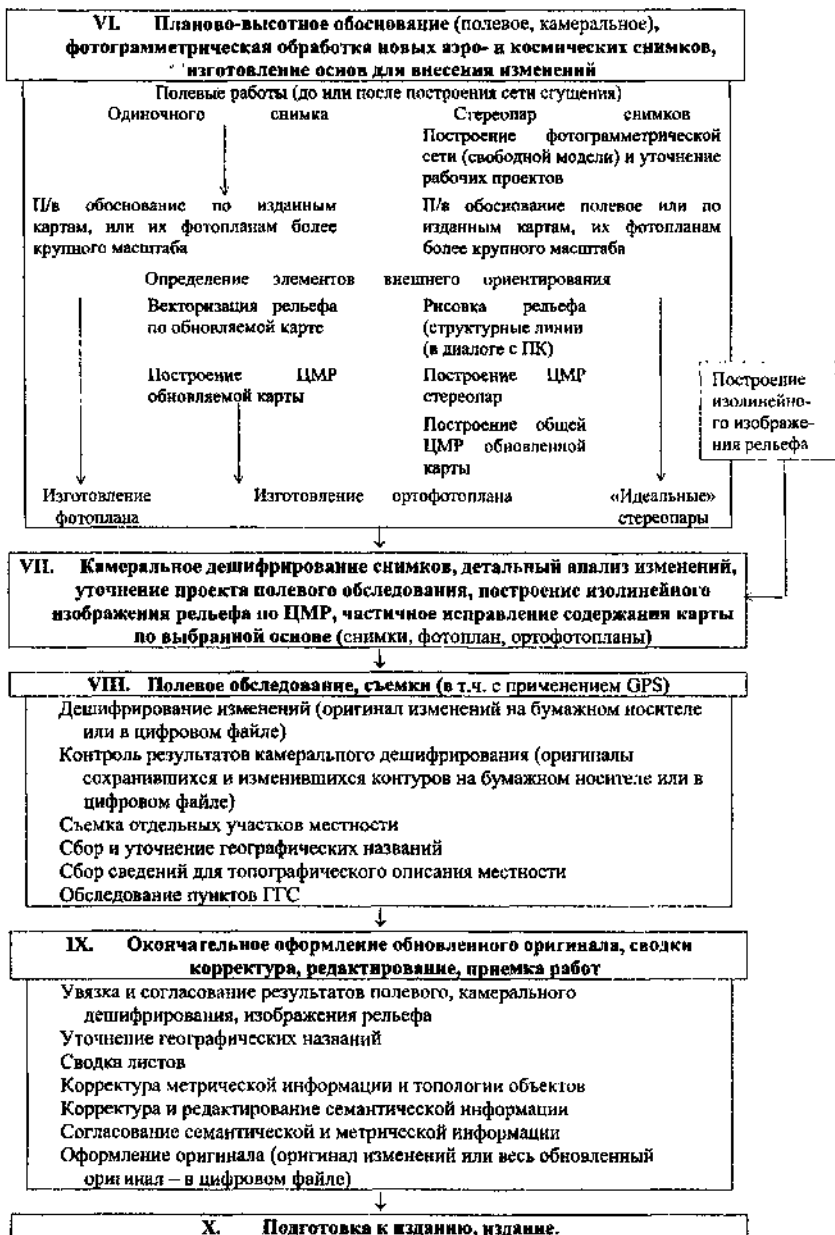
**Концептуальная схема общей цифровой технологии обновления
топографических карт по материалам космических съемок**



* нормализация (преобразование) карт, снимков предполагает введение поправок за деформацию бумаги, фотопленки, искажения сканера и т.д.

** под «идеальными» стереопарами понимаются два преобразованных снимка с перекрытием, на которых исключены все искажения кроме учета влияния рельефа

см. продолжение



изображения. Предложен метод приведения сканированных тиражных оттисков карт к теоретическим размерам. Разработаны рекомендации по использованию (в цикле обновления) тиражных оттисков обновляемых карт вместо диапозитивов постоянного хранения. Определена область применения полиномиального и сплайнового методов трансформирования снимков, разработаны предложения по их оптимизации с учетом влияния рельефа. Предложены алгоритм компенсации дисторсии с использованием программы Microstation и метод двумерной интерполяции, реализованный с использованием языка Visual Basic и программы Excel. Экспериментальные исследования показали, что эти предложения можно применять при трансформировании снимков для обновления карт масштабов 1:100 000 и 1:200 000, и поэтому они внедрены в производство. Исследования освещены в статье автора [1]. При подготовке материалов космической съемки для обновления карт масштабов 1:50 000 и крупнее необходимо применять строгие фотограмметрические преобразования. В главе приведена технология строгого трансформирования с использованием программ Офорт и Альтитуда – разработка Госцентра «Природа».

Глава 4. Дешифрирование космических снимков при обновлении топографических карт – традиционная и цифровая технологии

Удельный вес дешифрирования изображений в создании и обновлении топографических карт составляет больше половины стоимости и трудовых затрат на весь комплекс работ. В главе рассмотрена методика визуального интерактивного (в диалоге с компьютером) дешифрирования (полевого и камерального) с одновременным составлением топографических карт при их обновлении по космическим снимкам. Подчеркнуто, что дешифрирование снимков при обновлении топографических карт полностью подчинено задаче обеспечения их полноты, информативности, географического соответствия и сохраняет все свойства топографических карт. Существенные ограничения в применении цифровых технологий с большой долей автоматизации работ накладывает такое свойство топографических карт, как многоплановость и

комплексность их содержания. Выявлены и рассмотрены особенности компьютерного топографического дешифрирования.

В компьютерных технологиях дешифрирование направленно на интерпретацию каждой элементарной ячейки (пикселя) по всей площади изображения. Этим обеспечивается непрерывность изображения на карте.

Кроме основных классификаций объектов с их принципами и основаниями деления (таких например, как генезис, динамика, водный режим - для природных объектов, политико-административное значение, тип поселения, людность - для населенных пунктов и т.д.) в компьютерных технологиях возникает необходимость в формальных классификациях, (например, объекты компактные (точечные), линейные, площадные; простые, сложные) в связи со специфическими для каждой формы методами распознавания, выделения из окружающего фона, объединения в однородные группы. Имеет значение принадлежность объектов к антропогенным, характеризующимся геометрическими формами, и к природным – с произвольными границами и неупорядоченными конфигурациями.

На компьютере можно просто и оперативно оценить объем информации на снимке формально для их подбора с учетом решения определенных задач, для определения соотношений и объема камеральных и полевых работ. При дешифрировании одного и того же снимка распознавание объектов можно выполнять при разном увеличении (уменьшении), выражающемся в соотношении пикселей на снимке и экране монитора, но предельные значения ухудшают качество и снижают достоверность распознавания.

Важнейшая особенность дешифрирования в цифровых технологиях заключается в том, что на компьютере оно фактически объединено с процессом составления карты. Отсюда наиболее ответственные задачи – интерактивная работа по согласованию и увязке изображения элементов содержания, выявление границ распознаваемого объекта (заполнение контура выполняется полуавтоматически; знаки программа выбирает из классификатора). Это

обстоятельство существенно повышает значение редакционных работ, обуславливает их особую ответственность.

Дешифрирование топографических объектов может быть выполнено по любым материалам (снимкам, изображениям). Важно обеспечить предельное значение разрешающей способности, удовлетворяющее задачам топографического картографирования. При работе со спектрзональными изображениями открываются прекрасные возможности интерпретации объектов по синтезированным и раздельным изображениям спектральных каналов с их комбинациями – наложениями, разделениями, вычитаниями, контрольными операциями и т.п.

На цифровом снимке наблюдается дискретность цветового тона – общий фон составляется из большого числа пикселей разных, иногда контрастных цветов. границы объектов имеют ступенчатый вид, что важно учитывать при генерализации. Преимуществом является оперативное изменение параметров изображения – яркости, контрастности, цветовой гаммы и др. Это способствует выявлению малоразмерных, малоконтрастных объектов, а также объектов, сходных по изображению на снимках, но различных по сущности и свойствам. В некоторых программах предусмотрена возможность применения различных фильтров к цифровому изображению, повышающих контрастность, подчеркивающих границы объектов и утрирующих цветовые тона и др.

Огромным преимуществом цифровых технологий дешифрирования является реальная возможность анализа одновременных цифровых снимков непосредственно в процессе получения содержания карты. Это позволяет обогатить содержание карт объектами, отражающими динамику и генетические различия объектов местности в разных регионах. Автоматическое сличение и выявление несоответствий в изображениях одновременных снимков (фотопланов) ускоряет анализ изменений местности при обновлении карт и повышает его надежность.

Возможность быстрого изготовления монтажей из снимков в виде фотопланов, их использования в полевом дешифрировании, визуального охвата топологических и географических особенностей в большом поле зрения одновременно на местности и фотоплане повышает эффективность

интерпретации в содержательном отношении, не говоря уже об ориентирных свойствах изображения. Большое практическое значение для выигрыша в сроках, трудовых и денежных затратах имеет применение портативных компьютеров в процессе полевого дешифрирования, особенно в сочетании с GPS-приемниками.

Особенности дешифрирования связаны и с использованием космических снимков: большой охват территории одним снимком, ценный для ландшафтной индикации, эталонирования ландшафтных комплексов, выявления закономерностей, для сводок и согласования отдельных листов; интеграция изображения, используемая в процессе генерализации; экономическая эффективность, выражающаяся в обработке меньшего количества материалов, сокращение сроков выполнения работ.

Традиционные и цифровые технологии дешифрирования космических снимков представлены в сравнении в табл. 3. В диссертации раскрыты варианты сочетания полевого и камерального дешифрирования – критерии выбора и этапы работ.

Глава 5. Особенности и методика редакционных работ при обновлении топографических карт

В главе впервые рассматриваются особенности и значение редактирования карт в цифровых технологиях их создания. Подчеркивается необходимость усиления редакционных работ для достижения достоверности, полноты, смыслового богатства карт.

Главная особенность цифровой технологии обновления карты состоит в том, что каждый специалист создает почти полностью законченный составительский оригинал (преимущественно в камеральный период), включающий контурную и высотную основы карт, полученные в результате дешифрирования, создания цифровой модели рельефа и построения его изолинейного изображения. Поэтому редакционные документы, образцы, эталоны разрабатываются сразу комплексными, показывающими правильное и выразительное изображение результатов дешифрирования в сочетании и в согласовании с формами рельефа. Содержание работ на разных этапах и редакционные документы приобретают специфику, связанную со спецификой цифровой технологии.

Таблица 3.

**Дешифрирование космических снимков при обновлении топографических карт
традиционная и цифровая технологии**
Полевое дешифрирование

Методика и результаты	Технологии	
	Традиционная	Цифровая
Приборы и инструменты	Измерительные, стереоскопические, увеличительные, чертежные: дальномеры, высотомеры, рулетки, секундомеры, портативные стереоскопы, лупы, чертежные принадлежности д.р.	Портативный компьютер; Навигационный GPS-приемник; Съемочный комплекс (базовая GPS-станция и электронный тахеометр с мобильной GPS-станцией); Лазерный дальномер
Материалы	Спектрональные увеличенные отпечатки (масштаба 1:14 000-1:25 000, оригинальный масштаб ~1:230 000) Черно-белые снимки (оригинальный масштаб 1:1 150 000) Обновляемая карта Современные изданные карты разных масштабов	Спектрональные цифровые снимки и фотопланы, разрешение на местности 4-6 м., размер пикселя – 2 м. Черно-белые снимки (разрешение на местности -15 м., размер пикселя 7 м.) Цифровая обновляемая карта Современные цифровые карты различной детальности
Объекты исследования (изменившиеся)	1. Изменившиеся и вновь появившиеся объекты, их характеристики (оригинал контурной нагрузки) 2. Рельеф 3. Географические названия, другие сведения	
Процессы работ	Ориентирование на местности по картам, снимкам Опознавание объектов и внесение изменений (глазомерно) Инструментальные измерения характеристик отдельных объектов Съемка участков местности (инструментальная) Регистрация результатов на снимках, съемочных оригиналах	Ориентирование на местности с применением GPS-приемника Опознавание изменившихся объектов и определение их планового положения GPS-приемником Измерения характеристик объектов GPS-приемником, лазерным дальномером, тахеометром Съемка участков местности с помощью съемочного комплекса Внесение изменений в цифровую карту
Результаты работ (отчетные материалы)	Оригинал изменений – рисунок новой ситуации: а) контурной основы (на снимках); б) высотной основы – съемочный оригинал	Обновленная цифровая карта (полевой оригинал)

Камеральное дешифрирование

Методика и результаты	Технологии		
	Традиционная	Переходная	Цифровая
Приборы и инструменты	Стереоскопы Интерпретоскопы Стереофотограмметрические приборы	Персональный компьютер с периферийным оборудованием Стереоскопы Фотограмметрический сканер	Персональный компьютер с периферийным оборудованием Стереоскопические очки
Материалы	Тиражные отпечатки обновляемых карт Штриховые копии с издательского оригинала обновляемой карты на прозрачной основе Карты современного издания в других масштабах Аэро- и космические снимки последней по времени съемки - новые Дополнительные материалы картографического значения, справочные, статистические	Цифровая обновляемая карта Цифровые современные карты Разновременные цифровые снимки Дополнительные материалы в цифровом виде	
Объекты исследования	1. Изменяющиеся и вновь появившиеся объекты, их характеристики (оригинал контурной нагрузки) 2. Рельеф 3. Географические названия, другие сведения		
Процессы работ	Дешифрирование и анализ изменений местности Сканирование бумажных карт, новых снимков Визуальное сравнение копий издательского оригинала или тиражного отпечатка обновляемой карты с новыми снимками и материалами	Дешифрирование и анализ изменений местности Сканирование бумажных карт, новых снимков Визуальное сравнение растрового изображения обновляемой карты с растровым изображением новых снимков	Визуальное сравнение новых цифровых снимков с обновляемой цифровой картой на экране компьютера Автоматическое сравнение разновременных цифровых снимков
Результаты работ (отчетные материалы)	Разжирование изменений по категориям А, Б, В (составление проекта полевого обследования): А – уверенно дешифрируемые объекты и характеристики, не требующие полевого обследования Б – объекты требующие уточнения при визуальном полевом обследовании (неуверенно дешифрируемые) В – объекты и характеристики требующие полевых инструментальных измерений, съемочных работ		
	Внесение изменений категории А (частичное исправление) и удаление изменений категории Б, В	Векторизация неизменившегося содержания и изменений категории А, фиксирование объектов для полевого обследования	Внесение в цифровую карту изменений категории А. Фиксирование объектов категории Б, В (на экране компьютера в диалоговом режиме)
Результаты работ (отчетные материалы)	Оригинал сохранившегося содержания карты (с учетом изменений категории А) на штриховой копии с издательского оригинала на цифровой карте		

Основные этапы редактирования цифровых карт для сохранения сложившихся традиций разделены на: подготовительный; камеральный (руководство камеральным дешифрированием и исправлением рельефа); полевой; завершающий (редактирование обновленного составительского оригинала). В диссертации подробно рассмотрена методика редактирования цифровых карт в сравнении с традиционной. Показано содержание редакционных работ на всех этапах, предложены новые редакционные документы. Приведем несколько примеров.

Создавая и обновляя карты в цифровом виде, появляется возможность и даже необходимость разработки и редакционных документов в цифровом виде – для более эргономичного и оперативного их использования, но, естественно, не всех. Например, уже на стадии подготовительных работ можно начать формирование ГИС-редактора с основными рекомендуемыми слоями, которая будет дополняться на протяжении всего цикла работ и послужит для дальнейшего использования на стадии подготовки карт к изданию и при повторных обновлениях карт региона. Далее, при анализе степени устарелости карты, редактор может быстро составить схему дифференциации района по количеству изменений (в цифровом виде), вычисленных компьютером по результатам сравнения материалов (снимков, фотопланов) разновременных съомок.

На стадии камеральных работ будут необходимы такие новые документы, как утвержденные рабочие проекты в цифровом виде, редакционные указания по векторизации сохранившегося содержания, по исправлению ЦМР обновляемой карты и созданию по ней географически верного изолинейного изображения рельефа, по диалоговой генерализации (алгоритмы программ).

Напряженным становится для редактора более короткий полевой период. Работа по обследованию территории совмещается со сбором материалов, географических названий, с полевым руководством и контролем работы топографов, корректировкой редакционных документов и т.д. В завершающем редактировании на первый план выступают указания по согласованию и увязке метрической, семантической информации и топологии объектов.

Важная задача редактирования – использовать новые материалы не только для внесения изменений местности, но и как средство совершенствования карт, обновляемых по цифровой технологии.

Глава 6. Применение приемников спутникового позиционирования при обновлении топографических карт

В главе рассмотрены основные виды современных приемников спутникового позиционирования геодезического, картографического, навигационного назначения. Охарактеризованы режимы и способы GPS-измерений, - дифференциальный и абсолютный – рис. 1.

Экстраполируя терминологию методов и способов дифференциального режима, условно выделены способы абсолютного режима измерений и показаны результаты определения координат объектов местности в этом режиме (реального времени) – по данным экспериментальных полевых исследований автора (для карт масштабов 1:25 000).

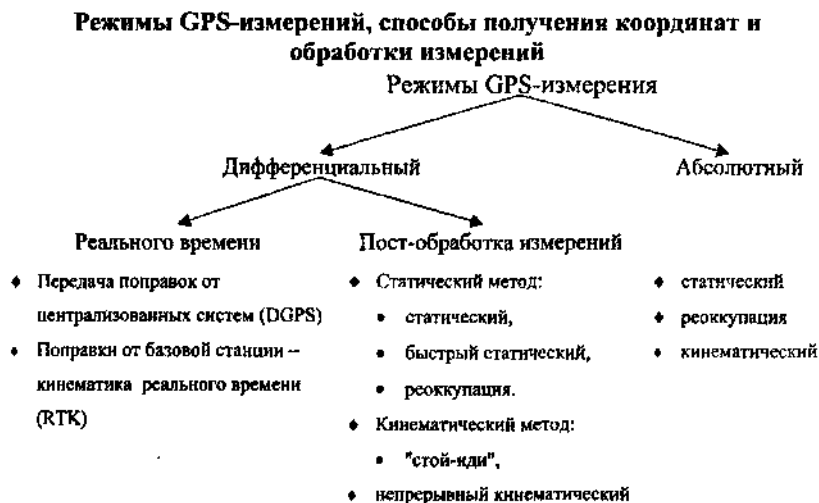


Рис. 1. Способы получения координат и обработки измерений

Разработаны рекомендации по применению режимов и методов GPS-измерений при обновлении карт масштабов 1:10 000 – 1:100 000 для определения планового положения объектов, а также для развития высотного обоснования и

определения высотного положения объектов. Одна из таблиц – рекомендаций приводится – табл. 4.

Таблица 4

Рекомендации по применению режимов и методов GPS – измерений при обновлении топографических карт для определения планового положения объектов.*

Точности, режимы, методы	М а с ш т а б ы к а р т								
	1 10 000		1 25 000		1 50 000		1 100 000		
	Точн., м	Режимы и точность спутниковых определений, м	Точн., м	Режимы и точность спутниковых определений, м	Точн., м	Режимы и точность спутниковых определений, м	Точн., м	Режимы и точность спутниковых определений, м	
Объекты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пункты плановой съемочной сети	1	Д, бс, р (0,01-0,2) DGPS (1-3) DGPS OmniStar (1)	2,5	DGPS (1-3) Д, бс, р (0,01-0,2) А, с (1-6)	5	А, с (1-6) А, р (3-7) DGPS (1-3)	10	А, с (1-6) А, р (3-7) DGPS (1-3)	
Объекты и четкие контуры	5	DGPS (1-3) RTK (0,03-0,2) А, р (3-7) А, к (5-15)	12,5	А, к (5-15) DGPS (1-3) RTK (0,03-0,2)	25	А, к (5-15)	50	А, к (5-15)	
Объекты и четкие контуры в горных районах	7,5	DGPS (1-3) RTK (0,03-0,2) А, к (5-15)	18,8	А, к (5-15)	37,5	А, к (5-15)	75	А, к (5-15)	
Контуры растительности и грунтов	10	DGPS (1-3) А, к (5-15) RTK (0,03-0,2)	25	А, к (5-15)	50	А, к (5-15)	100	А, к (5-15)	

*) А - абсолютный режим, Д - дифференциальный режим, с - статический, бс - быстрый статический, р - реокупация, к - кинематический. Утолщенным шрифтом выделены методы, осуществляемые навигационными GPS-приемниками без дополнительных устройств.

Графы: 2 - требуемая точность измерений (на местности) по [7], 3 - режимы; точность измерений, обеспечиваемая предлагаемым методом (в скобках), 3 - указан диапазон точности, зависящий от длины базовой линии.

Экспериментальные исследования позволили заключить, что для обновления планового положения объектов на картах масштабов 1:10 000 – 1:100 000 и для обновления карт масштабов 1:100 000 – 1:200 000 в высотном отношении достаточно недорогих навигационных приемников, оснащенных устройствами для приема дифференциальных поправок.

В диссертации предложены направления использования GPS-приемников в процессе обновления карт на следующих этапах: - ориентирование на местности; - производство аэросъемки и определение координат центров проектирования съемочной камеры при выполнении аэро- или космических съемок; - анализ карт по точности и их современности; - планово-высотное обоснование карт и материалов дистанционного зондирования, контроль точности трансформированных снимков; - полевое редакционное обследование; - дешифрирование аэро- и космических снимков, определение количественных характеристик изображаемых объектов; - съемка вновь появившихся и не

изобразившихся на снимках объектов местности; - полевая съемка рельефа при наличии его изменений (на отдельных участках); - регистрация многолетних, сезонных и суточных изменений местности, регламентированных в содержании карт и с целью повышения их информативности; - контроль и приемка работ инспектирующими лицами.

Разработано «Руководство по подготовке планово-высотного обоснования аэрокосмических снимков с использованием двухчастотных фазовых приемников фирмы Ashtech марки Z-FX», утвержденное к внедрению в Госцентре «Природа». В диссертации оно приводится как приложение.

Заключение

В соответствии с поставленной в диссертации целью выполнено исследование на актуальную тему, посвященную научному анализу, обобщению и совершенствованию технологии обновления топографических карт масштабов 1:25 000, 1:100 000, 1:200 000 на базе современной техники и материалов космических съемок. Главный итог диссертации – разработка концептуальной схемы цифровой технологии обновления карт в целом, по отдельным этапам и внедрение разработок в производство. Основные выводы и результаты исследования состоят в следующем:

1. Выполнен обзор современных средств, методов и технологий обновления топографических карт – отечественных и зарубежных.
2. Предложена концептуальная схема общей цифровой технологии обновления топографических карт масштабов 1:25 000, 1:100 000, 1:200 000 по материалам космических съемок.
3. Выполнены опытно-производственные исследования и разработаны рекомендации по методике обработки растровых изображений при обновлении топографических карт масштабов 1:25 000, 1:100 000, 1:200 000.
4. Выявлены особенности и преимущества цифровой технологии дешифрирования космических снимков, разработана методика сочетания полевого и камерального дешифрирования, критерии выбора оптимальных вариантов и этапы работ.

5. Определены особенности редакционных работ при обновлении цифровых топографических карт и разработана методика их редактирования.

6. Предложены направления использования GPS-приемников на разных этапах обновления топографических карт и разработана методика GPS-измерений. Составлено руководство «Руководство по подготовке планово-высотного обоснования аэрокосмических снимков с использованием двухчастотных фазовых приемников фирмы Ashtech марки Z-FX» утвержденное к внедрению в Госцентре «Природа».

Исследования по теме диссертации внедрены в Госцентре «Природа», а также в учебном процессе на кафедре картографии МИИГАиК.

Основные положения диссертации освещены в следующих работах автора:

1. Обработка растровых изображений при обновлении топографических карт // Геодезия и картография – 2002, №3, С. 37-46
2. Современные средства, методы и технологии обновления карт // ОНТИ ЦНИИГАиК 08.04.03, №796-гд2003 Деп. Реферат – Биб. указатель ВИНТИ «Депонированные научные работы», 2003, №5 (375), с. 31
3. Опыт использования ГИС «Нева» для издания топографических карт и аспекты организации их оперативного обновления // Изв. вузов Сер. геодезия и аэрофотосъемка – 2003, №5
4. Применение приемников спутникового позиционирования при создании и обновлении топографических карт // Изв. вузов Сер. геодезия и аэрофотосъемка – 2003, №6, С. 67-84. (соавтор Т.В. Верещака)
5. Руководство по подготовке планово-высотного обоснования аэрокосмических снимков с использованием двухчастотных фазовых приемников фирмы Ashtech марки Z-FX // Госцентр «Природа» 36с., препринт

€1 8821
2003-A

18821

Подписано в печать 24.11.2003. Гарнитура Таймс
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,5
Тираж 100 экз. Заказ 227

УПП «Репрография» МИИГАиК
105064, Москва, Гороховский пер., 4