



Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ УЧЕБНИК



КАРТОВЕДЕНИЕ



Серия

КЛАССИЧЕСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТСКИЙ УЧЕБНИК

основана в 2002 году по инициативе ректора
МГУ им. М.В. Ломоносова
академика РАН В.А. Садовничего
и посвящена

250-летию
Московского университета



КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ УЧЕБНИК

Редакционный совет серии:

Председатель совета
ректор Московского университета
В.А. Садовничий

Члены совета:

Виханский О.С., Голиценков А.К., Гусев М.В.,
Добреньков В.И., Донцов А.И., Засурский Я.Н.,
Зинченко Ю.П. (ответственный секретарь),
Камзолов А.И. (ответственный секретарь),
Карпов С.П., Касимов Н.С., Колесов В.П.,
Лободанов А.П., Лунин В.В., Лупанов О.Б.,
Мейер М.С., Миронов В.В. (заместитель председателя),
Михалев А.В., Моисеев Е.И., Пушаровский Д.Ю.,
Раевская О.В., Ремнева М.Л., Розов Н.Х.,
Салешкий А.М. (заместитель председателя),
Сурин А.В., Тер-Минасова С.Г.,
Ткачук В.А., Третьяков Ю.Д., Трухин В.И.,
Трофимов В.Т. (заместитель председателя), Шоба С.А.



КАРТОВЕДЕНИЕ

Под редакцией доктора географических наук,
профессора А. М. Берлянта

*Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальностям 013700 «Картография»*



Издательство «Аспект Пресс»
Москва
2003

УДК 528.9(075.8)

ББК 26.17я73

K27

*Печатается по решению Ученого совета
Московского университета*

Авторы:

А. М. Берлянт, А. В. Востокова, В. И. Кравцова, И. К. Лурье,
Т. Г. Сваткова, Б. Б. Серапинас

Рецензенты:

Доктор географических наук, профессор *Г. Д. Курошев*

Кандидат географических наук, профессор *О. И. Дубровин*

K27 Картоведение: Учебник для вузов / А. М. Берлянт, А. В. Востокова, В. И. Кравцова и др.; Под ред. А. М. Берлянта — М.: Аспект Пресс, 2003.— 477 с. — (серия «Классический университетский учебник»).

ISBN 5–7567–0304–7

Кроме обязательных сведений о картографической науке этот современный учебник отражает актуальные и перспективные направления развития картографической науки, сфера интересов которой стремительно расширяется.

При написании учебника авторы опирались на многолетний опыт своей педагогической работы и традиции университетской школы географической картографии, которая в последние годы была трижды признана Ведущей научной школой Российской Федерации.

Учебник предназначен для студентов-картографов и одновременно может служить пособием студентам, магистрантам и аспирантам географических и геоэкологических специальностей.

УДК 528.9(075.8)

ББК 26.17я73

ISBN 5–7567–0304–7

- © Берлянт А. М., Востокова А. В., Кравцова В. И.,
Лурье И. К., Сваткова Т. Г., Серапинас Б. Б.,
2003
- © МГУ им. М. В. Ломоносова, художественное
оформление, 2003

Предисловие

Уважаемый читатель!

Вы открыли одну из замечательных книг, изданных в серии «Классический университетский учебник», посвященной 250-летию Московского университета. Серия включает свыше 150 учебников и учебных пособий, рекомендованных к изданию Учеными советами факультетов, редакционным советом серии и издаваемых к юбилею по решению Ученого совета МГУ.

Московский университет всегда славился своими профессорами и преподавателями, воспитавшими не одно поколение студентов, впоследствии внесших заметный вклад в развитие нашей страны, составивших гордость отечественной и мировой науки, культуры и образования.

Высокий уровень образования, которое дает Московский университет, в первую очередь обеспечивается высоким уровнем написанных выдающимися учеными и педагогами учебников и учебных пособий, в которых сочетаются как глубина, так и доступность излагаемого материала. В этих книгах аккумулируется бесценный опыт методики и методологии преподавания, который становится достоянием не только Московского университета, но и других университетов России и всего мира.

Издание серии «Классический университетский учебник» наглядно демонстрирует вклад, который вносит Московский университет в классическое университетское образование в нашей стране и, несомненно, служит его развитию.

Решение этой благородной задачи было бы невозможным без активной помощи со стороны издательств, принявших участие в издании книг серии «Классический университетский учебник». Мы расцениваем это как поддержку ими позиции, которую занимает Московский университет в вопросах науки и образования. Это служит также свидетельством того, что 250-летний юбилей Московского университета — выдающееся событие в жизни всей нашей страны, мирового образовательного сообщества.

Ректор Московского университета
академик РАН, профессор

В. Садовничий
В.А. Садовничий



От редактора

Картоведение — основной профилирующий курс для студентов-kartографов и геоинформатиков российских университетов. В нем излагаются базовые понятия картографической науки, рассматриваются ее предмет, язык, теория и методология. Картоведение дает общее представление о видах и типах картографических произведений, их математической основе, способах картографического изображения, приемах составления, генерализации, об оформлении и принципах картографического дизайна, методах использования карт и атласов в географии и других науках о Земле.

Современный курс картоведения обязательно должен включать и первоначальные сведения о геоинформатике, геоинформационном картографировании, применении аэрокосмических методов, которые прочно сопряжены с картографией. Есть смысл отразить и некоторые актуальные и перспективные направления развития науки, такие, например, как использование в картографии глобальных систем позиционирования, общая теория геоизображений и другие.

Курс картоведения предваряет изучение всех других картографических дисциплин, и это учтено в учебнике. Поэтому некоторые его разделы изложены весьма кратко в расчете на более полное рассмотрение в последующих курсах и спецкурсах (например, общая история картографии, теория проекций, составление, подготовка к изданию и издание карт).

При написании учебника авторы опирались на многолетний опыт своей педагогической работы и традиции университетской школы географической картографии, которая в последние годы была трижды признана Ведущей научной школой Российской Федерации¹. Образцом служили учебники проф. К. А. Салищева, которые остаются классическими по форме, постановке проблем

¹ Завершение этого учебника выполнено в рамках Программы поддержки Ведущих научных школ (Грант НШ-1217.2003.5).

и стилю изложения. К сожалению, они устаревают в ходе стремительного научно-технического прогресса современной картографии и постоянного расширения сферы ее интересов.

Главы 1, 2, 4, 5 (кроме 5.5 и 5.19), 6 (кроме 6.7), 7.5, главы 8, 9, 11.3–11.6, главы 12, 13, 14 (кроме 14.4), 15, 17, 18, 19.1–19.3, 20.3, 21–23 написаны А. М. Берлянтом; 5.5, 5.19, 6.7 и глава 7 (кроме 7.5) — А. В. Востоковой; 14.4 и глава 16 — В. И. Кравцовой; глава 19 (кроме 19.1–19.3) и глава 20 (кроме 20.3) — И. К. Лурье; глава 10, 11.1 и 11.2 — Т. Г. Сватковой; глава 3 — Б. Б. Серапинасом. Общая научная редакция учебника выполнена А. М. Берлянтом.

Освоение курса способствует формированию картографического мировоззрения и развитию общей картографической культуры. Это предполагает, в частности, самое широкое знакомство на лекциях и практических занятиях с картами, атласами, глобусами, космическими снимками, электронными картографическими произведениями и другими геоизображениями, а также самостоятельное их изучение в библиотеках и картохранилищах. Подробная рубрикация учебника и наличие в нем предметного указателя позволяют использовать его в качестве справочного пособия, полезного не только студентам-картографам, но и студентам других географических специальностей, магистрам, аспирантам-геологам, экологам и специалистам, применяющим картографические методы и материалы в своей работе.

Авторы благодарны Ректору Московского Государственного университета им. М. В. Ломоносова академику В. А. Садовничему и декану географического факультета члену-корреспонденту РАН Н. С. Касимову за поддержку издания этого учебника.

Профессор А. М. Берлянт



Глава 1

Карта

1.1. Термин и определение

Термин «карта» появился в средние века, в эпоху Возрождения, до этого употреблялись слова *tabula* и *descriptionis* (изображение). Этот термин происходит от латинского *charta* (лист, бумага), производного от греческого χάρτης, (хартес — бумага из папируса).

В России изначально карта называлась «чертежом», что означало изображение местности чертами, черчением, и лишь в эпоху Петра I появился сперва термин «ландкарты», а потом — «карты». Интересно, что в Толковом словаре В. Даля (1881) «карта» определяется именно как «чертеж какой-либо части земли, моря, тверди небесной».

Сейчас слово «карта» используется во многих языках мира. Во французском — *carte*, немецком — *Karte*, итальянском и португальском — *carta*, голландском — *kaart*, шведском — *karta*, датском — *kort*, украинском — карта, греческом — χάρτης, турецком — *harita*. Но не менее распространен термин, производный от латинского слова «*tappa*», что означало кусок полотна: в английском языке — map, испанском — тара, польском, чешском, словацком — тара. В некоторых языках применяют оба термина, например, в английском термином *chart* обозначают морские и аэронавигационные карты, в испанском слово *carta* используют для планов, морских и астрономических карт. Есть и чисто национальные названия карты: по-японски — *tizu*, по-венгерски — *terkep* (буквально — изображение территории), по-литовски — *zemelapis* (лист Земли).

Международный Многоязычный словарь технических терминов картографии (1973) дает следующее определение карты: *уменьшенное, обобщенное изображение поверхности Земли, других небесных тел или небесной сферы, построенное по математическому закону на плоскости и показывающее посредством условных знаков размещение и свойства объектов, связанных с этими поверхностями.*

Отечественные государственные стандарты, энциклопедические издания, справочники и учебники по картографии содержат несколько иные трактовки, хотя часто они отличаются лишь редакционно, акцентируя внимание на тех или иных свойствах картографического изображения. По мере появления новых видов карт, например электронных изображений на экранах компьютеров, предпринимаются попытки изменить прежние дефиниции с учетом новых свойств и особенностей карт.

Наиболее общее и традиционное определение таково.

Карта — это математически определенное, уменьшенное, генерализованное изображение поверхности Земли, другого небесного тела или космического пространства, показывающее расположенные или спроектированные на них объекты в принятой системе условных знаков.

1.2. Элементы карты

Элементы карты — это ее составные части, включающие само картографическое изображение, легенду и заголовочное оформление карты (рис. 1.1).

Основной элемент — **картографическое изображение**, т.е. содержание карты, совокупность сведений об объектах и явлениях, их размещении, свойствах, взаимосвязях, динамике. Общегеографические карты имеют следующее содержание: населенные пункты, социально-экономические и культурные объекты, пути сообщения и линии связи, рельеф, гидрография, растительность и грунты, политico-административные границы.

На тематических и специальных картах различают две составные части картографического изображения. Во-первых, это географическая основа, т.е. общегеографическая часть содержания, которая служит для нанесения и привязки элементов тематического или специального содержания, а также для ориентировки по карте. Во-вторых, тематическое или специальное содержание, например геологическое строение территории или навигационная обстановка.

Важнейший элемент всякой карты — **легенда**, т.е. система использованных на ней условных обозначений и текстовых пояснений к ним. Для топографических карт составлены специальные таблицы условных знаков. Они стандартизированы и обязательны к применению на всех картах соответствующего масштаба. На большинстве тематических карт обозначения не унифицированы, поэтому легенду размещают на самом листе карты. Она содержит

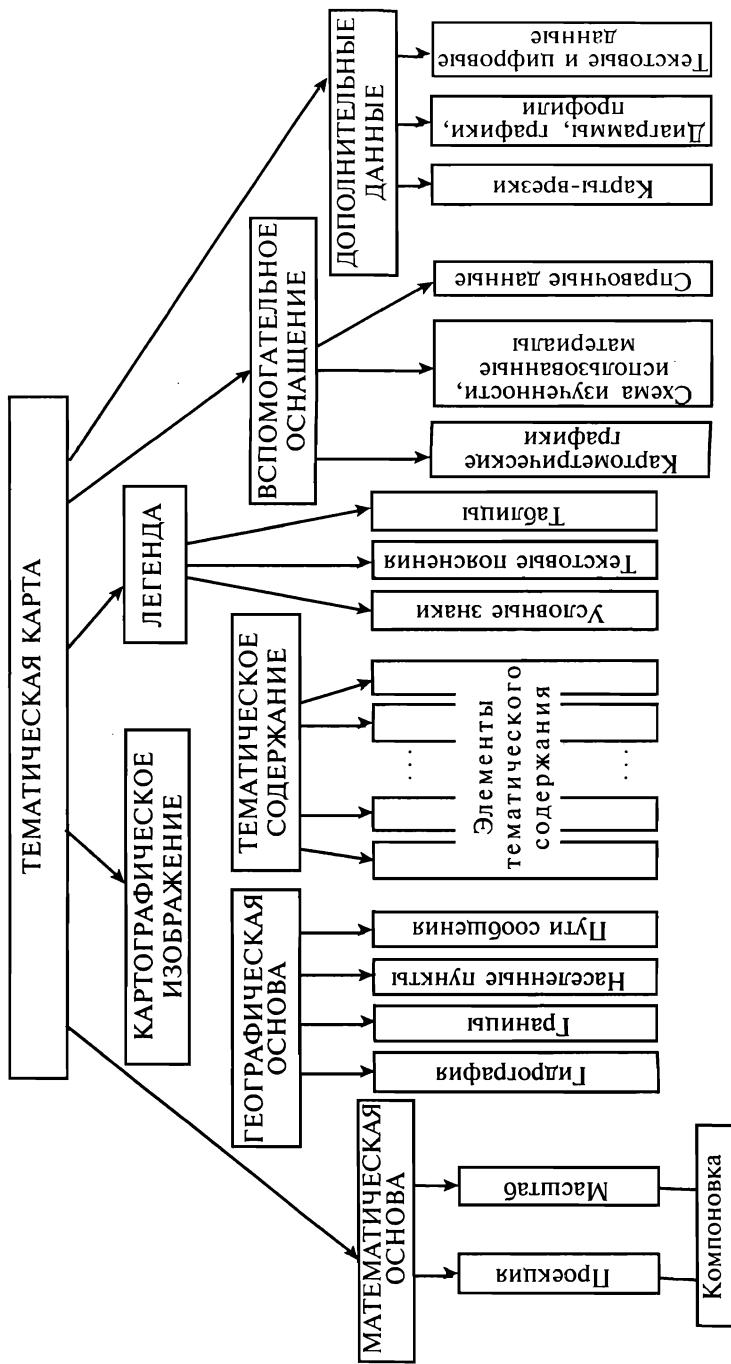


Рис. 1.1. Схема элементов тематической карты

разъяснения, истолкование знаков, отражает логическую основу и иерархическую соподчиненность картографируемых явлений. Последовательность обозначений, их взаимное соподчинение в легенде, подбор цветовой гаммы, штриховых элементов и шрифтов — все это подчинено логике классификации изображаемого объекта или процесса. На сложных картах для повышения информативности легенды ее иногда представляют в табличной (матричной) форме. Тогда по строкам легенды дается один показатель (например, генетическая характеристика объекта), а по столбцам — другой (например, морфологические особенности этого объекта).

Картографическое изображение строится на **математической основе**, элементами которой на карте являются координатные сетки, масштаб и геодезическая основа. На мелкомасштабных картах элементы геодезической основы не показываются. С математической основой тесно связана и **компоновка карты**, т.е. взаимное размещение в пределах рамки самой изображаемой территории, названия карты, легенды, дополнительных карт и других данных.

Вспомогательное оснащение карты облегчает чтение и пользование ею. Оно включает различные картометрические графики (например, на топографической карте помещают шкалу крутизны для определения углов наклона склонов), схемы изученности картографируемой территории и использованных материалов, разнообразные справочные сведения. К **дополнительным данным** относятся карты-врезки, фотографии, диаграммы, графики, профили, текстовые и цифровые данные. Они не принадлежат непосредственно картографическому изображению или легенде, но тематически связаны с содержанием карты, дополняют и поясняют его.

1.3. Свойства карты

В самом определении карты обозначены основные ее свойства:

- математический закон построения — применение специальных картографических проекций, позволяющих перейти от сферической поверхности Земли к плоскости карты;
- знаковость изображения — использование особого условного языка картографических символов;
- генерализованность карты — отбор и обобщение изображаемых объектов;
- системность отображения действительности — передача элементов и связей между ними, отображение иерархии геосистем.

Свойства карты хорошо понятны при сопоставлении с аэро- и космическими снимками. Снимки дают подробный портрет, копию местности, но безо всяких условных знаков. На снимках территории предстает такой, какова она есть. Картографические условные знаки во многом обогащают изображение. Они позволяют передать количественные и качественные характеристики объектов (например, указать породы леса, ширину и покрытие автодорог, проходимость болот), отразить объекты, недоступные взору человека (рельеф дна океана, строение земной коры на больших глубинах и т.п.), наглядно показать даже то, что не воспринимается органами чувств (магнитные склонения, аномалии силы тяжести и др.), передать динамику процессов, их ход во времени и перемещение в пространстве (атмосферные вихри, грузопотоки, миграции населения). Наконец, с помощью условных знаков на карте можно представить расчетные показатели и научные абстракции, скажем, градиент поля температур или степень устойчивости природных ландшафтов к химическому загрязнению.

Картограф сам выбирает знаки и способы изображения, решает, что и как будет показано на карте. Одновременно он производит отбор и обобщение объектов, т.е. определяет, что важно для данной карты и обязательно должно быть на ней показано, а что не очень существенно и может быть частично или полностью исключено. При этом составитель карты руководствуется не только определенными научными принципами, правилами и инструкциями, но привлекает свои знания, свое собственное понимание сути отображаемого явления, его генезиса и значимости в картографируемой геосистеме.

Многие решения, которые принимает картограф, индивидуальны в каждой конкретной ситуации и поэтому трудно формализуемы. **Карта, в отличие от снимка, не является копией местности, это изображение реальности, пропущенное через голову и руки картографа.** Образно говоря, на снимке представлены только факты, а на карте еще и научные понятия, обобщения, логические абстракции.

1.4. Принципы классификации карт

Для того чтобы ориентироваться в огромном массиве карт всевозможных видов, типов и содержания, изданных в разное время и в различных странах мира, необходимо их классифицировать и упорядочить. Пожалуй, наиболее сложно классифицировать карты по содержанию, поскольку все или почти все, что существует в мире, можно картографировать. Это так же трудно, как классифи-

цировать сами явления природы и общества. По существу речь идет о всей Вселенной. Действительно, звездное небо, моря и океаны, рельеф и растительность, промышленность и сельское хозяйство, экологическое состояние территории и заболеваемость населения гриппом, походы Александра Македонского и голосование на выборах — трудно назвать какое-либо явление в окружающем мире, которое нельзя было бы изобразить на карте. Картографы часто говорят, что *картографировать можно все: от геологии до идеологии*.

Классификация карт — это система, представляющая совокупность карт, подразделяемых (упорядоченных) по какому-либо избранному признаку. Классификации карт необходимы для их инвентаризации, хранения и поиска, научной систематизации, составления списков и каталогов, создания банков данных и картографических информационно-справочных систем.

В качестве основания для классификации допустимо избрать любое свойство карты: масштаб, тематику, эпоху создания, язык, способ графического оформления и издания карты и т.п. Но при этом всякая классификация должна удовлетворять определенным требованиям:

- ◆ классы карт должны выделяться по существенным признакам;
- ◆ классификация должна быть последовательной, то есть постепенно переходить от общего к частному;
- ◆ на каждом уровне деления следует выбирать только одно основание классификации;
- ◆ классификация должна быть полной, отдельные ее подразделения в совокупности должны охватывать всю систему карт в целом;
- ◆ классификация должна обладать резервностью, т.е. способностью включать вновь появляющиеся виды (классы) карт.

1.5. Классификация карт по масштабу и пространственному охвату

По масштабу карты делят на четыре основные группы:

- ◆ планы — 1:5 000 и крупнее;
- ◆ крупномасштабные — 1:10 000—1:100 000;
- ◆ среднемасштабные — 1:200 000 до 1:1 000 000 включительно;
- ◆ мелкомасштабные — мельче 1:1 000 000.

Такое деление принято в России для географических карт, однако оно не универсально. В такой большой стране, как наша, мел-

комасштабные карты охватывают регионы или их части, среднемасштабные — области, а крупномасштабные — районы, города и городские районы. Страны, имеющие меньшую территорию, часто используют другие подразделения. Например, для Франции крупномасштабными считаются карты в интервале от 1:10 000 до 1:25 000, а мелкомасштабными — от 1:100 000 до 1:500 000.

По пространственному охвату в качестве наиболее крупного подразделения выделяют карты Солнечной системы и звездного неба, затем — карты планет, в том числе карты Земли. Далее идут карты крупнейших планетарных структур — для Земли это карты материков и океанов, а после этого возможны разные разветвления классификации:

- ◆ по административно-территориальному делению;
- ◆ по природным районам;
- ◆ по экономическим регионам;
- ◆ по естественно-историческим областям.

Вот один из вариантов классификации карт по пространственному охвату:

- ◆ карты Солнечной системы;
- ◆ карты планеты (Земли);
- ◆ карты полушарий;
- ◆ карты материков и океанов;
- ◆ карты стран;
- ◆ карты республик, областей и др. административных единиц;
- ◆ карты промышленных и сельскохозяйственных районов;
- ◆ карты отдельных (локальных) территорий (заповедников, промышленных, туристских районов и т.п.);
- ◆ карты населенных пунктов (городов, поселков);
- ◆ карты городских округов и т.д.

Карты океанов подразделяют далее на карты морей, заливов, проливов, гаваней.

Классификации карт по пространственному охвату (по территории) чаще всего используются в картохранилищах и библиотеках.

1.6. Классификация карт по содержанию

В этой классификации прежде всего выделяют три большие группы:

- ◆ общегеографические карты;
- ◆ тематические карты;
- ◆ специальные карты.

Общегеографические карты. Эти карты отображают совокупность элементов местности, имеют универсальное многоцелевое применение при изучении территории, ориентировании на ней, решении научно-практических задач. На общегеографических картах изображают все объекты, видимые на местности, и всем элементам как бы уделяется равное внимание. Дальнейшая классификация общегеографических карт совпадает с их делением по масштабу:

- топографические — в масштабах 1:100 000 и крупнее;
- обзорно-топографические — в масштабах 1:200 000—1:1 000 000;
- обзорные — мельче 1:1 000 000.

Тематические карты. Это наиболее обширная и разнообразная категория карт природных и общественных (социальных и экономических) явлений, их сочетаний и комплексов. Содержание карт определяется той или иной конкретной темой.

Группа карт природы охватывает карты литосферы, гидросфера, атмосферы, педосферы и биосферы. Они подразделяются на следующие крупные блоки:

Карты геологические

*тектонические и неотектонические
литолого-стратиграфические
четвертичных отложений
гидрогеологические
полезных ископаемых
сейсмичности и вулканизма
охраны геологической среды
структурно-геологического районирования*

Карты геофизические

*гравитационного поля
магнитного поля
сейсмометрические
электрических полей
теплового потока
физических параметров*

Карты рельефа земной поверхности и дна океанов

*гипсометрические и батиметрические
морфометрические и морфографические
几何morphологические (общие и отдельных процессов)
геоморфологического районирования*

Карты метеорологические и климатические

*климатообразующих факторов
термического режима
условий увлажнения
барического режима
ветрового режима
атмосферных явлений
атмосферных процессов и погоды
климатического районирования*

Карты гидрологические (вод суши)

*гидрографические
водного режима
снежного покрова
ледового режима и гидрологических
явлений
физико-химических характеристик
вод
загрязнения вод
гидрологического районирования*

Карты океанологические (вод морей и океанов)

*гидрографические
физическими свойствами (гидрофизические)*

*динамики водных масс
гидрохимические
флоры и фауны морей и океанов
загрязнения океана
океанологического районирования*

Карты почвенные

*генетических типов почв
физико-механических свойств почв
почвенно-геохимические
почвенно-климатические
почвенно-мелиоративные
загрязнения почв
почвенного районирования*

Карты ботанические

*современного растительного покрова
восстановленного растительного по-
крова
отдельных видов растений и расти-
тельный ассоциаций
фенологические*

*продуктивности растений
нарушенности растительного покрова
геоботанического районирования*

Карты зоогеографические

*ареалов отдельных видов животных
комплексов животных
зоогеографического районирования*

Карты медико-географические

*нозоареалов (ареалов болезней)
распространения болезней и эпидемий
медико-географического районирования
оздоровления территорий*

Общие физико-географические карты

*ландшафтные
нарушения природной среды и природ-
ного риска
охраны природы
физико-географического районирования*

Карты общественных явлений охватывают социосферу и техносферу. Их тематика отличается большим разнообразием: население, экономика и хозяйство, наука, образование и культура, обслуживание и здравоохранение, общественные движения, религия и политика, археология и история развития общества и многое другое. Эта группа карт постоянно расширяется за счет все новых и новых тем, характеризующих общество со всеми прогрессивными и негативными аспектами его развития. Примерная классификация карт общественных явлений выглядит следующим образом.

Карты населения

*размещения населения и расселения
национального состава и этногра-
фические
половозрастного состава
религий и верований
естественного движения населения
миграций
трудовых ресурсов
социальной структуры*

Карты хозяйства

*промышленности (в целом и по от-
раслям)
сельского хозяйства (по отраслям
растениеводства и животновод-
ства)
агропромышленных комплексов
лесного хозяйства
промышленного и рыбного хозяйства
энергетики
транспорта и связи
торговли и финансов
экономико-географического райони-
рования*

Карты науки и культуры
образования
науки
культуры
памятников культуры

Карты обслуживания населения
и здравоохранения
отдельных видов и форм обслуживания
здравоохранения
физкультуры и спорта
отдыха и туризма

Карты политические и политико-
административные
геополитические
административного деления
политических организаций, партий,
движений
электоральные

Карты исторические
общественно-политических формаций
археологические
историко-экономические
историко-политические
военно-исторические
историко-культурные

Приведенные классификационные перечни можно значительно пополнить и детализировать, например, выделить среди геологических десятки карт различных эпох, периодов, ярусов; среди климатических — карты отдельных элементов погоды; в разделе населения — карты уровня благосостояния населения, политической ориентации, преступности и т.п. Каждая строчка перечня включает множество карт разного содержания названий, скажем, «карты термического режима» объединяют карты температуры воздуха на уровне моря, на разных высотных уровнях атмосферы, почв, вод океана, а также карты суточных, месячных, сезонных, годовых, средних многолетних температур и многие другие.

Особую сложность для классификации представляют явления, которые не могут быть целиком отнесены к одной какой-либо сфере, они принадлежат сразу к двум или нескольким сферам. Наиболее очевидна необходимость выделения особой природно-общественной сферы (гиперсферы), характеризующей взаимодействие природы, населения и хозяйства. Можно назвать наиболее яркие примеры карт, относящихся к гиперсфере:

Карты эколого-географические
(геоэкологические)
факторов воздействия на окружающую среду в целом и на отдельные ее компоненты
состояния окружающей среды и ее компонентов
результатов и последствий воздействия на среду

условий жизни населения
защиты среды и обеспечения экологической безопасности

Карты природно-технические
инженерно-геологические
инженерно-географические
агроклиматические
агропроизводственные

Строго говоря, названные выше карты загрязнения вод, воздуха, почв, нарушенности растительного покрова тоже можно отнести к картам эколого-географическим (иногда их называют геоэкологическими). Тенденция развития новых научных направлений на стыках разных отраслей, расширение комплексных межнаучных, междисциплинарных исследований — характерная черта развития современной науки, и тематическая картография чутко улавливает эту тенденцию, разрабатывая все новые и новые пограничные разделы. Удельный вес тематических карт, находящихся на стыке разных сфер, неуклонно возрастает. Это сильно затрудняет классификацию.

Специальные карты. Карты этой группы предназначены для решения определенного круга задач или рассчитаны на определенные круги пользователей. Чаще всего это карты технического назначения.

Карты навигационные

*аэро- и космические навигационные
морские навигационные
лоцманские
дорожные, в том числе автодорожные*

Карты кадастровые

*земельного кадастра
водного кадастра*

*городского кадастра
лесного кадастра и др.*

Карты технические

*подземных коммуникаций
инженерно-строительные*

Карты проектные

*мелиоративные
лесоустроительные
землестроительные и т.п.*

Ввиду объективных трудностей эта классификация не отличается строгостью. К числу специальных можно, например, отнести карты учебные, агитационно-просветительные, экскурсионные и спортивные и некоторые другие. Иногда в основание классификации кладут назначение карт. Однако не всегда легко провести границу между картами разного назначения и картами тематическими и общегеографическими, которые благодаря своей многофункциональности могут использоваться в качестве учебных или, скажем, экскурсионных. Особую группу составляют специальные *тактильные (осознательные) карты* для слепых и слабовидящих.

1.7. Другие картографические произведения

Глобусы — вращающиеся шарообразные модели Земли, планет или небесной сферы с нанесенным на них картографическим изображением. Глобусы имеют масштаб, систему меридианов и паралл.

лелей, изображение дано в принятой системе условных обозначений. При этом на глобусах отсутствуют искажения, присущие картографическим проекциям, сохраняется постоянство масштаба, полное подобие контуров и направлений. Подобно картам, глобусы различают по объекту (земные, планетные, небесные), тематике (общегеографические, геологические, политические и т.п.), назначению (учебные, навигационные и др.), а также по размерам (большие кабинетные, настольные, малые и миниатюрные). Первые глобусы были изготовлены в Европе в XV–XVI вв., теперь они рассматриваются не только как картографические произведения, но и как старинные произведения искусства. Современные глобусы чаще всего формируют из пластика, они могут иметь внутреннюю подсветку и механизм, моделирующий вращение планеты. Наиболее употребительные масштабы земных глобусов — 1:30 000 000–1:80 000 000. Иногда изготавливают разъемные глобусы, с их помощью демонстрируется внутреннее строение планеты.

Атласы — систематические собрания карт, выполненные по единой программе как целостные произведения. В атласе карты тематически увязаны между собой, взаимно согласованы и дополняют друг друга, они специально предназначены для сопоставления и совместного анализа. Атласы классифицируют по пространственному охвату, назначению, формату и иным признакам. Их издают в виде книг или альбомов в переплете или отдельными листами, помещаемыми в общую папку или коробку. Кроме карт атласы содержат пояснительные тексты, справочные материалы, графики, фотографии. Подробному рассмотрению атласов посвящена глава 13.

Рельефные карты — карты, дающие объемное трехмерное изображение местности. Для большей наглядности и выразительности вертикальный масштаб таких карт всегда преувеличен по сравнению с горизонтальным в 2–5 раз (в зависимости от масштаба карты) для горных территорий и в 5–10 раз — для равнин. Все содержание рельефных карт показывают обычными условными знаками. Прежде рельефные карты изготавливали из дерева, гипса, картона, папье-маше, теперь их обычно формируют из пластика в термовакумных установках. Рельефные карты применяют в учебных целях и для решения некоторых практических задач, например проектирования дорог, водохранилищ и т.п.

Блок-диаграммы — трехмерные плоские картографические рисунки, совмещающие изображение какой-либо поверхности с продольными и поперечными вертикальными разрезами. Тематика

блок-диаграмм различна: геологические и геоморфологические блок-диаграммы отражают устройство земной поверхности одновременно с разрезами земной коры; почвенные блок-диаграммы дают представление о соотношении рельефа местности и почвенного профиля; океанологические блок-диаграммы показывают распределение водных масс, фронтов, течений, солености и т.п. Блок-диаграммы строят в аффинных и перспективных проекциях, для наглядности масштаб по вертикали обычно преувеличивают по сравнению с горизонтальным, «растягивают» изображение вдоль одной из осей, меняют наклоны и ракурсы. Электронные блок-диаграммы можно поворачивать и вращать на экранах дисплеев для наилучшего обзора с разных сторон. Иногда блок-диаграммы строят в виде системы профилей (вертикальных сечений), делают в них вырезы или изображают отдельные блоки как бы раздвинутыми.

Анаглифические карты (анаглифы) — карты, отпечатанные двумя взаимно дополняющими цветами (например, сине-зеленым и красным) с параллактическим смещением так, что оба изображения образуют стереопару. При рассматривании таких карт через специальные очки-светофильтры с красным и сине-зеленым стеклами каждый глаз видит лишь «свое» изображение, и в результате они воспринимаются как единое черно-белое объемное стереоскопическое изображение. Методы компьютерной графики позволяют получать анаглифы на экране дисплея. Анаглифические карты обычно используют в качестве учебных пособий, как наглядные рельефные модели.

Фотокарты — карты, совмещенные с фотоизображением. Для их изготовления полиграфические оттиски с фотопланов совмещают с картографическим изображением отдельных элементов местности (с координатной сеткой, горизонталями, надписями и др.) либо с тематическим содержанием (геологическое строение, ландшафты и т.п.). Фотокарты создают в проекциях и разграфке, принятых для обычных карт, они имеют одинаковую с ними основу и точность. Таким образом, фотокарты сочетают достоинства подробных снимков с обобщенностью карт, что чрезвычайно удобно при ориентировании на местности, научных исследованиях, инженерных и проектно-изыскательских работах. Иногда используют термин **ортографотокарты**, подчеркивая тем самым, что при их создании фотоизображение преобразовано в ортогональную проекцию. Если фотоосновой служат космические снимки, то такие карты называют **космофотокартами**. Наиболее распространены общегеографические, геологические, тектоничес-

кие, ландшафтные фотокарты и космофотокарты, а также изображения поверхности Луны и других планет.

Карты-транспаранты — карты, отпечатанные на прозрачной пленке и предназначенные для проектирования на экран. Обычно изготавливают комплекты (или серии) прозрачных пленок с разным, но взаимно согласованным тематическим содержанием. При демонстрации можно совмещать несколько карт-транспарантов, показывая связи явлений или степень согласования слоев. Карты-транспаранты используют как иллюстрации к лекциям и научным докладам либо как наглядные учебные пособия.

Карты на микрофишиах — миниатюрные копии с карт или атласов на фото- и кинопленке. Микрофильмирование позволяет компактно хранить большие массивы картографической информации, быстро находить и воспроизводить нужные карты. Микрофиши дают возможность сохранять оригиналы картографических произведений (особенно это важно для старых и редких карт), существенно сокращать размеры картохранилищ и стоимость хранения (например, на картографическом производстве или в библиотеках). Важно и то, что информацию с микрофишами можно непосредственно вводить в компьютер при автоматическом составлении и анализе карт.

Цифровые карты — цифровые модели объектов, представленные в виде закодированных в числовой форме пространственных координат x и y и аппликат z . Цифровые данные (цифровые модели) получают либо путем цифрования содержания исходных топографических и тематических карт, либо в процессе непосредственных измерений по стереофотограмметрическим моделям. Цифровые карты существуют на машинных носителях и по сути — это лишь логико-математические описания (представления) картографируемых объектов и отношений между ними, сформированные в принятых для обычных карт координатах, проекциях, системах условных знаков, с учетом правил генерализации и требований к точности. Подобно обычным картам они различаются по масштабу, тематике, пространственному охвату и т.п. Основное назначение цифровых карт — служить основой для формирования баз данных и автоматического составления, анализа, преобразования карт.

Электронные карты — цифровые карты, визуализированные в компьютерной среде с использованием программных и технических средств в принятых проекциях, системах условных знаков с соблюдением установленной точности и правил оформления. Иног-

да изображения, выведенные на дисплей, называют ***экранными картами***, а карты, выведенные с экрана с помощью печатающих устройств, — ***копиями электронных карт*** (неудачный термин — «твердые копии»). Наряду с электронными картами существуют и ***электронные атласы*** — компьютерные аналоги обычных атласов. С развитием телекоммуникации появилась возможность составлять и размещать огромные массивы электронных карт и атласов в сети Интернет. Иногда их называют ***Интернет-картами и Интернет-атласами***.

Картографические анимации — динамические последовательности электронных карт, которые передают на экране компьютера динамику, эволюцию изображаемых объектов и явлений, их перемещение во времени и пространстве (например, движение атмосферных фронтов, расширение зон осадков при прогнозах погоды и т.п.). Анимации могут быть плоскими или объемными, стереоскопичными, и, кроме того, они могут сочетаться с фотоизображением. В этом случае возникает почти полная иллюзия реальной местности. Такие изображения называют ***виртуальными картами*** (виртуальными моделями), их создают в компьютерной среде, используя для этого достаточно сложное программное обеспечение.



Глава 2

Картография

2.1. Определение

Согласно традиционному определению **картография** — наука о картах как особом способе изображения действительности, их создании и использовании. Это определение закреплено Международной картографической ассоциацией.

Государственные нормативные документы гласят, что **картография** — область науки, техники и производства, охватывающая изучение, создание и использование картографических произведений.

Таким образом, картография существует в трех формах:

- ◆ наука об отображении и познании явлений природы и общества посредством карт;
- ◆ область техники и технологии создания и использования картографических произведений;
- ◆ отрасль производства, выпускающего картографическую продукцию (карты, атласы, глобусы и др.).

В других странах приняты несколько иные толкования. Например, в английской трактовке картография определяется как «искусство, наука и технология создания карт, а также их изучения как научных документов и произведений искусства», во французской — как «совокупность исследований, научных, технических и художественных процессов, выполняемых с целью создания карт, планов и других средств изображения, а также методы их использования».

С развитием компьютеризации предпринимаются попытки расширить представления о картографии и включить в ее интересы не только создание электронных карт, но и формирование баз и банков цифровой картографической информации. Но так или иначе во всех определениях подчеркивается, что картография это область

науки, техники и производства, иногда добавляют — и искусства, а также подчеркивают, что она имеет дело не только с созданием, но и с использованием карт.

Теоретические и методологические основы картографии рассматриваются в рамках **картоведения** — общего учения о картографических произведениях. В системе университетского образования **картоведение** рассматривается как вводный курс для студентов картографической специальности.

В этом курсе даются первоначальные представления о сущности и свойствах карт и атласов, методах их составления, генерализации, оформлении, издании, применении в научных и практических исследованиях, а также о тенденциях интеграции картографии с геоинформатикой и дистанционным зондированием. Все эти вопросы в дальнейшем углубленно изучаются в других учебных дисциплинах.

2.2. Теоретические концепции в картографии

Теоретическая концепция — это определенная система взглядов на предмет и метод картографии. В ней отражается уровень понимания и истолкования процессов, определяющих развитие картографической науки и производства на данном этапе.

Концепции обобщают прошлый опыт науки и пытаются оценить тенденции ее развития в будущем. Но при этом они всегда отражают сегодняшнее понимание состояния и перспектив науки. В них фиксируются современные взгляды и проблемы. Этим объясняется эволюция концепций: по мере приобретения нового опыта, внедрения прогрессивных методов и технологий теоретические концепции уточняются, совершенствуются, изменяются (иногда — весьма решительно), уступают место новым — это естественный путь развития теории науки.

В настоящее время в картографии оформилось несколько теоретических концепций.

Познавательная, или модельно-познавательная, концепция рассматривает картографию как науку о познании действительности посредством картографического моделирования, а саму карту — как модель действительности. В этой трактовке картография предстает как познавательная наука, имеющая самое близкое отношение к естественным и социально-экономическим наукам (прежде всего, к наукам о Земле) и теории познания. Эта концепция разрабатывалась в основном отечественными картографами Н. Н. Ба-

ранским, К. А. Салищевым, А. В. Гедымином, А. Г. Исаченко и их последователями еще с 40-х годов.

Коммуникативная концепция — в ней картография предстает как наука о передаче пространственной информации, а карта — как канал информации, средство коммуникации. Таким образом, картография оказывается одной из отраслей информатики, она тесно связывается с теорией информации, автоматикой, теорией восприятия. Основной вклад в формирование данной концепции в 60—70-е годы XX в. внесли западные картографы Е. Арнбергер, А. Колачный, А. Робинсон и др.

Языковая (картоязыковая) концепция трактует картографию как науку о языке карты, а карту — как особый текст, составленный с помощью условных знаков («написанный на языке карты»). В данном случае картография выступает как отрасль лингвистики и семиотики (науки о языках), а предметом ее исследования становятся картографические знаковые системы. Развитие этой системы взглядов произошло в 70—80-е годы главным образом благодаря трудам А. Ф. Асланиашвили, А. А. Лютого, Я. Правды и др.

Существуют и другие теоретические построения, акцентирующие внимание на иных особенностях картографии и порой сочетающие разные точки зрения. Таковы **метакартография** (по А. Ф. Асланиашвили), в которой общая теория картографии строится на логико-философских принципах теории отражения, и **картология** (по Л. Ратайскому), совмещающая представления о модельных и коммуникативных функциях картографии, и некоторые другие концепции.

Каждая из названных концепций имеет под собой вполне реальные основания, содержит рациональное зерно. Картография предстает в них, с одной стороны, как наука о познании мира, с другой — как средство коммуникации, а с третьей — как особое языковое образование.

Это как раз свидетельствует о многогранности картографии, разносторонности свойств и разнообразии функций карты, которая одновременно является и моделью действительности, и каналом передачи пространственной информации, и особым языком географии и других наук о Земле.

Постепенно в современной картографии начинает преобладать тенденция **конвергенции**, происходит сближение разных точек зрения на предмет картографии, наблюдается интеграция представлений о модельных, коммуникативных, языковых функциях карт и картографии.

В 80-х годах прошлого столетия стала формироваться новая *геоинформационная концепция*. Согласно ей картография рассматривается как наука о системном информационно-картографическом моделировании и познании геосистем. Она тесно связана с геоинформатикой, науками о Земле и обществе.

Карта предстает как образно-знаковая геоинформационная модель действительности, иначе говоря, одна одновременно и инструмент познания, и способ аналогового моделирования действительности, и средство передачи информации в цифровой форме.

2.3. Структура картографии

Современная картография представляет собой разветвленную систему научных дисциплин и технических отраслей. Одни из них имеют многовековую историю, другие сформировались сравнительно недавно, третьи находятся еще в стадии становления. Все они тесно взаимосвязаны между собой и со многими другими отраслями науки и техники, на стыках с которыми возникают новые научные направления. Основные картографические дисциплины и разделы решают свои задачи и разрабатывают для этого соответствующие способы и методы.

Общая теория картографии — изучает общие проблемы, предмет и метод картографии как науки, вопросы методологии создания и использования карт. Основные разработки по теории картографии выполняются в рамках *картоведения*.

История картографии — изучает историю идей, представлений, методов картографии, развитие картографического производства, а также старые картографические произведения.

Математическая картография — дисциплина, изучающая математическую основу карт. В ней разрабатывается теория и методы создания картографических проекций, анализируется распределение искажений в них, построение картографических сеток с заданными условиями.

Проектирование и составление карт — изучает и разрабатывает методы и технологии лабораторного (камерального) изготовления и редактирования карт. В свою очередь, подразделяется на несколько больших разделов, посвященных общим вопросам, проектированию и составлению общегеографических карт, карт природы, социально-экономических, экологических и т.д.

Картографическая семиотика — разрабатывает язык карты, теорию и методы построения систем картографических знаков, правила их использования. В рамках картографической семиотики выделяют три раздела: **картографическую синтаксику, семантику и pragmatику**, которые изучают соотношения знаков между собой, их связь с отображаемыми объектами, особенности восприятия читателями, информационную ценность знаков и т.п. (см. разделы 5.1 и 5.2).

Оформление карт (картографический дизайн) — изучает теорию и методы художественного проектирования картографических произведений, их штрихового и красочного оформления, в том числе средствами компьютерной графики.

Экономика и организация картографического производства — раздел на стыке картографии и экономики, в рамках которого изучаются проблемы оптимальной организации и планирования производства, использования картографического оборудования, материалов, трудовых ресурсов, повышения производительности труда и экономической эффективности.

Издание карт — техническая дисциплина, разрабатывающая технологию печатания карт, атласов и другой картографической продукции.

Использование карт — разрабатывает теорию и методы применения картографических произведений (карт, атласов, глобусов и др.) в различных сферах практической, научной, культурной, образовательной деятельности. Основу этой дисциплины составляет **картографический метод исследования** — метод использования карт для познания изображенных на них явлений (см. раздел 16.1).

Картографическое источниковедение — изучает и разрабатывает методы оценки и систематизации картографических источников (карт, снимков, статистических данных и других документов), используемых для составления карт.

Картографическая информатика — изучает и разрабатывает методы сбора, хранения и предоставления потребителям информации о картографических произведениях и источниках. Раздел, занимающийся систематизацией изданных карт и атласов, составлением указателей, списков, обзоров, называется **картобиблиографией**.

Картографическая топонимика — изучает географические названия, их смысловое значение с точки зрения правильной передачи на картах. В задачи этой дисциплины входит нормализация и стандартизация названий и терминов, наносимых на карты.

Система картографических дисциплин не является чем-то застывшим и неизменным, она развивается как живой организм. По-

являются новые отрасли картографии, одни разделы испытывают быстрый рост, развитие других несколько замедляется. Например, с внедрением электронно-вычислительной техники изыскание новых картографических проекций стало «делом техники» в лучшем смысле этого слова, а использование карт и математико-картографическое моделирование стали особенно быстро прогрессировать и в теоретическом и в методическом отношениях. В то же время появление глобальных систем позиционирования (GPS — ГСП) ведет к формированию в математической картографии нового направления — спутникового позиционирования — в узле пересечения ее интересов со спутниковой геодезией и радиофизикой. Словом, картография развивается, как живое дерево, корни которого уходят далеко в глубь веков, а ветви тянутся к высоким технологиям будущего.

В системе картографии сложилось множество отраслей, различающихся по тематике: общегеографическое, геологическое, почвенное, этнографическое и другие. Эти отрасли принадлежат картографии по методу, а конкретным наукам (например, геологии, почвоведению, этнографии) — по предмету. Их спектр поистине необъятен (см. классификацию карт по тематике), причем с появлением новых отраслей знания возникают все новые разделы тематической картографии. Примерами могут служить недавно сформировавшееся геоэкологическое, экогеохимическое, радиоэкологическое картографирование и т.п.

Кроме того, достаточно четко выделяются такие отрасли, как учебное, научное, туристское, навигационное (морское, аэронавигационное) инженерное картографирование и другие. Они различаются по назначению и практической ориентации. По мере появления новых сфер практического применения перечень подобных отраслей быстро расширяется.

Виды картографирования можно подразделять по разным основаниям:

- ◆ по объекту — астрономическое, планетное и земное, а внутри земного — картографирование суши и океанов;
- ◆ по методу — наземное, аэрокосмическое и подводное;
- ◆ по масштабу — крупно-, средне- и мелкомасштабное;
- ◆ по уровню обобщения — аналитическое, комплексное и синтетическое;
- ◆ по степени автоматизации — ручное, автоматизированное (интерактивное) и автоматическое;
- ◆ по оперативности — базовое и оперативное.

Вообще говоря, виды картографирования можно выделять по разным основаниям, они столь же многочисленны, как свойства самих карт, методы их создания и отображаемые объекты.

2.4. Исторический процесс в картографии

История картографии — неотрывная часть истории цивилизации. Знание истории формирует культуру картографа, позволяет понять ключевые моменты и этапы становления и — что особенно важно — правильно оценить современные тенденции развития науки. Люди создавали картоподобные рисунки еще в доисторические времена, задолго до возникновения письменности, а может быть, даже до появления членораздельной речи. Сохранились наскальные рисунки, схемы, выполненные на бивнях мамонта, на камне и дереве, бересте, коже, папирусе и шелке. На них показаны горы, реки, тропы, места охоты, выпаса скота, кочевья. Например, в Черкасской области на Украине найден бивень мамонта с нанесенным на него картоподобным рисунком: река, деревья, постройки. Возраст находки — 14–15 тыс. лет.

Исторический процесс в картографии охватывает историю создания конкретных произведений: карт, глобусов, атласов, а также этапы развития картографического инструментария, методов и технологий, идей и концепций. Ниже выделены основные вехи развития инструментария для съемок и измерений на местности,

Таблица 2.1

Развитие инструментария для измерений и съемок на местности

Основные вехи технического прогресса	Исторические периоды
Визуальные наблюдения и глазомерные оценки	С доисторических времен
Применение геодезических инструментов для измерения длин и углов	С X в. до н.э.
Появление астрономических приборов для определения широт и долгот	С III в. до н.э.
Внедрение оптических астрономо-геодезических приборов	С начала XII в.
Изобретение аэрофотоаппаратов и других средств дистанционного зондирования, применение аэрокосмических съемок	Со второй половины XIX в.
Создание электронной геодезической аппаратуры	С середины XX в.
Применение глобальных позиционирующих систем	С конца XX в.

методов и технологий составления карт, ознаменовавшие поворотные моменты в истории картографии.

Главная тенденция развития приборов и инструментов для съемок и картографирования на местности всегда была направлена на расширение пространственного охвата, повышение точности и оперативности. Визуальные наблюдения и простейшие измерения на небольших участках местности постепенно уступали место высокоточным геодезическим методам и дистанционному зондированию глобального охвата. Следует отметить, что темпы технического прогресса стремительно нарастают в последние два столетия; средства съемки и полевого картографирования претерпевают кардинальные перемены за исторически короткие отрезки времени — 30–50 лет.

Аналогичные тенденции наблюдаются и в развитии методов составления карт — от примитивных картографических рисунков на камне и папирусе до современных технологий конструирования карт в компьютерных сетях (табл. 2.2). И в этом случае быстрые и кардинальные изменения, в корне меняющие картосоставление, приходятся на последние десятилетия XX в.

Таблица 2.2

**Развитие картосоставительских методов
и технологий издания карт**

Основные вехи развития методов и технологий	Исторические периоды
Рисование на камне, дереве, папирусе, ткани	С древнейших времен
Составление рукописных карт на бумаге	С III в. до н.э.
Гравирование карт на камне, металле, внедрение картопечатания	С середины XV в.
Применение фотохимических и фотокопировальных процессов	Со второй половины XIX в.
Фотограмметрические технологии составления карт	С начала XX в.
Цифровые и электронные методы и технологии составления карт, формирование баз и банков данных, геоинформационное картографирование	С середины XX в.
Составление карт в компьютерных сетях, виртуальное картографирование	С конца XX в.

Таблица 2.3

Развитие методов использования карт

Основные направления использования карт	Исторические периоды
Применение карт для ориентирования и передвижения на местности	С древнейших времен
Использование карт для путешествий и навигации	С XIII в.
Карты как средство укрепления государственности и военно-политической безопасности	С XV в.
Карты как средство накопления и обобщения знаний	С XVII в.
Карты как инструмент моделирования и познания окружающего мира	С первой половины XX в.
Карты как средство коммуникации	Со второй половины XX в.
Картографирование как основа системной организации пространственной информации и принятия управленческих решений	С конца XX в.

Основные тенденции развития технологий картосоставления и издания карт связаны с совершенствованием методов создания, размножения и распространения картографических произведений среди пользователей. На современном этапе особое значение приобрели технологии быстрого (оперативного) картографирования. В конечном счете экономическая эффективность картографической науки и производства зависит от того, насколько быстро создаваемые произведения дойдут до пользователя и будут применены для решения конкретных задач.

Технический и технологический прогресс непосредственно влиял на развитие методов использования карт (табл. 2.3). Эта линия всегда имела довольно четкую ориентацию на удовлетворение практических и научных запросов общества, превращение картографии из простого средства ориентирования в инструмент планирования и проектирования.

Таким образом, можно видеть, что по мере развития инструментария, методов и технологий картография все более расширяет пространственный охват (сегодня она уже вышла в космическое пространство), повышает качество, точность и — главное — опе-

ративность создания картографических произведений. Она постепенно охватывает все более широкие слои пользователей, проникает во многие сферы политической, экономической, культурной жизни общества, и это означает повышение ценности картографических данных как информационных ресурсов.

Изучение исторического процесса приводит к важным выводам о перспективах развития картографии. Становится очевидным, что за многие века методы создания карт и их облик кардинально изменились, а назначение и функции остались практически теми же. Одним из ярких примеров может служить замечательная римская дорожная карта, известная как *Пейтингерова таблица* (по имени немецкого историка Пейтингера, описавшего ее в начале XVI в.). Она представляет собой рулон длиной около 7 м и шириной 35 см. На ней нанесены основные дороги Римской империи от Британских островов до Индии, отмечены города, пересечения и разветвления дорог. Все это сильно деформировано по расстояниям и направлениям, но зато вполне точно в топологическом отношении (рис. 2.1). Такой принцип показа путей сообщения сохранился до настоящего времени; достаточно вспомнить карты-схемы метрополитена, которые не отражают истинных расстояний и направлений, но точно передают топологию подземных дорог (рис. 2.2).

Рисунок, снимок, полиграфический оттиск, электронное изображение — это всегда самый доступный человеку язык зрительных образов, самая удобная и привычная для него модель реальности. Поэтому на протяжении всей истории человечества карта остается одним из самых эффективных средств познания окружающего мира и передачи пространственной информации.

2.5. Географическая картография

Важное значение имеет развитие в системе картографии особыго направления — географической картографии, суть которой составляет отображение и исследование географических систем (геосистем). К. А. Салищев, который впервые ввел это понятие в научный оборот, отмечал, что между географической картографией и другими тематическими отраслями нельзя провести резкой границы, как, скажем, нет ее между физической географией и отдельными физико-географическими дисциплинами. Географическая картография занимается исследованием геосистем в целом и отдельных их компонентов. Поэтому, например, геологическую или почвенную картографию правомерно рассматривать как составные части широко понимаемой географической картографии.

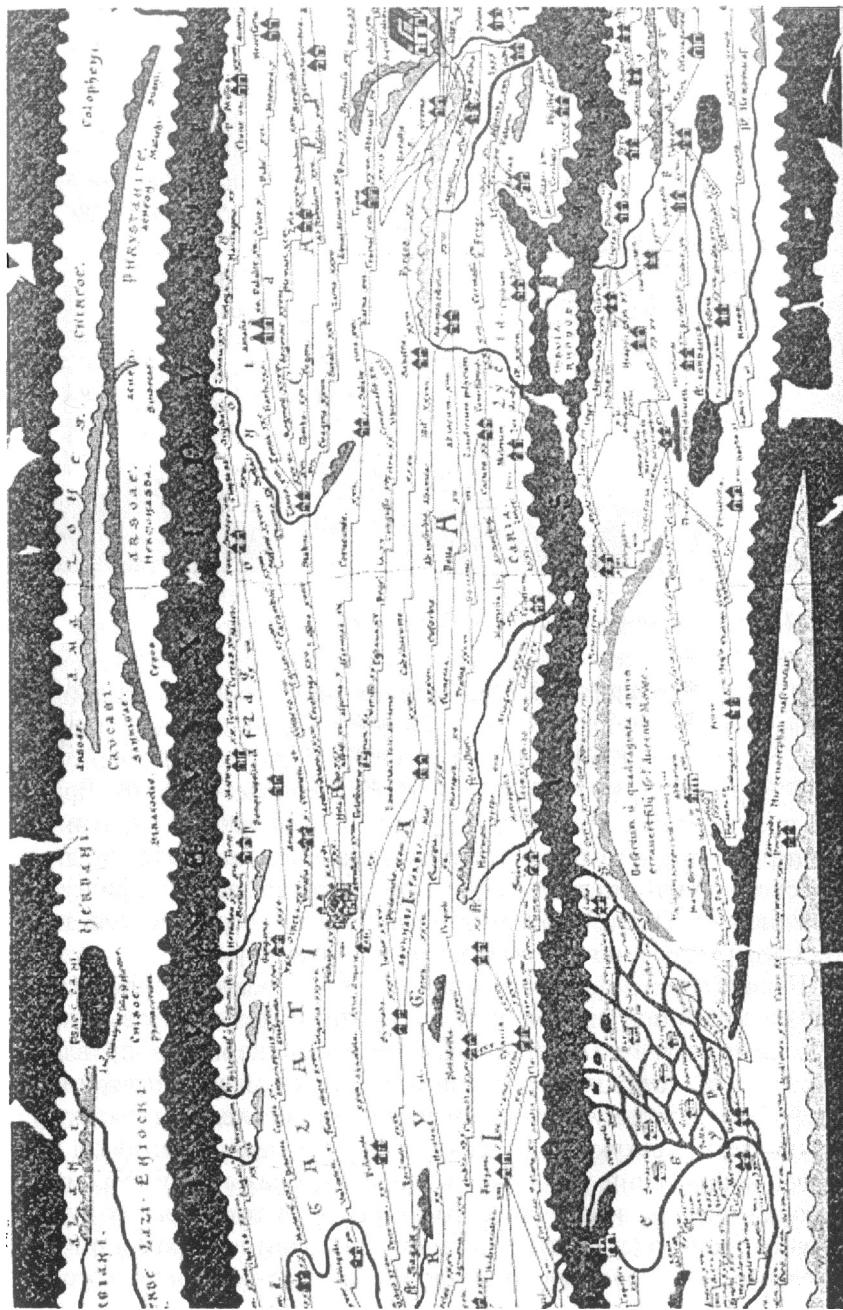


Рис. 2.1. Часть римской дорожной карты IV в. н. э. (Пейтингеровой таблицы)

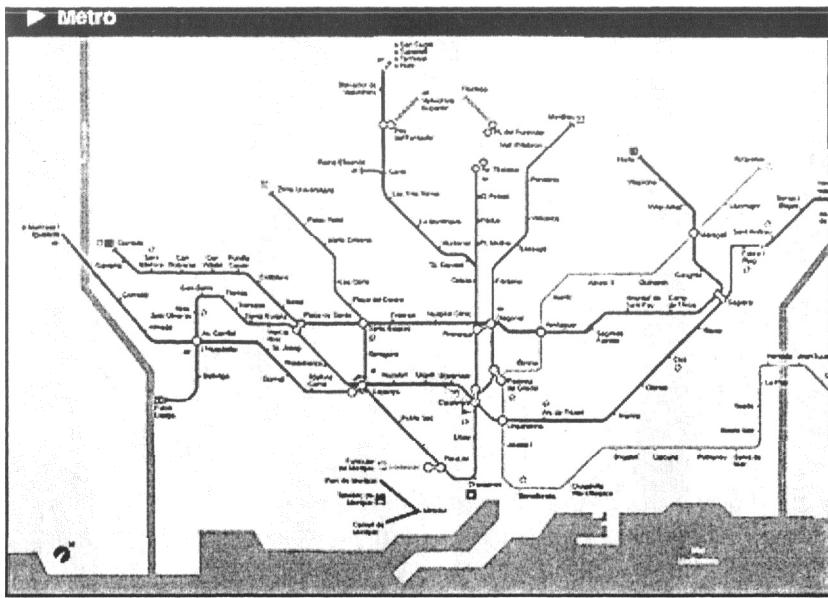


Рис. 2.2. Схема метрополитена в Барселоне

В России сложилась особая научная школа географической картографии, у истоков которой стояли крупнейшие отечественные картографы и географы: А. А. Тилло, Д. Н. Анучин, А. А. Борзов, Н. Н. Барабанский, К. А. Салищев, И. П. Заруцкая и многие другие. Эта школа отдает приоритет контактам с естественно-научными дисциплинами, что проявляется в тематике, методологии, практической ориентации, а также в постановке картографического образования. Последователи этой школы придерживаются взгляда на картографию как на познавательную науку.

Наряду с географической существует школа инженерной картографии, где упор делается на технические аспекты и связь с геодезическими науками. Географическое и инженерное направления отражают две стороны развития отечественной картографии: научно-познавательную (преимущественно исследовательскую) и научно-техническую (преимущественно производственную). Если первое направление развивается главным образом в университетах и академических институтах, то второе — в технических вузах и научно-производственных организациях. При всех различиях обе школы тесно сотрудничают в деле картографо-геодезического изучения страны, в создании крупнейших произведений — карт и атласов, составляющих славу отечественной картографии.

2.6. Картография в системе наук

Современная картография имеет прочные двусторонние контакты со многими философскими, естественными и техническими науками и научными дисциплинами (рис. 2.3). Картография пользуется их достижениями, впитывает новые идеи и технологии и одновременно предоставляет им обширное поле для приложения сил, способствует развитию теории и методологии.

В самом близком контакте с картографией находятся *науки о Земле и планетах* — обширный и сильно разветвленный комплекс географических, геолого-геофизических, экологических, планетологических отраслей знания, для которых картография служит одним из главных методов познания и средств систематизации данных. Обширная область взаимодействия — тематическое картографирование природы и методы использования карт. Сегодня невозможно даже представить развитие наук о Земле в отрыве от картографии. Более того, формирование многих отраслей науки произошло благодаря картографическому методу. Картографирование стало, например, базой для исследования дна океана и поверхности других планет, развития морфометрии рельефа, медицинской географии и др. Одновременно наблюдается и другая тенденция: многие новые отрасли тематической картографии возникают на стыках с науками о Земле и в результате появляются карты нового типа, новые методы картографирования и способы использования карт. Пожалуй, самый яркий пример в этом отношении — стремительно развивающееся эколого-географическое картографирование.

Социально-экономические науки — экономика, социология, демография, история, археология, региональная политика, этнография и многие родственные им дисциплины, так же как и науки о Земле (и в комплексе с ними), образуют основу для тематического картографирования и использования карт. Предоставляя этим наукам инструмент пространственного исследования, картография сама обогащается новыми методами (например, методами экономико-математического моделирования, сетевого планирования), разрабатывает новые типы картографических произведений.

Логико-философские науки — теория отражения, теория моделирования, формальная логика, системный анализ активно контактируют с картографией при разработке ее теоретических концепций, знаковых систем (здесь необходимо напомнить о связях с лингвистикой и семиотикой), проблем и методов моделирования и системного картографирования. При исследовании проблем восприятия картографического изображения привлекают методы психологии.



Рис. 2.3. Картография в системе наук

Астрономо-геодезические науки — астрономия, геодезия, гравиметрия, спутниковая геодезия, топография предоставляют картографии данные о фигуре и размерах Земли и планет, их физических полях, образуют базу для составления общегеографических и тематических карт. При создании математической основы карт необходимы результаты астрономо-геодезических наблюдений, спутниковой геодезии, спутникового позиционирования. Основой для любых крупномасштабных карт всегда служат топографические съемки местности.

Математические науки — математический анализ, аналитическая геометрия, сферическая тригонометрия, статистика и теория вероятностей, неевклидова геометрия, теория множеств, математическая логика, теория графов, теория информации и ряд других математических дисциплин непосредственно контактируют с картографией. Математика и картография объединены прочными историческими связями, в недалеком прошлом картографию в России даже относили к «математической географии». Сегодня математические дисциплины активно используют при разработке кар-

тографических проекций, математико-картографическом моделировании, создании алгоритмов и программ картографирования и использования карт, планировании картографического производства, формировании информационно-поисковых систем. Нет, пожалуй, ни одной области математики, которая так или иначе не контактировала бы с современной картографией.

Техника и автоматика — приборостроение, электроника, полупроводниковая и лазерная техника, химическая технология, материаловедение, полиграфия и многие другие отрасли составляют техническую базу создания, издания и использования карт и других картографических произведений. Связи с техникой проявляются в совершенствовании и создании нового картографического оборудования, приборов, автоматических систем и материалов, в оптимизации производственных процессов и технико-экономических параметров картографического производства. В последние годы особую значимость приобрели контакты с теорией систем управления, кибернетикой и информатикой. Благодаря этому картография обогатилась многими лучшими достижениями современной научно-технической революции.

Дистанционное зондирование — комплекс дисциплин, включающих аэро-, космическую и подводную съемки, обработку и дешифрирование изображений, фотограмметрию, фотометрию, структурометрию, а также космическое землеведение и мониторинг. Основная сфера взаимодействия — топографическое и тематическое картографирование. Данные съемок используются для составления, уточнения и обновления карт, формирования баз цифровой информации, а карты, в свою очередь, необходимы для привязки и дешифрирования материалов дистанционного зондирования.

Разумеется, в кратком обзоре названы лишь основные сферы науки, с которыми контактирует картография. На самом деле она так или иначе взаимодействует практически со всеми отраслями знаний, даже с такими, казалось бы, далекими от нее, как медицина, архитектура, geopolитика и другие — напомним, картографии есть дело до всего: «от геологии до идеологии».

2.7. Взаимодействие картографии и геоинформатики

Термин «геоинформатика» состоит из трех корней: география, информация и автоматика. Современная геоинформатика представлена в виде системы, охватывающей науку, технику и производство.

Эта ситуация характерна для нынешнего этапа научно-технического прогресса, когда происходит сближение науки и производства. В аналогичном виде существуют и картография, и дистанционное зондирование. По-видимому, именно эта тройственность: *наука — техника — производство*, составляет одну из причин по-всеместно наблюдаемой интеграции картографии, дистанционного зондирования и геоинформатики — отраслей, столь близких по своей структуре.

Геоинформатика как наука имеет дело с теми же объектами, что и география, и другие науки о Земле, картография, дистанционное зондирование, т.е. с природными, общественными и природно-общественными геосистемами, но использует при этом свои особые средства и методы. Главные из них — компьютерное моделирование и тесно сопряженное с ним геоинформационное картографирование, речь о котором пойдет ниже. Картография и геоинформатика связаны во многих отношениях. Карты и атласы — это один из главных источников получения пространственной и временной информации для компьютерной обработки. А вся иная «некартографическая» информация, используемая в геоинформационных системах, все равно так или иначе привязывается к картам, причем основой для такой привязки служат системы координат, принятые в картографии. Наконец, очень важно, что выдача потребителю итоговой информации опять-таки чаще всего производится в картографической форме, которая наиболее привычна и удобна пользователю. Подробнее связи картографии и геоинформатики рассмотрены в главе 19.

Тесное взаимодействие, а порой даже полная интеграция картографии и геоинформатики происходят во всем мире на уровне государственных служб, информационных центров, научных и производственных учреждений, в сфере образования. Благодаря контактам картографии и геоинформатики обе отрасли испытывают мощный технический подъем и получают доступ к огромным информационным ресурсам. Их роль в жизни и деятельности современного общества значительно возрастает.

Стремление к интеграции настолько сильно в современной картографии и смежных с нею дисциплинах, что это ведет к попыткам формирования синтетических научных направлений. Одно из них возникло под названием *«геоматика»* (термин *geomatique* первоначально появился в канадской франкоязычной научной литературе), что как бы символизирует тесное взаимодействие геонаук и информатики. В некоторых трактовках геоматика обнимает и такие дисциплины, как математика, физика, информатика, картография, геодезия, фотограмметрия и дистанционное зондирова-

ние. В таком понимании геоматика предстает суперсистемой с очень широким диапазоном — от физики до геодезии. Но все же в реальном практическом плане геоматика очень близка к геоинформатике и почти совпадает с ней по своим задачам, технологиям и методам.

Существуют различные концептуальные модели связи картографии, дистанционного зондирования и геоинформатики. В одних из них доминирует картография, включающая в себя геоинформатику (как автоматизированное картографирование) и дистанционное зондирование (как источник данных для картографирования). В других моделях, наоборот, доминирует геоинформатика, охватывающая картографию и дистанционное зондирование как некие подсистемы. Но наиболее верно рассматривать эти три дисциплины как самостоятельные, частично перекрывающиеся и тесно взаимодействующие между собой отрасли знания.

Сказанного достаточно, чтобы отчетливо почувствовать тенденцию к интеграции геодезии, картографии, дистанционного зондирования, геоинформатики и смежных с ними дисциплин. Это проявляется на всех уровнях: концептуальном, организационном, методическом, технологическом и образовательном. Развитие новых научных дисциплин и технологий сопровождается сильнейшим стремлением к их синтезу, подведению к общему знаменателю, исключению перекрытий — словом, к системному объединению.

2.8. Связи картографии с искусством

В древние времена черчение и гравирование карт было сродни искусству, так что даже графика и цвет на картах испытывали влияние разных художественных стилей. Известны, например, параллели между оформлением карт и глобусов великих фламандских картографов Меркатора и Ортелия и художественным стилем современной им голландской школы живописи XVI в. Многие старинные карты и по сей день считаются произведениями искусства и служат объектами коллекционирования наряду со старинными картинами и гравюрами.

Карты и глобусы нередко были атрибутами и темами живописных полотен и рисунков. Дань этим сюжетам отдали крупнейшие живописцы средневековья Бернардо Строцци и Базанти Марко, Рембрандт и Верmeer Делфтский. К составлению карт обращались великие художники Возрождения Леонардо да Винчи и Альбрехт Дюрер. Их карты не только драгоценные произведения искусства,

но и документальные исторические свидетельства состояния ландшафтов в XVI–XVII вв.

Тесные связи картографии с живописью не означают, конечно, что картография целиком принадлежит искусству. Знаковые системы и способы оформления карт разрабатываются на научных основах, да и сами карты отражают научные понятия, а не художественные образы.

В наши дни на оформительском решении карт сказываются тенденции современного дизайна и машинной графики. От картографических произведений теперь требуется не столько эстетическое воздействие, сколько ясность, четкость, наглядность и лаконичность передачи содержания. Поэтому так существенны укрепляющиеся связи картографии с технической графикой и художественным дизайном. На стыке с этими дисциплинами разрабатываются теория и методы гармонического оформления карт как изделий промышленного производства. Использование в картографии принципов художественного дизайна облегчает восприятие карт, способствует развитию хорошего эстетического вкуса, а в конечном счете повышает эффективность использования карт и атласов в науке, практике, образовании.



Глава 3

Геодезическая основа карт

3.1. Земной эллипсоид

Известно, что Земля шарообразна и по форме близка к *сфери-иду* — фигуре, которую она приняла бы под влиянием только сил взаимного тяготения и центробежной силы вращения вокруг полярной оси. Из-за неравномерного распределения масс Земля имеет обширные, хотя и довольно пологие, выпуклости и вогнутости.

Фигуру Земли можно представить, вообразив поверхность, в каждой точке которой сила тяжести направлена по нормали к ней, т.е. по отвесной линии. Такую поверхность называют *уровенной*. Сложную фигуру нашей планеты, ограниченную уровенной поверхностью, проходящей через точку, закрепленную на высоте среднего уровня моря и являющуюся началом отсчета высот, называют *геоидом*. Иначе говоря, геоид представляет фигуру Земли, сглаженную до уровня Мирового океана (рис. 3.1). Благодаря использованию искусственных спутников и наземных измерений геоид достаточно изучен. При картографировании сложную фигуру геоида заменяют математически более простой — *эллипсоидом вращения* — *геометрическим телом, которое образуется при вращении эллипса вокруг его малой оси* (рис. 3.2). Наиболее известные эллипсоиды представлены в табл. 3.1.

В нашей стране в 1940 г. расчет эллипсоида был выполнен выдающимся ученым Ф. Н. Красовским (1878–1948) и его учеником А. А. Изотовым (1907–1988). Эллипсоид Красовского был утвержден в СССР для геодезических и картографических работ, его используют в России и в настоящее время.

Параметры эллипсоида, рекомендованные в 60-х годах международными астрономо-геодезическими организациями, применялись в Австралии, прилегающих к ней странах и в Южной Америке. Эллипсоиды системы геодезических параметров GRS-67 (*Geodetic*



Рис. 3.1. Меридиональное сечение геоида и земного эллипсоида

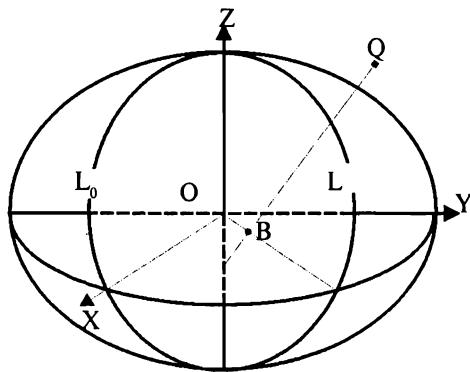


Рис. 3.2. Эллипсоид вращения (B , L — широта и долгота точки Q ; L_0 — начальный меридиан)

Reference System, 1967) и WGS-72 (*World Geodetic System, 1972*) — это более ранние версии аналогичных современных вариантов.

По табл. 3.1 нетрудно проследить, как со временем повышалась точность определения большой полуоси и сжатия земного эллипсоида. В настоящее время параметры современной точности имеют эллипсоид системы GRS-80 (*Geodetic Reference System, 1980*), составляющей основу современных координатных систем Австра-

Таблица 3.1

Основные земные эллипсоиды и их параметры

Эллипсоид	Годы	Большая полуось a (м)	Сжатие α
Деламбра	1800	6 375 653	1/334
Вальбека	1819	6 376 896	1/303
Эйри	1830	6 377 563,396	1/299,3249646
Эвереста	1830	6 377 276,345	1/300,8017
Бесселя	1841	6 377 397	1/299,15
Кларка	1866	6 378 206	1/294,98
Кларка	1880	6 378 249	1/293,46
Хейфорда	1909	6 378 388	1/297
Красовского	1940	6 378 245	1/298,3
Австралийский	1965	6 378 160	1/298,25
GRS-67	1967	6 378 160	1/298,247167247
WGS-72	1972	6 378 135	1/298,26
GRS-80	1979	6 378 137	1/298,257222101
WGS-84	1984	6 378 137	1/298,257223563
ПЗ-90	1990	6 378 136	1/298,257839303

лии, Европы, стран Северной и Центральной Америки, WGS-84 (*World Geodetic System*, 1984), получивший мировое распространение благодаря американской глобальной системе спутникового позиционирования, и российский ПЗ-90 (Параметры Земли, 1990).

Различают **общеземной эллипсоид**, наилучшим образом подходящий для решения глобальных картографо-геодезических задач, и **референц-эллипсоиды**, используемые в отдельных регионах и странах.

Эллипсоид вращения характеризуют два параметра: большая экваториальная полуось (a) и полярное сжатие (α). Кроме них в расчетах используются и другие, например малая полярная полуось (b) и первый эксцентриситет меридионального эллипса (e). Эти параметры взаимосвязаны следующим образом:

$$\alpha = (a - b) / a; \quad e^2 = (a^2 - b^2) / a^2;$$

$$b = a(1 - \alpha) = a\sqrt{1 - e^2};$$

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - e^2};$$

$$e^2 = \alpha(2 - \alpha).$$

Эти параметры, а также площади поверхностей для эллипсоидов WGS-84, ПЗ-90 и Красовского, наиболее важных для картографических и геодезических работ в России, приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Параметры основных земных эллипсоидов

Параметры	Эллипсоиды		
	WGS-84	ПЗ-90	Красовского
<i>a</i>	6 378 137	6 378 136	6 378 245
<i>b</i>	6 356 752,314	6 356 751,362	6 356 863,019
α	1/298,257223563	1/298,257839303	1/298,3
e^2	0,006694379990	0,006694366193	0,006693421623
Площадь	510 065 622	510 065 464	510 083 059

Положение любой точки на земном эллипсоиде определяется широтой и долготой. *Широта (B)* — угол, образованный нормалью к поверхности земного эллипсоида в данной точке и плоскостью его экватора; *долгота (L)* — двугранный угол между плоскостями меридианов данной точки и начального меридиана (см. рис. 3.2).

Рассекая эллипсоид плоскостями, проходящими через полярную ось, получают линии меридианов, а плоскостями, проходящими перпендикулярно этой оси, — линии параллелей. Линия экватора — след сечения эллипсоида плоскостью, проходящей через его центр перпендикулярно полярной оси.

Сетка меридианов и параллелей на земном эллипсоиде, шаре или на глобусе называется географической сеткой.

Наиболее важными радиусами эллипсоида вращения являются:

M — радиус кривизны меридиана;

N — радиус кривизны первого вертикала (линии, получаемой сечением эллипсоида плоскостью, проходящей через нормаль в данной точке и перпендикулярно плоскости меридиана);

R — средний из радиусов всевозможных сечений, проведенных через нормаль в данной точке эллипса;

r — радиус параллели.

Эти радиусы вычисляют по следующим формулам:

$$M = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 B)^{3/2}};$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}};$$

$$R = \sqrt{MN}; \quad r = N \cos B.$$

Легко заметить, что радиус M у полюса больше, чем на экваторе. Это означает, что кривизна меридианного эллипса убывает от экватора к полюсам. Радиус меридиана получает наибольшие изменения на средней широте, где с каждым градусом широты он изменяется примерно на 1 км. Радиус M нужен прежде всего для вычисления длин дуг меридианов и нахождения широт по этим дугам. Средний радиус кривизны R применяют, например, в задачах, связанных с развертыванием поверхности эллипсоида на поверхность сферы. В табл. 3.3 приведены значения радиусов эллипсоида на разных широтах и диапазоны их изменения.

Таблица 3.3

Радиусы земного эллипсоида на разных широтах

Широта, B°	M , км	N , км	R , км
0	6 336	6 378	6 357
30	6 351	6 384	6 368
60	6 384	6 394	6 389
90	6 400	6 400	6 400
Δ_{\max} , км	64	22	43
Δ_{\max} , %	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$

При создании и использовании карт приходится определять длины дуг параллелей и меридианов. Наиболее просто вычисляется длина дуги параллели. Параллель — окружность, ее длина S_p между двумя точками с долготами L_1 и L_2 равна произведению радиуса этой параллели на разность долгот, выраженных в радианной мере:

$$S_p = r(L_2 - L_1).$$

Меридиан — эллипс. Вычисления его длин дуг более сложны. Длины сравнительно коротких дуг, расположенных между двумя параллелями с широтами B_1 и B_2 , вычисляют следующим образом: находят среднюю широту $B_m = (B_1 + B_2)/2$, по этим широтам определяют радиусы кривизны меридианов M_1 , M_2 , M_m , затем

вычисляют дугу меридиана S_m по одной из формул (широта B — в радианах):

$$S_m \approx M_m (B_2 - B_1);$$
$$S_m \approx (M_1 + 4M_m + M_2)(B_2 - B_1)/6.$$

Погрешность первой формулы составляет менее 1 мм для дуг длиной до 45 км, около 3 см при их длине в 100 км и примерно 30 м при длине в 1000 км. По второй формуле длины дуг до 500 км определяют с погрешностями в 1–2 см.

3.2. Замена земного эллипсоида шаром

Для решения задач на эллипсоиде используют довольно громоздкие формулы. Поэтому во всех случаях, когда точность позволяет, эллипсоид или его часть заменяют шаром. Эта замена особенно актуальна при мелкомасштабном картографировании.

При замене эллипсоида шаром нужно выбрать подходящий радиус шара и перейти от широт (B) и долгот (L) эллипсоида к широтам (ϕ) и долготам (λ) на шаре. Нормали к поверхности шара совпадают с его радиусами. Поэтому сферические широта и долгота определяются следующим образом: **широта** (ϕ) равна центральному углу между радиусом шара, направленным на заданную точку, и плоскостью экватора; **долгота** (λ) определяется двугранным углом между плоскостями меридиана данной точки и начального меридиана.

Часто сферические долготы и широты приравнивают к соответствующим долготам и широтам эллипсоида:

$$\lambda = L, \phi = B.$$

При картографировании ограниченных территорий радиус шара приравнивают к среднему радиусу R центральной точки карты.

При замене всей планеты шаром радиус вычисляют как среднее из следующих трех значений:

- радиуса шара, равного среднему из трех полуосей эллипсоида (двух экваториальных a и одной полярной b);
- радиуса шара, площадь поверхности которого равна площади поверхности эллипсоида;
- радиуса шара, объем которого равен объему эллипсоида.

Среднее из этих трех значений составляет 6371 км. Шар такого радиуса по размерам, площади поверхности и объему очень близок к земному эллипсоиду. На этом шаре дуга меридиана между

экватором и полюсом на 5,5 км (0,05%) длиннее, а дуга четверти экватора на 11,2 км (0,1%) короче, чем на эллипсоиде. Эти погрешности, связанные с заменой эллипса шаром, на мелко-масштабных географических картах никак не проявляются.

Чтобы добиться наименьших искажений, применяют также способ двойного проектирования: сперва эллипсоид проектируют на шар, а затем шар — на плоскость. Обычно земной шар совмещают с эллипсоидом так, чтобы плоскости их меридианов совпадали. При этом долготы сферические (λ) становятся равными долготам эллипса (L). Значения сферических широт и выбор радиуса шара зависят от способа отображения эллипса на шар.

При **равноугольном** отображении, когда углы с эллипса передаются на шар без искажений, а формы контуров бесконечно малых размеров сохраняются, радиус шара приравнивается к большой полуоси эллипса (a). Широты (ϕ) в случае эллипса Красовского вычисляются по формуле:

$$\phi = B - 692,234'' \sin 2B + 0,963'' \sin 4B - 0,002'' \sin 6B.$$

Максимальное искажение длин проявляется на полюсах и составляет 0,3%. Наибольшая разность широт эллипса и шара имеет место на параллелях 45° и составляет $11'32,23''$. Это означает, что на шаре эта параллель по сравнению с ее положением на эллипсе смещается в сторону экватора примерно на 21,4 км.

При **равновеликом** отображении эллипса на шар, когда площади передаются без искажений, радиус шара вычисляется при условии равенства площадей поверхностей шара и эллипса. Для эллипса Красовского радиус такого шара составляет 6 371 116 м. Сферические широты вычисляются по формуле:

$$\phi = B - 461,797'' \sin 2B + 0,436'' \sin 4B.$$

Максимальные искажения длин и углов возникают в точках экватора и составляют соответственно 0,1% и $3,8'$. Наибольшие расхождения широт имеют место на параллелях 45° и равны $7'43,8''$. Эти параллели на шаре смещаются в сторону экватора примерно на 14,3 км.

При **равнопромежуточном** проектировании эллипса на шар, когда длины меридианов на шаре остаются равными их дли нам на эллипсе, радиус шара R , соответствующего эллипсу Красовского, составляет 6 367 558,5 м. Сферические широты вычисляются по формуле:

$$\phi = S_m / R,$$

где S_m — длина дуги меридiana.

Если эллипсоид проектируется на шар так, что длины параллелей на шаре равняются длинам соответствующих параллелей на эллипсоиде, то радиус шара приравнивается к большой полуоси (a) эллипсоида, а сферические широты вычисляются по формуле:

$$\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{1 - e^2} \operatorname{tg}B.$$

3.3. Координатные системы

Для картографирования и решения научных и прикладных задач вводят геодезические системы координат: общеземные — для всей планеты и референцные, распространяемые на отдельные регионы или государства.

Общеземную координатную систему используют для картографирования и решения глобальных задач, таких как изучение фигуры, внешнего гравитационного поля, их изменений во времени, движения полюсов, неравномерности вращения Земли, управления полетами космических аппаратов в гравитационном поле Земли и др. С этой целью создают модель планеты — эллипсоид, имеющий размеры, массу, угловую скорость вращения и другие, так называемые *фундаментальные параметры*, весьма близкие реальной Земле. Гравитационное поле вокруг модели и сила тяжести на ее поверхности, являющаяся равнодействующей сил притяжения и центробежной силы, близки к реальным силам, существующим на Земле и в околоземном пространстве.

К фундаментальным параметрам Земли относят также скорость распространения электромагнитных волн в вакууме. Расстояния определяют умножением скорости световых или радиоволн на время, за которое они проходят это расстояние. Преуменьшение или преувеличение этой скорости приведет к преуменьшению или преувеличению геометрических расстояний. Поэтому заданием скорости распространения электромагнитных волн устанавливают единый линейный масштаб для всех геометрических построений на Земле.

В таком эллипсоиде устанавливают пространственные прямоугольные координаты X , Y , Z с началом в центре эллипсоида. Ось Z направлена по оси вращения, а ось X лежит на пересечении плоскости начального меридиана с плоскостью экватора и с осью Y . Образует правую систему (см. рис. 3.2).

Для ориентирования координатной системы в теле Земли начало эллипсоида помещают в центр масс Земли, начальный меридиан совмещают с меридианом Гринвича, а ось вращения направля-

ют на северный условный земной полюс, соответствующий некоторому фиксированному среднему его положению. Это обусловлено тем, что ось вращения Земли со временем перемещается в теле Земли и относительно звезд. Такой условный земной полюс называют **Международным условным началом**. Тем самым устанавливается геоцентрическая гринвичская координатная система.

Практически для закрепления геоцентрической гринвичской координатной системы создается **геодезическая сеть** — совокупность геодезических пунктов, положение которых определено по результатам измерений в единой для них системе координат.

Каждый пункт, закрепленный на местности или на космическом аппарате, имеет координаты X , Y , Z . Их можно пересчитать в широты (B), долготы (L), определяющие положение пункта на эллипсоиде, и высоту (H) над ним. Эллипсоид можно отобразить в некоторой проекции в плоскости карты и определить для пунктов плоские прямоугольные координаты x , y . От пунктов сети посредством измерений координаты передаются на другие новые пункты, в том числе и на космические аппараты, а с них — вновь на точки на Земле.

Геодезические сети — это наиболее надежный и совершенный способ практического закрепления координатной системы. Измерения на пунктах сети выполняют с наибольшей тщательностью, многократно повторяют и подвергают строгой математической обработке. Современные геодезические сети создают методами космической геодезии по измерениям с использованием внегалактических точечных радиоисточников, весьма удаленных от Солнечной системы и спутников Земли. В создании геодезических сетей значительная роль отводится глобальным системам позиционирования.

Известно несколько общеземных координатных систем. Они опираются на одинаковые теоретические положения, а различия обусловлены, главным образом, геодинамическими процессами, небольшими расхождениями фундаментальных параметров, погрешностями измерений, неравномерностью размещения геодезических пунктов и особенностями их математической обработки.

Международная служба вращения Земли *IERS* (*International Earth Rotation Service*) на основе высокоточных измерений формирует общеземную координатную систему *ITRS* (*International Terrestrial Reference System*) и использует эллипсоид GRS-80. Система закреплена сетью пунктов, называемой *ITRF* (*International Terrestrial Reference Frame*). Сотни пунктов ITRF расположены на всех материках и островах во всех океанах, погрешности их положения не превышают 10 см. Из-за геодинамических процессов координаты

пунктов изменяются со скоростью около 1–2 см/год, поэтому они постоянно обновляются, а в каталогах указывают год, к которому они отнесены, например ITRF-94.

В связи с широким применением во всем мире американской спутниковой системы позиционирования получила распространение **Мировая геодезическая система 1984 г.—WGS-84** (*World Geodetic System, 1984*, см. табл. 3.2.). Ее геометрические параметры практически совпадают с постоянными эллипсоида GRS-80. Точность системы находится на уровне дециметров. В версии 1984 г. использованы уточненные координаты пунктов слежения за спутниками глобальной системы позиционирования, что позволяет согласовать координаты WGS-84 и ITRF с точностью до нескольких дециметров.

С 1993 г. в мире действует сеть станций **Международной геодинамической службы IGS** (*International Geodynamics GPS Service*), сближающих координатные системы WGS-84 и ITRS. К концу XX в. в сети имелось почти 200 пунктов, на которых велись непрерывные измерения приемниками американской спутниковой системы позиционирования. При этом России доступны 22 станции, расположенные на ее территории или вблизи границ. Наблюдения на пунктах IGS используют для уточнения координат спутников, решения других геодезических и геодинамических задач.

Референцные системы координат устанавливают в отдельных регионах или государствах с помощью референц-эллипсоидов, наилучшим образом соответствующих данному региону. Это не только дань традиции, но потребность иметь наиболее удобный для данной территории эллипсоид, когда уклонения отвесных линий от нормалей к нему минимальны. Другая важная причина — необходимость сохранять стабильность взаимного положения пунктов геодезической сети, которая может быть нарушена геодинамическими процессами, приводящими к перемещению одних регионов относительно других. Референц-эллипсоид ориентируют в теле Земли при помощи **исходных геодезических дат**, т.е. параметров, которые устанавливают значения широт, долгот и их взаимосвязь с астрономическими координатами в некотором **исходном пункте**.

Простейший способ установления исходных геодезических дат — это приравнивание в исходном пункте координат эллипсоида к значениям, определенным из астрономических наблюдений. Так были установлены исходные геодезические даты большинства стран Европы, США, Японии, а также бывшего СССР с исходным пунктом в Пулково и референц-эллипсоидом Бесселя. Однако значительные уклонения отвеса в исходном пункте могут привести к смещению эллипсоида в теле Земли. Правильнее ориентировать референц-эллипсоид не по одному пункту, а по измерениям на множестве аст-

рономо-геодезических пунктов страны. В этом случае вообще отпадает надобность в исходном пункте. Так установлен референц-эллипсоид Красовского и введена система координат 1942 г. **СК-42**.

С помощью референц-эллипсоида вводятся лишь координаты, определяющие положения пунктов на эллипсоиде. Это широты и долготы (B, L) либо соответствующие им плоские прямоугольные координаты (x, y), вычисляемые обычно в той картографической проекции, в которой создаются топографические карты. Эти координаты закрепляют пунктами геодезических сетей региона. Отдельно вводится система высот, началом счета которой служит пункт, фиксирующий местный средний уровень моря. Система высот закрепляется пунктами нивелирных сетей. Различия в началах счета высот разных референцных систем могут достигать нескольких метров. Мировой геодезической общественностью предпринимаются усилия с тем, чтобы привести начала счета всех высот к единому нулевому уровню (геоиду) с точностью около 20 см.

Многие страны при введении региональных референцных координатных систем стремятся использовать общеземные параметры. Например, Североамериканская референцная координатная система **NAD-83** (*North American Datum, 1983*), Австралийская **GDA-94** (*Geocentric Datum of Australia, 1994*), Европейская **EUREF** (*European Geodetic Reference System*) используют эллипсоид и общеземные параметры GRS-80 и являются подсистемами ITRS. Но все они имеют свои региональные системы счета высот.

Европейская высокоточная геодезическая основа EUREF с 1989 г. формирует на общеземном эллипсоиде GRS-80 координатную систему **ETRS** (*European Terrestrial Reference System*), которая должна быть геоцентрической, очень близкой к WGS-84 и к тому же — единой для всей Европы, объединяет в единое целое все геодезические сети Европы, включая страны Балтии и Турцию. Предусмотрено регулярное уточнение и согласование их координатных систем. Факт существования разных систем счета высот в Европе (с различиями до 7,5 м) послужил стимулом к развитию единой Европейской нивелирной сети. Она создается на базе двух нивелирных сетей континентального масштаба — Центрально- и Западно-Европейских государств в Амстердамской 1973 г. системе высот и государств бывшего СССР и Восточной Европы в Балтийской системе 1977 г.

В России без интеграции с западными странами создана общеземная координатная система **ПЗ-90** (Параметры Земли, 1990 г.). Она закреплена пунктами космической геодезической сети, часть которых расположена в Антарктиде. При расстояниях между пунктами до 10 000 км погрешность их взаимного положения не более 30 см. В 2000 г. принято Постановление Правительства Российской Фе-

дерации о введении ПЗ-90 в качестве единой государственной системы координат в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов космических аппаратов и решения навигационных задач. Тем же Постановлением для геодезических и картографических работ России введена референцная система координат 1995 г. — СК-95.

3.4. Геодезические сети России

Система координат России представлена *Государственной геодезической сетью (ГГС)*. Положение определяемых точек можно получить в виде пространственных прямоугольных координат или широт, долгот и высот, отнесенных к референц-эллипсоиду, а также в виде плоских прямоугольных координат и высот. При этом принят эллипсоид Красовского, оси которого ориентированы параллельно соответствующим осям общеземной координатной системы ПЗ-90, однако центр эллипсоида, определяющий начало референцной системы координат, смещен от центра масс более чем на 155 м. На всю территорию страны распространена Балтийская система высот, началом которой служит нуль Кронштадтского футштока. Она закреплена пунктами *Государственной нивелирной сети*.

Геодезические сети России используются для решения научных и прикладных задач, включая картографирование суши, континентального шельфа, морей и океанов, формирование координатной среды геоинформационных систем. В России имеются государственные, местные, съемочные, специальные и учебные сети. Государственные сети строят государственные картографо-геодезические организации.

- *Местные сети* создаются для решения конкретных топографо-геодезических задач, когда густота пунктов государственных сетей оказывается недостаточной.
- Пункты *съемочных сетей* служат для топографической съемки.
- *Специальные сети* предназначены для решения инженерно-технических задач. К специальным можно отнести также сети, создаваемые на геодинамических полигонах в тектонически активных районах страны. Координаты и взаимное положение этих пунктов периодически повторно определяют с наивысшей точностью для выявления динамики земной поверхности.
- *Учебные сети* используются в учебно-методических целях.

Геодезические сети России подразделяют: на нивелирные, плановые и пространственные.

- *Нивелирные сети* фиксируют системы счета высот. Как правило, их строят методами геометрического нивелирования, а также способом спутникового позиционирования.
- *Плановые сети* обеспечивают закрепление плановых координат пунктов на эллипсоиде (и на карте). Их создают способами:
 - триангуляции, когда в каждом пункте измеряют горизонтальные углы между направлениями на соседние пункты и некоторые расстояния между пунктами;
 - полигонометрии — путем измерения расстояний и углов между пунктами хода;
 - трилатерации, в которой измеряют только расстояния между пунктами;
 - с помощью спутникового позиционирования — определения плановых координат пункта по спутниковым наблюдениям.
- *Пространственные сети* создают методами космической геодезии. Каждый пункт хранит три координаты, определяющие его положение в геоцентрической системе координат, и может быть закреплен на земной поверхности, и на космическом аппарате. Так спутники, входящие в глобальные системы позиционирования, одновременно являются геодезическими пунктами, хранящими пространственные геоцентрические координаты.

Интенсивное развитие плановых государственных сетей началось в 20-х годах XX в. и продолжалось свыше полувека по проекту, в основу которого были положены замыслы Ф. Н. Красовского. Сети подразделялись на четыре класса по точности и строились по принципу «от общего к частному»: вначале создается редкая сеть I класса точности, охватывающая всю страну, а затем сеть постепенно сгущается пунктами II–IV классов.

Сеть I класса состоит в основном из звеньев, образующих четырехугольные полигоны. Звенья ориентированы преимущественно по меридианам и параллелям и представляют собой ряды триангуляции (т.е. цепи треугольников) или ходы полигонометрии. В среднем длина звена составляет около 200 км, а периметр полигона — 800 км. В вершинах полигонов на стыке звеньев измерены длины базисных сторон треугольников и на их концах определены астрономические широты, долготы, азимуты. В звеньях расстояния между смежными пунктами не менее 20 км. На северо-востоке страны вместо полигональной сети развита сплошная триангуляция с расстояниями между пунктами около 70 км. В 70-х годах XX в. сеть I класса практически была завершена.

Полигоны геодезической сети I класса заполняются сплошной сетью триангуляции или полигонометрии II класса с расстояниями между смежными пунктами 7–20 км (в зависимости от рельефа и залесенности местности). В пределах каждого полигона I класса в сети триангуляции II класса измерены длины 4–5 базисных сторон. На концах базисной стороны в середине полигона определены астрономические широты, долготы, азимуты. Эти работы практически завершены в 1980-х годах.

Государственные сети I и II классов, будучи построены по геодезическим и астрономическим измерениям, образуют *астрономо-геодезическую сеть (АГС)*, включающую свыше 164 тыс. пунктов триангуляции и полигонометрии. В 1990–1991 гг. проведена совместная математическая обработка и уравнивание АГС.

Сети III и IV классов стягивают АГС, они также построены методами триангуляции или полигонометрии. Расстояния между пунктами III класса — 3–8 км, а IV класса — 2–5 км. На территории России таких пунктов свыше 210 тыс. Точность государственной сети такова, что ее пункты могут служить опорой для проведения топографических съемок всех масштабов вплоть до 1:500 включительно.

Опорная геодезическая сеть выполняет свои функции только в том случае, если ее пункты надежно закреплены на местности и легко могут быть опознаны. Каждый пункт на местности закреплен специальным подземным знаком — центром. Устойчивость центров зависит от многих факторов и более всего — от сезонного промерзания и протаивания грунта. На территории страны выделены зоны сезонного промерзания грунтов, многолетней мерзлоты, подвижных песков, скальных горных пород и заболоченных грунтов. Для определения глубины закладки центров и реперов составлены карты районирования территории, на которых выделено восемь регионов с характерными глубинами протаивания и промерзания грунтов. На местности пункты окапывают канавой и ставят опознавательные столбы. На застроенных территориях их закрепляют в стенах и фундаментах зданий или устанавливают на зданиях.

Первоначально созданные плановые государственные сети впоследствии пополнились новыми постройками, выполненными методами космической геодезии. В 1984–1993 гг. государственными геодезическими организациями создана сеть из 162 пунктов, получившая название *доплеровской геодезической сети (ДГС)*. Она построена при помощи американской спутниковой системы позиционирования первого поколения TRANSIT.

Усилиями Топографической службы Вооруженных Сил РФ построена уже упоминавшаяся космическая геодезическая сеть *КГС*. Она создана по результатам наблюдений геодезических спутников

ГЕОИК-1, ЭТАЛОН, а также при помощи спутниковых систем позиционирования. КГС включала 26 пунктов на территории бывшего СССР и семь пунктов в Антарктиде. Пункты ДГС и КГС со-вмещены с соответствующими пунктами АГС. В итоге их совместного уравнивания в единой координатной системе определено пространственное положение 134 пунктов. Расстояния между смежными пунктами в среднем составляют 400–450 км. С этих пунктов результаты совместного уравнивания распространены на все остальные пункты новой государственной геодезической сети.

В перспективе ГГС Российской Федерации должна состоять из сетей трех уровней, построенных главным образом методами космической геодезии и при помощи спутниковых систем позиционирования:

- ◆ Первый уровень образуют фундаментальные астрономо-геодезические сети (ФАГС). На территории России будет 50–70 таких пунктов с расстояниями между ними 700–800 км и погрешностями взаимного положения около 1–2 см.
- ◆ Второй уровень создадут пункты высокоточной АГС (ВАГС). На территории РФ их будет около 500–700 при средних расстояниях между ними 150–300 км и точности взаимного положения 2–3 см.
- ◆ Третий уровень — спутниковая геодезическая сеть I класса (СГС-1). Она будет строится из расчета 1 пункт на 1000 км², а в малообжитых районах — на 2000 км². Всего будет построено около 12–15 тыс. пунктов, расстояние между ними — 40–50 км, а точность взаимного положения 1–2 см.

Государственные нивелирные сети устанавливают единую систему высот в пределах всей страны, служат научным и практическим целям, являются высотной основой всех геодезических работ и топографических съемок. Высотная сеть решает, по крайней мере, три задачи:

- ◆ введение единой системы счета высот для всех пунктов;
- ◆ определение разностей уровней морей и океанов, омывающих государство;
- ◆ изучение вертикальных движений земной поверхности.

В России высоты пунктов государственной сети определяют в нормальной системе высот относительно уровня нуля Кронштадтского футштока — черты на металлической плите, соответствующей среднему многолетнему уровню Балтийского моря.

Государственная нивелирная сеть, как и плановая, построена по принципу «от общего к частному», и включает сети I, II, III и IV классов точности. Сети I и II классов являются главной высот-

ной основой; сети III и IV классов служат для обеспечения инженерных задач и топографических съемок. Сети всех классов построены методом геометрического нивелирования. Линии нивелирования I и II классов проложены по трассам, географическое положение которых научно обосновано и наилучшим образом соответствует решению указанных задач. Для достижения наивысшей точности нивелирные линии проложены по максимально благоприятным для измерений трассам железных, шоссейных и улучшенных грунтовых дорог; в труднодоступных районах — по тропам, зимникам, вдоль берегов больших рек. Каждые 25 лет выполняется повторное нивелирование всех линий I класса и большинства линий II класса с целью их модернизации, получения данных о движениях земной коры и построения карт вертикальных перемещений.

Нивелирные линии II класса опираются на пункты I класса и образуют полигоны периметром в 500–600 км, а линии III класса прокладывают между пунктами I и II классов. Периметры полигонов III класса составляют около 150 км, а в труднодоступных районах — около 300 км. Дальнейшее сгущение выполняют нивелированием IV класса, причем длины ходов не превышают 50 км, а расположение и густота пунктов зависят от масштаба топографических съемок или других требований.

Все нивелирные пункты закреплены знаками — грунтовыми, скальными или стальными нивелирными реперами. Грунтовыми реперами бывают железобетонные пилоны или металлические трубы с якорями. Знаки закладывают через 5–7 км, а в труднодоступных районах — через 10–15 км. Кроме того, пункты I и II классов через каждые 50–80 км закрепляют знаками повышенной устойчивости — фундаментальными реперами. В городах плотность знаков значительно выше — они закреплены через несколько сотен метров. Точность взаимного положения высот пунктов находится в пределах от нескольких мм до нескольких см в зависимости от класса сети.

3.5. Спутниковое позиционирование

Наиболее совершенный метод определения координат основан на использовании искусственных спутников Земли. Суть его заключается в следующем: летящие по строго заданным орбитам спутники, мгновенные координаты которых точно известны, непрерывно излучают радиосигналы, регистрируемые специальными спутниковыми приемниками на Земле. Это позволяет с помощью радиотехнических средств измерять расстояния (дальности)

от приемника до спутников и определять местоположение приемника (его координаты) или вектор между двумя приемниками (приращения координат).

Инженерно-техническая реализация этой простой идеи потребовала десятков лет напряженной работы. К концу прошлого века в мире созданы две эксплуатационные спутниковые системы, ознаменовавшие революционные изменения в геодезических измерениях. Это американская *Global Positioning System (GPS)* — Глобальная система позиционирования (ГСП), и российская Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС).

К основным задачам, решаемым спутниковыми методами, относятся:

- развитие геодезических сетей всех уровней;
- производство нивелирных работ вплоть до III и даже II классов точности;
- распространение единой высокоточной шкалы времени;
- исследование геодинамических процессов;
- мониторинг состояния окружающей среды и изучение ее динамики;
- координатное обеспечение кадастровых, землестроительных, сельскохозяйственных и других работ;
- обеспечение координатами полевых тематических съемок и инженерно-географических работ с помощью спутникового приемника, соединенного со специализированным датчиком (электронным тахеометром, эхолотом, анероидом, магнитометром, цифровой фотокамерой и др.);
- создание и обновление баз данных ГИС на основе комплексирования спутниковых приемников с электронными тахеометрами, цифровыми видеокамерами и инерциальными навигационными системами.

Основные достоинства спутниковых систем — их глобальность, оперативность, всепогодность, оптимальная точность и эффективность. В отличие от традиционных геодезических измерений видимость между определяемыми пунктами не нужна. ГСП действует в координатной системе WGS-84, а ГЛОНАСС — в координатной системе ПЗ-90.

Выделяют три главные подсистемы (сегменты): наземного контроля и управления (НКУ), созвездия космических аппаратов (КА) и аппаратуры пользователей (АП).

Подсистема НКУ состоит из станций слежения за КА, службы точного времени, главной станции с вычислительным центром и станций загрузки данных на борт спутников. Спутники проходят

над контрольными пунктами дважды в сутки. Собранные информацию об орбитах обрабатывают, и на этой основе прогнозируют координаты спутников (эфемериды), которые загружают на борт каждого спутника.

Главная наземная станция на базе ВВС Колорадо-Спрингс и станции, расположенные на островах Вознесения, Диего-Гарсия, атолле Кваджалейн и Гавайских островах, управляют положением ГСП.

НКУ ГЛОНАСС включает Центр управления системой (ЦУС), находящийся под Москвой, центральный синхронизатор (ЦС) с высокоточным стандартом частоты и времени для синхронизации системы и сеть станций слежения, размещенных в районе Санкт-Петербурга, Воркуты, Якутска, Петропавловска-Камчатского, Ус-сурийска, Улан-Удэ и Енисейска.

Подсистемы космических аппаратов (КА) ГСП и ГЛОНАСС имеют по 24 работающих и по несколько резервных спутников. Спутники равномерно распределены в околосземном пространстве на высотах около 20 тыс. км. На каждом спутнике установлены солнечные батареи питания, двигатели корректировки орбит, атомные эталоны частоты-времени, аппаратура для приема и передачи радиосигналов, бортовые компьютеры.

Аппаратура спутника и спутниковый приемник образуют радиодальномер. Приемник принимает радиосигналы, передаваемые спутником, и сравнивает их с выработанными в самом приемнике, в результате чего определяется время распространения радиоволны, а затем и дальность до космического аппарата. На спутниках и в приемниках имеются генераторы основных высокостабильных электромагнитных колебаний. Они формируют электромагнитные колебания, предназначенные для наиболее точных измерений дальностей фазовым методом, для менее точных — кодовым методом при помощи так называемых дальномерных кодов, а также для формирования навигационных сообщений.

Для выполнения фазовых измерений и для переноса к приемнику дальномерных кодов и другой информации, содержащейся в навигационном сообщении, генерируются так называемые несущие радиоволны. Передатчики на всех спутниках их излучают на двух частотах, обозначаемых $L1$ и $L2$. Две частоты нужны для того, чтобы исключить из измерений существенные временные задержки, возникающие при прохождении радиоволн через ионосферу. В ГСП частоте $L1$ соответствует длина волны 19,0 см, а частоте $L2$ — длина волны 24,4 см. В ГЛОНАСС значения несущих частот $L1$ и $L2$ у каждого спутника свои, а соответствующие им длины волн близки к 19 см и 24 см.

Дальномерные коды представляют собой импульсы, чередующиеся в строго определенной последовательности, их обозначают символами 0 и 1. Таким образом, код — это некоторая периодически повторяющаяся комбинация 0 и 1. Генерируют коды двух типов: стандартной и высокой точности. Первые проще, они предназначены для гражданских пользователей, вторые точнее, сложнее и используются в военных целях.

Коды и навигационное сообщение встраиваются в несущие волны и с их помощью переносятся со спутника в приемник пользователя. Высокоточные коды передаются на частотах $L1$ и $L2$, а гражданские коды — только на несущей частоте $L1$. Это означает, что измеренные при помощи гражданских кодов дальности не защищены от ионосферных искажений. В ГСП применяют кодовое разделение сигналов, все спутники работают на одних и тех же частотах, но каждый имеет свой код. В ГЛОНАСС — частотное разделение сигналов, каждый спутник имеет свои частоты, но у всех одинаковые коды.

Спутники ГСП и ГЛОНАСС передают в приемники навигационные сообщения, которые несут телеметрические данные, информацию о времени, метки времени и эфемериды (сведения, по которым вычисляются координаты спутника), а также альманах — сборник менее точных данных о местонахождении и состоянии всех спутников. Альманах нужен для планирования измерений. Точные сведения, касающиеся конкретного спутника, передаются только этим спутником. Информация альманаха транслируется всеми спутниками.

Спутниковые приемники, составляющие *подсистему аппаратуры пользователей* (АП), достигли высокого совершенства. Созданы приемники, ориентированные на использование спутников только одной системы и на одновременное использование спутников ГСП и ГЛОНАСС.

Все современные спутниковые приемники — многоканальные, с шестью и более каналами. Каждый канал следит за своим спутником. При измерениях возникает проблема срыва сигналов на трассах распространения радиоволн из-за препятствий в виде рельефа, деревьев, зданий и других сооружений. Чем больше каналов, тем легче преодолеть эти трудности и найти необходимое количество видимых спутников.

По конструктивным особенностям приемники делятся на:

- односистемные, ориентированные на прием сигналов одной системы;
- двухсистемные, принимающие сигналы как ГЛОНАСС, так и ГСП;

- кодовые, работающие только с дальномерными кодами;
- кодово-фазовые одночастотные, применяющие дальномерные коды и фазовые измерения только на частоте $L1$;
- кодово-фазовые двухчастотные, использующие дальномерные коды и фазовые измерения на частотах $L1$ и $L2$.

Кодовые приемники легки, компактны, умещаются на ладони. В одном корпусе совмещены все блоки (антенна, приемник, источник питания). С их помощью возможно не только определить пространственное положение, но и вычислить скорость и направление движения. Эти приемники выдают координаты в различных форматах (широты, долготы, высоты, плоские координаты в разных проекциях и др.), они способны накапливать и хранить результаты измерений. Пользователь снимает отсчеты по подсвечиваемому экрану, определяет расстояние, азимут и время прибытия к цели; на многих экранах можно видеть карту маршрута и свое положение на ней. Кодовые приемники становятся основными приборами местопределения в географических, геологических и других работах.

Кодово-фазовые приемники малогабаритны, обычно оснащены отдельной антенной, имеют мощные накопители данных. Все они снабжены портами для интеграции с другой аппаратурой, питаются в основном от аккумуляторов. Нередко клавиатура с дисплеем установлена на вспомогательном устройстве — контроллере. Пользователь держит в руке контроллер и при измерениях вводит необходимые команды, такие как имя точки, высота антенны, атрибуты объекта местности и др.

По специализации приемники могут быть предназначены для:

- сбора данных для географических информационных систем (ГИС);
- создания геодезических сетей и выполнения топографических съемок;
- решения навигационных задач;
- обеспечения пожарных служб, милиции, скорой медицинской помощи, перевозки грузов, мобильной связи и др.

3.6. Способы позиционирования

Дальности до спутников в процессе позиционирования изменяют двумя методами — кодовым и фазовым. Дальномерный код должен иметь значительную продолжительность и случайное (псевдослучайное) распределение 0 и 1. В этом случае два идентичных кода коррелируют лишь тогда, когда они совмещены друг с другом.

том. Коды генерируют синхронно на спутнике и в приемнике. Принятый в приемнике код спутника запаздывает по отношению к местному на время, пропорциональное пройденному им расстоянию. Поэтому пришедший и местный коды не коррелируют. Время распространения сигнала, а следовательно, и дальность от приемника до спутника, определяют задержкой местного кода до обнаружения сильной его корреляции с принятым со спутника.

Фазовым методом выполняют наиболее точные измерения, используя для этого несущие волны. Фазовый метод измерения расстояний основан на том, что фаза синусоидального колебания изменяется пропорционально времени. Поэтому фаза принятого со спутника сигнала в приемнике отличается от фазы сигнала, выработанного в приемнике, на величину, пропорциональную расстоянию между приемником и спутником. При фазовом методе измерений возникает сложная проблема разрешения неоднозначности. На пути от спутника к приемнику изменению расстояния в одну длину волны соответствует изменение фазы волны в один цикл (период). Поэтому результат измерения разности фаз пришедшего и местного колебаний должен был бы состоять из некоторого целого числа циклов и дробной их части. В действительности же измерениями фиксируется только дробная часть. Это означает, что при длине волны 19 см расстояние, каким бы оно ни было большим, фиксируется только в пределах этого отрезка. Учитывая высоту полета спутников, нетрудно подсчитать, что в измеряемой линии должно укладываться более 100 000 000 таких отрезков, но точное их число — неизвестно. Задача не имеет однозначного решения, и нужны дополнительные усилия для ее разрешения.

Координаты при спутниковом позиционировании определяются в двух режимах: автономном и дифференциальном.

Автономный режим предполагает, что наблюдатель работает с одним приемником и определяет свое местонахождение независимо от каких-либо других измерений. Местоположение определяется пространственной линейной засечкой. Дальности измеряются кодовым методом. Геометрическая сущность засечки заключается в следующем. Если с некоторого определяемого пункта измерить дальности до трех спутников и из них, как из центров, построить этими радиусами три сферы, то они пересекутся в искомой точке (рис. 3.3).

Таким образом, для определения трех координат (X , Y , Z) надо располагать тремя сферами. Это *трехмерный случай местоопределения* (3D). Однако в пространственной линейной засечке одна из сфер может быть земная. Тогда будут определены только две координаты — широта и долгота на земной сфере, проходящей через пункт наблюдения. Это *двумерный случай местоопределения* (2D).

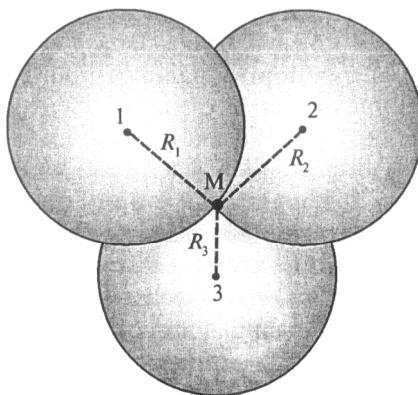


Рис. 3.3. Пространственная засечка — три сферы с радиусами R_1 , R_2 , R_3 пересекаются в определяемой точке М

Практически измеряют не дальности, а искаженные значения их — псевдодальности. *Псевдодальность отличается от истинной дальности на величину, пропорциональную расхождению шкал времени на спутнике и в приемнике.* Если отсчеты по всем каналам приемника, принимающим сигналы от разных спутников, производятся одновременно, то отличия псевдодальности от дальности до любого спутника одинаковы. Это отличие может быть исключено после введения его в качестве дополнительного неизвестного в уравнения местоопределения.

Поэтому, чтобы правильно вычислить координаты пункта по псевдодальностям, в случае 2D надо измерять их до трех спутников с известными координатами, а в случае 3D — по крайней мере, до четырех. Несмотря на то что спутники перемещаются с огромной скоростью, их координаты в каждое мгновение должны быть известны с высокой точностью и переданы в приемную аппаратуру пользователя. Как уже отмечалось, информация о координатах спутников содержится в навигационных сообщениях.

Способ автономного позиционирования прост, однако чувствителен ко всем источникам погрешностей. На точность влияют нестабильность частот и сдвиги шкал времени на спутниках и в приемниках, погрешности в координатах спутников, аппаратурные погрешности приемников, задержки сигналов в ионосфере, тропосфере. Чтобы ослабить влияние атмосферы, сигналы спутников принимают лишь тогда, когда они не ниже 10° над горизонтом. Точность измерений снижается еще из-за того, что в приемник приходят волны не только непосредственно от спутника, но и пе-

реотраженные от земной поверхности и вблизи расположенных строений.

Точность определения координат оценивается средней квадратической погрешностью ~ 7 м; предельная погрешность в 2–3 раза больше — около ± 15 – 20 м. Точность автономного способа повышают продолжительными (до 10–15 минут) наблюдениями и совместной обработкой всех результатов измерений.

Дифференциальный режим, в отличие от автономного, требует, чтобы измерения выполнялись кодовым методом одновременно двумя приемниками. Один приемник ставят на станции — пункте с известными координатами. Эту станцию называют базовой, референц-станцией или контрольно-корректирующей станцией. Другой приемник — подвижный — размещают на определяемой точке. Поскольку координаты референц-станции известны, их можно использовать для сравнения со вновь определяемыми координатами и находить на этой основе поправки для подвижной станции. Задержки в приемнике исключаются таким же путем, как и в автономном режиме, — по наблюдениям четырех и более спутников.

Точность дифференциального режима при кодовом методе измерения дальностей зависит от типа приемника, программного обеспечения и колеблется от нескольких дециметров до нескольких метров. Дифференциальные коррекции применяют и к фазовым измерениям, при этом точность повышается до уровня 1–5 см.

В мире существует множество базовых станций, которые передают дифференциальные поправки в стандартном международном формате RTCM SC-104. Организованы службы, передающие поправки через спутники связи и Интернет.

Важным показателем качества местоопределения является **геометрический фактор (ГФ)**. Он характеризует потери точности, обусловленные геометрией взаимного расположения спутников и приемника. Координаты определяются с наибольшей точностью, когда спутники равномерно распределены на небосводе. Точность ухудшается в десятки и сотни раз, если спутники приближаются к одной плоскости.

Точное определение пространственного вектора, т.е. приращений координат между двумя пунктами, может выполняться двумя способами:

- ♦ статическим позиционированием;
- ♦ кинематическим позиционированием.

При этом в качестве основного применяются фазовый, а в качестве вспомогательного — кодовый методы измерения дальностей. Способы **статического позиционирования** используются при

наиболее точных работах, например для развития геодезических сетей. Известно несколько разновидностей этих способов: статика, быстрая статика и способ реокупации. В способе *статики* антенны приемников устанавливают на двух пунктах, между которыми должны быть определены приращения координат. С этих пунктов фазовым и кодовым методами измеряют псевдодальности до четырех или большего числа спутников. Измеренная часть фазовой псевдо дальности непригодна для непосредственного использования, так как она искажена многими погрешностями. Источники погрешностей те же, что и при автономном позиционировании. В ходе обработки по специальным программам, когда используются фазовые, и кодовые измерения, исключают погрешности, восстанавливают неизвестные целые числа фазовых циклов и определяют разности координат между пунктами, на которых установлены приемники.

Точность статики зависит от продолжительности измерений. Измерения в течение 5–10 минут обеспечивают дециметровую точность. Обычно в статике продолжительность наблюдений на паре станций составляет 1 час и более. За это время происходит накопление измерений, выполняемых через интервалы от 1 секунды до 5 минут. Точность определения плановых координат повышается до нескольких см. Высоты определяются менее точно, примерно в два раза.

Разновидностями статики являются:

- ◆ **быстрая статика**, когда применяют ускоренные стратегии обработки данных, а продолжительность измерений уменьшают за счет увеличения числа наблюдаемых спутников;
- ◆ **способ реокупации**, когда непрерывность измерений сохраняется только на базовой станции, а на подвижной станции измерения выполняют лишь в начале и конце часового интервала.

Нетрудно представить сеть пунктов, между которыми определены приращения координат. Зная точные координаты хотя бы одного пункта этой сети, можно вычислить координаты всех остальных пунктов.

Способ кинематического позиционирования представляет собой определение пространственного вектора от приемника базовой станции до мобильного приемника. Предварительно определяют координаты базового и подвижного приемников способом статики, а также другими способами, или приемники устанавливают на пунктах, координаты которых известны с точностью до нескольких сантиметров. Это необходимо для разрешения неоднозначности.

значности — определения числа фазовых циклов. После этого приемник перемещают на следующий пункт и определяют приращения координат между ним и базовой станцией. Зная координаты базовой станции, вычисляют координаты этого пункта и т.д. Измерения ведут непрерывно и обязательно по одним и тем же спутникам. В целях контроля кинематический ход замыкают на исходном пункте или на пунктах с известными координатами. Точность кинематического позиционирования несколько ниже, чем в статике.

Различают несколько разновидностей кинематики: способ «*не-прерывной кинематики*» позволяет «цифровать» контуры на местности путем перемещения приемника, который через заданные интервалы времени фиксирует свои координаты; способ «*стой—иди*» предусматривает возможность остановиться на точке, выполнить более длительные измерения, а затем продолжить движение.

В упомянутых способах полевые наблюдения и обработка разделены во времени.

Способ «*кинематики реального времени*» (*RTK — Real Time Kinematic*) применяют тогда, когда имеется цифровой радиоканал и данные с базового приемника можно передать на подвижный. Этим способом при топографической съемке можно определить координаты и высоты пикетов с точностью 2–3 см. Для съемки участков, где спутниковые методы неэффективны, используется электронный тахеометр, совмещенный со спутниковым приемником.



Глава 4

Математическая основа карт

4.1. Масштабы карт

Масштаб карты — степень уменьшения объектов на карте относительно их размеров на земной поверхности (точнее — на поверхности эллипсоида).

Строго говоря, масштаб постоянен только на планах, охватывающих небольшие участки территории. На географических картах он меняется от места к месту и даже в одной точке — по разным направлениям, что связано с переходом от сферической поверхности планеты к плоскому изображению. Поэтому различают главный и частный масштабы карт. **Главный масштаб** показывает, во сколько раз линейные размеры на карте уменьшены по отношению к эллипсоиду или шару. Этот масштаб подписывают на карте, но необходимо иметь в виду, что он справедлив лишь для отдельных линий и точек, где искажения отсутствуют. **Частный масштаб** отражает соотношения размеров объектов на карте и эллипсоиде (шаре) в данной точке. Он может быть больше или меньше главного. Частный масштаб длин μ показывает отношение длины бесконечно малого отрезка на карте ds' к длине бесконечно малого отрезка ds на поверхности эллипсоида или шара, а частный масштаб площадей ρ передает аналогичные соотношения бесконечно малых площадей на карте dp' и на эллипсоиде или шаре dp :

$$\mu = ds'/ds \text{ и } \rho = dp'/dp.$$

В общем случае чем мельче масштаб картографического изображения и чем обширнее территория, тем сильнее сказываются различия между главным и частным масштабами. В России для топографических и обзорно-топографических карт установлена система масштабов (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Масштабы общегеографических карт

Численный масштаб	Название карты
1:5 000	Пятитысячная
1:10 000	Десятитысячная
1:25 000	Двадцатипятитысячная
1:50 000	Пятидесятитысячная
1:100 000	Стотысячная
1:200 000	Двухсоттысячная
1:300 000	Трехсоттысячная
1:500 000	Пятисоттысячная
1:1 000 000	Миллионная

Тематические карты составляются в этих и в других масштабах. Так, карты городов часто имеют масштаб 1:40 000 (сорокатысячная), а карты областей — 1:600 000 (шестисоттысячная). Обзорные географические карты могут составляться в любых масштабах мельче миллионного: 1:1 500 000, 1:2 500 000, 1:10 000 000 и так далее. Подобные системы с некоторыми вариантами приняты и в других странах, например, широко используют масштабы 1:20 000, 1:80 000 и 1:250 000 и др.

Старые русские карты составлялись в неметрических масштабах, и на них использовались старые меры длины — верста (1 067 м), сажень (2,134 м), дюйм (2,54 см). Многие старые карты, сохранившиеся до наших дней, ценны как научный документ, точно отражающий состояние окружающей среды, какой она была 100 и более лет назад. Но чтобы сопоставлять эти карты с современными, приходится пользоваться неметрическими масштабами. Вот некоторые из этих старых масштабов (табл. 4.2).

На морских навигационных и некоторых английских и американских картах можно и по сей день встретить английскую систему мер: одна английская миля равна 1,609 км, она содержит в себе 5280 футов, или 63 360 дюймов. В современном обиходе иногда еще используют такие меры — вспомним хотя бы морскую «девяностомильную зону», признанную зоной особых экономических интересов каждого государства. В Великобритании до сих пор параллельно издаются карты в традиционных английских мерах и в новых метрических (табл. 4.3).

Масштаб указывается на картах в разных вариантах (см. рис. 4.1). **Численный масштаб** представляет собой дробь с единицей в чис-

Таблица 4.2

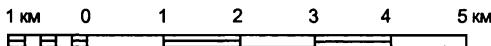
Масштабы старых русских карт

Численный масштаб	Название карты	1 дюйму на карте соответствует на местности
1:21 000	Полуверстка	$\frac{1}{2}$ версты
1:42 000	Одноверстка	1 верста
1:84 000	Двухверстка	2 версты
1:126 000	Трехверстка	3 «
1:210 000	Пятиверстка	5 верст
1:420 000	Десятиверстка	10 «
1:1 050 000	Двадцатипятиверстка	25 «
1:1 680 000	Сорокаверстка	40 «
1:4 200 000	Стоверстка	100 «

Таблица 4.3

Масштабы британских карт

Численный масштаб	Название карты	1 дюйму на карте соответствует на местности	1 милю на местности соответствует на карте
1:10 560	Шестидюймовая	$\frac{1}{6}$ мили	6 дюймов
1:63 360	Однодюймовая	1 миля	1 дюйм
1:126 720	Полудюймовая	2 мили	$\frac{1}{2}$ дюйма
1:253 440	Четвертьдюймовая	4 «	$\frac{1}{4}$ «
1:633 600	Десятимильная	10 миль	$\frac{1}{10}$ «



Линейный масштаб

1:100 000

Численный масштаб

В 1 см 1 км

Именованный масштаб

Рис. 4.1. Виды масштабов на картах

лителе, он показывает, во сколько раз длины на карте меньше соответствующих длин на местности (например, 1:1 000 000). **Линейный (графический) масштаб** дается на полях карты в виде линейки, разделенной на равные части (обычно сантиметры), с подписями, означающими соответствующие расстояния на местности. Он удобен для измерений по карте. **Именованный масштаб** указывает в виде подписи, какое расстояние на местности соответствует 1 см на карте (например, «в 1 см 1 км»).

4.2. Картографические проекции

Картографическая проекция — это математически определенное отображение поверхности эллипсоида или шара (глобуса) на плоскость карты.

Проекция устанавливает однозначное соответствие между геодезическими координатами точек (широтой B и долготой L) и их прямоугольными координатами (X и Y) на карте. Уравнения проекций в общей форме выглядят предельно просто:

$$X = f_1(B, L); Y = f_2(B, L).$$

Конкретные реализации функций f_1 и f_2 часто выражены довольно сложными математическими зависимостями, их число бесконечно, а следовательно, разнообразие картографических проекций практически неограничено.

Теория картографических проекций составляет главное содержание математической картографии. В этом разделе картографии разрабатывают методы изыскания новых проекций для разных территорий и разных задач, создают приемы и алгоритмы анализа проекций, оценки распределения и величин искажений. Особый круг задач связан с учетом этих искажений при измерениях по картам, с переходами из одной проекции в другую и т.п. Компьютерные технологии позволяют рассчитывать проекции с заданными свойствами, так что можно сказать, что создание новых проекций становится «делом техники» в лучшем смысле слова.

Исходная аксиома при изыскании любых картографических проекций состоит в том, что сферическую поверхность Земного шара (эллипсоида, глобуса) нельзя развернуть на плоскости карты без искажений.

Неизбежно возникают деформации — сжатия и растяжения, различные по величине и направлению. Именно поэтому на карте возникает непостоянство масштабов длин и площадей (см. раздел 4.1).

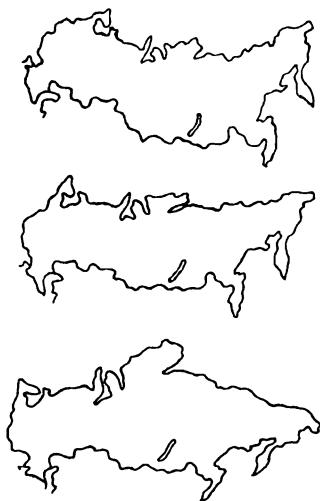


Рис. 4.2. Контуры России на картах, составленных в разных проекциях

Все картографические проекции имеют искажения. Иногда они очень заметны, например, очертания материков становятся непривычно вытянутыми или сплющенными. Некоторые части изображения словно раздуты, другие — деформированы. Есть карты, на которых Гренландия выглядит больше, чем Южная Америка, хотя в действительности она меньше ее в восемь с лишним раз, а Антарктида иногда вообще занимает весь юг карты. Искажаются не только размеры, но и формы объектов. На рис. 4.2 дан контур России в трех разных проекциях. Видно, что в одном случае очертания Чукотки как бы опущены книзу, в другом — «задраны» кверху, а в третьем — они находятся на уровне полуострова Таймыр. На самом же деле, именно на Таймыре находится северная оконечность России — мыс Челюскин.

В картографических проекциях могут присутствовать следующие виды искажений:

- **искажения длин** — вследствие этого масштаб карты непостоянен в разных точках и по разным направлениям, а длины линий и расстояния искажены;
- **искажения площадей** — масштаб площадей в разных точках карты различен, что является прямым следствием искажений длин и нарушает размеры объектов;
- **искажения углов** — углы между направлениями на карте искажены относительно тех же углов на местности;
- **искажения форм** — фигуры на карте деформированы и не подобны фигурам на местности, что прямо связано с искажениями углов.

Любая бесконечно малая окружность на шаре (эллипсоиде) предстает на карте бесконечно малым эллипсом — его называют **эллипсом искажений**. Для наглядности вместо бесконечно малого эллипса обычно рассматривают эллипс конечных размеров (рис. 4.3). Его размеры и форма отражают искажения длин, площадей и углов, а ориентировка большой оси относительно меридиана и параллели — направление наибольшего растяжения. Большая ось эллипса

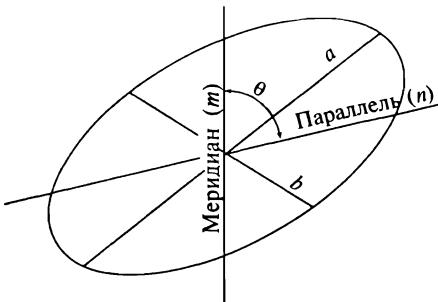


Рис. 4.3. Эллипс искажений, характеризующий искажения масштабов в данной точке (в центре эллипса):

a — направление наибольшего растяжения масштаба; b — направление наибольшего сжатия масштаба; m — масштаб по меридиану; n — масштаб по параллели.

искажений характеризует направление наибольшего растяжения в данной точке, а малая ось — направление наибольшего сжатия, отрезки вдоль меридиана и параллели — соответственно характеризуют частные масштабы по меридиану (m) и параллели (n).

Определив величины m и n , а также измерив угол (θ), под которым пересекаются на карте меридиан и параллель, можно затем рассчитать значения наибольшего (a) и наименьшего (b) частных масштабов длин, частный масштаб площадей (p) в данной точке, а также величину искажения углов ω по формулам:

$$p = m n \sin \theta ;$$

$$a + b = \sqrt{m^2 + n^2 + 2p} ; \quad a - b = \sqrt{m^2 + n^2 - 2p} ;$$

$$\sin \frac{\omega}{2} = \frac{a - b}{a + b} .$$

Если главные оси эллипса ориентированы по меридиану и параллели, то

$$a = m \text{ и } b = n \quad \text{либо} \quad a = n \text{ и } b = m ,$$

$$p = mn, \quad \sin \frac{\omega}{2} = \frac{a - b}{a + b} .$$

Значения m , n , a , b и p измеряют в процентах или в долях главного масштаба. Например, если $a = 1,12$, то это означает, что частный масштаб по направлению большой оси эллипса искажений составляет 1,12 (или 112%) от главного масштаба. Иногда в качестве показателей искажений используют величины их отклонений от единицы: $m - 1$; $n - 1$; $a - 1$; $b - 1$ и $p - 1$ — эти показатели называют

относительными искажениями. Если, например, $a - 1 = 0,12$, то это значит, что частный масштаб вдоль большой оси эллипса искажений преувеличен относительно главного масштаба на 0,12 (или на 12%). Точно так же частный масштаб может оказаться меньше главного, например, $b = 0,85$ (85%), т.е. масштаб преуменьшен на 0,15 (на 15%).

В ряде проекций существуют линии и точки, где искажения отсутствуют и сохраняется главный масштаб карты, — это **линии и точки нулевых искажений**. Для наиболее употребительных проекций существуют специальные вспомогательные карты, на которых показаны эти линии и точки, а кроме того, проведены **изоколы** — линии равных искажений длин, площадей, углов или форм. При определении размеров искажений в заданной точке можно воспользоваться картами изокол либо провести несложные измерения, а затем — вычисления по приведенным выше формулам.

4.3. Классификация проекций по характеру искажений

Равновеликие проекции сохраняют площади без искажений. Такие проекции удобны для измерения площадей объектов. Однако в них особенно значительно нарушены углы и формы, что особенно заметно для больших территорий. Например, на карте мира (рис. 4.4а) приполярные области выглядят сильно сплющенными.

Равноугольные проекции — оставляют без искажений углы и формы контуров, показанных на карте (ранее такие проекции называли конформными). Элементарная окружность в таких проекциях всегда остается окружностью, но размеры ее сильно меняются (рис. 4.4в). Такие проекции особенно удобны для определения направлений и прокладки маршрутов по заданному азимуту, поэтому их всегда используют на навигационных картах. Зато карты, оставленные в равноугольных проекциях, имеют значительные искажения площадей.

Равнопромежуточные проекции — произвольные проекции, в которых масштаб длин по одному из главных направлений постоянен и обычно равен главному масштабу карты. Соответственно различают проекции **равнопромежуточные по меридианам** — в них без искажений остается масштаб вдоль меридианов, и **равнопромежуточные по параллелям** — в них сохраняется постоянным масштаб вдоль параллели. В таких проекциях присутствуют искажения площадей и углов, но они как бы уравновешиваются (рис. 4.4б).

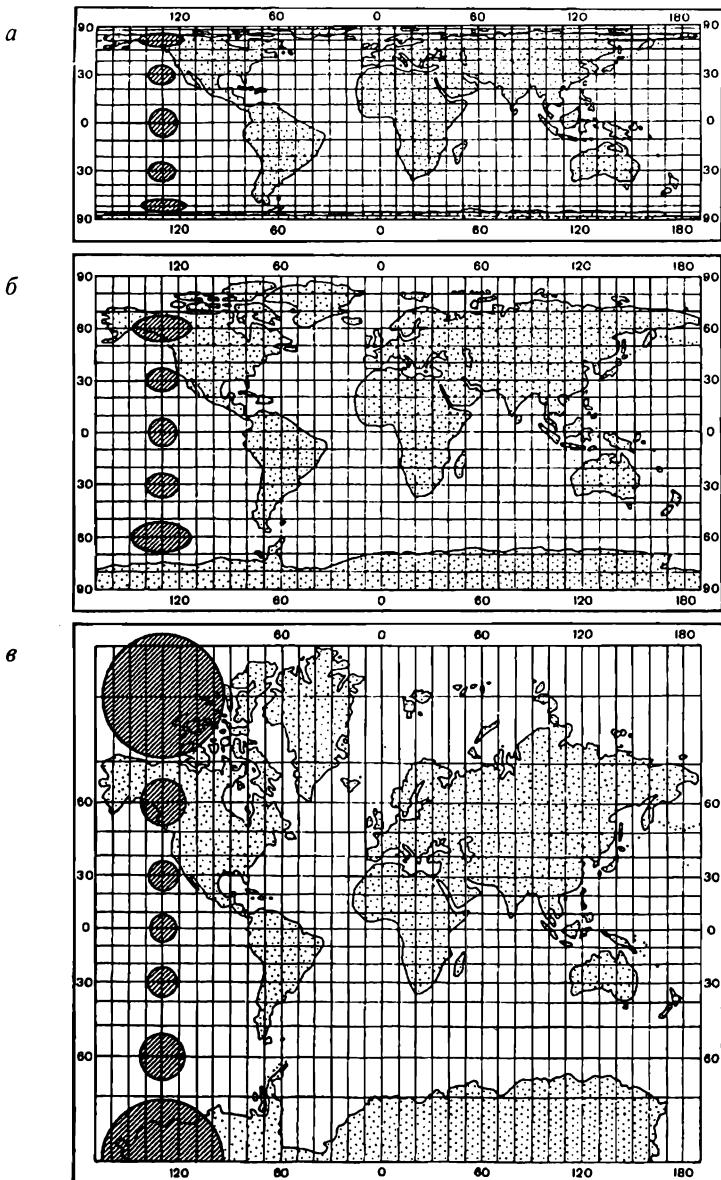


Рис. 4.4. Искажения в равновеликой (*а*), равнопромежуточной (*б*) и равнугольной (*в*) цилиндрических проекциях. Размеры и форма эллипсов искажений характеризуют искажения площадей и углов (форм)

Произвольные проекции — это все остальные виды проекций, в которых в тех или иных произвольных соотношениях искажаются и площади, и углы (формы). При их построении стремятся найти наиболее выгодное для каждого конкретного случая распределение искажений, достигая как бы некоторого компромисса. Скажем, выбирают проекции с минимальными искажениями в центральной части карты, «сбрасывая» все сжатия и растяжения к краям.

4.4. Классификация проекций по виду нормальной картографической сетки

Вспомогательными поверхностями при переходе от эллипсоида или шара к карте могут быть плоскость, цилиндр, конус, серия конусов и некоторые другие геометрические фигуры.

Цилиндрические проекции — проектирование с шара (эллипсоида) ведется на поверхность касательного или секущего цилиндра, а затем его боковая поверхность разворачивается в плоскость (рис. 4.5). Если ось цилиндра совпадает с осью вращения Земли, а поверхность касается шара по экватору (или сечет его по параллелям), то проекция называется **нормальной (прямой) цилиндрической**. Тогда меридианы нормальной сетки предстают в виде равноотстоящих параллельных прямых, а параллели — тоже в виде прямых, перпендикулярных к ним. В таких проекциях меньше всего искажений в тропических и приэкваториальных областях.

Если ось цилиндра расположена в плоскости экватора, то это — **поперечная цилиндрическая** проекция. Цилиндр касается шара по меридиану, искажения вдоль него отсутствуют, и следовательно, в такой проекции наиболее выгодно изображать территории, вытянутые с севера на юг. В тех случаях, когда ось вспомогательного цилиндра расположена под углом к плоскости экватора, проекция называется **косой цилиндрической**. Она удобна для вытянутых территорий, ориентированных на северо-запад или северо-восток.

Конические проекции — поверхность шара (эллипсоида) проектируется на поверхность касательного или секущего конуса, после чего она как бы разрезается по образующей и разворачивается в плоскость (рис. 4.6). Точно так же, как и в предыдущем случае, различают **нормальную (прямую) коническую** проекцию, когда ось конуса совпадает с осью вращения Земли, **поперечную коническую** — ось конуса лежит в плоскости экватора и **косую коническую** — если ось конуса наклонена к плоскости экватора.

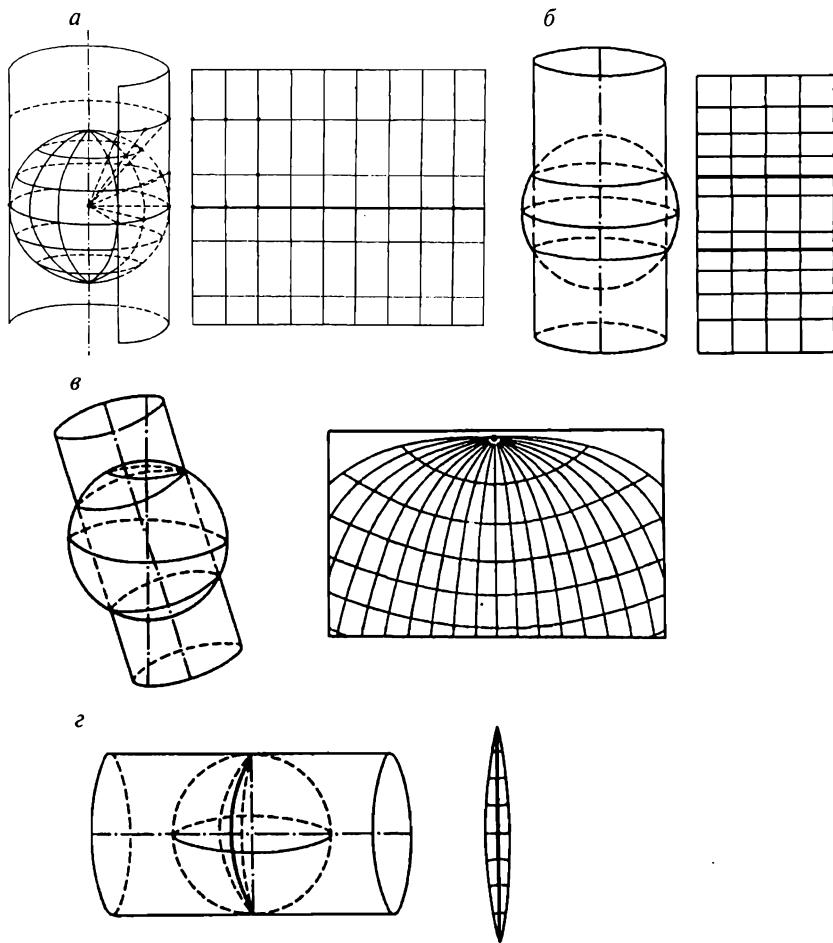


Рис. 4.5. Цилиндрические проекции:

а — развертка нормальной цилиндрической проекции (проектирование на касательный цилиндр); *б* — нормальная цилиндрическая проекция на секущий цилиндр; *в* — косая цилиндрическая проекция на секущем цилиндре; *г* — поперечная цилиндрическая проекция на касательном цилиндре (особенно удобна для проектирования геодезических зон).

В нормальной конической проекции меридианы представляют собой прямые, расходящиеся из точки полюса, а параллели — дуги концентрических окружностей. Воображаемый конус касается Земного шара или сечет его в районе средних широт, поэтому в такой проекции удобнее всего картографировать вытянутые с запада на восток в средних широтах территории России, Канады, США.

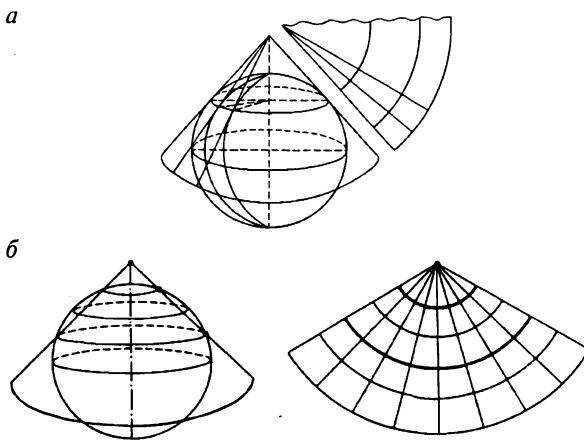


Рис. 4.6. Нормальная коническая проекция:

а — проекция на касательный конус и развертка; б — проекция на секущий конус и развертка.

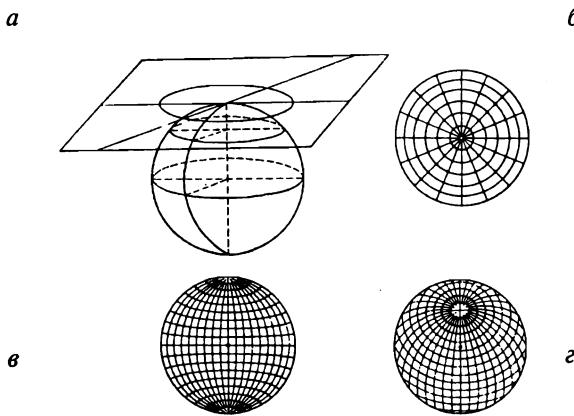


Рис. 4.7. Азимутальные проекции:

а — нормальная (или полярная) проекция; б — сетка в полярной проекции;
в — сетка в поперечной (экваториальной) проекции; г — сетка в косой азимутальной проекции.

Азимутальные проекции — поверхность Земного шара (эллипсоида) переносится на касательную или секущую плоскость. Если плоскость перпендикулярна к оси вращения Земли, то получается

нормальная (полярная) азимутальная проекция (рис. 4.7а). Параллели в ней являются концентрическими окружностями, а меридианы — радиусами этих окружностей. В этой проекции всегда картографируют полярные области нашей и других планет.

Если плоскость проекции перпендикулярна к плоскости экватора, то получается **поперечная (экваториальная) азимутальная проекция**. Она всегда используется для карт полушарий (рис. 4.7в). А если проектирование выполнено на касательную или секущую вспомогательную плоскость, находящуюся под любым углом к плоскости экватора, то получается **косая азимутальная проекция** (рис. 4.7г).

Можно показать, что азимутальные проекции являются предельным случаем конических, когда угол при вершине конуса как бы становится равным 180° .

Среди азимутальных проекций выделяют несколько разновидностей, различающихся по положению точки, из которой ведется проектирование шара на плоскость (рис. 4.8).

Положение точки проектирования относительно шара (эллипсоида)	Название азимутальной проекции
В центре шара	Гномоническая
На противоположном конце диаметра	Стереографическая
За пределами шара на продолжении диаметра	Внешняя
В бесконечности	Ортографическая

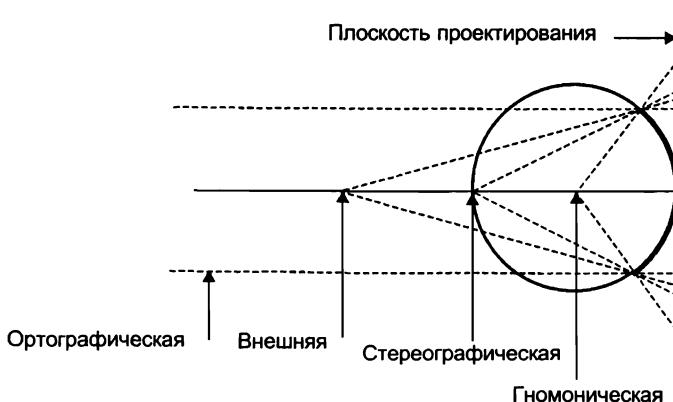


Рис. 4.8. Положение центра проектирования для азимутальных проекций

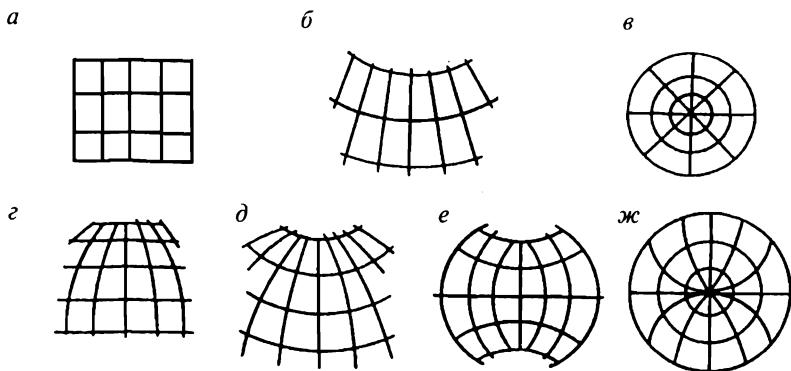


Рис. 4.9. Вид сетки меридианов и параллелей в разных картографических проекциях:

а — цилиндрическая; б — коническая; в — азимутальная; г — псевдоцилиндрическая; д — псевдоконическая; е — поликоническая, жс — псевдоазимутальная.

Условные проекции — проекции, для которых нельзя подобрать простых геометрических аналогов. Их строят, исходя из каких-либо заданных условий, например желательного вида географической сетки, того или иного распределения искажений на карте, заданного вида сетки и др. В частности, к условным принадлежат псевдоцилиндрические, псевдоконические, псевдоазимутальные и другие проекции, полученные путем преобразования одной или нескольких исходных проекций. На рис. 4.9 дано сопоставление видов сеток описанных выше и некоторых условных проекций.

Псевдоцилиндрические проекции — проекции, в которых параллели — прямые (как и в нормальных цилиндрических проекциях), средний меридиан — перпендикулярная им прямая, а остальные меридианы — кривые, увеличивающие кривизну по мере удаления от среднего меридиана. Чаще всего эти проекции применяют для карт мира и Тихого океана.

Псевдоконические проекции — такие, в которых все параллели изображаются дугами концентрических окружностей (как в нормальных конических), средний меридиан — прямая линия, а остальные меридианы — кривые, причем кривизна их возрастает с удалением от среднего меридиана. Применяются для карт России, Евразии, других материков.

Поликонические проекции — проекции, получаемые как бы в результате проектирования шара (эллипсоида) на множество конусов. В нормальных поликонических проекциях параллели пред-

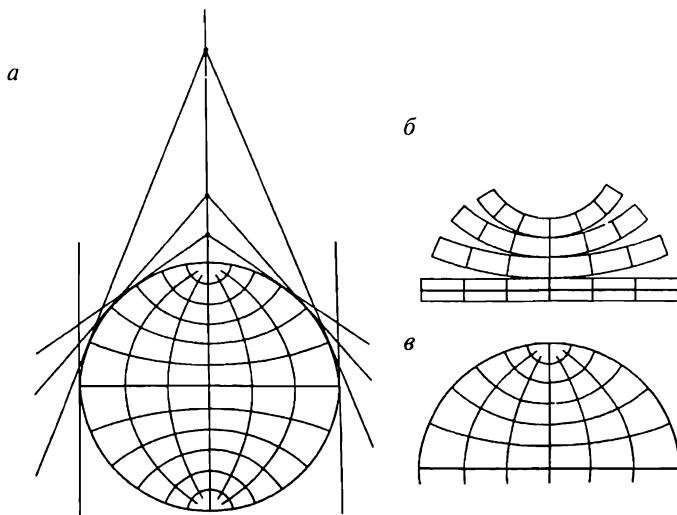


Рис. 4.10. Принцип построения поликонической проекции:

а — положение конусов; *б* — полосы; *в* — развертка.

ставлены дугами эксцентрических окружностей, а меридианы — кривые, симметричные относительно прямого среднего меридиана (рис. 4.10). Чаще всего эти проекции применяются для карт мира.

Псевдоазимутальные проекции — видоизмененные азимутальные проекции. В полярных псевдоазимутальных проекциях параллели представляют собой концентрические окружности, а меридианы — кривые линии, симметричные относительно одного или двух прямых меридианов. Поперечные и косые псевдоазимутальные проекции имеют общую овальную форму и обычно применяются для карт Атлантического океана или Атлантического океана вместе с Северным Ледовитым.

Многогранные проекции — проекции, получаемые путем проектирования на поверхность многогранника (рис. 4.11), касательного или секущего шара (эллипсоид). Чаще всего каждая грань представляет собой равнобочную трапецию, хотя возможны и иные варианты (например, шестиугольники, квадраты, ромбы). Разнообразностью многогранных являются **многополосные проекции**, причем полосы могут «нарезаться» и по меридианам, и по параллелям. Такие проекции выгодны тем, что искажения в пределах каждой грани или полосы совсем невелики, поэтому их всегда используют для многолистных карт. Топографические и обзорно-топографические создают исключительно в многогранной проекции, и рам-

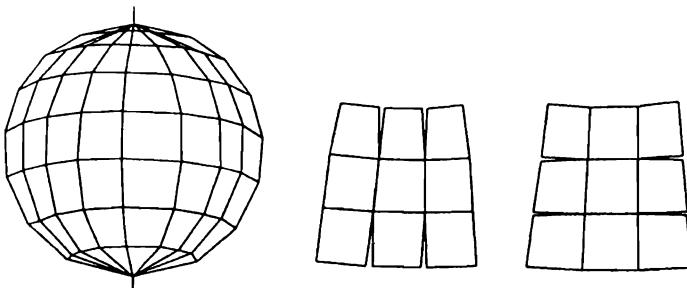


Рис. 4.11. Схема многогранной проекции и расположение листов карт

ка каждого листа представляет собой трапецию, составленную линиями меридианов и параллелей. За это приходится расплачиваться — блок листов карт нельзя совместить по общим рамкам без разрывов.

Необходимо отметить, что в наши дни для получения картографических проекций не пользуются вспомогательными поверхностями. Никто не помещает шар в цилиндр и не надевает на него конус. Это всего лишь геометрические аналогии, позволяющие понять геометрическую суть проекции. Изыскание проекций выполняют аналитически. Компьютерное моделирование позволяет достаточно быстро рассчитать любую проекцию с заданными параметрами, а автоматические графопостроители легко вычерчивают соответствующую сетку меридианов и параллелей, а при необходимости — и карту изокол.

Существуют специальные атласы проекций, позволяющие подобрать нужную проекцию для любой территории. В последнее время созданы электронные атласы проекций, с помощью которых легко отыскать подходящую сетку, сразу оценить ее свойства, а при необходимости провести в интерактивном режиме те или иные модификации или преобразования.

4.5. Выбор проекций

На выбор проекций влияет много факторов, которые можно сгруппировать следующим образом:

- географические особенности картографируемой территории, ее положение на Земном шаре, размеры и конфигурация;
- назначение, масштаб и тематика карты, предполагаемый круг потребителей;

- условия и способы использования карты, задачи, которые будут решаться по карте, требования к точности результатов измерений;
- особенности самой проекции — величины искажений длин, площадей, углов и их распределение по территории, форма меридианов и параллелей, их симметричность, изображение полюсов, кривизна линий кратчайшего расстояния.

Первые три группы факторов задаются изначально, четвертая — зависит от них. Например, указывается, что создается настенная карта России для средней школы — значит, территория расположена в средних широтах, масштаб карты не крупнее 1:4 000 000 — 1:5 000 000, измерения по ней производиться не будут, но желательно не иметь значительных искажений форм и площадей. При отсутствии каких-либо дополнительных условий скорее всего будет избрана одна из равнопромежуточных конических проекций. Если составляется карта, предназначенная для навигации, обязательно должна быть использована равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора. Если картографируется Антарктида, то почти наверняка будет принята нормальная (полярная) азимутальная проекция и т.д.

Значимость названных факторов может быть различной: в одном случае на первое место ставят наглядность (например, для настенной школьной карты), в другом — особенности использования карты (навигация), в третьем — положение территории на земном шаре (полярная область). Возможны любые комбинации, а следовательно — и разные варианты проекций. Тем более что выбор очень велик. Но все же можно указать некоторые предпочтительные и наиболее традиционные проекции.

Карты мира обычно составляют в цилиндрических, псевдоцилиндрических и поликонических проекциях (рис. 4.12). Для уменьшения искажений часто используют секущие цилиндры, а псевдоцилиндрические проекции иногда дают с разрывами на океанах.

Карты полушарий всегда строят в азимутальных проекциях. Для западного и восточного полушарий естественно брать поперечные (экваториальные), для северного и южного полушарий — нормальные (полярные) (рис. 4.13), а в других случаях (например, для материкового и океанического полушарий) — косые азимутальные проекции.

Карты материков Европы, Азии, Северной Америки, Южной Америки, Австралии с Океанией чаще всего строят в равновеликих косых азимутальных проекциях, для Африки берут поперечные, а для Антарктиды — нормальные азимутальные.

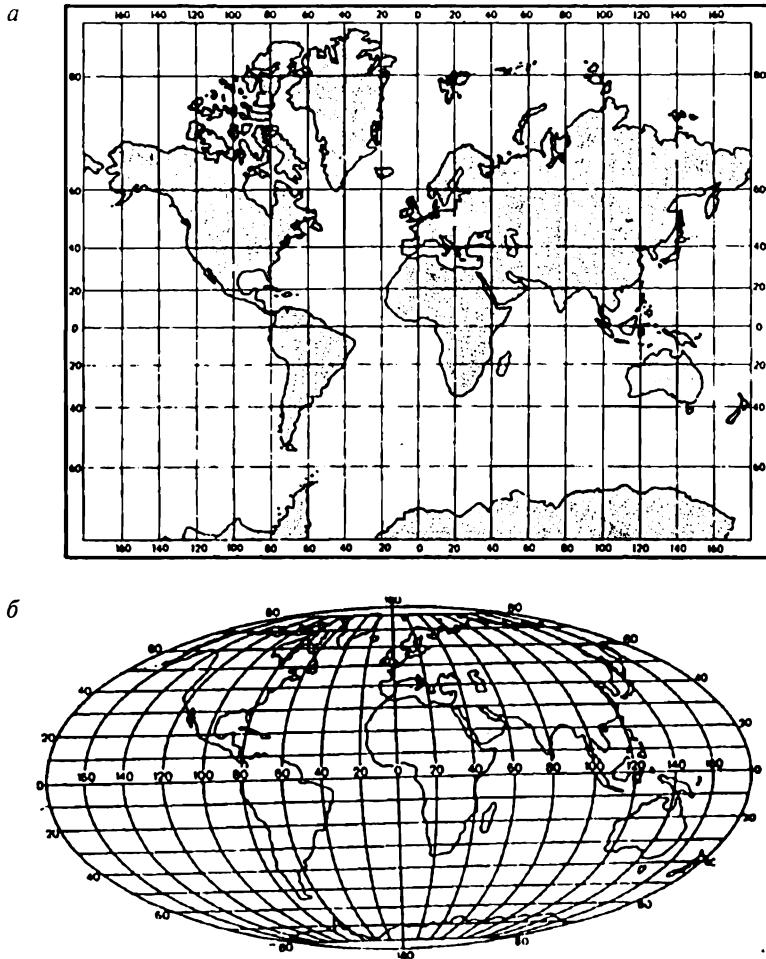


Рис. 4.12. Примеры проекций для карт мира:

а — цилиндрическая проекция Меркатора; *б* — псевдоцилиндрическая проекция Мольвейде.

Карты России в целом составляют чаще всего в нормальных конических равнопромежуточных проекциях с секущим конусом, но в некоторых особых случаях — в поликонических, произвольных и других проекциях. На рис. 4.14 показана наиболее часто употребляемая сетка конической проекции, которая, однако, в некоторых случаях оказывается не совсем удобной. Например, для карты начальной школы проекция должна быть построена так, чтобы самая северная точка России располагалась ближе всего к

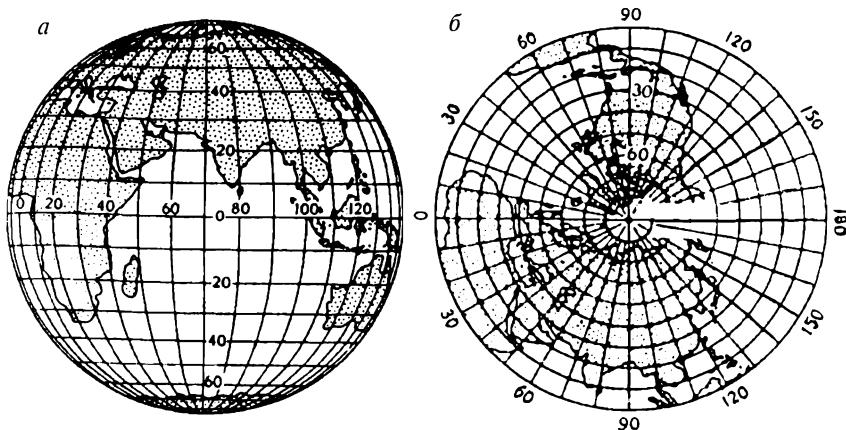


Рис. 4.13. Проекции для карт полушарий:

а — поперечная азимутальная ортографическая проекция для восточного полушария; *б* — нормальная равнопромежуточная проекция Постеля для северного полушария.

северной рамке, а Черное море находилось возле южной, а не возле западной рамки карты.

Карты отдельных стран, административных областей, провинций, штатов выполняют в косых равноугольных и равновеликих конических или азимутальных проекциях, но многое зависит от конфигурации территории и ее положения на земном шаре. Для небольших по площади районов задача выбора проекции теряет актуальность, можно использовать разные равноугольные проекции, имея в виду, что искажения площадей на малых территориях все равно почти неощущимы.

Топографические карты России создают в поперечно-цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера, а США и многие другие западные страны — в универсальной поперечно-цилиндрической проекции Меркатора (сокращенно *UTM*). Обе проекции близки по своим свойствам; по существу та и другая являются многополосными.

Морские и аэронавигационные карты всегда даются исключительно в цилиндрической проекции Меркатора, а тематические **карты морей и океанов** создают в самых разнообразных, иногда довольно сложных проекциях. Например, для совместного показа Атлантического и Северного Ледовитого океанов применяют особые проекции с овальными изоколами, а для изображения всего Мирового океана — равновеликие проекции с разрывами на мате-

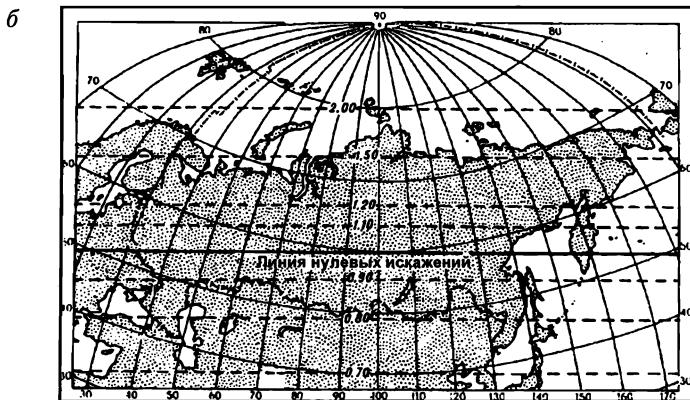
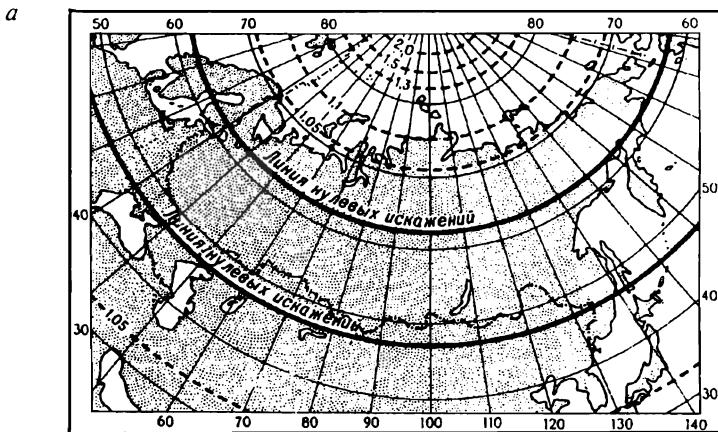


Рис. 4.14. Проекции для карт России и сопредельных государств:

а — нормальная равнопромежуточная проекция Каврайского; *б* — попечно-цилиндрическая проекция Соловьева. На обе сетки нанесены изоколы площадей.

риках. На рис. 4.15 представлены две сетки в разорванных проекциях. Первая имеет разрывы на океанах и предназначена для картографирования, явлений, расположенных только на суше, а во второй разрывы сделаны на материках. Она выглядит непривычно и состоит как бы из трех лепестков: Тихий океан, Атлантический вместе с Северным Ледовитым и Индийский. Разрывы на материках даны для того, чтобы оставить без искажений площади океанов и проводить по ним измерения.

В любом случае при выборе проекций, в особенности для тематических карт, следует иметь в виду, что обычно искажения на

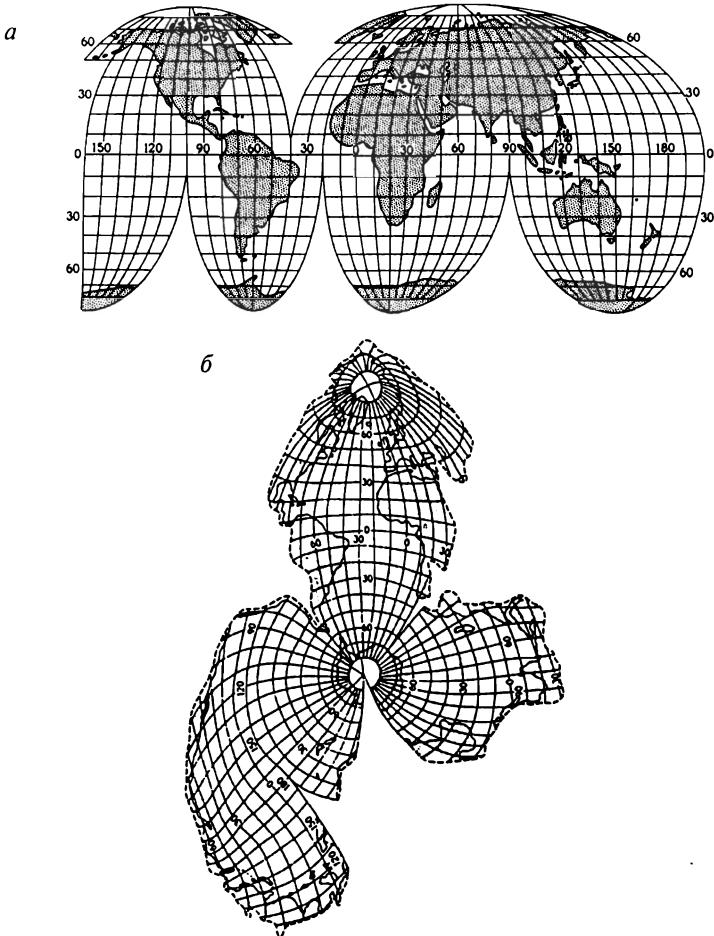


Рис. 4.15. Проекции с разрывами:

а — разрывы изображения в пределах океана (для уменьшения искажений на материках); *б* — разрывы изображения в пределах материков (для сохранения равновеликости океанов).

карте минимальны в центре и быстро возрастают к краям. Кроме того, чем мельче масштаб карты и обширнее пространственный охват, тем большее внимание приходится уделять «математическим» факторам выбора проекции, и наоборот — для малых территорий и крупных масштабов более существенными становятся «географические» факторы.

4.6 Распознавание проекций

Распознать проекцию, в которой составлена карта, — значит установить ее название, определить принадлежность к тому или иному виду, классу. Это нужно для того, чтобы иметь представление о свойствах проекции, характере, распределении и величине искажений — словом, для того, чтобы знать, как пользоваться картой, чего от нее можно ожидать.

Некоторые нормальные проекции сразу распознаются по виду меридианов и параллелей. Например, легко узнаваемы нормальные цилиндрические, псевдоцилиндрические, конические, азимутальные проекции. Но даже опытный картограф не сразу распознает многие произвольные проекции, потребуются специальные измерения по карте, чтобы выявить их равноугольность, равновеликость или равнопромежуточность по одному из направлений. Для этого существуют особые приемы: сперва устанавливают форму рамки (прямоугольник, окружность, эллипс), определяют, как изображены полюсы, затем измеряют расстояния между соседними параллелями вдоль по меридиану, площади соседних клеток сетки, углы пересечения меридианов и параллелей, характер их кривизны и т.п.

Существуют специальные таблицы-определители проекций для карт мира, полушарий, материков и океанов. Проведя необходимые измерения по сетке, можно отыскать в такой таблице название проекции. Это даст представление о ее свойствах, позволит оценить возможности количественных определений по данной карте, выбрать соответствующую карту с изоколами для внесения поправок.

4.7 Координатные сетки

Координатные сетки — важный элемент математической основы карт. Они необходимы для ориентирования по карте, определения направлений (азимутов, румбов, дирекционных углов), прокладки маршрутов, нанесения элементов содержания, нанесения новых объектов по их координатам и снятия с карты координат объектов. Кроме того, наличие сетки позволяет судить о масштабе карты, о виде проекции и распределении искажений в ней. Сетка делает карту картой, говорят даже, что «карта без сетки все равно что термометр без шкалы». На картах используют разные координатные сетки.

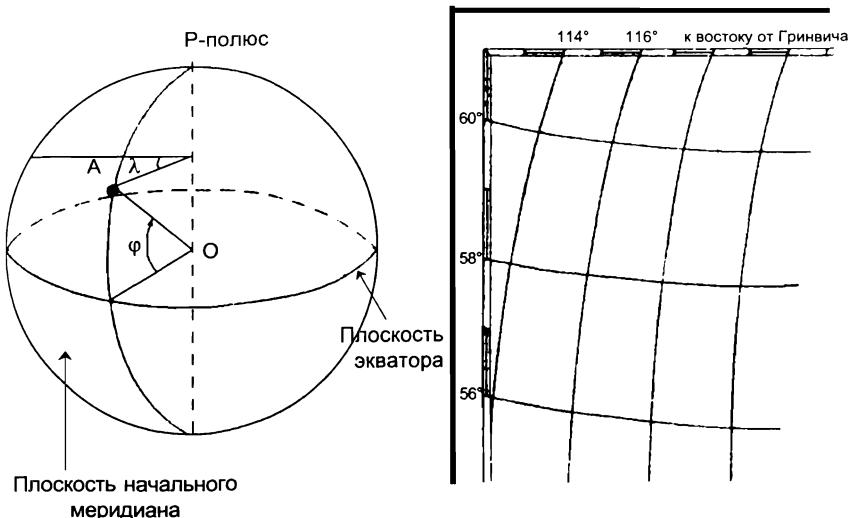


Рис. 4.16. Широта (ϕ) и долгота (λ) точки А на глобусе и сетка параллелей и меридианов на карте

Картографическая сетка — это изображение на карте линий меридианов и параллелей (географической сетки), отражающих значения долгот, счет которых ведется от начального Гринвичского меридиана, и широт, которые отсчитываются от экватора (рис. 4.16). Картографическая сетка имеет важный географический смысл, она показывает направления «север — юг» и «запад — восток», позволяет судить о широтных поясах, о расположении объектов относительно стран света. От северного направления меридиана по часовой стрелке отсчитываются географические азимуты, а разность долгот двух пунктов выражает разность их времени. Линии географической сетки на картах наносят обычно через равные интервалы: несколько десятков градусов, несколько градусов, минут и даже секунд — все зависит от масштаба и назначения карты.

Сетка прямоугольных координат (прямоугольная сетка) — стандартная система взаимно перпендикулярных линий, проведенных через равные расстояния, например через определенное число километров (отсюда название — километровая сетка, или сетка километровых квадратов). Обычно эта сетка наносится на топографические карты и планы, ее вертикальные линии идут параллельно осевому меридиану геодезической зоны (ось абсцисс), а горизонтальные — параллельно экватору (ось ординат); они оциф-

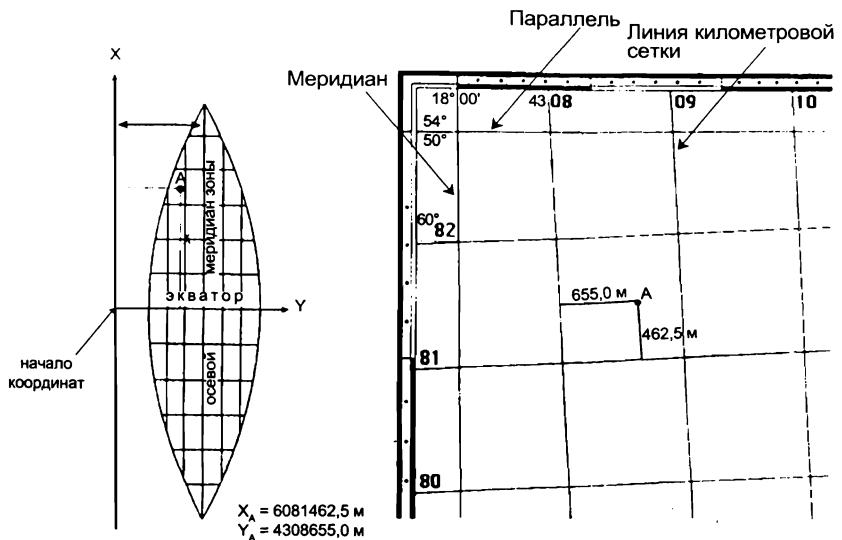


Рис. 4.17. Изображение геодезической зоны с координатными линиями и сетка прямоугольных координат (километровая сетка) на топографической карте

рованы через километр, а километровая рамка карты имеет более дробные деления (рис. 4.17). Такая сетка удобна для геодезических вычислений: определения прямоугольных координат, расстояний, дирекционных углов и т.п.

Сетка-указательница — любая сетка на карте, предназначенная для указания местоположения и поиска объектов. Ячейки такой сетки обозначаются буквами и цифрами (допустим, В-3), и это удобно, например, для отыскания населенных пунктов по их названиям, содержащимся в алфавитном географическом указателе. Обычно сетки-указательницы наносятся на карты атласов, а в конце приводится список названий всех объектов, помещенных в атласе.

Можно встретить и иные координатные сетки. На старинных морских картах — портоланах изображалась сетка компасных линий, на некоторых французских картах до сих пор дается сетка градов (окружность составляет 400 градусов, а каждый градус содержит 100 метрических минут). Некоторые страны используют собственные системы прямоугольных координат и соответственно — свои координатные сетки.

4.8. Разграфка, номенклатура и рамки карты

Разграфка, или нарезка карты, — это система деления многолистной карты на листы. Чаще всего применяются два вида разграфки: трапециевидная, при которой границами листов служат меридианы и параллели, и прямоугольная, когда карта делится на прямоугольные или квадратные листы одинакового размера.

Серии государственных топографических и тематических карт, включающие тысячи листов, имеют в каждой стране стандартную разграфку. Например, в России в основу разграфки топографических карт положена карта в масштабе 1:1 000 000, любой ее лист представляет собой трапецию, которая ограничена меридианами, проведенными через 6° , и параллелями, проведенными через 4° . Разграфку карт более крупных масштабов получают, деля лист миллионной карты на части. В одном листе миллионной карты содержится четыре листа карты в масштабе 1:500 000, 36 листов карты в масштабе 1:200 000 (рис. 4.18) и т.д.

Особый способ разграфки применен для международной карты в масштабе 1:2 500 000 (рис. 4.19). Поверхность Земного шара разделена на шесть зон (три — к северу и три — к югу от экватора). Четыре зоны даны в равнопромежуточной конической, а две приполярные — в равнопромежуточной азимутальной проекциях. Всего карта включает 224 листа плюс 38 перекрывающихся для целостного изображения отдельных компактных районов и стран.

При прямоугольной разграфке карта нарезается на листы одинакового формата, это удобно для печатания карт, совмещения их по общим рамкам, склейки или брошюровки.

В некоторых случаях для удобства пользования картами разграфка дается с более или менее значительными перекрытиями листов. Например, морские навигационные карты перекрываются на величину до 10 см (рис. 4.20) — это сделано для удобства прокладки курса судна на смежных листах.

С разграфкой непосредственно связана **номенклатура**, т.е. система обозначения листов в многолистных сериях карт. Для топографических и обзорно-топографических карт установлена единая государственная система номенклатуры, которая начинается с миллионной карты и далее последовательно наращивается. Номенклатура тематических карт может совпадать с топографическими или быть произвольной, например, листы гипсометрической карты России с сопредельными странами в масштабе 1:2 500 000 обозначаются порядковыми номерами.

а



б

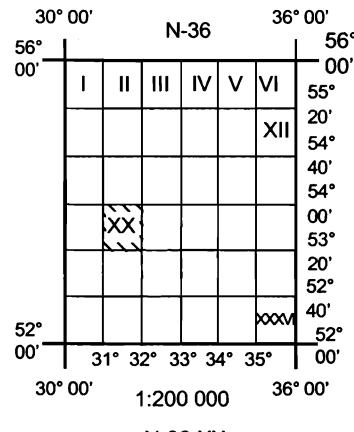
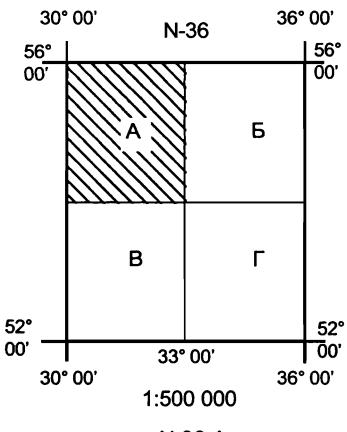


Рис. 4.18. Разграфка и номенклатура карт:

а — схема разграфки карт масштаба 1:1 000 000; *б* — разграфка листа N-36 на листы карт масштабов 1:500 000 и 1:200 000. Заштрихованы листы N-36-A и N-36-XX.

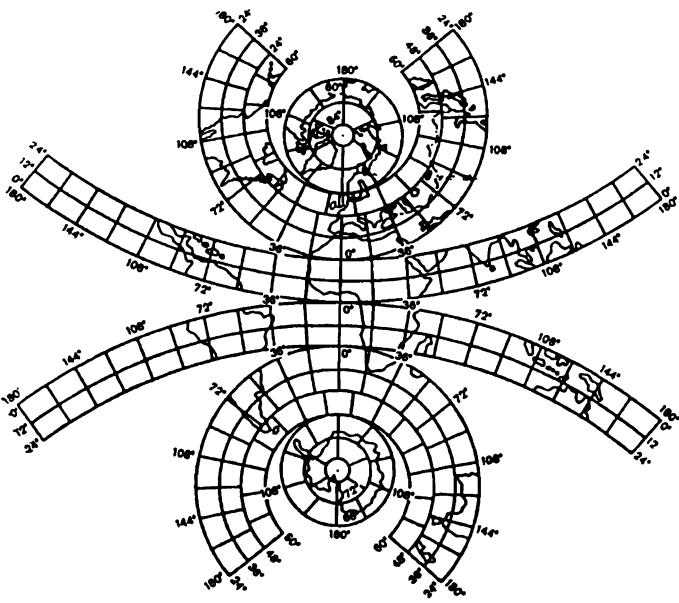


Рис. 4.19. Разграфка Международной карты Мира масштаба 1:2 500 000

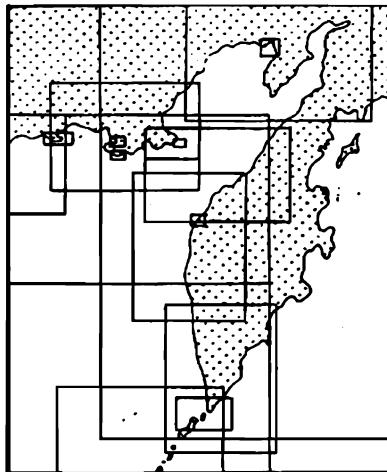


Рис. 4.20. Разграфка морских навигационных карт в районе Охотского моря с находами смежных листов

Схема разграфки обычно дается на специальном сборном листе. На нем показывают контуры территории, покрываемой многолистной картой, разделение на отдельные листы и номенклатуру этих листов.

В соответствии с разграфкой меняется и форма рамок карт: они могут быть трапециевидными либо прямоугольными. Кроме того, рамки карты могут быть представлены в виде окружностей (например, для карт полушарий) и эллипсов (карты мира в псевдоцилиндрических проекциях). Принято различать внутреннюю рамку, непосредственно ограничивающую картографическое изображение, градусную и минутную, на которые соответственно наносят градусные и (или) минутные деления по широте и долготе, а также внешнюю рамку — она охватывает всю карту, окаймляет все другие рамки и имеет декоративное значение.

4.9. Компоновка

Компоновкой карты называется размещение самого картографического изображения, названия карты, легенды, врезок и других данных внутри рамки, на полях карты или в пределах листа. Компоновка считается удачной, если все элементы карты размещены целесообразно, достаточно компактно, но нескученно, ими удобно пользоваться, — словом, пространство карты рационально организовано и изображение зрительно уравновешено.

Подобрать хорошую компоновку не всегда просто, это требует некоторого дизайнера опыта и художественного вкуса. Приходится учитывать много факторов: проекцию карты, форму изображаемой территории (акватории) и ее ориентировку внутри рамки, необходимость показа соседних территорий, размер легенды, желательность размещения карт-врезок, дополнительных графиков, диаграмм и т.п.

Особенно много проблем возникает при картографировании территорий со сложной некомпактной конфигурацией. Тогда удаленная часть территории может даваться во врезке (например, на карте европейской части России во врезку часто помещают далеко отстоящие острова Новой Земли). В других случаях выступающие части картографируемой территории выводятся в разрывы рамки. Иногда во врезке повторяется та же территория, но в уменьшенном масштабе — на ней дается вспомогательная карта. Встречаются и так называемые «плавающие» компоновки, когда на одном листе свободно без рамок размещаются несколько территорий (или одна территория несколько раз). В зависимости от конфигурации территории выбирается

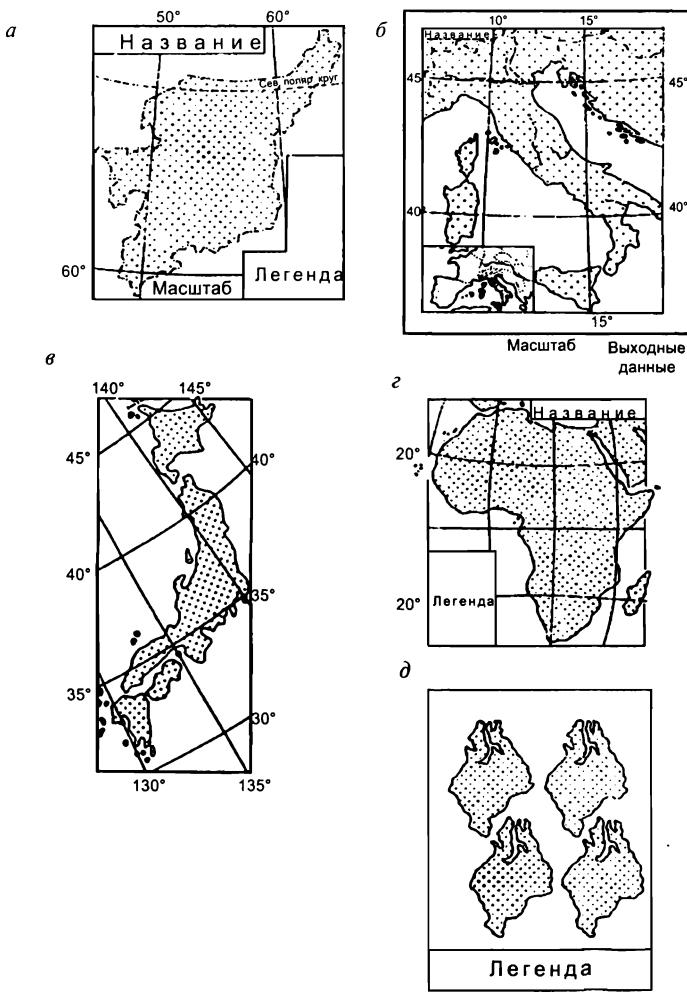


Рис. 4.21. Примеры компоновок однолистных карт:

а — размещение картографического изображения, легенды, масштаба и названия карты внутри рамки (Республика Коми); *б* — размещение названия карты-врезки внутри рамки, а масштаба и выходных данных за южной рамкой (Италия); *в* — косая компоновка изображения (Япония); *г* — вывод выступающих частей территории в разрывы рамки карты (Африка); *д* — «плавающая» компоновка карт.

работают свободное место для размещения названия карты, легенды, масштаба внутри рамки или же выносят их за рамку — варианты дизайнерских решений очень разнообразны. Примеры разных компоновок показаны на рис. 4.21.



Глава 5

Картографические способы изображения

5.1. Картографическая семиотика

Использование условных знаков — основное свойство, отличающее карту от многих других графических моделей, таких, например, как аэро- и космические снимки, панорамы, пейзажи. Знаки на карте — это зрительно воспринимаемые элементы изображения, условно представляющие процессы и явления окружающего мира, их местоположение, качественные и количественные характеристики, структуру, динамику и т.п.

На стыке картографии и семиотики — лингвистической науки, исследующей свойства знаков и знаковых систем, сформировался особый раздел **картографическая семиотика (картосемиотика)**, в рамках которой разрабатываются общая теория систем картографических знаков как языка карты.

В ней изучается довольно обширный круг проблем, касающихся происхождения, классификации, свойств и функций картографических знаков и способов картографического изображения. Семиотика включает три основных раздела: синтаксику, семантику и прагматику, соответственно эти разделы существуют и в картографической семиотике:

- ♦ **картографическая синтаксика** — изучает правила построения и употребления знаковых систем, их структурные свойства, грамматику языка карты;
- ♦ **картографическая семантика** — исследует соотношения условных знаков с самими отображаемыми объектами и явлениями;

- **картографическая прагматика** — изучает информационную ценность знаков как средства коммуникации и особенности их восприятия читателями карты.

Иногда в составе картографической семиотики выделяют еще один раздел — **картографическую стилистику**, изучающую стили и факторы, определяющие выбор изобразительных средств в соответствии с назначением и функциями картографических произведений.

5.2. Язык карты

Язык карты — это используемая в картографии знаковая система, включающая условные обозначения, способы изображения, правила их построения, употребления и чтения при создании и использовании карт.

Язык карты — выдающееся изобретение человечества, он составляет важный элемент человеческой культуры и цивилизации. Его развитие на всех этапах было связано с уровнем научно-технического прогресса, состоянием культуры и искусства, с политическим устройством и общественными институтами — словом, со всем тем, что формирует общественно-исторический процесс.

Во все времена язык карты не только обеспечивал хранение и передачу пространственно-временной информации, но и играл роль общего языка в науках о Земле и смежных с ними отраслях знания.

В связи с автоматизацией и компьютеризацией картографии внимание к языку карты особенно возросло. С картосемиотических позиций изучаются категории и элементы языка карты, его грамматика и структура, механизмы функционирования, правила употребления знаков. Эти исследования, тесно связанные с общей семиотикой, машинной графикой, художественным дизайном и психологиями восприятия, имеют ясную практическую ориентацию — они направлены на повышение качества электронных карт.

Исследования показали, что в языке карты можно различить, по крайней мере, два слоя (два подъязыка): один из них отражает размещение картографируемых объектов, их пространственную форму, ориентацию, взаимное положение, а другой — содержательную сущность этих явлений, их внутреннюю структуру, качественные и количественные характеристики. Грамматика обоих подъязыков определяется правилами картографической семиотики.

Язык карты — это **объектный язык картографии**. Его главными функциями (как и картографии вообще) являются **коммуникативная функция**, т.е. передача некоторого объема информации от

создателя карты к читателю, и **познавательная функция** — получение новых знаний о картографируемом объекте.

Интенсивные разработки в области языка карты привели к формированию особой языковой (или картоязыковой) концепции в теории картографии, согласно которой картографическое изображение рассматривается как особый текст. Иначе говоря, карта — есть изображение, созданное на языке карты. Сторонники данной концепции считают даже, что именно разработка языка карты и исследование его свойств и функций составляют содержание картографии как науки. По-видимому, такая точка зрения несколько гипертрофирует роль языка карты как предмета картографии (иные теоретические концепции представлены в разделе 2.2), но, безусловно, она отражает значимость данного феномена. Во всяком случае, следует отметить справедливость главного утверждения сторонников языковой концепции: язык карты — это форма существования картографии.

5.3. Условные знаки

Картографические условные знаки — это графические символы, с помощью которых на карте показывают (обозначают) вид объектов, их местоположение, форму, размеры, качественные и количественные характеристики.

Исторически условные знаки развивались из картинных перспективных рисунков объектов местности: возвышенностей, рек, лесов, дорог, населенных пунктов. Картографы прошлого старались передать этими рисунками индивидуальные особенности каждого объекта, например внешний вид храмов в городах, породы деревьев и т.п. Но постепенно такие рисунки теряли свою индивидуальность, все города стали показывать одними значками, деревни — иными, для основных дорог стали применять одни линии, а для второстепенных — другие (рис. 5.1). Порой обозначения на картах полностью утрачивали внешнее сходство с изображаемым объектом, скажем, города обозначались кружочком (пунсоном). Знаки приобретали все большую условность и абстрактность.

Выше уже было отмечено, что знаковость — одно из самых важных свойств, отличающих карту от многих других изображений, прежде всего от аэро- и космических снимков. Использование условных знаков позволяет:

- показывать реальные и абстрактные объекты (например, вы соту снежного покрова либо индекс континентальности климата);



Рис. 5.1. Фрагмент русского чертежа XVII в. Изображение населенных пунктов дано условными знаками с двумя и тремя башенками. Древний картограф различал эти поселения по размеру или значению

- ◆ изображать объекты, не видимые человеком и даже не воспринимаемые органами чувств (палеорельеф древних материков, гравитационные и магнитные поля и др.);
- ◆ передавать внутренние характеристики объектов, их структуру (объем и структуру промышленного производства, состав населения);
- ◆ отражать взаимные отношения объектов: порядок и иерархию, пропорциональность, различие, соподчиненность (геологическая стратиграфия);
- ◆ показывать динамику явлений и процессов (изменение стока в речных бассейнах по месяцам);
- ◆ сильно уменьшать изображение (на мелкомасштабной карте вместо показа отдельных домов и кварталов можно дать кружком обозначить весь населенный пункт).

Условные обозначения, применяемые на картах, подразделяются на три основные группы (рис. 5.2):

- ◆ **внемасштабные**, или **точечные**, которые применяют для показа объектов, локализованных в пунктах, например, нефтяные месторождения или города на мелкомасштабных картах. Внемасштабность знаков проявляется в том, что их размеры на карте всегда значительно превосходят истинные размеры объектов на местности;

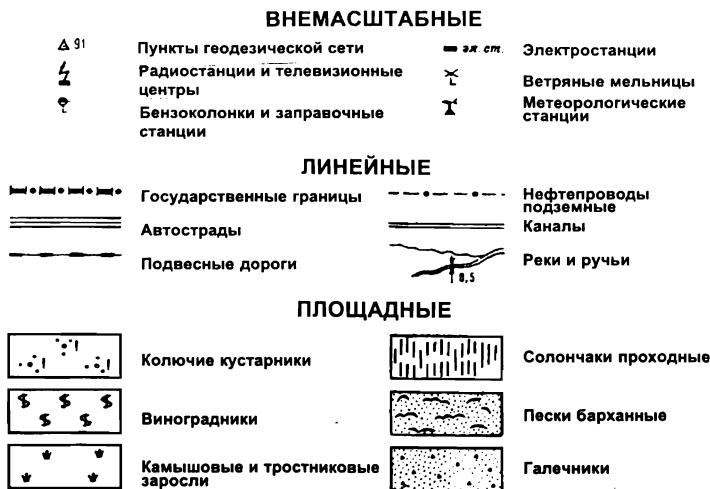


Рис. 5.2. Некоторые условные обозначения топографических карт

- **линейные**, используемые для линейных объектов: рек, дорог, границ, тектонических разломов и т.п. Они масштабны по длине, но внemасштабны по ширине;
- **площадные**, применяемые для объектов, сохраняющих на карте свои размеры и очертания, например, для лесных массивов, озер, почвенных ареалов и др. Такие знаки обычно состоят из контура и его заполнения, они всегда масштабны и позволяют точно определить площадь объектов.

До недавнего времени все условные знаки были *статичными*, однако с развитием электронных технологий появились *динамические* условные знаки. Это движущиеся, изменяющиеся знаки, используемые в компьютерных картографических анимациях (см. раздел 22.3). Они также могут быть точечными, линейными или площадными (фоновыми).

Роль знаков не ограничена только передачей информации. Знаки служат средством фиксации, формализации и систематизации знаний. Не менее важны познавательные (гносеологические) функции картографических условных знаков. С ними можно выполнять действия, преобразовывать их из одной формы в другую, проводить измерения. Знаки сами по себе служат средством формирования научных понятий, конкретизации, визуализации теоретических выводов, т.е. способом научного познания. Философ и математик Г. Лейбниц, создавший дифференциальное и интегральное

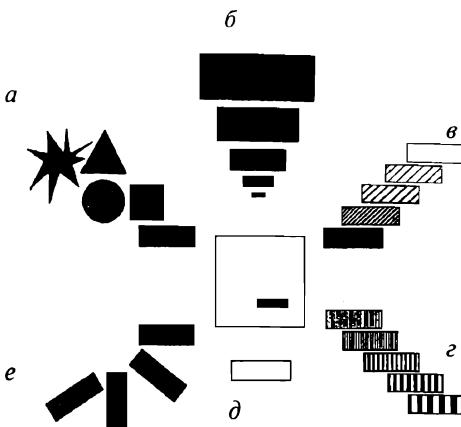


Рис. 5.3. Графические переменные (по Ж. Бертену):

a — форма; *б* — размер; *в* — светлота; *г* — внутренняя структура; *д* — цвет; *е* — ориентировка.

исчисления и разработавший соответствующую символику, сказал: «Следует заботиться о том, чтобы обозначения были удобны для открытий». Эта мысль в особенности справедлива для картографических условных знаков.

5.4. Графические переменные

Количество и разнообразие знаков, применяемых при создании карт, практически бесконечно. Однако все они состоят из небольшого числа графических переменных подобно тому, как все многообразие существующих мелодий состоит всего из шести нот.

Графические переменные — элементарные графические средства, используемые для построения картографических знаков и знаковых систем. Это форма, размер, ориентировка, цвет, насыщенность цвета и внутренняя структура знака (рис. 5.3).

Представление о графических переменных разработал в 60-х годах французский семиолог и картограф Ж. Бертен применительно к статичным бумажным картам. Если же иметь в виду компьютерные картографические анимации, то следует добавить динамические графические переменные (см. раздел 5.20).

Создавая знаки для любой карты, картограф может свободно сочетать любые графические переменные. Законы картографической семиотики и художественный вкус автора карты позволяют

подбирать самые разные стили и сочетания, конструировать яркие, хорошо различимые и запоминающиеся знаки. Но в то же время такая свобода выбора осложняет унификацию и стандартизацию условных обозначений, а это — очень важная проблема в картографии. Например, населенные пункты можно обозначать кружками разного цвета и размера, квадратиками, звездочками, стилизованными рисунками домиков или какими-либо иными значками. Если математические или химические символы поняты специалистам без пояснений, то всякая карта должна сопровождаться легендой, разъясняющей значение каждого знака.

В настоящее время стандартные условные обозначения приняты и официально закреплены лишь для топографических, морских и аэронавигационных карт. В тематической картографии унифицированные системы цветов и индексов применяют только на геологических и отчасти почвенных картах, делаются попытки разработать унифицированные легенды геоморфологических карт.

Не следует, конечно думать, что в выборе графических переменных царит полный произвол. Есть установленные правила, определяемые особенностями локализации и распространения явления, принципами взаимного сочетания знаков, картографическими традициями, условиями восприятия знаков, требованиями измерения по картам и др.

Системы условных обозначений, применяемые для передачи объектов и явлений, различающихся характером пространственной локализации и размещения, называются **способами картографического изображения**.

5.5. Цвет — основное изобразительное средство

Цвет на карте — одно из самых эффективных графических средств. Он существенно расширяет изобразительные возможности значковых, линейных и площадных обозначений, позволяет передать качественные и количественные характеристики объектов, усиливает различимость знаков, наглядность и читаемость карты, ее информативность, использует эффекты цветовой и светотеневой пластики, наконец, украшает карту, повышает ее эстетические свойства.

Часто использование цвета на карте имеет символический смысл. Так, на общегеографической карте зеленая окраска ассоциируется

с лесами, голубая (синяя) — с водными пространствами, коричневая — с рельефом местности. Эти цвета стали унифицированными для всех общегеографических карт, в них отражено сходство цветового восприятия объектов на карте с реальной действительностью.

На некоторых тематических картах (геологических, почвенных) цвета также унифицированы и при чтении карты вызывают совершенно определенные ассоциации с отображаемым объектом. Например, на почвенных картах коричневый цвет указывает на размещение черноземов.

Читатель карты воспринимает цвет как зрительное ощущение в результате воздействия на глаз видимого светового излучения, т.е. воспринимаемого глазом электромагнитного излучения с различными длинами волн (табл. 5.1).

Таблица 5. 1

Соотношения между цветом и длинами волн

Цвет	Длины волн (в мкм)	Ширина диапазона (в мкм)
Фиолетовый	380–450	70
Синий	450–480	30
Голубой	480–510	30
Зеленый	510–550	40
Желто-зеленый	550–575	25
Желтый	575–585	10
Оранжевый	585–620	35
Красный	620–780	160

Окрашенные участки карты обладают избирательным поглощением. Из множества лучей, составляющих «белый» свет, они поглощают лишь лучи определенных длин волн, а другие лучи отражают. Если в отраженных лучах преобладает красная зона спектра, то этот участок видится красным. Цвета, характеризуемые избирательным поглощением, называют *хроматическими*, а не обладающие этим свойством — *ахроматическими*. При дневном свете ахроматические цвета будут белыми, серыми или черными в зависимости от их отражательных свойств.

Цвета различают по трем основным характеристикам: цветовому тону, светлоте (яркости) и насыщенности (чистоте).

Цветовой тон — качество цвета, соответствующее одному из спектральных цветов (красный, зеленый, синий и др.). Для монохроматических цветов он выражается длиной волны соответствующего излучения. Из спектра можно выделить значительно больше цветовых тонов, чем существующих их названий. Исключение составляют пурпурные цвета, отсутствующие в спектре. Они образуются из смеси крайних спектральных цветов — фиолетового и красного. Длина волны является объективно измеряемой величиной, цветовой тон — свойством зрительного восприятия, т.е. субъективной зрительной характеристикой длины волны.

Яркость — это интенсивность светового возбуждения (раздражения сетчатки глаза). Мерой ее является *светлота*, т.е. зрительное ощущение яркости, которое зависит от интенсивности источника освещения, отражающейся в уровне освещенности, и характера самой освещенной поверхности. Яркость всегда меньше освещенности, так как часть падающего света поглощается, а часть рассеивается.

Практически светлоту можно понимать как степень приближения к белому. Добавляя к белому цвету разные доли черного, можно получить гамму серых тонов, характеризующихся разной светлотой. Ахроматические цвета различаются между собой лишь по светлоте.

Насыщенность цвета (чистота) представляет собой степень отличия хроматического цвета от ахроматического одинакового с ним по светлоте. Это ощущение чистоты цвета, количественно характеризующееся долей чистого спектрального цвета в смеси его с белым при постоянной яркости смеси. Это свойство зрительного восприятия, позволяющее оценивать долю чистого спектрального цвета в совокупном цветовом ощущении. Чем меньше доля белого и больше спектрального в смеси, тем отчетливее выражен цветовой тон. Ахроматические цвета — белый, серый и черный — характеризуются нулевой чистотой ($P = 0$).

Различия в светлоте (яркости) не меняют представления о цвете. Например, темно-синий, темно-зеленый выступают как оттенки синего и зеленого цвета; коричневый цвет — это желтый цвет низкой светлоты. Практически важно знать, сколько ступеней насыщенности можно выделить в определенном спектральном цвете. Красный и синий цвета допускают выделение максимального числа ступеней (свыше 20 оттенков), желтый цвет — минимального (не более 5–7).

Объективные количественные характеристики цветового тона, яркости и чистоты цвета особенно важно знать для компьютерного подбора цветов и смешения красок при полиграфической печати.

5.6. Значки

Способ значков применяют для показа объектов, локализованных в пунктах и обычно не выражаются в масштабе карты (рис. 5.4). Это могут быть населенные пункты, месторождения полезных ископаемых, промышленные предприятия, отдельные сооружения, ориентиры на местности и т.п. Значки позволяют характеризовать качественные и количественные особенности объектов, их внутреннюю структуру.

Различают три вида значков:

- **абстрактные геометрические значки** — кружки, квадраты, звездочки, ромбы и др.; размер знака отражает количественную характеристику, цвет или штриховка — качественные особенности, а структура знака передает структуру самого объекта;
- **буквенные значки** — буквы русского или латинского алфавитов, например, **Ф** или **Al** — обозначающие месторождения фосфоритов или алюминия; размер букв может количественно характеризовать объект, хотя сравнивать их между собой сложнее, чем геометрические фигуры;
- **наглядные значки (пиктограммы)**, напоминающие изображаемый объект, например, рисунок самолета обозначает аэродром, туристская палатка — кемпинг и т.п. Такие обозначения очень наглядны и чаще всего их используют на популярных туристских, рекламных, пропагандистских картах.



Рис. 5.4. Значки геометрические

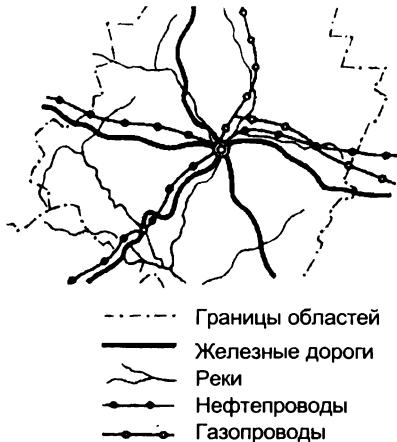


Рис. 5.5. Линейные знаки

5.7. Линейные знаки

Этот способ используется для изображения реальных или абстрактных объектов, локализованных на линиях. К ним относятся, например, береговые линии, разломы, дороги, атмосферные фронты, административные границы. Разный рисунок и цвет линейных знаков передают качественные и количественные характеристики объектов: тип береговой линии, глубину заложения разломов, число кольев железной дороги, теплые и холодные фронты и т.п. (рис. 5.5).

Линейный знак внемасштабен по ширине, но ось его должна совпадать с положением реального объекта на местности. При постепенности перехода или нечеткости границы линейный знак может передаваться полосой. Линейными знаками можно даже отразить динамику объекта, например, нанести положение береговой линии моря в разные стадии трансгрессии, передав тем самым постепенность затопления суши.

5.8. Изолинии

Изолинии — линии одинаковых значений картографируемого показателя. Способ изолиний применяется для изображения непрерывных, сплошных, плавно изменяющихся явлений, образующих физические поля. Таковы поле рельефа, поля магнитной напряженности, давления, температур и т.д. (рис. 5.6). Они изображаются соответственно горизонталями (изогипсами), изогонами, изоба-

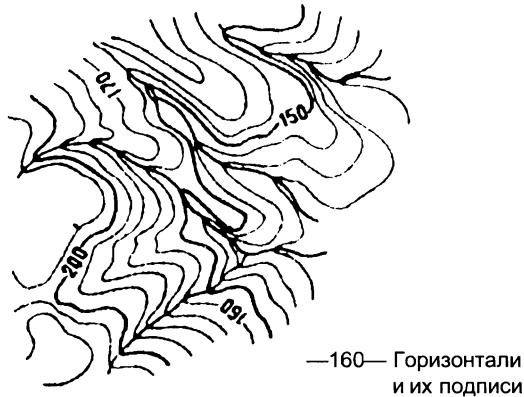


Рис. 5.6. Изолинии

рами, изотермами — семейство различных изолиний весьма обширно и насчитывает десятки видов.

Для проведения изолиний на карту сперва наносят значения картографируемого объекта в точках наблюдений, а затем с помощью интерполяции проводят изолинии. При этом заранее выбирается **интервал сечения** — разность отметок двух соседних изолиний. Расстояние между изолиниями на карте называется **заложением изолиний** и характеризует градиент поля (уклон поверхности). Чем меньше заложение, т.е. расстояния между изолиниями, тем выше градиент, круче поверхность, и наоборот — большие заложения свидетельствуют о пологой поверхности, о низких градиентах. Автоматическое проведение изолиний выполняется по **цифровым моделям** с помощью специальных интерполяционных программ.

Изолинии — очень удобный, гибкий и информативный способ изображения, обладающий высокой метричностью. Благодаря им можно определять по картам самые разнообразные количественные характеристики: абсолютные и относительные значения явления, уклоны и градиенты, степень расчленения и многое другое. С помощью изолиний показывают также количественные изменения показателей во времени (например, годичные вариации магнитного склонения), перемещение явлений (амплитуды неотектонических поднятий и опусканий), время наступления каких-либо событий (даты созревания сельскохозяйственных культур), повторяемость явлений (частота возникновения штормов в разные сезоны года), взаимосвязь явлений (корреляция форм современного и палеорельефа). На динамических электронных картах могут смешаться сами системы изолиний, показывая перемещение явлений (например, циклонов и антициклонов).

При создании изолинейных карт всегда учитывают, что читатель воспринимает не каждую изолинию в отдельности, а всю их совокупность, единую систему изолиний, с помощью которой передается структура и морфология картографируемого объекта. Для повышения наглядности промежутки между изолиниями закрашивают, пользуясь *шкалой послойной окраски*, которая строится так, чтобы интенсивность окраски отражала нарастание и убывание показателя.

5.9. Псевдоизолинии

Изолинии нередко применяют для явлений, не обладающих непрерывностью, сплошностью и плавностью, т.е. не являющихся на самом деле полями. В этом случае речь идет о псевдоизолиниях, т.е. изолиниях, отображающих распределение дискретных объектов. Таковы, например, псевдоизолинии плотности населения, размещение которого, конечно же, не образует сплошного поля, псевдоизолинии распаханности или залесенности и т.п. Их всегда проводят на основе интерполяции каких-либо расчетных статистических показателей плотности, интенсивности распределения объектов, полученных в ячейках регулярной или нерегулярной сетки.

На вид псевдоизолинии ничем не отличаются от изолиний, они часто дополняются послойной краской. Несомненная привлекательность псевдоизолиний состоит в том, что с их помощью создается очень удобная графо-математическая абстракция географических распределений, позволяющая отвлечься от малосущественных свойств и деталей картографируемого объекта и выявить



Рис. 5.7. Псевдоизолинии

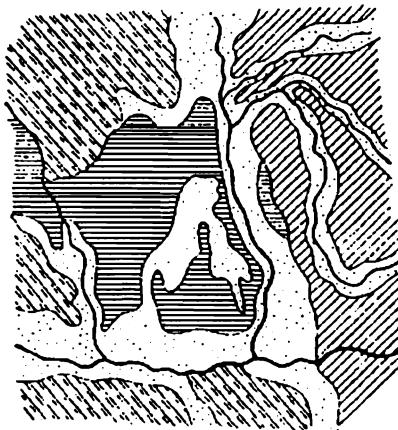
главные закономерности его изменения в пространстве (рис. 5.7). К тому же этот способ обладает высокой метричностью.

Однако необходимо помнить о принципиальном различии между изолиниями и псевдоизолиниями. Последние отражают не реальные, а искусственные, абстрактные поля, например так называемый «промышленный рельеф» — плотность объектов индустрии на единицу площади или «поле расселения» — число жителей на 1 км². При изменении плотности данных или способа расчета такие искусственные поля претерпевают сильные изменения. Поэтому на картах желательно указывать способ расчета исходных данных, по которым построены псевдоизолинии.

5.10. Качественный фон

Способ качественного фона применяют для показа качественных различий явлений сплошного распространения по выделенным районам, областям или другим единицам территориального деления.

Этот способ самым тесным образом связан с классификационным подразделением территории, ее дифференциацией по какому-либо признаку, с типологическим районированием, например с выделением районов сельскохозяйственной специализации, ландшафтов, типов почвенного покрова, растительных ассоциаций (рис. 5.8).



Почвы равнин:



подзолистые



болотно-подзолистые



дерново-подзолистые



подзолисто-буровоземные

Рис. 5.8. Качественный фон

В качестве графических средств используют цвет (*цветовой фон*) или штриховку (*штриховой фон*). Иногда на картах совместно применяют оба эти средства. Так, на почвенной карте генетические типы почв показывают цветовым фоном, а механический состав — наложенным поверх цвета штриховым фоном. В некоторых случаях, когда границы между выделенными районами нечеткие, а смена качеств происходит постепенно, допускается перекрытие двух качественных фонов и на карте появляется как бы «чересполосица» или «шашечная» окраска.

Для удобства идентификации подразделений качественного фона его сопровождают индексами. Их проставляют на карте и в легенде (например, индекс дерново-сильноподзолистых почв — Π_3^d или среднего отдела девонской системы — D_2).

5.11. Количественный фон

Способ количественного фона применяют для передачи количественных различий явлений сплошного распространения в пределах выделенных районов. Подобно качественному фону этот спо-

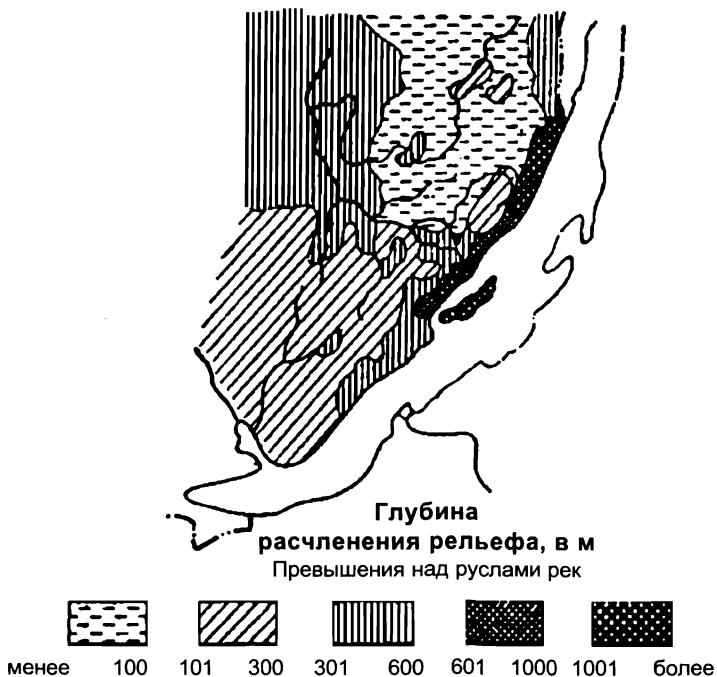


Рис. 5.9. Количественный фон

соб всегда сопряжен с районированием, но по количественному признаку. Окраска или штриховка выполняются по шкале, т.е. интенсивность возрастает или убывает соответственно с изменением признака (рис. 5.9). Примерами использования количественного фона могут служить карты запасов гидроресурсов в речных бассейнах или карты районирования территории по степени расчленения рельефа и т.п.

Возможно сочетание качественного и количественного фонов, например выделение районов преобладающих конфессий (качественный фон) с дополнительной характеристикой процентного соотношения населения разного вероисповедания (количественный фон).

5.12. Локализованные диаграммы

Локализованные диаграммы характеризуют явления, имеющие сплошное или полосное распространение, с помощью графиков и диаграмм, помещаемых в пунктах наблюдения (измерения) этих явлений. Таковы графики изменения среднемесячных температур и осадков, локализованные по метеостанциям, диаграммы загряз-

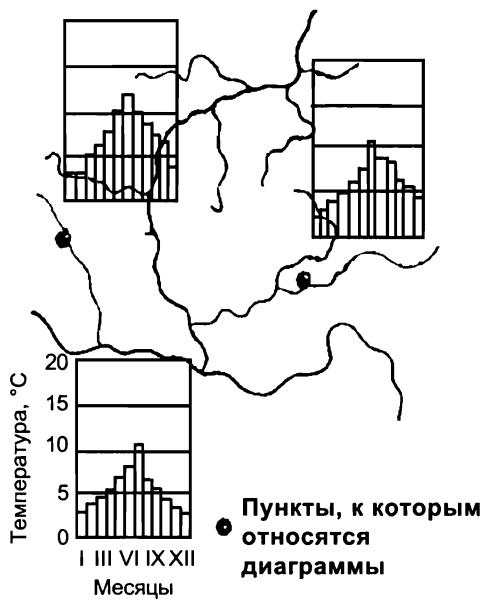


Рис. 5.10. Локализованные диаграммы

нения речных вод, приуроченные к гидропостам и т.п. На карте всегда отмечают пункты, к которым отнесены графики, но ясно, что локализованные диаграммы характеризуют не только эти пункты, но и прилегающую территорию (рис. 5.10).

Графические средства весьма разнообразны — это *розы-диаграммы* (например, розы направлений преобладающих ветров), *кривые* и *гистограммы* распределения (ход температур по месяцам), *циклограммы* (средняя продолжительность солнечного сияния в течение года), *структурные диаграммы* и др.

5.13. Точечный способ

Этот способ применяют для показа явлений массового, но не сплошного распространения с помощью множества точек, каждая из которых имеет определенный «вес», т.е. обозначает некоторое число единиц данного явления (рис. 5.11). Чаще всего точечным способом показывают размещение сельского населения (тогда вес одной точки составляет, например, 1000 жителей), либо посевные площади (1 точка — 500 га посевов), либо размещение животноводства (1 точка — 200 голов крупного рогатого скота) и т.п.



Посевные площади:

◦◦ пшеницы •• овса

1 точка соответствует 500 га

Рис. 5.11. Точечный способ

В качестве графических средств выбирают не только точки (точнее маленькие кружки), но и квадратики, треугольники и т.п. — важно лишь, чтобы каждая фигурка имела вес, обозначенный в легенде. Иногда при большом разбросе показателей берут точки двух и даже трех весов: маленькая точка — 200 га, средняя — 500 га, а большая — 1000 га. Кроме того, точки могут иметь разный цвет или разную форму, например, точки зеленого цвета обозначают посевы пшеницы, желтого — кукурузы, красного — подсолнечника и т.д. На картах размещения населения цветом можно обозначить его национальный состав.

Точечный способ нагляден и удобен для количественных определений. Точечные карты хорошо передают реальные особенности размещения явления: его количество, локализацию, группировку или концентрацию, структуру (например, структуру посевных площадей под разными культурами). Существуют специальные приемы для расчета оптимального веса точки в зависимости от разброса количественных показателей и плотности размещения явления, ведь точки (фигурки) на карте не должны соприкасаться или сливатся.

5.14. Ареалы

Способ ареалов состоит в выделении на карте области распространения какого-либо сплошного или рассредоточенного явления. Чаще всего этим способом показывают распространение животных и растений, месторождения полезных ископаемых и т.п. Различают *абсолютные и относительные ареалы*. Абсолютными называют ареалы, за пределами которых данное явление совсем не встречается (например, нефтегазоносный бассейн, контур которого точно установлен), тогда как относительные ареалы показывают лишь районы наибольшего сосредоточения явления (допустим, промысловый ареал каких-либо лекарственных растений).

Графические средства изображения ареалов весьма разнообразны: это могут быть границы, фоновая окраска и штриховка, значки, надписи, индексы (рис. 5.12). Напомним, однако, принципиальную разницу между значковым способом, когда каждый знак точно относится к объекту, локализованному в том или ином пункте, и значком ареала, характеризующим площадь. Точно так же знак границы отражает не линейный объект, а лишь оконтуривает ареал. Границы как графическое средство предпочтительны для абсолютных ареалов, а для относительных — есть смысл нане-



Рис. 5.12. Ареалы

сти лишь несколько значков или дать надпись без проведения границы, точное положение которой на местности неизвестно.

5.15. Знаки движения

Знаки движения используют для показа пространственных перемещений каких-либо природных, социальных, экономических явлений (например, путей движения циклонов, перелета птиц, миграции населения, распространения болезней). С помощью знаков движения можно отразить пути, направление и скорость перемещения, структуру перемещающегося объекта (рис. 5.13). Можно применить знаки движения для показа связей между объектами (например, электронных коммуникаций или финансовых потоков), их качества, мощности, пропускной способности и т.д.

Различают два вида знаков движения:

- **векторы движения** — стрелки разного цвета, формы или толщины;
- **полосы (ленты) движения** — полосы разной ширины, внутренней структуры и цвета.

Векторы применяют, например, для показа теплых и холодных течений, ветров и т.п., а полосы движения — для изображения мощности и структуры потоков, (например, железнодорожных перевозок, миграций населения). Ленты движения способны передать структуру потока, его напряженность, например объем перевозимых грузов, в соответствии с принятой шкалой: чем шире полоса, тем мощнее поток (рис. 5.14).

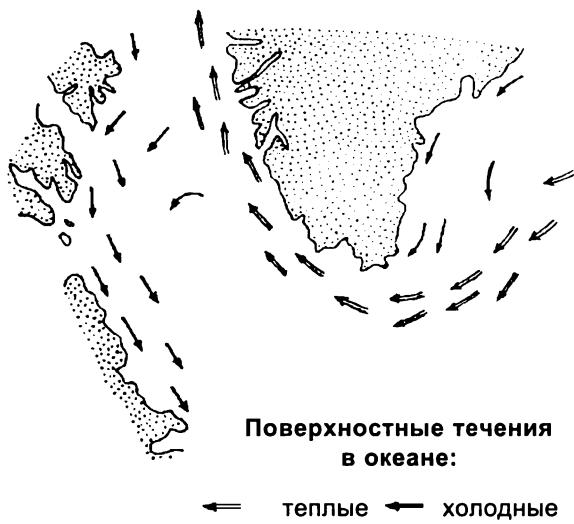


Рис. 5.13. Знаки движения (векторы)

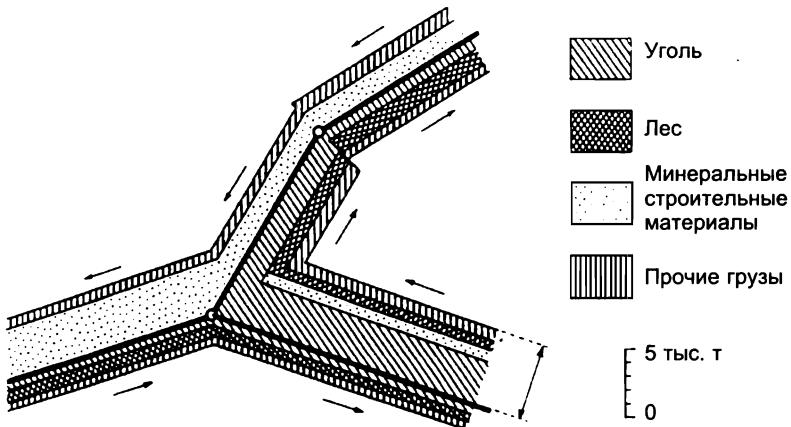


Рис 5.14. Полосы (ленты) движения

5.16. Картодиаграммы

Способ картодиаграммы — это изображение абсолютных статистических показателей по единицам административно-территориального деления с помощью диаграммных знаков. Картодиаграммы применяют для показа таких явлений, как валовой сбор сельскохозяйственной продукции, общее число учащихся, объем промышленного производства, потребление электроэнергии в целом по районам, областям, провинциям и т.п. Поскольку речь идет о статистических показателях, то на карте всегда присутствует сеть административного деления, по которой и производится сбор данных.

Графическими средствами служат любые столбчатые, площадные, объемные диаграммные знаки, отнесенные к районам или областям (рис. 5.15). Они могут быть структурными и показывать, например, долю разных отраслей в общем объеме производства в данном промышленном пункте. В одной административной единице можно дать несколько диаграмм для разных видов промышленности. Однако по картодиаграмме нельзя определить, где именно размещено то или иное производство или в каком конкретно городе потребляют больше всего электроэнергии, — все отнесено к району в целом. Этим способ картодиаграммы принципиально отличается от способа значков. Зато легко и предельно наглядно можно сравнить между собой целые районы или области.



Рис. 5.15. Картодиаграмма

5.17. Картограммы

Способ картограммы используют для показа относительных статистических показателей по единицам административно-территориального деления. Это всегда расчетные показатели: скажем, число детских учреждений на 1000 жителей, энерговооруженность сельского хозяйства в расчете на 100 га обрабатываемых земель, процент лесопокрытой площади по областям и т.п. (рис. 5.16).

Иногда картограммы строят по сетке квадратов, вычисляя такие показатели, как плотность населения, овражность, распаханность и т.п. для каждой ячейки. Это весьма формальный подход. Есть и противоположная тенденция, заключающаяся в том, чтобы максимально снизить формализм картограммы. В этом случае статистические показатели, полученные по административным районам, относят только к ареалам их действительного распространения, например, плотность населения показывают только в обжитых районах, исключив, скажем, болота или высокогорья, а показатели средней урожайности культур дают лишь в пределах контуров обрабатываемых сельскохозяйственных земель. В результате картограмма трансформируется в карту своеобразных количественных ареалов. Такой способ называют уточненной картограммой, или дозиметрическим способом.

Картограмма, как правило, имеет интервальную шкалу, в которой интенсивность цвета или плотность штриховки закономер-



Рис. 5.16. Картограмма

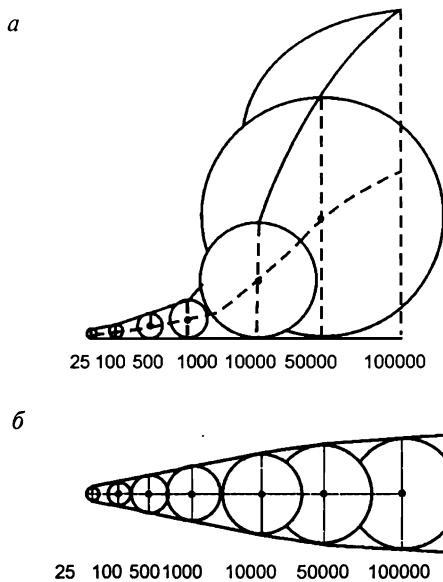


Рис. 5.17. Непрерывные шкалы значков:

а — абсолютная; *б* — условная.

но меняются соответственно нарастанию или убыванию значения картографируемого показателя. Иногда картограммы становятся похожи на карты количественного фона, с той, однако, разницей, что количественный фон всегда отнесен к областям естественного районирования, тогда как картограммы — к административным районам или ячейкам геометрической сетки.

5.18. Шкалы условных знаков

Шкалы на картах — это графическое изображение последовательности изменения (нарастания или убывания) количественных характеристик объектов, их значимости, интенсивности или плотности.

На картах со знаками, локализованными диаграммами и на картодиаграммах используют абсолютные и относительные шкалы значков, устанавливающие их размеры в соответствии с величинами изображаемых объектов (показателей). В **абсолютных шкалах** размер значка прямо пропорционален величине изображемого объекта (рис. 5.17). Например, если один кружок изображает на карте города с населением 25 тыс. человек, а другой — 200 тыс., то

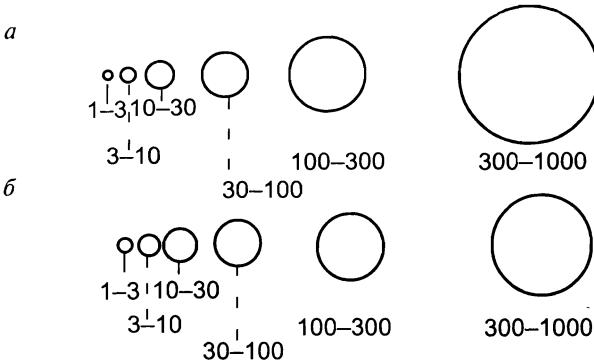


Рис. 5.18. Ступенчатые шкалы значков:

а — абсолютная; *б* — условная.

этот второй значок должен быть в восемь раз больше первого. Это очень наглядно, но неудобно при больших разбросах значений, например, значок 4-миллионного города должен быть в 160 раз больше значка 25-тысячного населенного пункта. Такой огромный кружок закроет на карте соседние значки и надписи. **Условные шкалы** отражают количественные различия в условной соизмеримости. Знак крупного города будет намного больше маленького, но все же не в сотни раз.

И абсолютные и относительные шкалы значков могут быть **непрерывными и ступенчатыми (интервальными)**. В непрерывной шкале размер знака меняется плавно в соответствии с изменением количественного показателя объекта. Ступенчатая шкала дает интервалы, например 10–30, затем 30–100, 100–300 и т. д. (рис. 5.18). При этом ступени могут быть одинаковыми (равномерная, равнотиповая шкала) либо разными (неравномерная шкала). В приведенном примере интервалы различны: 20, 70, 200 — это ступенчатая неравномерная шкала.

Выбор ступеней и самих размеров знаков — сложная задача. Возможны формальные подходы, скажем, применение интервалов в арифметической или геометрической прогрессии либо использование реальных перепадов количественных величин картографируемого явления. В картографии нет жестких правил выбора числа градаций в шкалах. Считается, что читатель карты легко различает шесть—восемь градаций, однако многое зависит от графических особенностей самих значков, их формы, цвета, соотношения с фоном и т.п., а также от установившихся традиций. Все, что сказано о значках, во многом справедливо для локализованных диаграмм, полос движения, картодиаграмм.

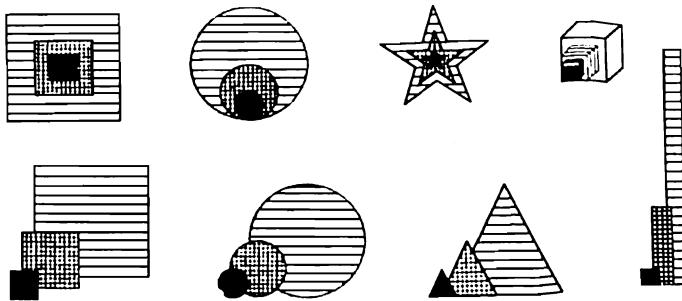


Рис. 5.19. Нарастающие значки

Динамические изменения значений картографируемого показателя иногда показывают с помощью шкал нарастающих значков (рис. 5.19). Графические решения могут быть разными. Наиболее ярко рост показателей передают линейные значки, но они занимают много места на карте, более экономны площадные и особенно объемные значки, однако зрительно они менее наглядны.

Компьютерные технологии позволяют строить *непрерывные (безинтервальные) шкалы*, когда, например, густота штриховки картограммы пропорциональна величине картографируемого показателя (рис. 5.20). Это обеспечивает более плавные переходы и повышает наглядность изображения, однако определять на глаз плотность штриховки в каждой территориальной ячейке и сопоставлять ее с легендой довольно затруднительно.

5.19. Цветовые шкалы

Цветовой строй любой шкалы основан на комбинациях главных цветовых характеристик — цветового тона, насыщенности (чистоты) и светлоты (яркости). В зависимости от их изменения различают шкалы однородных и смешанных (сложных) цветовых рядов.

Шкалы однородных цветовых рядов строят по принципу изменения одной цветовой характеристики, т.е. по цветовому тону, светлоте или насыщенности.

Шкалы смешанных (сложных) цветовых рядов получают путем изменения двух или трех цветовых параметров. Сочетание разных цветов и изменение последовательности их характеристик позволяет получать самые разнообразные цветовые ряды. Простота или сложность шкал зависит от самого отображаемого явления,

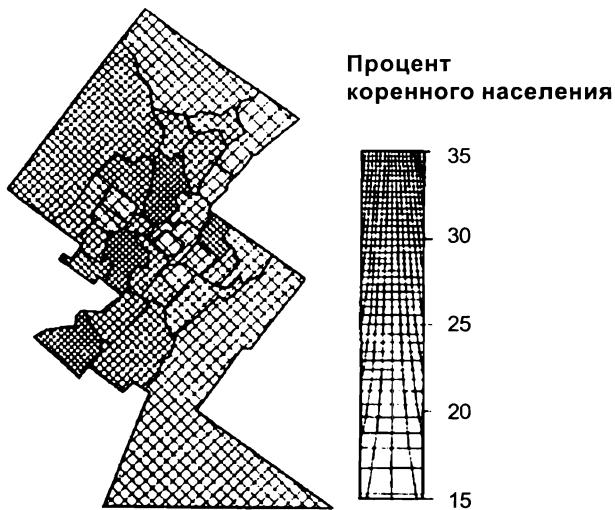


Рис. 5.20. Безынтервальная шкала

характера его распространения, степени детальности передачи на карте.

Однородные цветовые ряды применяют для тематических карт несложного содержания, отражающих один или два показателя. Шкалы однородных рядов, изменяющиеся по цветовому тону, но постоянные по светлоте и насыщенности, целесообразны для качественной характеристики объектов (например, политico-административного деления, национального состава населения, сельскохозяйственных культур). При этом стоит задача выбора гармоничного сочетания и хорошо различимых смежных ступеней цвета. Различимость и контрастность окрашиваемых полей достигаются использованием взаимно дополнительных (усиливающих друг друга) цветов, но сохранение постоянной светлоты для всех цветовых тонов практически затруднительно. Например, при одинаковой насыщенности желтый цвет воспринимается более светлым, чем другие, поэтому необходимо подравнивание цветов за счет незначительного изменения светлоты. Кроме того, следует учитывать различия в восприятии больших и малых цветовых пятен при их одинаковой насыщенности и светлоте. Для целостного восприятия различных окрасок необходимо немногого усиливать насыщенность цвета малых площадей.

В отображении качественных характеристик явлений, требующих определенных ассоциаций с реальностью, принимают цветовые сочетания, близкие к природным. Например, выделяя при-

родные зоны или физико-географические районы, используют «естественные» сочетания холодных и теплых спектральных цветов:

- для зоны тундры применяют серо-голубые, серо-лиловые цвета;
- для лесной зоны — зеленые;
- для лесостепной — зеленовато-желтые;
- для степной — желтые;
- для зоны пустынь — наиболее теплые желто-оранжевые цвета.

Цветовой строй шкал однородных рядов, реализуемых в геометрических значках, линиях, лентах, в небольших по площади или узких цветовых пятнах, тоже имеет свою специфику. Для оптимальной читаемости максимально увеличивают контрастность и насыщенность цветовых тонов шкалы, особенно когда строят структурные знаки (кружки, разделенные на секторы, и ленты, состоящие из нескольких полос).

Однородные цветовые шкалы, изменяющиеся по насыщенности или светлоте одного цвета, используются для передачи количественных показателей: температур воздуха, величины солнечного сияния, плотности населения, процента пахотных земель и др. Применение одного цвета обеспечивает хорошую читаемость, если число градаций в шкале невелико.

В сложных картографических обозначениях используются все три цветовые характеристики. При этом возможно построение весьма информативных шкал, отражающих одновременно количественную сторону за счет различий в светлоте и насыщенности, а также качественную характеристику явления — изменением цветового тона. Например, цветовая шкала (рис. 5.21), характеризующая средние температуры воздуха, четко разграничивает области с положительными и отрицательными температурами по изолинии 0° С. Плавная смена насыщенности теплых тонов и светлоты холодной гаммы хорошо передает постепенность изменения температур воздуха в пределах территории.

При изображении рельефа для окраски ступеней высот используют особые цветовые *гипсометрические шкалы*, наилучшим образом приспособленные для передачи высоты и морфологии рельефа суши и морского дна.

5.20. Динамические знаки

Создание картографических компьютерных анимаций привело к внедрению в практику *динамических графических переменных*. Иначе говоря, все статические графические переменные приобретают динамический характер.

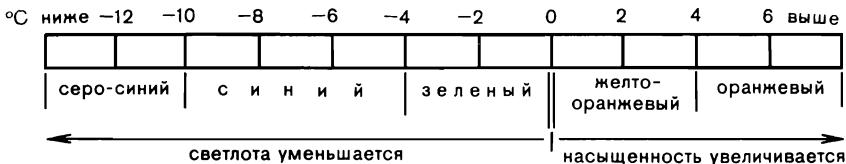


Рис. 5.21. Цветовая шакала, использующая изменения цветового фона, насыщенности и светлоты

ли еще одно временное измерение. Анимации позволяют изменять форму и размер объекта, цвет и насыщенность цвета, внутреннюю структуру и само положение знака на карте. Наиболее часто применяются:

- перемещение знаков по полю карты, например перемещение линий атмосферных фронтов на синоптических картах;
- движение стрелок, указывающее направления транспортных потоков, переноса воздушных масс и т.п.
- дефилирование цвета, т.е. постепенное изменение или даже пульсация окраски, вибрирование цвета, например при показе распространения ареала инфекции или эпидемии;
- мигание знаков, привлекающее внимание к какому-либо важному объекту на карте, например к источнику радиационного загрязнения окружающей среды.

Проектирование динамических картографических обозначений — новая, быстро развивающаяся область картографической семиотики на стыке с технологиями компьютерного дизайна. Здесь можно ожидать многих оригинальных решений. Например, большие возможности сулит использование анимационных эффектов в сочетании с трехмерной графикой.



Глава 6

Изображение рельефа

6.1. Общие требования

Рельеф — главный элемент ландшафта. Он определяет распределение и конфигурацию гидрографической сети, характер растительности и почвенного покрова, микроклимат и экологические условия, расположение дорог и населенных пунктов, — словом, все особенности местности. В рельефе земной поверхности отражаются геологическая структура территории и ее палеогеографическая история. В прошлом, да еще и сейчас, рельеф во многом определяет тактику ведения боевых действий. Добавим к этому, что рельеф местности имеет решающее значение при сельскохозяйственном освоении территории, гражданском, дорожном, гидротехническом строительстве. Отсюда становится понятным то особое внимание, которое всегда уделялось методам изображения рельефа на картах.

Рельеф земной поверхности образует сплошное, непрерывное и в целом плавно изменяющееся поле высот. Имеются и резкие изменения высот: обрывы, овраги, уступы куэст и т.п. Для изображения рельефа целесообразнее всего применять изолинии и способ значков, а на геоморфологических картах — способы качественного фона и ареалов. Вместе с тем есть специфические требования, которым всегда подчиняется изображение рельефа на гипсометрических картах:

- **метричность** изображения, обеспечивающая возможность получения по карте абсолютных высот и превышений, характеристик углов наклона, расчленения и др;
- **пластичность** изображения, т.е. наглядная передача неровностей рельефа, формирующая у читателя зрительный образ местности;
- **морфологическое соответствие** изображения, что проявляется в стремлении подчеркнуть типологические особенности форм рельефа, его структурность.

Стремление по возможности учесть эти достаточно противоречивые требования проходит через всю историю развития способов картографирования рельефа. На разных исторических этапах на первый план выходили задачи создания пластического объемного или метрически точного изображения, либо подчеркивания морфоструктуры рельефа, либо совмещения этих требований на одной карте.

6.2. Перспективные изображения

На старых картах рельеф изображался схематическим перспективным рисунком в виде отдельных возвышенностей, хребтов, горок. Для большей выразительности горки покрывались тенями — этот способ иногда называли картинным изображением рельефа. Для него не требовалось знания абсолютных или относительных высот, крутизны склонов, а было достаточно лишь передать общее расположение водоразделов, направление основных гряд и хребтов (рис. 6.1). Такое изображение достаточно наглядно, но, конечно, ни о какой геометрической точности не может быть и речи. Картические карты рельефа иногда рисовали художники; из-



Рис. 6.1. Фрагмент карты Моравии с перспективным рисунком рельефа (XVII в.)

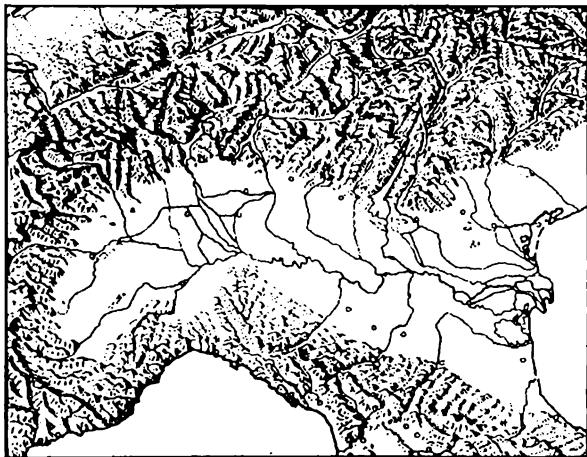


Рис. 6.2. Перспективное изображение горного рельефа Северной Италии (по Э. Райсу)

вестна, например, карта рельефа Тосканского побережья, нарисованная Леонардо да Винчи и представляющая картину местности как бы с высоты птичьего полета. В настоящее время этот способ почти не применяется, его можно встретить лишь на стилизованных исторических картах.

Однако через два с лишним века картины получили новое рождение. На современных картах стали использовать перспективные способы изображения рельефа, разрабатывать особые картины знаки, но уже на геометрически точной основе.

Новый способ получил название *физиографического*, он направлен на выявление физиономических черт рельефа, его морфологии (рис. 6.2). Физиографические карты широко применяют для показа рельефа дна океанов, поверхности далеких планет, его используют в туристских буклетеах и некоторых популярных изданиях. Такие карты отнюдь не предназначены для проведения по ним измерений, но они очень наглядны, похожи на блок-диаграммы или красочные художественные панорамы.

Такова поучительная эволюция способов перспективного изображения рельефа: от примитивных картины изображений, оставшихся в далеком прошлом, к точным современным физиографическим картам. Это наглядный пример стремления картографов показать читателю пластику, объемность, трехмерность рельефа. Создание подобных изображений требует немалого искусства, это всегда «штучные» картографические произведения.

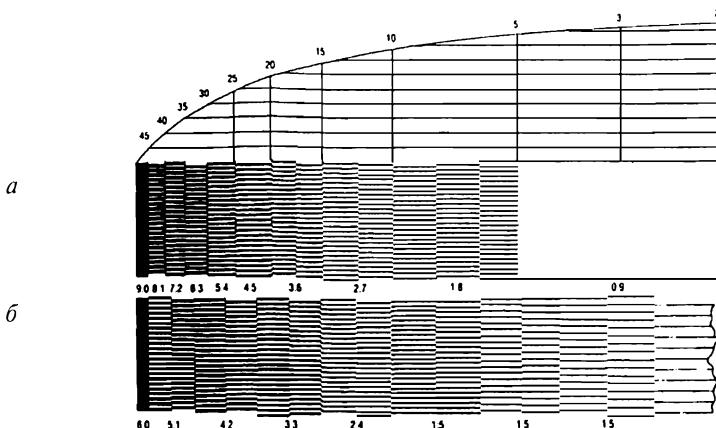


Рис. 6.3. Шкалы штрихов крутизны:

а — шкала И. Лемана; *б* — шкала Главного штаба.

6.3. Способы штрихов

Схематичные перспективные изображения рельефа еще в XVIII в. перестали удовлетворять войска — основных потребителей карт. Им необходимо было получать по картам точное представление о пересеченности местности и крутизне склонов. Характер рельефа определял маневрирование пехоты, кавалерии и артиллерии. Это стало основной причиной перехода к шкалам штрихов крутизны. Принцип построения таких шкал прост: чем круче склон, тем толще и плотнее штриховка, что отвечает изменению освещенности, при которой крутые склоны как бы покрыты глубокой тенью, а пологие — максимально освещены (рис. 6.3).

Впервые шкалу штрихов крутизны создал в 1799 г. саксонский картограф Иоганн Леман. Он принял следующее допущение: отношение тени, то есть толщины штриха (T), к свету, т.е. к промежутку между штрихами (C), выражалось простой пропорцией:

$$T/C = \alpha / (45^\circ - \alpha),$$

где α — угол наклона склона. Шкала Лемана состояла из девяти ступеней, для склонов с углами наклона $0-5^\circ$ отношение ширины штриха к ширине просвета составляло $0:9$, $5-10^\circ - 1:8$ и т.д. На самой верхней ступени шкалы $40-45^\circ$ это соотношение составляло $8:1$, а склоны с крутизной более 45° покрывались сплошным черным цветом. Штрихи располагались вдоль направления скатов, и это придавало изображению рельефа большую пластичность, хорошо подчер-

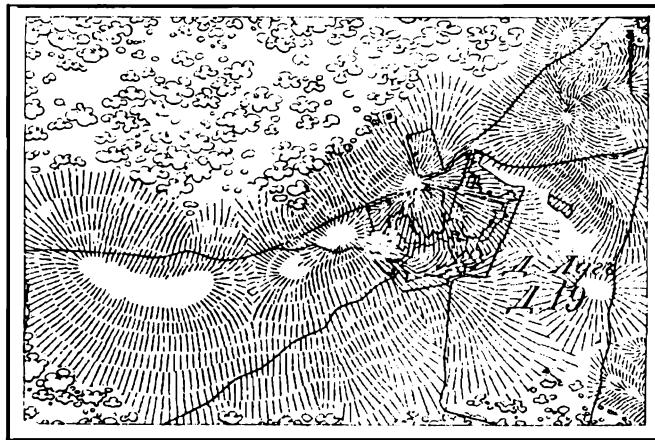


Рис. 6.4. Часть съемочного топографического планшета Санкт-Петербургской губернии, выполненного в штрихах крутизны

кивая неровности и перегибы поверхности, в особенности в горной местности.

В России применяли иные шкалы, в которых более детально были проработаны ступени для малых уклонов (менее 15°): увеличено число градаций, изменена толщина штрихов и ширина промежутков между ними. Таковы шкала А. П. Болотова и шкала Главного штаба. Основные русские топографические карты, созданные в середине и конце XIX в.: одноверстная, трехверстная и десятиверстная Европейской России и стоверстная карта Азиатской России — содержат прекрасные образцы применения штрихов крутизны. Штрихи выполнялись способом гравюры, и это придает изображению рельефа особую тонкость и художественность, карты дают наглядный образ местности и смотрятся, как произведения искусства (рис. 6.4).

Интересно, что для нанесения штрихов на карте вначале проводили горизонтали, они служили канвой для построения линий скатов, далее по ним вычерчивали штрихи. С окончательного рисунка вспомогательные горизонтали снимали (рис. 6.5).

Иной принцип использовался при изображении рельефа с помощью *теневых штрихов*, которые наносили по принципу бокового (косого) освещения. Обычно предполагалось, что источник света размещен в северо-западном углу карты. Штрихи черного или коричневого цвета накладывали так, чтобы выделить освещенные и затененные склоны, подчеркнуть основные формы рельефа, перегибы склонов, расчленение поверхности.

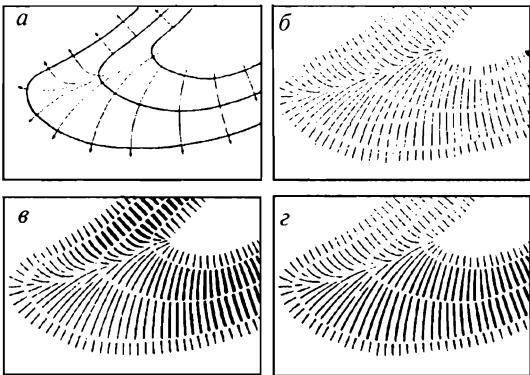


Рис. 6.5. Схема построения штрихового рисунка рельефа:

а — исходные горизонтали и линии скатов; *б* — расстановка штрихов; *в* — штрихи крутизны; *г* — теневые штрихи.

Способы штрихов очень хорошо передают пластику рельефа, его морфологию, но они не позволяют определять абсолютные и относительные высоты рельефа. Кроме того, гравирование или рисовка штрихов весьма трудоемки, а печатание карт требует высокой техники воспроизведения. Внедрение в картоиздание фотопрепродукционных процессов и плоской печати сильно затруднило воспроизведение штрихов; тонкие линии при печати рвутся, а толстые штрихи — раздавливаются и сливаются. Все это заставило картографов искать другие способы изображения рельефа.

6.4. Горизонтали

Горизонтали (изогипсы) — линии равных высот. Они представляют собой проекции на плоскость следов сечения рельефа уровнями поверхностями, проведенными через заданный интервал, который называется *высотой сечения рельефа*.

Горизонтали — основной способ изображения рельефа на современных топографических, общегеографических, физических, гипсометрических картах. Одно из важных достоинств способа — его высокая метричность. В любом месте карты по горизонталям можно определить абсолютную и относительную высоты, форму и крутизну склонов, рассчитать морфометрические показатели вертикального и горизонтального расчленения. Благодаря горизонталям карты рельефа стали ценным источником информации при морфометрических определениях, статистических расчетах, мате-

Таблица 6.1

Высота сечения рельефа (в метрах) на российских топографических картах

Территории	Масштабы карт					
	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000
Плоскоравнинные открытые	2,5	2,5	10	20	20	50
Плоскоравнинные заросшие, равнинные пересеченные, холмистые, а также песчаные пустыни	5	5	10	20	20	50
Предгорные и горные	5	5	10	20	40	100
Высокогорные	—	10	20	40	40	100

матическом моделировании, в частности при создании цифровых моделей рельефа.

Ключевая проблема изображения рельефа горизонталями — выбор величины сечения. Для топографических карт установлены стандартные сечения в зависимости от масштаба карты и характера изображаемой территории (табл. 6.1).

В тех случаях, когда с помощью горизонталей основного сечения не удается показать какие-либо существенные детали рельефа, применяют дополнительные *полугоризонтали*. Их проводят на половинной высоте принятого сечения рельефа. Например, на плоской поверхности Прикаспийской низменности полугоризонтали показывают многочисленные и невысокие соляные купола. Иногда бывают недостаточны и полугоризонтали, тогда вводят *вспомогательные горизонтали* с произвольно выбранной высотой сечения.

На мелкомасштабных физических и гипсометрических картах, охватывающих обширные территории, сечение рельефа может быть переменным для различных районов: низменностей, возвышенностей и высокогорий. Например, на одной из лучших Гипсометрической карте СССР в масштабе 1:2 500 000 для суши приняты такие интервалы сечения рельефа: от 0 до 300 м через 50 м, от 300 до 600 м — через 100 м, от 600 до 750 м — через 150 м, далее до высоты 4500 — через 250 м, до 6000 м — через 500 м и выше — через 1000 м. При выборе шкал сечения всегда учитывают, что горизонталь 200 м служит границей низменностей и возвышенностей, горизонталь 1000 м (иногда 750 м) — границей средневысот-

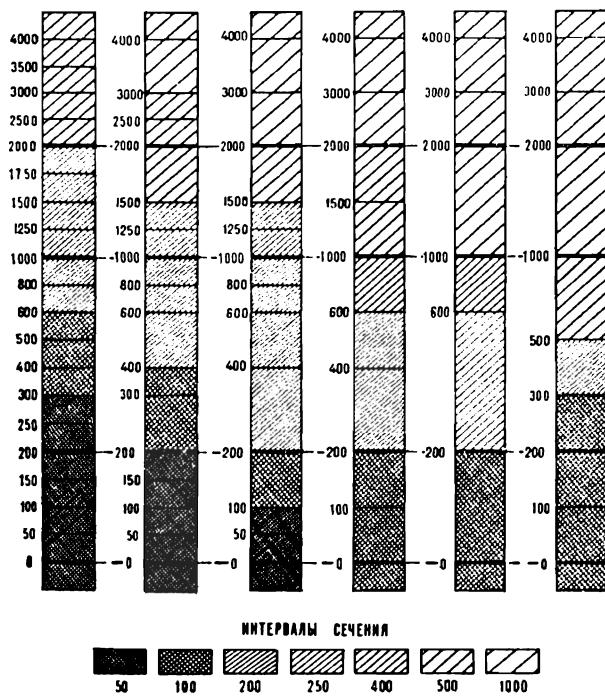


Рис. 6.6. Варианты шкал сечения рельефа с различными интервалами

ных гор, а горизонталь 2000 м — рубежом высоких гор и нагорий. Примеры наиболее употребительных шкал сечения рельефа, применяемых на мелкомасштабных картах России представлены на рис. 6.6. Все они имеют переменное сечение, но некоторые рубежи сохраняются в любых вариантах, это, например, горизонтали 200, 1000, 2000, 3000 и 5000 м.

Для изображения рельефа морского дна используют *изобаты* — изолинии равных глубин. На мелкомасштабных гипсометрических картах они также имеют переменное сечение, например, на шельфе (до глубин 200 м) — через 50 м, на континентальном склоне (до глубин 2500 м) — через 100 и 250 м, а в пределах глубоководных равнин и впадин — через 500, а потом через 1000 м.

6.5. Гипсометрические шкалы

Зрительное восприятие положительных и отрицательных форм рельефа достигается применением *цветовой пластики*. Она использу-

ет для построения шкал сочетания цветов, выбор которых основан на законах цветового зрения.

Цветовые гипсометрические шкалы должны удовлетворять следующим условиям:

- ◆ логическая последовательность изменения цветовых характеристик по ступеням высот;
- ◆ постепенность перехода цвета в ступенях;
- ◆ четкое выделение цветом качественных рубежей в рельефе (высотных зон суши или глубин океана);
- ◆ общая цветовая гармония шкалы, создающая впечатление цельности, единой поверхности рельефа;
- ◆ художественность, эстетичность цветовой гаммы;
- ◆ прозрачность цветов, сохраняющая читаемость других элементов содержания карты.

Шкалы гипсометрической окраски могут быть одноцветными и многоцветными с изменением цвета, его светлоты и насыщенности. Существует несколько принципов построения цветовых рядов таких шкал.

Затемняющиеся шкалы, построенные по принципу «чем выше, тем темнее», в которых насыщенность послойной окраски возрастает с высотой от бледно-зеленого до темно-зеленого цвета для низменностей и от желто-коричневого до темно-коричневого цвета — для горных районов. Такие шкалы логичны, они дают представление о нарастании высоты и крутизны склонов, однако бедны по колориту и недостаточно пластиичны.

Осветляющиеся шкалы, построенные по принципу «чем выше, тем светлее», когда происходит переход от серых и темно-оливковых тонов низменностей к светло-желтым высокогорьям и почти белым вершинам. Эти шкалы очень выразительны, горы кажутся освещенными солнцем, что придает рельефу пластику. Их часто используют для показа рельефа Альп, Памира, Тянь-Шаня и других высокогорных территорий. Неудобство, однако, состоит в том, что затемнены низменности, где обычно сосредоточена основная нагрузка карты: реки, населенные пункты, дороги и др.

Шкалы возрастающей насыщенности и теплоты тона, в которых применяется следующая последовательность цвета: серо-зеленый, зеленый, желтый, желто-оранжевый, оранжевый, красный. В этом случае горы выглядят ярко, а низменности как бы удалены и цвет их слегка приглушен — этим достигается хороший пластический эффект и различимость высотных ступеней. Такие шкалы применены на многих картах Атласа Мира, на лучших гипсометрических картах СССР и России.

Батиметрические шкалы менее разнообразны, оттенки светло-голубого цвета на мелководьях сменяются серо-голубыми, затем сине-фиолетовыми и темно-синими. В целом с глубиной затемнение шкал всегда усиливается.

Одноцветные шкалы обычно содержат пять-шесть, а многоцветные — до 16 ступеней послойной окраски. Ступени рельефа суши и морского дна обычно соединяют в одну шкалу.

6.6. Условные обозначения рельефа

Для показа элементов и форм рельефа, не выражающихся горизонталиями, применяют условные знаки. Обычно это связано с нарушением плавности поверхности. Таковы обрывы, скалистые гребни, глубокие ущелья, обрывистые стенки оврагов, узкие промоины и другие формы естественного рельефа (рис. 6.7). В этих случаях используют стандартные знаки коричневого цвета, которые хорошо сочетаются с топографической картой.

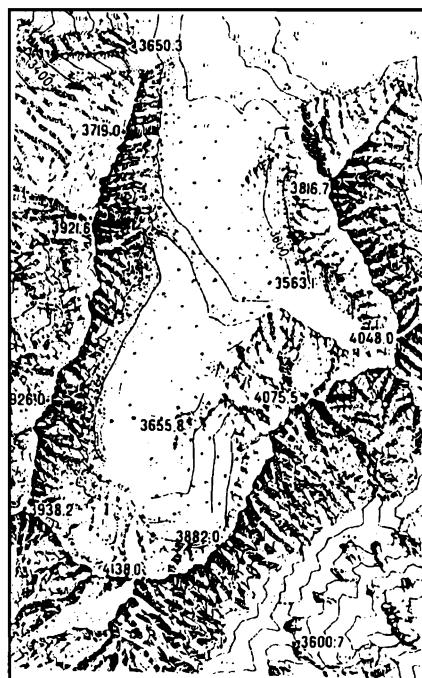


Рис. 6.7. Изображение скалистого рельефа высокогорья на топографической карте

таются с горизонталями. Если же необходимо изобразить искусственные формы рельефа, возникшие в результате техногенных воздействий, например уступы карьеров, канавы, насыпи, терриконы и т.п., то применяют значки черного цвета.

На геоморфологических картах для изображения форм рельефа применяют знаки ареалов. Так показывают распространение карстовых пещер, соляных куполов и бугров пучения, полигонального рельефа, барханов и градовых песков и других подобных форм. А на орографических картах, главное содержание которых составляют структурные элементы рельефа суши и дна океанов, широко используют линейные знаки для показа хребтов, уступов, впадин и котловин, подводных желобов и каньонов и др.

6.7. Светотеневая пластика. Отмывка рельефа

Наибольшую выразительность изображению придают способы теневой пластики, когда формы рельефа как бы покрываются тенями. Один из таких приемов — теневые штрихи — был рассмотрен выше (см. раздел 6.3). Позднее на смену ему пришел более простой *способ отмычки*, т.е. создание полутонаового изображения при заданном освещении местности. Наибольшую выразительность и объемность дают способы светотеневой пластики, которая обеспечивает плавный переход от светлого к темному. Черная (серая) или коричневая акварельная краска наносится на затененные склоны и размывается кистью так, чтобы на крутых склонах тени лежали гуще, а пологие — выглядели светлее. В картографии используются три варианта отмычки:

- ◆ отмывка при боковом (косом) освещении, чаще всего при северо-западном, когда свет падает как бы из левого верхнего угла карты, освещая западные и северо-западные и затеняя восточные и юго-восточные склоны (рис. 6.8);
- ◆ отмывка при отвесном (зенитальном) освещении, при котором свет падает сверху и освещенными оказываются вершины гор, а понижения — затененными;
- ◆ отмывка при комбинированном освещении, сочетающая эффекты бокового и отвесного освещения, она пригодна для нанесения теней на склоны любой ориентировки, этот художественный прием дает наилучший пластический эффект.

Отмывка используется как основной способ изображения рельефа на некоторых мелкомасштабных общегеографических картах



Рис. 6.8. Отмывка рельефа при северо-западном освещении

тах, но чаще легкую серую отмывку наносят в дополнение к горизонтальным и многоцветной гипсометрической окраске. Этим обеспечиваются максимальная пластиичность и высокие эстетические качества изображения.

Долгое время пластический эффект отмычки в решающей степени зависел от художественных навыков картографа, выполнение отмычки рассматривалось как искусство. Но оказалось, что этот художественный прием легко поддается автоматизации. *Аналитическая (автоматическая) отмывка* выполняется на основе подробной цифровой модели рельефа. Для всех элементарных квадратных ячеек автоматически рассчитываются углы наклона и в соответствии с ними наносится растр — точки разной величины, создающие в совокупности эффект тени. Таким образом, совокупность растровых точек создает впечатление полутонового изображения (рис. 6.9). Аналитическая отмывка широко используется при компьютерном картографировании, она обладает высокими художественными качествами и точностью.

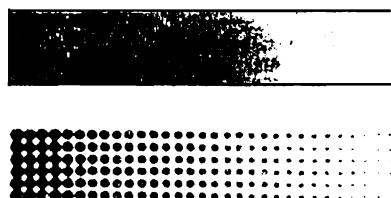


Рис. 6.9. Полутоновое изображение и его растровая структура

В последние годы аналитическую отмывку получают иногда на основе космических радиолокационных съемок бокового обзора. Радиолокация наклонным лучом прекрасно подчеркивает тенями все неровности местности, особенно при сильно пересеченном рельефе. Космические снимки с тенями используют для создания фотокарт.

К приемам теневой пластики относится также *фоторельеф*. Для этого вначале изготавливается пластиковая или гипсовая модель рельефа местности, которая затем фотографируется при боковом освещении. На снимке получается вполне натуральное распределение теней, оно и воспроизводится при печати карты. Часто фоторельеф используют в атласах как подложку к тематическим картам.

6.8. Освещенные горизонтали

Как было сказано выше, изображение рельефа горизонтальными обладает наибольшей метричностью, но проигрывает другим способам в отношении пластиичности. Поэтому картографы всегда стремились усилить пластиичность горизонталей, вводя дополнительное боковое «освещение».

Один из приемов заключается в утолщении горизонталей на затененных склонах и утончении их на освещенных склонах, что воспроизводит эффект распределения света и тени (рис. 6.10). Такие горизонтали с равным правом могут называться «освещенными» и «затененными».

Одним из первых этот прием применил инженер-генерал русской армии Э.И. Тотлебен, руководивший инженерными работами при обороне Севастополя в 1854–1855 гг. Составленная им карта Севастопольской бухты в освещенных горизонталах — прекрасный образец картографического искусства.

Позднее стали применять печать горизонталей в две краски: белой — на освещенных склонах и черной — на затененных, плавно меняя при этом толщину линий при переходе от света к тени. В настоящее время этот способ завоевал широкую популярность на генеральных батиметрических картах. Часто его называют *способом Танака* по имени японско-

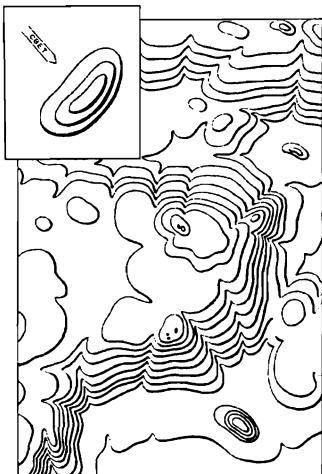


Рис 6.10. Освещенные (затененные) горизонтали

го картографа Исиро Танака, впервые удачно применившего его для картографирования рельефа дна Тихого океана. Суть состоит в том, что на светло-голубом фоне освещенная часть изобат печатается белым цветом, а затененная — темно-синим. При удачном выборе сечения рельеф морского дна выглядит выпукло и эффектно, карта легко читается и прекрасно передает морфологию подводных хребтов, желобов, вулканов и других форм. Освещенные изобаты применяют на современных генеральных картах Мирового океана.

6.9. Блок-диаграммы

Блок-диаграммы рельефа — это трехмерные плоские рисунки, передающие пластику земной поверхности. Обычно они совмещаются с продольными и поперечными разрезами, которые показывают внутреннее геолого-геоморфологическое строение территории (см. раздел 1.7). Блок-диаграммы строят по особым законам геометрической перспективы, сопровождая рисунок послойной раскраской или отмывкой для достижения наибольшей выразительности. Современные компьютерные технологии позволяют сравнительно легко получать трехмерные блок-диаграммные изображения на дисплее и проводить с ними различные преобразования.

Электронные блок-диаграммы рельефа получают в виде перспективно смешанных горизонталей (рис. 6.11) либо как систему

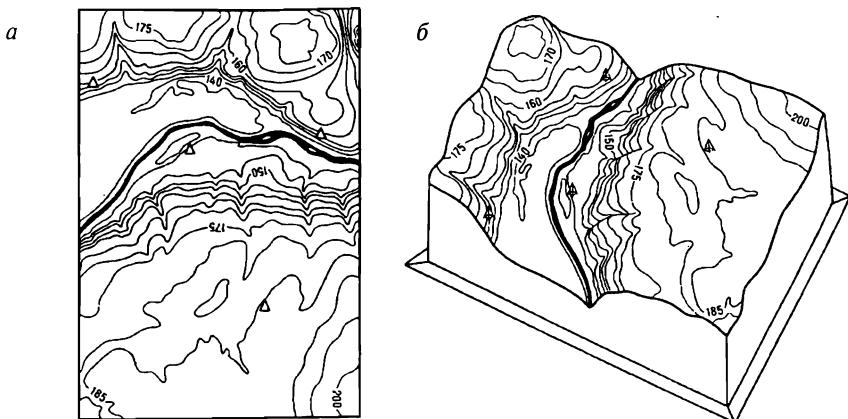


Рис. 6.11. Фрагмент карты рельефа местности (а) и блок-диаграмма того же участка в горизонталях (б), составленная на автоматическом гравиостроителе.

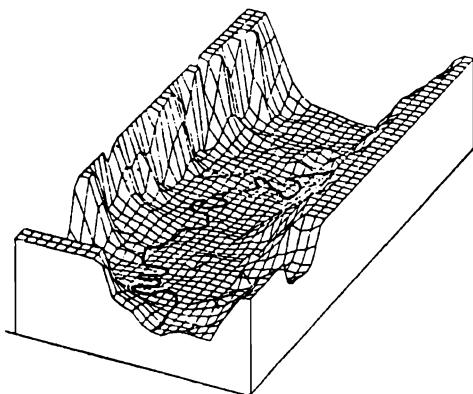


Рис. 6.12. Сеточная блок-диаграмма, построенная по цифровой модели в виде взаимно пересекающихся профилей

пересекающихся профилей (рис. 6.12). Блок-диаграммы с горизонталями удобны в том отношении, что по ним, как по картам, легко определять абсолютные и относительные высоты, уклоны, на них можно наносить дополнительную нагрузку, например почвы, растительный покров и т.п.

6.10. Высотные отметки

Высотные отметки — это цифры, помещаемые на картах возле высотных точек и указывающие их абсолютную или относительную высоту или глубину.

С помощью высотных отметок показывают особо важные (командные) или характерные высоты, например вершины гор, холмов, высоты перевалов, обрывов и уступов, насыпей и курганов. Они облегчают чтение карты и понимание характера рельефа.

На морских навигационных картах **отметки глубин** часто составляют главный способ изображения подводного рельефа. Их приводят точно в местах промеров, тем самым подчеркивая плотность промеров и детальность изученности морского дна (рис. 6.13). При достаточно детальной сети промеров на навигационные карты наносят еще и изобаты.

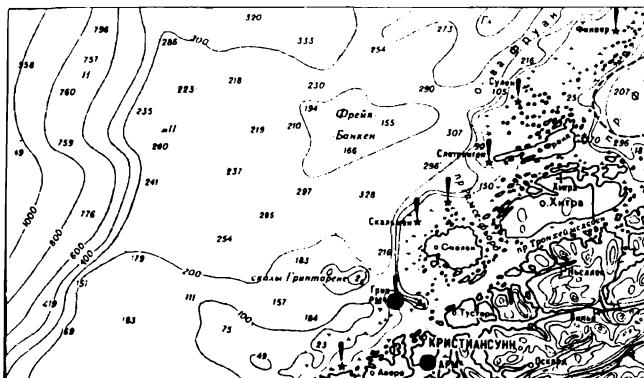


Рис. 6.13. Фрагмент морской навигационной карты с отметками глубин

6.11. Цифровые модели рельефа

Автоматизация картографирования привела к созданию и повсеместному использованию **цифровых моделей рельефа (ЦМР)** — совокупностей (массивов, файлов) высотных отметок Z , взятых в узлах некоторой сети точек с координатами X и Y и закодированных в числовой форме.

Различают четыре способа построения ЦМР:

- ◆ получение высотных отметок в узлах регулярной сетки, в вершинах квадратов или прямоугольников — создание матрицы высот;
- ◆ нерегулярное (или случайное) размещение высотных отметок в узлах произвольной треугольной сети — такие данные обычно получают при съемках на местности;
- ◆ размещение высотных отметок вдоль горизонталей или изобат с определенным шагом, т.е. цифрование этих изолиний по карте;
- ◆ получение высотных отметок в точках пересечения горизонталей со структурными линиями рельефа — осьми водоразделов, тальвегами и др., что дает возможность наиболее точно зафиксировать морфологию рельефа.

ЦМР — основа компьютерного картографирования. Они позволяют восстанавливать (визуализировать) рельеф в горизонталях с помощью процедур интерполяции, экстраполяции или аппроксимации. На основе ЦМР выполняют разнообразные расчеты и преобразования, автоматически строят производные морфомет-

рические карты: уклонов и экспозиций склонов, расчленения, зон видимости/невидимости и др. В автоматическом режиме можно восстанавливать тальвеги рек и всю эрозионную сеть. Кроме того, ЦМР служат для построения блок-диаграмм, панорам и иных трехмерных изображений рельефа, в том числе динамических моделей, вращающихся на экране компьютера. Детальные ЦМР позволяют выполнять аналитическую отмытку рельефа при заданном освещении (см. раздел 6.7).

Иногда говорят о том, что на основе ЦМР получают *цифровые карты рельефа*, т.е. цифровые модели горизонталей с точностью и степенью генерализации, соответствующей заданному масштабу. Однако это не совсем точно, поскольку «цифровые карты» не являются картами в полном смысле слова (см. раздел 1.7). На самом деле речь идет о компьютерных (электронных) картах, полученных посредством визуализаций цифровых моделей.



Глава 7

Картографический дизайн

7.1. Сущность и тенденции развития

Картографический дизайн как отрасль картографии изучает и разрабатывает теорию и методы художественного проектирования и оформления картографических произведений средствами традиционной и компьютерной графики. В процессе дизайна решается несколько взаимосвязанных задач:

- оценка и выбор изобразительных средств для проектирования эффективной системы картографических знаков;
- применение художественных способов и приемов (цвета, пластики изображений и др.);
- разработка дизайна внешнего вида картографического произведения;
- применение технологий компьютерной графики.

Реализация этих задач происходит с учетом основных свойств каждого картографического произведения, его масштаба, типа, назначения и характера использования, размера изображаемой территории, а также технологии издания и полиграфического воспроизведения. Художественное проектирование карт и атласов должно удовлетворять общим требованиям дизайна, к которым относятся выразительность содержания, удобство формы, экономичность и высокое эстетическое качество.

Оформление картографических произведений, его функции и эстетические оценки не оставались неизменными в разные эпохи. Они менялись в соответствии с общими взглядами на карту как произведение науки или искусства. Стиль оформления всегда отражал определенные эпохи развития картографии, их концепции, научные и практические интересы. В немалой степени проявлялась также и индивидуальность картографа-художника.

Так, в XV–XVI вв. в период расцвета средневековой картографии, когда карты принадлежали одновременно науке и искусству, отмечается великолепие декоративного оформления. Благодаря разvившейся техники гравирования оно отличалось изяществом рамок и надписей, красотой и высокой художественностью рисунков, отражающих военные, бытовые сцены и другие сюжеты. Участие в оформлении карт известных художников того времени: Альбрехта Дюрера, Ганса Гольбейна, Леонардо да Винчи — наложило отпечаток подлинной художественности на картографические произведения. Внешний вид карты с ее красочными надписями, декоративными рамками, художественными рисунками буквально подавлял скромное картографическое изображение, выполненное плановыми и перспективными обозначениями. Художественные элементы размещали внутри рамки карты, они заполняли пустые места, для которых не было информации, и тем самым улучшали общую композицию.

Броская декоративность оформления (художественные картины, виньетки, орнамент) встречалась и в русской картографии. Например, титульный лист «Чертежной книги Сибири» (1701) украшен орнаментом, внутри которого размещена красиво скомпонованная надпись (см. рис. 13.4). Карты имели крупные заголовки, а пояснительные тексты сопровождались красочными украшениями.

В более поздних изданиях функции внешнего оформления изменились, хотя художественность и красочность сохранились. Появилась тенденция не только украсить карту, но и дополнить ее содержание. Например, на картах в красиво оформленных рамках помещали рисунки этнографического содержания, планы портов. На рис. 7.1 приведено оформление карты из «Атласа Российского» (1745) с художественно выполненными тематическими картушами и виньетками.

В XIX в. преобладающим стал взгляд на карту как на техническое средство, а развитие техники размножения карт, фотографии, многокрасочной печати позволило увеличить тиражи карт, удешевить производство. Дорогостоящие и громоздкие украшения исчезли, уступив место орнаментированным рамкам и художественным шрифтам надписей.

В конце XIX — начале XX вв. в связи с быстро нарастающим практическим значением карт, развитием морской и военной картографии возросли требования непосредственно к содержанию карт и геометрически точному изображению территории. Интерес к декоративному оформлению карт со временем заметно ослабел, и многие годы внешний вид карт имел однообразные стандартные

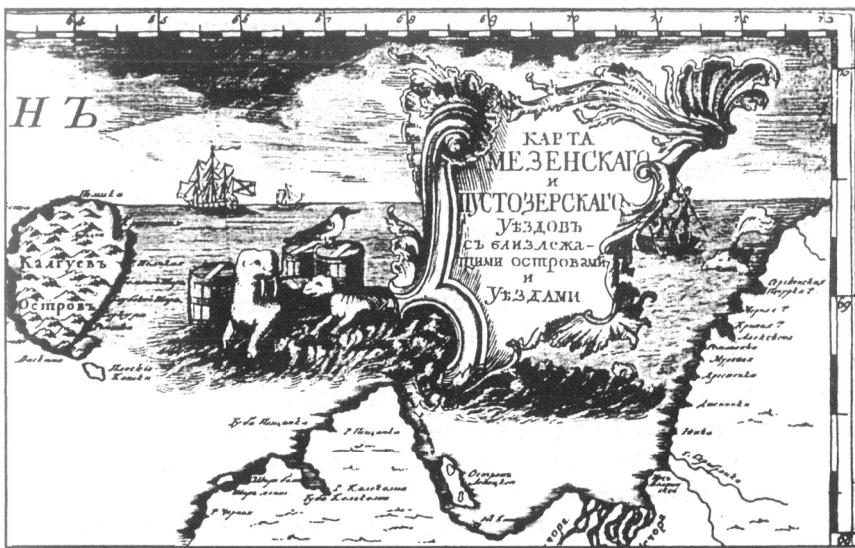


Рис. 7.1. Художественное оформление карты из «Атласа Российской» Академии наук (1745)

формы. Преобладали простые геометрические рамки и наборные шрифты. Утвердился определенный шаблон в оформлении карт с ярко выраженным техническим уклоном, лишенным эстетичности, особенно на топографических картах.

Наконец, на современном этапе общее оформление карт приобрело новые функции. Сохраняя свою эстетическую значимость, оно стало дополнять и обогащать содержание карты. Отчетливо проявилась тенденция к достижению единства внутреннего содержания и внешнего оформления карт.

Широкое применение современных карт во многих отраслях науки и производства усиливает внимание к совершенству ее общей формы и к эстетике восприятия. Внешний вид карт должен способствовать тесному контакту с ее потребителем, обеспечивать удобство работы, быть рациональным и экономичным. С использованием автоматических средств и методов издания, повышающих эффективность производства и позволяющих факсимильное воспроизведение, возросли требования к оформлению оригиналов картографических произведений, их художественному исполнению, общему эстетическому виду. Многие изданные отечественные и зарубежные карты и атласы могут служить образцами высокой изобразительной культуры компьютерного дизайна.

7.2. Изобразительные средства

Изобразительные средства картографического дизайна — это совокупность технической и художественной графики.

Графические построения на карте в большинстве случаев представлены плоскими и реже объемными фигурами разной геометрической формы. Возможны и иллюзорно-трехмерные построения, позволяющие преодолеть двухмерность плоского изображения, способные создать объемное представление о предмете, отразить глубину пространства. Кроме того, изобразительные средства включают различные художественные элементы. Важнейшим графическим средством во всех случаях является цвет (см. раздел 5.5).

Сочетание средств различной изобразительной силы и емкости обеспечивает богатые возможности проектирования рациональных систем картографических знаков. Проектирование и применение знаковых систем предполагает знание законов зрительного восприятия, их физической сущности. Это явления светового излучения (отражение, пропускание, поглощение света и т.п.), физиологические свойства восприятия, т.е. действие излучения на орган зрения, вызывающее ощущение света, а также психологические особенности — восприятие различий в качестве и количестве света, позволяющего судить о форме, размере, объеме предметов, глубине пространства и т.п.

Правильное использование изобразительных средств, сочетание формы, размеров, комбинаций графических элементов, их перекрытие, наслаждение и т.п. — все это направлено в конечном счете на достижение оптимальной читаемости карт, эффективности их использования в процессе научного познания и передачи пространственной информации.

Все графические элементы карты принято делить на *штриховые* (к ним относятся и шрифты), представленные линиями, штрихами, точками, и *фоновые* — площасти, окрашиваемые разными цветами. Это деление основано на различии функций штриховых и фоновых элементов, их изобразительных возможностей, восприятия, техники исполнения (рукописной и компьютерной), полиграфического воспроизведения. Выделяют также *полутоновые* элементы, выполняемые цветовым тоном разной яркости (принцип светотени). Соответственно при рукописном или компьютерном создании карты изготавливают штриховые оригиналы, включающие штриховые элементы, красочные оригиналы — копии, раскрашенные в цветах, выбранных для издания, и полутоновые оригиналы.

Компьютерные технологии обеспечивают быстрое и качественное воспроизведение любых изобразительных средств, обогащение их новыми видами обозначений (мерцающие, движущиеся, масштабируемые знаки и др.). Существенно возрастают и возможности использования цвета. Оптическое смешение цветов и электронное цветоделение позволяют значительно расширить цветовую гамму чистых тонов. Становится возможным разрабатывать сложные легенды, содержащие до 150 цветов, например, на геологических, геоботанических, ландшафтных картах.

Естественно, компьютерный дизайн опирается на традиционные принципы оформления карт и методы их полиграфического воспроизведения карт. Например, разработанные еще в XVIII в. принципы аналитической отмывки, долго не находившие применения из-за трудоемкости исполнения, легко реализуются с помощью компьютерной техники. С более высоким качеством воспроизводится цветная аналитическая отмывка, цветовая пластика, другие художественные приемы. Некоторые карты и атласы, созданные с применением компьютерных технологий, стали образцами высокой изобразительной культуры.

7.3. Факторы дизайна

Индивидуальность оформления, композиционный строй карты, ее стиль и художественное совершенство во многом зависят от умения дизайнера-картографа выбрать целесообразную форму подачи содержания, оптимизировать соотношение наглядного и абстрактного, обеспечить гармоничность и эстетичность произведения. Как было показано выше, значительную роль играют уровень развития изобразительных средств, возможности технической и художественной графики, а также технологии полиграфического производства. Главные факторы, влияющие на дизайн картографического произведения:

- ◆ вид произведения (отдельная карта, серия карт, атлас);
- ◆ назначение и характер использования;
- ◆ тематика.

Вид картографического произведения определяет индивидуальный или общий, системный подход к проектированию оформления. Если речь идет об отдельной карте, то оформление может быть индивидуальным, оно увязывается и согласуется лишь с содержанием данной карты, дополняя, обогащая его, усиливая общую выразительность и эстетические качества.

Оформление серий карт — более сложная задача. Необходимо отразить тематическую индивидуальность каждой карты и в то же время показать общую идею, взаимосвязь, сопоставимость, единство всей серии. Как правило, для серий карт разрабатывается единое внешнее оформление.

Атлас как систематическое собрание карт, выполненное по общей программе, требует внутреннего единства оформления. Оно достигается соответствующим оформлением карт одной тематики внутри раздела, отдельных тематических разделов и внешнего облика атласа (обложка, суперобложка, форзац, титульные листы и др.), подчеркивающего своеобразие стиля, связанного с назначением. Поэтому разработка общего проекта оформления атласа учитывает эстетическую сторону (выразительность и привлекательность) и смысловые аспекты, т.е. удобство совместного анализа и использования карт разных тематических разделов атласа.

Назначение и характер использования картографического произведения наиболее сильно влияют на применение изобразительных средств и выбор приемов композиции для создания определенного стиля оформления. Например, карты, предназначенные для решения специальных и хозяйственных задач, — проектные, оперативно-хозяйственные, навигационные — ориентированы прежде всего на специалистов-практиков конкретной отрасли, заинтересованных не столько в художественном оформлении карты, сколько в точности и четкости изображения. В то же время карты, используемые для просвещения, науки и культуры, имеют более широкий круг потребителей разного уровня подготовки (от научных работников, специалистов высокой квалификации до школьников начальных классов), что обуславливает разнообразие художественно-композиционных приемов. Некоторые группы карт (учебные для начальной, средней, высшей школы, научно-справочные, культурно-просветительные, туристские и др.) имеют свою специфику и в каждом случае предусматривают особый стиль оформления.

При учете назначения в оформлении картографических произведений следует иметь в виду многоцелевой характер многих карт и атласов. В частности, научно-справочные карты и атласы широко применяют в высшей школе, в планировании и проектировании, хозяйственном управлении и строительстве, в научных исследованиях.

Тематика картографических произведений также сказывается на специфике общего оформления. Общегеографические карты крупных и средних масштабов (топографические и обзорно-топографические) унифицированы во внешнем оформлении. Оно зак-

реплено соответствующими инструкциями и наставлениями. Естественно, они не остаются неизменными, раз и навсегда установленными, а постепенно совершенствуются. Более свободен выбор композиционных приемов и изобразительных средств для мелкомасштабных общегеографических карт, но и для них набор элементов внешнего оформления сравнительно невелик.

Тематические карты наиболее многообразны, а некоторые из них довольно сложны по композиции и изобразительным средствам общего оформления. Они нередко сопровождаются большим числом дополнительных элементов: разнообразными диаграммами, графиками, врезками, фотографиями, рисунками и другими иллюстрациями. Чтобы добиться оптимальной компоновки, выразительности и наглядности всех элементов и в то же время подчеркнуть их значимость, необходимы экспериментальные работы, даже при имеющемся опыте и навыках картографического дизайна.

7.4. Дизайн на разных этапах создания карты

Полный цикл работ по созданию карты состоит из последовательных этапов: *проектирования, составления, подготовки карты к изданию и ее издания* (см. главу 15). Различные виды работ, касающиеся непосредственно оформления карты, выполняются практически на всех этапах ее создания.

При разработке проекта карты решается главная задача — выбор изобразительных средств для всех элементов содержания и последующее проектирование целостной системы картографических знаков. Оптимальность проекта условных обозначений проверяется на экспериментальных образцах красочного оформления. На этом этапе разрабатывается также внешнее оформление карты: рамки, их рисунок, вид и размер шрифта для заглавия, дополнительные элементы содержания (карты-врезки, диаграммы, профили и т.п.). Затем определяется общая композиция, т.е. место всех внешних элементов относительно изображения. При этом основная забота дизайнера — проектирование гармоничного облика карты, логичное и экономичное размещение внешних элементов, использование художественных приемов, подчеркивающих специфику стиля картографического произведения. Здесь широкое поле для художественно-конструкторской деятельности картографа, особенно при проектировании крупных произведений (например, комплексных атласов).

Этап составления карты состоит в графическом построении оригинала, что связано с творческим процессом отбора и обобщения элементов содержания, правильной локализацией объектов, соблюдением необходимой точности нанесения элементов и одновременно — с вычерчиванием штриховых элементов карты, нанесением подписей, названий и т.п. При рукописном исполнении для этого используют чертежные инструменты и приспособления, при компьютерном дизайне — набор (пакет) программных средств, обеспечивающих выполнение работы в соответствии с требуемым качеством и технологией.

Самый важный момент на этом этапе — графическое построение легенды карты, т.е. размещение условных знаков в определенной системе и последовательности, расчет расстояний между группами и отдельными знаками, определение соотношения размеров шрифтов для заголовков и пояснительных подписей условных обозначений и т.п.

При подготовке карты к изданию выполняется ответственная часть оформительских работ — изготовление оригиналов, специально предназначенных для получения с них печатных форм и последующего печатания карты (см. главу 15). На этом этапе задача оформления состоит в разработке окончательного вида цветовых сочетаний, выборе гармоничных тонов для фоновых элементов, т.е. подготовке красочного оригинала. Он дает полное представление о будущей карте и ее художественных достоинствах, служит для подбора цветов при полиграфическом воспроизведении. Чтобы найти наилучшее цветовое решение (особенно для сложных карт), нередко выполняют несколько вариантов красочного оформления.

Окончательное суждение о внешнем облике карты дает красочная проба, выполняемая в единичных экземплярах. Она необходима для проверки соответствия цветового воспроизведения рукописному или компьютерному красочному оригиналу. Даже на этой почти завершающей стадии изготовления карты требуются оформительские работы по исправлению, а иногда изменению сочетаний фоновых элементов, усилению или ослаблению цветового тона и т.п.

Таким образом, работы по дизайну пронизывают все этапы создания карты. С одной стороны, они носят глубоко творческий характер, требуют художественного вкуса и мастерства, а с другой — владения сложными исполнительскими средствами, программами и методами технической графики.

7.5. Дизайн карт и атласов разного назначения

Как сказано выше (см. раздел 7.3), назначение и условия работы с картой оказывают наибольшее воздействие на специфику и индивидуальность дизайна. В особенности это касается произведений с четко выраженным целевым назначением, например учебных, культурно-просветительных, военных, туристских и т.п.

Учебные карты и атласы для начальной и средней школы используют в оформлении художественные элементы — живописные картины и пластические рисунки, плановые и перспективные фотографии и др. Они способствуют наглядному реалистическому представлению о свойствах местности, пространственном размещении объектов, помогают школьнику усвоить карту, запомнить условные знаки, перейти от реалистического изображения объектов к абстрактному.

Наглядность, простота восприятия, запоминаемость, развитие географического мышления — основные требования к оформлению школьных карт и атласов. Этой же цели соответствует их внешнее оформление, т.е. обложка, титульный лист, форзацы и др. Примером могут служить учебные атласы для средней школы 6–10 классов. Художественные шрифты названий, стилизованные изображения мира на цветной подложке и «разброс» фотографий по карте подчеркивают тематику атласов «Физическая география России» для 8-го класса и «Экономическая и социальная география мира» для 10-го класса (рис. 7.2).

Учебным картам для высшей школы свойствен иной характер оформления, в них преобладают абстрактные приемы изображения: площадные и объемные диаграммы, графики, профили и др. Такое оформление согласуется с общей целевой установкой внутреннего содержания карты — обеспечить наибольшую емкость основного и дополнительного содержания. Наглядность оформления достигается контрастностью цветных фонов и штрихового рисунка.

Справочные карты и атласы общегеографического типа отличаются лаконичным внешним оформлением, включающим название, масштаб, условные обозначения и выходные данные. Иногда дается дополнительная информация в виде таблиц, текстовых пояснений. Художественные приемы подчеркивают справочный характер атласа, например, на форзацах помещают государственные флаги стран мира, как это сделано в Атласе Офицера (1964), или размещают на титульных листах разделов сборные таблицы карт, как в справочном Атласе Мира (1967).

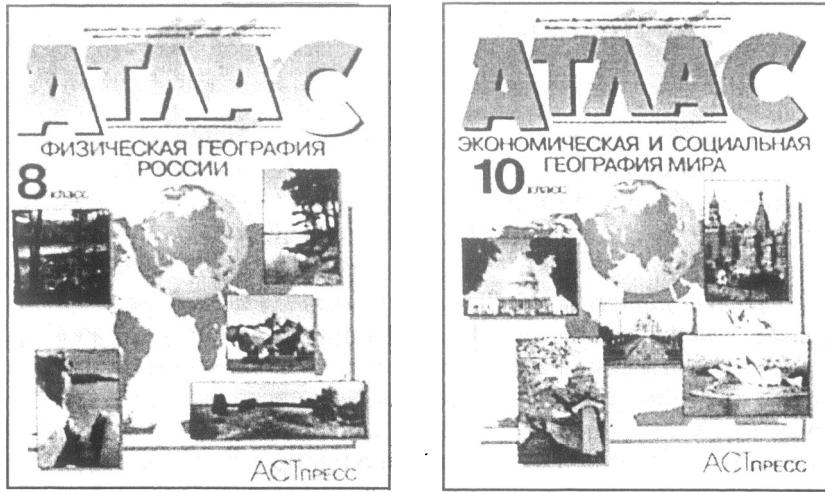


Рис. 7.2. Дизайн обложек школьных атласов

Научно-справочные карты и атласы (в основном тематические) многоцелевого назначения используют в народном хозяйстве для проектирования, планирования, управления, они служат также для научных исследований и применяются в высшей школе. Широкая сфера применения и высокая квалификация потребителей накладывают определенный отпечаток и на стиль оформления этих картографических произведений.

Как правило, карты такого типа включают большое разнообразие дополнительных элементов (графики, карты-врезки, диаграммы, таблицы со статистическими сведениями). Их общая цель — обогатить содержание основной карты, конкретизировать ее в отдельных частях, раскрыть новые взаимосвязи и закономерности. Выбор изобразительных средств подчинен научно-справочному назначению, для которого существенно применение экономных и информативных графических средств, занимающих мало места. Поэтому в оформлении преобладают абстрактные изображения. Научно-справочные карты настольного использования отличает тонкость штрихового рисунка, компактность графиков и диаграмм, изящность шрифтов. Наглядность внешнего оформления научно-справочных произведений усиливает применение диаграмм, рисунок и цвет которых символизируют изображаемые объекты (например, нефть дается черным цветом, газ — голубым, лес — зеленым), при этом диаграммы сохраняют простую геометрическую форму. Дизайн научно-справочных атласов проявляется также в



Рис. 7.3. Различное оформление обложек научно-популярных атласов

художественном оформлении обложек и титульных листов разделов. Это облегчает и упрощает поиск нужной темы и в то же время украшает атлас, придавая ему своеобразие и художественность.

Обложка создает первое впечатление об атласе. В ее дизайне важны определенный стиль, привлекательность, рекламность. Для названия атласа используются художественные шрифты в сочетании с декоративными элементами (герб, орнамент, фотомонтажи и др.). Часто подчеркивают специфику содержания атласа, особен-



Рис. 7.4. Художественное оформление обложек туристских карт

ности географического положения и хозяйственного использования территории (рис. 7.3).

Важный аспект дизайна карт и особенно комплексных атласов — разработка композиционного стиля листа. Существуют различные приемы, они усложняются при размещении на листе нескольких карт. В этом случае необходимо отразить значимость карт, логическую последовательность сюжетов, соподчиненность тем. Часто используют прием цветных полей: основные карты дают на белом фоне, дополнительные — на розовом, графики и диаграммы — на желтом. Этот простой прием помогает концентрировать внимание на главном, облегчает восприятие и создает эстетически приятный вид.

Картам и атласам краеведческого и научно-популярного типов свойственна образность и художественность оформительских приемов, облегчающих формирование зрительного образа, восприятие и запоминание картографируемых объектов. При этом в равной мере сочетают художественные и абстрактные графические средства. Наибольшего разнообразия оформления требуют научно-популярные атласы. Например, картографическое изображение может быть совмещено с оригинальными художественными рисунками, образно показывающими специфику ландшафта того или иного района. На листах рядом с картами помещают также пояснительные тексты, фотографии, художественно выполненные диаграммы, профили и др. Так формируется тип атласа-книги, красочно и наглядно передающей природу и хозяйство территории.

Дизайн *туристских карт и атласов*, как правило, отличается нестандартностью, разнообразием и оригинальностью композиций. Пожалуй, в оформлении картографических произведений этого типа в наибольшей степени проявляются изобретательность, нестандартность композиций, стремление наиболее привлекательно отразить красоту природы и достопримечательности туристского маршрута, района, города и т.п.

Внешнему оформлению каждой карты свойственна художественная индивидуальность (рис. 7.4), которая передает конфигурацию изображаемой территории, ее ландшафтное разнообразие, архитектурно-историческую и культурную значимость. Все туристские карты отличает общий стиль красочного, живописного, привлекательного и вместе с тем простого оформления.

7.6. Мультимедийные картографические произведения

Мультимедиа — это сумма компьютерных технологий, интегрирующих различные средства хранения, обмена и интерактивного воспроизведения информации, включая картографические изображения (в том числе трехмерные модели и анимации), аэро- и космические снимки, фотографии, рисунки, другие видеосюжеты, тексты и звуковое сопровождение.

Такое разнообразие материалов, сочетающихся в одном произведении и внутренне увязанных по определенным логическим правилам, позволяет комплексно представить объект, организовать данные таким образом, чтобы пользователь мог просматривать их максимально удобным способом — по ассоциации. Иногда высказывается мнение, что мультимедиа возникли как одно из направлений компьютерного дизайна, но порой и сам дизайн рассматривают как часть обширной области мультимедиа. Подробнее особенности и возможности компьютерного картографирования изложены в главах 19–21.

Компакт-диски — носители мультимедийных продуктов, обеспечивают высокое качество записи больших объемов пространственной информации, они портативны и удобны для чтения на любом компьютере, снабженном считывающими устройствами, и поэтому уверенно входят в картографическую практику. Мультимедийные технологии используют, главным образом, для создания энциклопедий, справочников, учебников и пособий, туристских путеводителей, а также атласов разного типа и других крупных картографических

ких произведений, интегрирующих изобразительную, текстовую и аудиоинформацию об отображаемом объекте или территории. При этом мультимедийные технологии во многом опираются на опыт и принципы традиционного картографирования и оформления карт.

Картографические материалы различного вида и качества, статичные карты, сопровождаемые озвученным текстом, и анимации часто встречаются в российских и зарубежных мультимедийных энциклопедиях, например в «Большой энциклопедии Кирилла и Мефодия», английской энциклопедии *Britannica* и французской — *Larousse*.

Создание любого мультимедийного произведения начинается с разработки его макета. Особенность состоит в том, что пользователь может по желанию размещать на экране одну или несколько карт вместе с рисунками и текстами. В тех случаях, когда не предполагается такой возможности, приходится руководствоваться теми же принципами, что и при компоновке страниц традиционного атласа. Макет необходим еще и для того, чтобы наилучшим образом структурировать все материалы по разделам и подразделам.

Единство оформления — очень важный аспект. Оно задает индивидуальный стиль мультимедийного произведения, точно так же, как стиль печатного атласа определяется его форматом, видом переплета, суперобложкой, форзацами, титульными листами разделов, единым оформлением всех страниц. Конечно, при проектировании мультимедийного атласа, выбор масштабов и компоновок число «страниц» не ограничено, поскольку электронные носители обладают большой емкостью, компактностью и стоят много дешевле бумажных материалов. Но остаются в силе определение размера электронной «страницы» (размера изображения на экране), разработка дизайна заставки («обложки»), которую увидит пользователь вначале, введение анимационных элементов, проектирование общего художественного стиля мультимедийного атласа и его страниц. Компьютерная графика обеспечивает высокое графическое качество и красочное художественное оформление карт, но их возможности следует использовать разумно, чтобы содержание атласа не потерялось за ярким дизайном.

Как и в традиционном картографировании, тексты остаются неотъемлемой частью мультимедийного произведения. Они содержат географические описания, методические пояснения по использованию карт, справочные сведения, указатели географических названий. Тексты поясняют и дополняют карты данными исторического и культурного характера, указывают источники и методы составления карт, помогая оценить содержащуюся в них информацию и направления ее научно-практического использования.

Увязка текста с картами и согласование между собой отдельных разделов помогает сопоставлять между собой разные тексты, давать ссылки на смежные разделы, исключая повторения. Тексты соседствуют с рисунками, диаграммами, фотографиями. При разработке текстов к мультимедийным произведениям используют все дизайнерские подходы, выработанные для традиционных атласов, кроме того, появляется возможность оформить работу более эффективно. Это ускоряет и облегчает поиск всей текстовой информации, имеющейся по данному вопросу.

Контекстные подсказки, вызываемые на экран в интерактивном режиме, помогают работать с текстом, содержащим большое число терминов. Они аналогичны сноскам и комментариям в обычном тексте, но в мультимедийном варианте появляются лишь тогда, когда пользователь в них нуждается. Достаточно подвести курсор к выделенному слову (термину), и подсказка появится («всплывет») на экране. Мультимедийные технологии повышают информативность карт и степень их интегрированности с сопроводительными научными и художественными описаниями, видеоматериалами, посредством встроенных прямо в карты гиперссылок на соответствующие тексты, диаграммы, фотографии. Звук также используют для «подсказок», например, при указании курсором какого-либо достопримечательного архитектурного объекта на туристской карте звучит его название, год сооружения, имя архитектора и т.п. Возможно предусмотреть и музыкальное сопровождение, скажем, звучание государственного гимна страны или воспроизвести записи голосов птиц и диких животных, населяющих данную местность, заповедник.

Обычно на обзорных картах пункты, по которым dается подробная информация (планы или крупномасштабные карты, справочные статьи, фотографии, снимки, панорамы и т.п.), выделяют специальными знаками. На картах городов в отдельном окне может быть представлена подробная карта центральной части города с выделением музеев или театров. По щелчку курсора может «зажигаться» значок музея и к нему появится всплывающая подсказка с пояснительным текстом. Дополнительно можно вывести на экран легенду и кнопки, обеспечивающие переход к другим картам атласа.

Проектирование и дизайн мультимедийных произведений предполагают обязательное составление **сценариев**, определение полного списка включаемых карт, статей, иллюстраций, видео- и аудиосюжетов), их расположение по разделам. Необходимо спроектировать доступ к каждому из документов, перечень возможностей, которые будут предоставлены потребителю (распечатка карт и иллюстраций, поиск объектов по заданным свойствам, масштабирование, вызов легенд и т.п.).



Глава 8

Надписи на географических картах

8.1. Виды надписей

Кроме условных знаков, на картах присутствуют многочисленные надписи. Они составляют важный элемент содержания, поясняют изображенные объекты, указывают их качественные и количественные характеристики, служат для получения справочных сведений. Надписи обогащают карту, но могут одновременно ухудшить ее читаемость. Поэтому установление оптимального количества надписей и правильное их размещение составляют важную задачу при создании любого картографического произведения.

Выделяются три группы надписей (рис. 8.1).

Топонимы — собственные географические наименования объектов картографирования. Они включают оронимы — названия элементов рельефа, гидронимы — названия водных объектов, этненимы — названия этносов, зоонимы — названия объектов животного мира и т.п.

Термины — понятия, относящиеся к объектам картографирования. Это могут быть общегеографические, геологические, океанологические, социально-экономические и любые другие термины (например, «провинция», «область», «залив», «низменность», «антеклиза», «экономический район» и др.).

Пояснительные надписи, которые включают:

- ♦ качественные характеристики («ель», «сосна», «горькое», «соленое», «каменный»);
- ♦ количественные характеристики (указание ширины шоссе, абсолютные и относительные высоты и глубины, скорость течения в реке и др.);

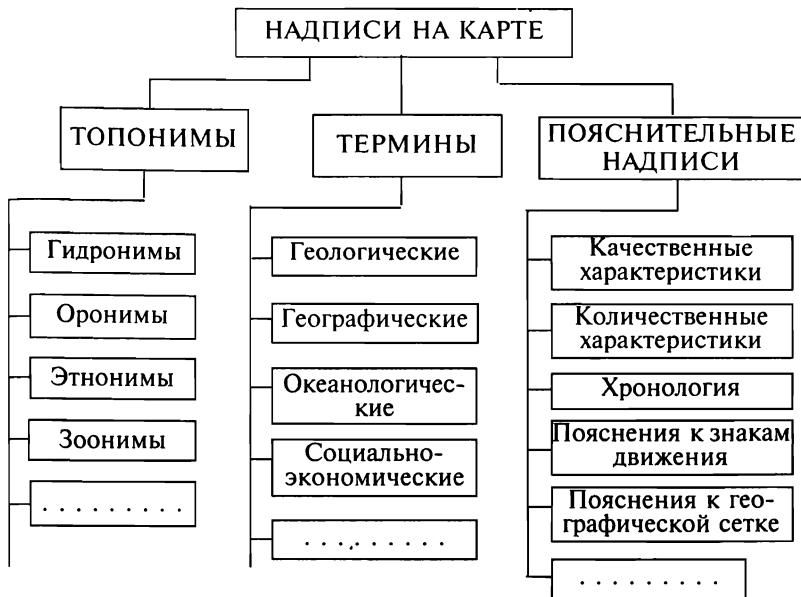


Рис. 8.1. Группы надписей на картах

- хронологические надписи (даты событий, географических открытий, наступление каких-либо явлений, например начало ледостава на реках);
- пояснения к знакам движения («путь Магеллана», «Дрейф ледокола «Седов»»);
- оцифровка меридианов и параллелей и пояснения к линиям картографической сетки («Северный полярный круг», «к востоку от Гринвича»).

8.2. Картографическая топонимика

Топонимы — это собственные имена (названия) географических объектов.

Картографическая топонимика — раздел картографии на стыке с топонимикой, в котором изучаются географические наименования объектов, показываемых на картах.

В задачи раздела входят также первичный сбор географических наименований на местности, их анализ, систематизация и стандартизация, разработка нормативов и правил их написания на картах.

Первичное установление названий происходит во время полевых съемок. Наставления по топографическим работам предусматривают выписку наименований из официальных документов, выявление ранее присвоенных наименований по старым картографическим и литературным документам, опрос местных жителей, присвоение новых наименований вновь открытым объектам. Это непростые задачи, необходима тщательная проверка наименований с тем, чтобы устраниить возможные орфографические ошибки, вкравшиеся в официальные документы, проанализировать различные названия одного и того же объекта, употребляемые местными жителями, особенно в малообжитых районах, исключить случайные, ничем не мотивированные присвоения новых названий.

Выбор географических наименований необходим в тех случаях, когда есть несколько названий одного и того же объекта на разных языках, принятых в качестве официальных государственных. Таковы ситуации в Бельгии, где многие наименования существуют во французской и фламандской формах (например, Антверпен и Анверс, Брюгге и Брюж), а также в Швейцарии, где параллельно используются названия на немецком, французском и итальянском языках.

В России можно встретить параллельное употребление таких наименований, как Татария и Татарстан, Башкирия и Башкортостан, Якутия и Республика Саха, река Белая и Акитиль и т.п. Еще большие сложности возникают в тех случаях, когда один и тот же географический объект принадлежит разным государствам. Например, река Дунай в Германии и Австрии называется Донау, в Венгрии — Дуна, в Румынии — Дунэра, в Болгарии и Югославии — Дунав. Спорная территория, которая по-английски называется Фолклендскими островами, в Аргентине носит название Мальвинских островов — и написание названия на карте становится проблемой политической. Японское море на корейских картах называется Восточным и даже Восточно-Корейским.

На русских картах иногда приводят одновременно два названия, например, для рек, пограничных между Германией и Польшей, — Одер и Нейсе (немецкое) и Одра и Ныса (польское). Река Западная Двина в Латвии называется Даугавой, а испанские реки Дуэро и Тахо в Португалии приобретают названия Дору и Тыжу — в этих случаях на картах даются параллельные гидронимы.

Немало сложностей и неопределенностей возникает при передаче иностранных названий. На русских картах принято писать названия американских городов Нью-Йорк, но Новый Орлеан, канадские провинции по установленной традиции даются также в разных написаниях: Нью-Брансуик и Ньюфаундленд, однако — Новая Шотландия.

Специальные национальные и международные топонимические комиссии предпринимают немало усилий для нормализации географических наименований, разрабатывают инструкции по передаче иноязычных названий, в особенности с языков, имеющих неевропейские системы письменности (иероглифы, арабица), вводят правила написания на картах новых географических названий. Такая деятельность была особенно актуальна в связи со множеством переименований, прошедших в странах Азии и Африки после освобождения от колониальной зависимости. В последние годы волна переименований охватила бывшие республики Советского Союза.

Международная нормализация особенно актуальна для топонимов, впервые присваиваемых географическим объектам в Антарктиде, в Мировом океане, а также на других планетах. Любопытен опыт Международного астрономического союза в отношении наименования деталей рельефа планет. Например, для Венеры — единственной планеты, названной женским именем, было решено давать исключительно женские имена. Кратерам — фамилии знаменитых женщин (на карте Венеры есть кратеры, названные в честь Ахматовой, Войнич, Дашковой, Ермоловой, Маньяни), возвышенностям — имена богинь (Афродита, Иштар, Лада и др.), бороздам и каньонам — имена прочих мифологических персонажей (Баба-Яга, Дали, Диана и т.п.).

8.3. Формы передачи иноязычных названий

Существует несколько форм передачи на картах иноязычных названий.

Местная официальная форма — написание географического наименования на государственном языке страны, где расположен данный объект. Примерами могут служить Sverige (Швеция) или България (Болгария). Эта форма сохраняет подлинное официальное написание, однако не раскрывает звучания топонима. Например, французы или англичане, пользующиеся латинским алфавитом, могут не знать, что название Швеции звучит «Сверье», а русские читатели затрудняются в произношении болгарского «ъ».

Фонетическая форма воспроизводит звучание (произношение) наименования, передаваемое буквами алфавита другого языка. Например, английское Atlantic Highlands в русской транскрипции выглядит как Атлантик-Хайлендс, а венгерское Miskolc, как Мишкольц. Эту форму часто называют **условно-фонетической**, поскольку

звуки иностранного языка не всегда можно точно передать буквами другого алфавита. Особые сложности возникают, например, при воспроизведении на русских картах произношения китайских, японских, арабских топонимов. Даже в европейских языках некоторые сочетания букв по-разному звучат в зависимости от положения в начале или в середине топонима. К примеру, немецкое *st* в начале слова звучит как *шт*, а в остальных случаях как *ст*. В некоторых случаях к фонетической форме добавляют русский термин, хотя он и входит в сам топоним, например хребет Копетдаг, фьорд Согне-фьорд, озеро Солт-Лейк и город Солт-Лейк-Сити.

Транслитерация — побуквенный переход от одного алфавита к другому без учета действительного произношения наименования. К этой форме прибегают нечасто, например в тех случаях, когда истинное звучание топонима неизвестно. Такие ситуации возникают, например, при передаче эскимосских названий в Гренландии по их написанию на датских картах илиaborигенных названий в Австралии по английским картам.

Традиционная форма — написание иностранного географического наименования в форме, отличающейся от оригинала, но давно укоренившейся в разговорном и литературном языке данной страны. Русская топонимика изобилует такого рода примерами, на картах традиционно пишется Финляндия, а не Суоми, Греция, а не Эллас, Грузия, а не Сакартвело, Шпицберген, а не Сvalьбар. Французская столица Пари в русском языке стала Парижем, итальянский город Наполи — Неаполем, а английская река Темс пробрела окончание женского рода — Темза.

На условных примерах приводится сопоставление различных форм передачи географических наименований для нескольких наиболее известных топонимов (табл. 8.1).

Переводная форма — передача названия с одного языка на другой по смыслу. В основном это касается объектов, для которых установилась международная традиция, например Берег Слоновой Кости (по-французски — *Côte d'Ivoire*), мыс Доброй Надежды (по-английски — *Cape of Good Hope*), Скалистые горы (по-английски — *Rocky Mountains*), острова Зеленого мыса (по-португальски — *Arquipelago de Cabo Verde*), Огненная Земля (по-испански — *Tierra del Fuego*), Черное море (по-английски — *Black Sea*, по-французски — *Mer Noire*, по-румынски — *Mare Negra*, по-болгарски — Черно море). Часто переводится лишь часть названия: Новый, Старый, Северный, Южный, Большой, Малый, Русский, Татарский — по смыслу они являются прилагательными. Примеры мно-

Таблица 8.1

Форма передачи географических наименований

Язык топонима	Местная официальная	Фонетическая	Транслитерация	Традиционная
Английский	England	Ингленд	Енгланд	Англия
Французский	Paris	Пари	Парис	Париж
Немецкий	Wien	Вин	Виен	Вена
Итальянский	Genova	Дженова	Генова	Генуя
Норвежский	Norge	Норье	Норге	Норвегия
Финский	Suomi	Суоми	Суоми	Финляндия

гочисленны: Новый Южный Уэльс, Северная Каролина, Большой Хинган, Малые Антильские острова, Русский Ошняк, Татарский Ошняк и т.п.

8.4. Нормализация географических наименований

Во всем мире особое внимание обращается на **нормализацию наименований**, т.е. выбор наиболее употребляемых названий и определение их написания на том языке, на котором они употребляются.

В нашей стране нормализация производится в соответствии с правилами и традициями русского языка и других языков народов России. В словарях, справочниках и каталогах, на картах и в атласах должны публиковаться только нормализованные наименования географических объектов.

Проблемами нормализации географических наименований обычно занимаются специально созданные государственные и международные органы. При Организации Объединенных Наций существует специальная Группа экспертов по географическим названиям. ООН регулярно проводит всемирные и региональные конференции по этой тематике — все это свидетельствует о важности и постоянной актуальности проблемы нормализации географических названий.

В России нормализация географических наименований является задачей специализированного подразделения Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэрофотосъемки и картографии им. Ф. Н. Красовского (ЦНИИГАиК). В нем разработы-

ваются инструкции по нормализации наименований, публикуются руководства, нормативные словари, списки переименований.

В нашей многонациональной стране нормализации наименований географических объектов как части исторического и культурного наследия населяющих ее народов уделяется большое внимание. Принят особый Федеральный закон, который создал правовую базу для наименования и переименования географических объектов. Закон и принимаемые на его основе нормативные правовые акты (нормы, правила, инструкции, руководства) определяют, кроме того, порядок регистрации, учета и сохранения наименований.

Закон устанавливает, что наименование, присваиваемое географическому объекту, должно отражать его характерные признаки, особенности жизни и деятельности населения на данной территории и к тому же вписываться в существующую систему топонимов. Объектам могут присваиваться имена людей, участвовавших в открытии, изучении, освоении этих объектов, имена выдающихся государственных деятелей, ученых, деятелей науки и культуры. Переименование допускается в целях возвращения названий, широко известных в прошлом и настоящем.

Предложения о присвоении наименований и переименовании объектов вносятся органами государственной власти, местного самоуправления, общественными организациями и отдельными лицами. Они направляются в законодательные органы субъектов Российской Федерации, где расположены сами объекты. Все подобные предложения проходят экспертизу, рассматриваются специально созданными комиссиями и лишь после этого утверждаются соответствующими органами власти. Установлена ответственность за нарушение законодательства Российской Федерации о наименованиях географических объектов.

8.5. Каталоги географических названий

Во многих странах создаются **государственные каталоги географических названий** — систематизированные, нормализованные и постоянно обновляемые фонды названий.

Их назначение состоит в том, чтобы упорядочить и закрепить эти названия, контролировать их изменения. В каталогах и справочных информационных топонимических системах обычно фиксируются следующие данные:

- вид (род) географического объекта;
- название (и варианты названий);

- географические координаты;
- административная принадлежность и географическая привязка;
- источник, откуда взято название;
- переименования объекта;
- дополнительные сведения.

Массивы названий группируют по административным единицам, а внутри них — по алфавиту. Основным источником для создания каталогов служат топографические карты. В наиболее полных государственных справочных системах содержатся все топонимы, встречающиеся на самых крупномасштабных картах страны. Карты и атласы, нормативные словари и энциклопедические издания, а также средства массовой информации обязаны давать названия, выверенные по каталогам.

В России ведение каталога географических названий поручено государственной картографо-геодезической службе. В ЦНИИГАиКе постоянно поддерживаются два каталога: на территорию России (около 400 тыс. названий) и на зарубежные страны (более 1,2 млн названий). Российский фонд названий сформирован на основе карт в масштабе 1:1 000 000 и частично — более крупномасштабных источников. Ведется постоянное обновление и расширение каталога, с тем чтобы включить во вновь создаваемую автоматизированную базу данных все названия, имеющиеся на картах в масштабе 1:100 000, это составит для России примерно 2,5–3 млн названий.

8.6. Картографические шрифты

Шрифты, используемые на картах для географических названий, терминов и пояснительных надписей, должны удовлетворять некоторым требованиям: быть четкими и хорошо читаемыми на цветном фоне, убористыми (компактными), пригодными для воспроизведения при печати. Скажем, изящные тонкие начертания букв, пригодные для воспроизведения гравюрой, оказывались малопригодными при фоторепродукции и плоской печати, поскольку тонкие линии просто «рвутся» (рис. 8.2). Кроме того, сами шрифты могут выполнять роль условных обозначений, тогда они должны различаться по размеру, рисунку, цвету. Например, названия крупных судоходных рек подписывают синим прямым шрифтом, а несудоходных — курсивом, а названия населенных пунктов разного административного значения дают шрифтами разного размера и рисунка (рис. 8.3).



Рис. 8.2. Образец шрифтов, использованных для заглавия плана города, составленного Военно-топографическим отделом Главного штаба в начале XIX в.

В зависимости от ряда графических признаков картографические шрифты подразделяются на группы:

- по наклону букв — прямые (обыкновенные) и курсивные с наклонами вправо и влево;
- по ширине букв — узкие, нормальные и широкие;
- по светлоте — светлые, полужирные и жирные;
- по наличию подсечек — с подсечками и без них.

Шрифты различают еще и по *кеглю* — высоте букв. Кегль изменяется в пунктах (1 пункт = 0,376 мм). Некоторым шрифтам присвоены полиграфические названия: например, «текст» — 20 пунктов, «корпус» — 10 пунктов, «петит» — 8 пунктов, «нонпарель» — 6 пунктов и т.п.

Важное качество шрифта — его эстетичность. На старинных картах употреблялись надписи со многими декоративными элементами. Это украшало карту, но и снижало ее читаемость. Современный дизайн ориентируется на удобство чтения, компактность, красоту пропорций, гармоничность сочетания с другими элементами содержания карты.

Для выделения названий карт или важных элементов в легенде применяют оригинальные художественные и архитектурные шрифты, в начертание которых вводится объемность, орнамент, цвет и штриховое оформление.

Современные компьютерные технологии обеспечивают широкий, практически неограниченный выбор шрифтов самого разно-

1:25 000	1:50 000	1:100 000	
МОСКВА			— столица России
ТОМСК	ТОМСК	ТОМСК	— центр субъектов Федерации
МАЙКОП	МАЙКОП	МАЙКОП	— города с населением от 50 до 100 тыс. жителей
ТОРЖОК	ТОРЖОК	ТОРЖОК	— города с населением от 10 до 50 тыс. жителей
АЛЕКСИН	АЛЕКСИН	АЛЕКСИН	— города с населением от 2 до 10 тыс. жителей
ВАРНЯЙ	ВАРНЯЙ	ВАРНЯЙ	— города с населением менее 2 тыс. жителей

ПЕСКИ ТАУКУМ

ПЕСКИ ТАУКУМ

ПЕСКИ ТАУКУМ

пески Таукум

пески Таукум

пески Таукум

ХРЕБЕТ

ХРЕБЕТ

ХРЕБЕТ

г. Шат

г. Шат

г. Шат

г. Шат

г. Шат

ЗАПОВЕДНИК

Рис. 8.3. Образцы шрифтов, применяемых на топографических картах масштабов 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000 для надписей городов и некоторых других объектов

го вида, размера, рисунка, наклона. Кроме того, разработаны специальные алгоритмы для оптимального, компактного автоматического размещения надписей объектов (например, населенных пунктов) при их большой плотности на карте.

8.7. Размещение надписей на картах

При составлении карты важно, чтобы каждая надпись была четко привязана к обозначаемому объекту. От этого зависят читаемость карты, точность передачи информации. Размещение надписей зависит, прежде всего, от характера локализации самих объектов:

- объекты, локализованные в пунктах (населенные пункты и др.), подписываются рядом с правой стороны так, чтобы надписи располагались вдоль параллелей либо горизонтально, т.е. параллельно северной и южной рамкам карты. При большой густоте надписей допускается их размещение слева или сверху от пункта или даже с плавным изгибом (локальное размещение);
- возле линейных объектов (рек, путей сообщения, маршрутов судов и т.п.) знаки всегда размещаются вдоль линии, плавно повторяя ее изгибы;
- на площадных объектах надпись, как правило, располагают вдоль длинной оси контура так, чтобы она протягивалась по всей площади. Если объект имеет изогнутые очертания, то соответственно изгибаются и надпись. Лишь некоторые мелкие площадные объекты, например малые озера, в пределах которых надпись не умещается, подписывают рядом.

Во всех случаях необходимо, чтобы надписи размещались компактно, не пересекали друг друга, не «наползали» на другие штриховые элементы, хорошо читались на цветовом фоне, не располагались «вниз головой». Рисунок, цвет надписи и кегль должны подчеркивать значимость или величину объекта. Например, крупным прямым шрифтом подписывают столицу государства, более мелким — столицы республик и областей, курсивом — районные центры. При этом следуют определенным традициям: подписи водных объектов дают голубым цветом, формы рельефа — коричневым, населенные пункты — черным. Как было сказано выше, при большой плотности надписей применяют специальные алгоритмы, решающие задачу оптимального их размещения по полю карты.

На некоторых картах, сильно загруженных надписями, приме-

няют двуплановую их подачу. Скажем, основные населенные пункты подписывают черным шрифтом, а второстепенные — серым. При первом взгляде на карту видны главные надписи, а все остальные как бы отведены на второй план.

8.8. Указатели географических названий

Для отыскания географических названий на картах служат специальные указатели. Они содержат полный список названий, расположенных в алфавитном порядке и сопровожденных соответствующей системой индексов. Обычно такие указатели составляются для крупных картографических произведений: мировых, национальных, региональных атласов. Например, российский справочный Атлас Мира (3-е изд., 1999) содержит указатель географических названий, занимающий почти половину объема атласа — 276 страниц убористого текста, где представлено около 250 тыс. географических названий. Они сопровождаются номенклатурными терминами, индексами, а в ряде случаев — указанием административной принадлежности объекта. Все названия точно выверены по официальным, картографическим и литературным источникам, соответствуют правилам и нормам передачи иноязычных названий. Поэтому такой указатель имеет в нашей стране определенный нормативный характер, с ним обязательно сверяют написание и произношение географических названий при использовании их в печати, на радио и телевидении, в других средствах массовой информации.

Учитывая интерес мировой общественности к справочной общегеографической информации, справочный Атлас Мира издан еще и на английском языке, причем географические названия стран, пользующихся латиницей, приведены в нем в национальном написании.

Часто в указателях к названию дается его номенклатурный термин, номер карты (листа) и буквенно-цифровой индекс, обозначающий трапецию (или квадрат) на этой карте, где расположен данный объект, например:

Монако, гос-во	18-19 Л-23
Монблан, горы	28-29 Д-4
Монбрizon	18-19 Ж-11

Буквы и цифры, индексирующие клетки трапеций, надписаны вдоль внутренней рамки карты, в междурамочной полосе. Эта система образует **сетку-указательницу**, специально предназначен-

ную для указания местоположения и поиска объектов, изображенных на карте (см. раздел 4.7). Если объект протягивается по нескольким трапециям (река, хребет), то указывается та из них, где помещено название объекта.

В других указателях вместо условного буквенно-цифрового индекса даются точные географические координаты объекта. Так составлен, например, специальный том Указателя географических названий к Морскому атласу (1952), содержащий около 110 тыс. названий. В нем указываются номера всех карт, где показан объект, и, кроме того, приводятся номенклатурный термин и местная официальная форма названия:

	Широта	Долгота
Монако, Monaco	3, 19, 27	43° 45' с
Монблан, г. Mont Blanc	3, 14, 19, 27, 31	45° 50' с
Монбрizon, Montbrison	31	45° 37' с
		7° 25' в
		6° 55' в
		4° 03' в

Обратим внимание на то, что подобный указатель универсален, он может быть использован для любой другой карты, а кроме того, легко преобразован в базу цифровых данных.

Указатели обычно помещаются в конце атласа, а для капитальных справочных атласов — в отдельном томе, что удобно при работе с ним. На однолистных картах, туристских планах городов, буклетеах указатели печатаются на обороте листа.



Глава 9

Картографическая генерализация

9.1. Сущность генерализации

Картографическая генерализация — это отбор и обобщение изображаемых на карте объектов соответственно ее назначению, масштабу, содержанию и особенностям картографируемой территории.

Термин генерализация происходит от латинского корня *generalis*, что означает общий, главный. Суть процесса состоит в передаче на карте основных, типических черт объектов, их характерных особенностей и взаимосвязей.

Генерализация — неотъемлемое свойство всех картографических изображений, даже самых крупномасштабных. Уже при первичной съемке местности, скажем, в масштабе 1:1 000, топограф интуитивно ведет генерализацию, решая, какие детали рельефа, растительности, дорожной сети следует нанести на съемочный планшет, а какие слишком незначительны или «не укладываются» в данный масштаб. Далее при камеральном составлении карт среднего, а потом и мелкого масштабов приходится постоянно сжимать изображение, отказываясь от деталей и подробностей. В масштабе 1:100 000 1 км² местности занимает всего лишь 1 см² площа-ди карты, на нем можно показать только основные населенные пункты, главную дорогу, реку. А в масштабе 1:1 000 000 эта пло-щадь сжимается до 1 мм², и на ней удастся сохранить, может быть, всего один населенный пункт, а в более мелком масштабе — 1:10 000 000 не останется места и для него.

Генерализация проявляется в обобщении качественных и коли-чественных характеристик объектов, замене индивидуальных поня-тий собирательными, отвлечении от частностей и деталей ради отчет-ливого изображения главных черт пространственного размещения.

Все это позволяет утверждать, что **генерализация** — одно из проявлений процесса абстрагирования отображаемой на карте действительности. Именно генерализация способствует формированию и воплощению в картографической форме новых понятий и научных абстракций.

Сам процесс генерализации во многом противоречив. Во-первых, некоторые элементы изображения, которые не могут быть показаны на карте по условиям пространства, должны быть отражены на ней в силу своей содержательной значимости. Во-вторых, часто возникает противоречие между геометрической точностью и содержательным соответствием изображения, иначе говоря, пространственные соотношения объектов передаются верно, а геометрическая точность оказывается при этом нарушенной. В-третьих, в ходе генерализации происходит не только исключение деталей изображения, не только потеря информации, но и появление на карте новой обобщенной информации. По мере абстрагирования исчезают частности и отчетливее проступают самые существенные черты объекта, обнаруживаются ведущие закономерности, главные взаимосвязи, выделяются геосистемы все более крупного ранга.

Процесс генерализации труднее других картографических процессов поддается формализации и автоматизации. Не все этапы и процедуры могут быть алгоритмизированы, не все критерии удается однозначно формализовать. Качество генерализации во многом зависит от понимания картографом содержательной сущности изображаемых географических (геологических, социально-экономических и т.п.) объектов и явлений, умения выявить главные типичные их особенности. Опыт показывает, что автоматизация картографической генерализации должна опираться на интерактивные, диалоговые процедуры, обеспечивающие активное участие картографа.

9.2. Факторы генерализации

Факторами генерализации являются масштаб карт, ее назначение, тематика и тип, особенности и изученность картографируемого объекта, способы графического оформления карты. Факторы определяют подходы к генерализации, ее условия и характер.

Назначение карты. На картах показывают лишь те объекты, которые соответствуют ее назначению. Изображение других объектов, не отвечающих назначению карты, только мешает ее восприятию, затрудняет работу с картой. Если, например, школьная учебная административная карта предназначена для демонстрации на

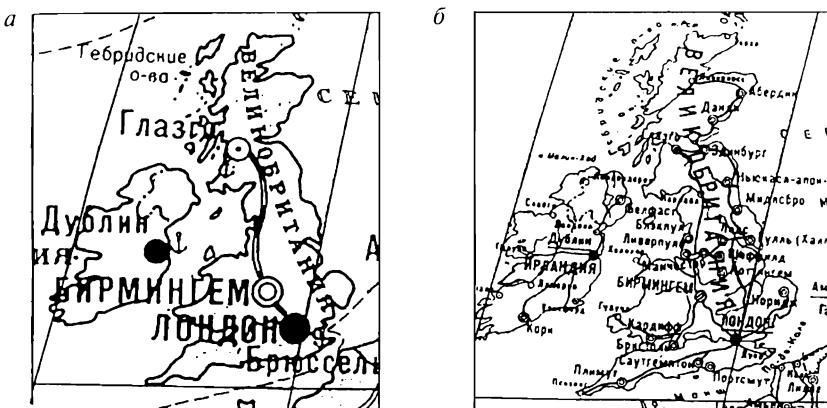


Рис. 9.1. Влияние назначения карты на генерализацию. Фрагменты настенной школьной (а) и настольной (б) справочной карты одной и той же территории

классной доске, то на ней сохраняют лишь самые важные элементы содержания (крупные города, границы и т.п.). Их изображают крупными знаками со значительным обобщением без излишней детализации. Если же аналогичная административная карта имеет справочное назначение и используется в настольном варианте, то она должна содержать максимум возможной для данного масштаба информации об административном делении, населенных пунктах, путях сообщения (рис. 9.1).

Влияние масштаба проявляется в том, что при переходе от более крупного изображения к мелкому сокращается площадь карты. Выше уже говорилось, что показать в мелком масштабе все детали и подробности невозможно, и поэтому неизбежны их отбор, обобщение, исключение (рис. 9.2). Одновременно с уменьшением масштаба увеличивается пространственный охват, что также сказывается на генерализации. Объекты, важные для крупномасштабных карт (например, местные ориентиры), теряют свое значение на картах мелкого масштаба и, следовательно, подлежат исключению.

Тематика и тип карты определяют, какие элементы следует показывать на карте с наибольшей подробностью, а какие можно более или менее существенно обобщить или даже совсем снять. Так, на геологической или почвенной карте очень важно детально изобразить гидросеть — она непосредственно связана с темой карты. Зато можно сильно генерализовать дороги и населенные пункты, оставив лишь некоторые для общей ориентировки, а административные границы можно совсем исключить. Но на картах эко-

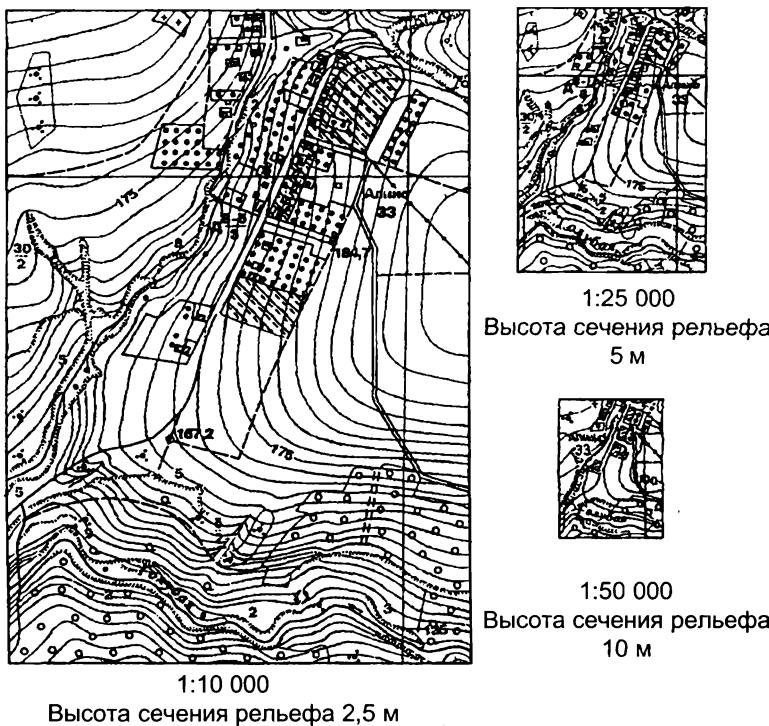


Рис. 9.2. Генерализация содержания топографической карты с уменьшением масштаба от 1:10 000 до 1:50 000

номической тематики, напротив, необходимо подробно показать населенные пункты, пути сообщения и административное деление. А вот речную сеть можно дать обобщенно, сохранив лишь реки, пригодные для судоходства.

Карты разного типа также имеют разную генерализацию. Наиболее подробны аналитические карты инвентаризационного типа, а наиболее обобщены и генерализованы синтетические карты (например, карты районирования) и в особенности карты-выводы, карты-умозаключения. Они по самой сути своей не предполагают особой детальности.

Особенности картографируемого объекта (или территории). Влияние этого фактора сказывается в необходимости передать на карте своеобразие, примечательные характерные элементы объектов или территории. Например, в степных или полупустынных районах очень важно показать все мелкие озера, иногда даже с преувеличением, если они не «помещаются» в масштаб — это очень важ-

но для засушливых территорий. Но вот в тундровых ландшафтах, где встречаются тысячи мелких озер, многие из них можно исключить при генерализации, здесь важно правильно отразить общий характер озерности территории.

С той же точки зрения важно сохранять характерные очертания объектов, например, даже на самой мелкомасштабной карте показать Самарскую излучину Волги, или типичную конфигурацию полуострова Канин Нос, или узкие очертания фьордов и т.п. Это один из наиболее субъективных факторов генерализации, ведь решить, что «характерно» и «типично», а что — нет, может только сам картограф-составитель, формальные критерии тут работают плохо.

Изученность объекта. При достаточной изученности объекта изображение может быть максимально подробным (для данного масштаба и назначения карты), а при нехватке фактического материала оно неизбежно становится обобщенным, схематичным. Фактор изученности тесно связан с качеством и полнотой источников, используемых для картографирования. Поэтому наиболее генерализованы карты гипотетические и прогнозные, составленные по неполным данным, когда объект недостаточно изучен и имеются лишь примерные (или не вполне достоверные) сведения о закономерностях его распространения. Впрочем, гипотетические карты и должны быть схематичными.

Оформление карты. Многоцветные карты (при прочих равных условиях) позволяют показать большее количество знаков, чем карты одноцветные. При хорошем качестве печати и правильном подборе фоновых красок, значков, штриховок на одной карте можно путем наложения совместить до шести взаимно перекрывающихся слоев без особого ущерба для читаемости. На одноцветной карте или карте с ограниченным набором красок это сделать трудно или даже невозможно, следовательно, необходима генерализация содержания.

9.3. Виды генерализации

Сложные процессы абстрагирования, связанные с картографической генерализацией, реализуются в разных видах и формах. Они касаются обобщения пространственных (геометрических) и содержательных характеристик, качественных и количественных показателей, отбора и даже исключения изображаемых объектов. Иногда генерализацию рассматривают как процесс абстрагирования пространства и содержания. Обычно все проявления генерализации присутствуют на карте совместно, в тесной комбинации,

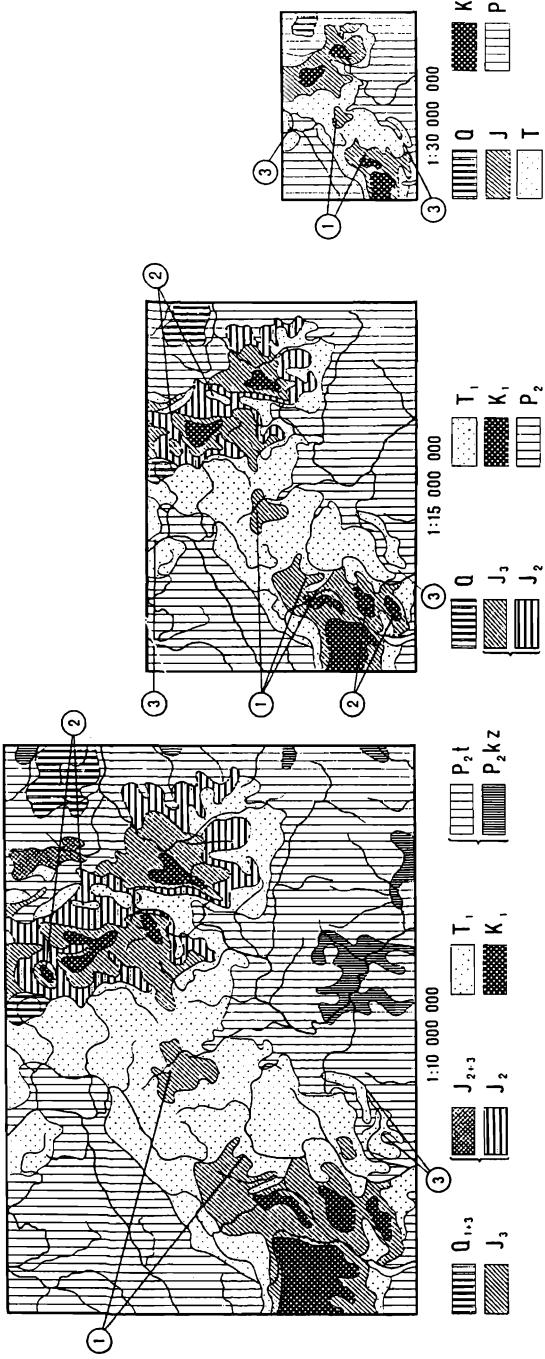


Рис. 9.3. Различные проявления генерализации на геологической карте:

Фигурной скобкой обозначена генерализация в легенде; 1 — упрощение плановых очертаний; 2 — отбор картографических объектов (исключение); 3 — объединение контуров.

однако методически целесообразно рассмотреть их по отдельности (рис. 9.3).

Обобщение качественных характеристик происходит за счет сокращения различий объектов, что всегда связано с обобщением и укрупнением классификационных признаков, с переходом от простых понятий к сложным. Например, на обзорных картах вместо показа преобладающих древесных пород (как это принято на крупномасштабных топографических картах) дают собирательный знак леса, вместо подразделения железнодорожных путей по числу колей — единый знак железных дорог, вместо показа болот разной проходимости — один знак заболоченной местности и т.д. На геологических картах при переходе от крупных масштабов к более мелким обобщают стратиграфические подразделения: свиты и ярусы объединяются в отделы, затем отделы — в системы, на почвенных картах подвиды объединяются в виды, типы почв и т.д.

Важно отметить, что обобщение качественных характеристик картографируемого явления — это, прежде всего, обобщение (генерализация) его классификации. Поэтому данный вид генерализации начинается с легенды карты, с перехода от видов к родам, от отдельных явлений — к их группам, от дробных таксономических подразделений — к более крупным.

Обобщение количественных характеристик проявляется в укрупнении шкал, переходе от непрерывных шкал к более обобщенным ступенчатым, от равномерных — к неравномерным. Примерами могут служить увеличение сечения рельефа при генерализации топографических карт, укрупнение группировки населенных пунктов по числу жителей, объединение градаций картограмм и т.п. На картах, выполненных точечным способом, обобщение количественной характеристики проявляется в увеличении веса точек, например, на карте животноводства одна точка изображает 500 голов крупного рогатого скота, а после генерализации — 1000 голов скота.

Переход от простых понятий к сложным. Этот вид генерализации связан с введением интегральных понятий и собирательных обозначений. Например, при переходе от крупномасштабной карты города к мелкомасштабной вначале изображение отдельных зданий заменяется изображением кварталов, потом дается лишь общий контур города, а далее — пунсон. На мелкомасштабной карте населенный пункт полностью теряет свои индивидуальные черты, пунсон характеризует лишь численность населения и административное значение города (рис. 9.4). При генерализации геоморфологической карты знаки отдельных карстовых форм могут быть заменены общим контуром распространения карстовых процессов, на зоogeографических картах гнездовья птиц — обобщенным конту-

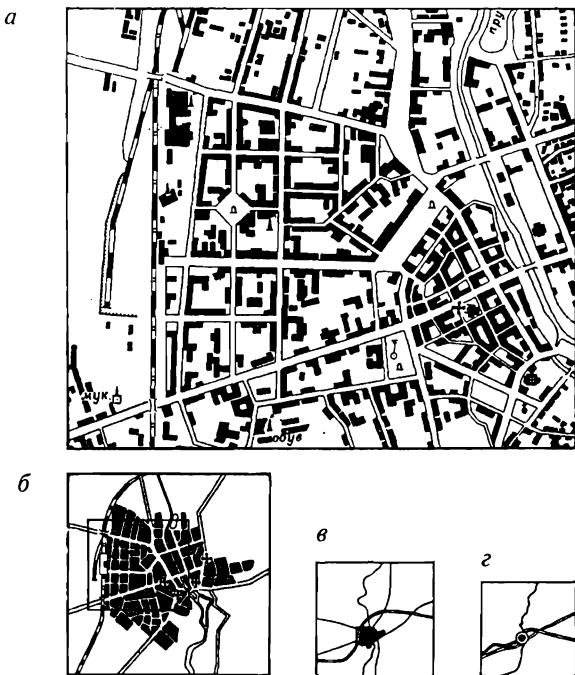


Рис. 9.4. Генерализация населенного пункта. Последовательная замена отдельных объектов (здания — а) собирательными знаками (кварталы, общий контур города — б, в) и абстрактным значком (пунсон — г)

ром ареала их распространения, на картах промышленности значки отдельных предприятий — обозначением промышленного центра — подобные примеры многочисленны.

Отбор (исключение) объектов означает ограничение содержания карты только объектами, необходимыми с точки зрения ее назначения, масштаба и тематики, и снятие других, менее значимых объектов. Отбор всегда непосредственно связан с обобщением качественных и количественных характеристик. Он ведется в соответствии с укрупненными подразделениями легенды. При отборе пользуются двумя количественными показателями: *цензами* и *нормами*.

- **Ценз отбора** — ограничительный параметр, указывающий величину или значимость объектов, сохраняемых при генерализации. Примеры цензов: «сохранить на карте леса, имеющие площадь более 10 км²», или «показать все реки длиной более 1 см в масштабе карты», или «оставить при генерализации все районные административные центры».

- **Норма отбора** — показатель, определяющий принятую степень отбора, среднее на единицу площади значение объектов, сохраняемых при генерализации. Нормы отбора регулируют нагрузку карты. Норма задается, например, так: «показать в тундровых ландшафтах не более 80–100 озер на 1 дм² карты» (остальные исключить). Этот критерий всегда дифференцирован соответственно особенностям картографируемой территории (см. раздел 9.2). Скажем, при переходе от топографических карт масштаба 1:200 000 к картам масштаба 1:500 000 норма нагрузки населенными пунктами в густозаселенных районах составляет $\frac{1}{3}$ (т.е. на генерализованной карте сохраняется только третья часть населенных пунктов), на менее заселенных территориях — $\frac{1}{2}$, а в районах с очень редким расселением — показывают все населенные пункты.

Обобщение очертаний означает снятие мелких деталей изображения, отказ от небольших изгибов контуров, спрямление границ и т.п. Эта **геометрическая сторона генерализации**, которая проявляется в сглаживании небольших извилин рек и береговых линий, исключении изгибов горизонталей, рисующих мелкие эрозионные врезы, упрощении геологических границ, характеризующих мелкую складчатость и т.п. При этом, однако, следят за тем, чтобы обобщение очертаний не было механическим, не сводилось к формальному сглаживанию. Генерализованное изображение непременно должно сохранять географически правдоподобный рисунок объекта, например морфологию побережья, особенности меандрирования рек, типы эрозионного расчленения, характер складчатости. Некоторые, даже очень небольшие, детали сохраняются, если они типичны для объекта. Скажем, фьорды очень типичны для скандинавского побережья, и их следует показывать даже в самых мелких масштабах.

Объединение контуров (выделов) — еще одно проявление геометрической стороны генерализации, связанное с группировкой, слиянием контуров. Выделы на карте объединяются, во-первых, в результате обобщения качественных и количественных подразделений в легенде, а во-вторых, вследствие слияния (соединения) нескольких мелких контуров в один крупный. Так, отдельные небольшие ареалы месторождений какого-либо полезного ископаемого в ходе генерализации могут быть объединены в один ареал, мелкие участки леса — присоединены к крупному контуру и т.п.

Смещение элементов изображения. Этот вид генерализации связан обычно с обобщением очертаний и объединением контуров, при которых неизбежны небольшие сдвиги некоторых объектов относительно их истинного положения. Например, спрямление

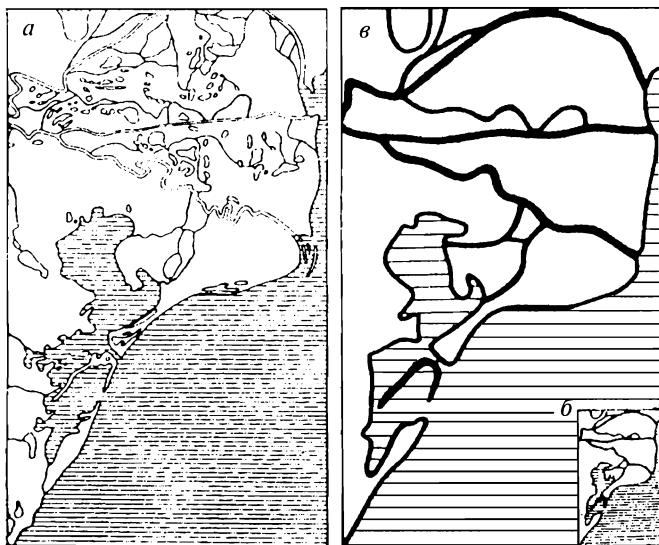


Рис. 9.5. Генерализация контуров дельты р. Дуная:

а — исходная карта масштаба 1: 5 00 000; *б* — та же карта при уменьшении до масштаба 1:1 250 000; *в* — увеличение генерализованного изображения, показывающее сочетание отбора и обобщения линейных элементов и других аспектов геометрической генерализации.

береговой линии и исключение мелких заливчиков приводит к тому, что некоторые прибрежные поселки оказываются как бы «отдвинутыми» от берега, тогда необходимо их сместить и «придвинуть» к морю. Смещение часто происходит при рисовке рельефа, когда приходится укрупнять сечение рельефа.

Утрирование, или показ объектов с преувеличением, означает, что на генерализованной карте оставляют некоторые особо важные со смысловой (содержательной) точки зрения объекты, которые из-за малых размеров или по условиям цензового отбора следовало бы исключить, и при этом даже несколько преувеличивают (утрируют) их. Примерами могут служить небольшие, но характерные излучины рек, мелкие озера в засушливых степях, редкие и небольшие по площади выходы изверженных геологических пород посреди поля осадочных отложений и т.п.

Еще раз подчеркнем, что рассмотренные виды генерализации проявляются на картах не порознь, а совместно, они тесно переплетены и трудно отделимы один от другого. Генерализация содержательных аспектов (качественных и количественных) обычно влечет за собой изменение пространственных геометрических характеристик и наоборот. На рис. 9.5 показано, как в ходе генерализации дель-

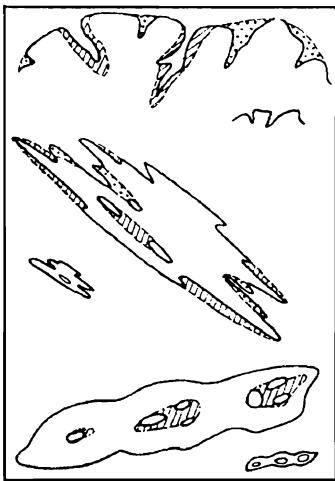


Рис. 9.6. Смещения при генерализации контуров

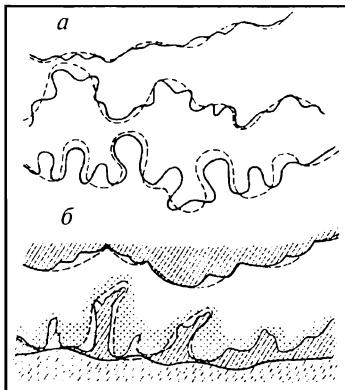


Рис. 9.7. Нарушение геометрической точности при обобщении извилистых рек (а) и береговых линий (б)

ты реки произведены спрямления очертаний основного русла, исключение одних проток и утюрование других (возможно, судоходных), обобщение очертаний кос и лиманов. Обобщение одних элементов влечет изменение других, и все это тесно взаимосвязано.

9.4. Геометрическая точность и содержательное подобие

Геометрическая точность карты — это степень соответствия положения объектов на карте их действительному расположению на местности. Нарушение геометрической точности ведет к смещению, сдвигу объектов, и координаты их будут получены по карте с ошибкой.

Содержательное подобие (соответствие) означает, что на карте географически правильно переданы взаимные соотношения объектов, их характерные особенности и соподчиненность.

Выше уже отмечалось, что одно из основных противоречий процесса картографической генерализации как раз и состоит в том, что стремление сохранить содержательную верность (подобие) изображения часто ведет к нарушению геометрической точности. В ходе генерализации происходят смещения контуров и линий (рис. 9.6 и 9.7), исключение или объединение некоторых объектов, утилизация характерных деталей — все это не может не сказаться на

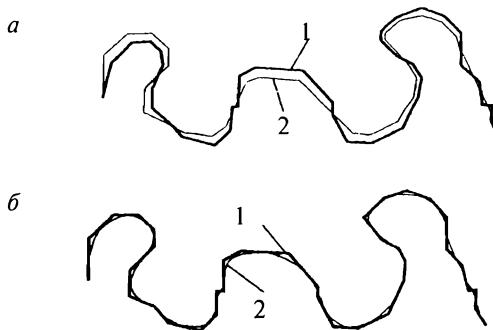


Рис. 9.8. Автоматическая генерализация извилистой линии с помощью алгоритма «скользящего среднего» (а) и алгебраической аппроксимации (б):

1 — исходная линия; 2 — слаженная линия.

геометрической точности картографического изображения. Известно, например, что знак автострады имеет на карте ширину около 0,6 мм, в масштабе 1:1 000 000 это составляет 600 м, таким образом, геометрическая точность нарушается примерно в 100 раз. Ширина железной дороги, идущей параллельно автостраде, тоже резко преувеличивается, и таким образом населенный пункт, расположенный на этих магистралях, оказывается сдвинут на много сотен метров. Получается, что геометрическая точность резко нарушена, а содержательное соответствие сохранено.

При генерализации рельефа на картах средних и мелких масштабов при редком сечении горизонталей инструкции допускают сдвиг отдельных горизонталей вверх или вниз по склону, «затяжку» их вверх по тальвегам и т.п. Такие приемы рисовки правдоподобно передают морфологию рельефа, но существенно нарушают геометрическую точность. На мелкомасштабных гипсометрических картах хорошо видны типы рельефа, особенно четко проявляются макроформы земной поверхности, но эти карты мало пригодны для вычисления морфометрических показателей, например углов наклона местности.

Еще более возрастают сдвиги, смещения и иные искажения при автоматической генерализации, когда обобщение производят по некоторым формальным алгоритмам. Иногда для этого задают «шаг» осреднения извилистой линии или выполняют сглаживание посредством аппроксимации, т.е. приближения геометрически неправильной линии (формы) с помощью некоторой математической кривой (рис. 9.8). Генерализованная линия или контур нередко

оказываются сдвинутыми относительно их положения на исходной карте.

В целом можно сказать, что при генерализации геометрическая точность всегда нарушается ради сохранения содержательного подобия, иными словами, содержательное подобие имеет приоритетное значение. При этом следует помнить, что мелкомасштабные географические карты носят обзорный характер и не предназначены для точных измерений или для снятия точных координат.

9.5. Географические принципы генерализации

С географических позиций генерализация рассматривается как процесс выделения на картах геосистем все более крупного ранга, их главных компонентов и взаимосвязей. Среди многообразия условий генерализации наиболее существенны следующие:

- ◆ научно-обоснованное обобщение легенды;
- ◆ отображение генетических и морфологических особенностей объектов и явлений;
- ◆ учет внутренних и внешних взаимосвязей изображаемых объектов, их иерархической соподчиненности;
- ◆ оптимальный подбор знаков и изобразительных средств.

Самый ответственный этап, с которого начинается процесс генерализации всякой тематической карты, — генерализация легенды. Это подразумевает упрощение легенды, обобщение таксономических категорий, исключение некоторых групп объектов, сокращение количественных подразделений и шкал.

Географически правильный отбор и обобщение самого картографического рисунка требует пристального внимания к передаче морфологии и генезиса изображаемых объектов. Картограф не может действовать механически, он должен понимать географическую сущность изображаемых явлений и процессов. При этом используется весь арсенал приемов генерализации, применяются цензы и нормы отбора, производятся целесообразные смещения объектов или их утрирование. Главное требование географически достоверной генерализации — научно обоснованный показ пространственной структуры и взаимосвязей явлений. Нужно сохранить морфологический облик, выделить и даже подчеркнуть основные (инвариантные) элементы, характерные соотношения объектов, их соподчиненность.

Обобщение содержания проводится не по отдельным элементам, а в целом по всему изображению. Невозможно представить, например, генерализацию речной сети отдельно от рельефа или обобщение дорожной сети в отрыве от населенных пунктов. В основе согласованной генерализации лежит учет географических связей, существующих между картографируемыми объектами. При генерализации следует обязательно учитывать следующие виды связей:

- между однородными объектами (например, необходим согласованный отбор рек и озер, входящих в единую водную систему);
- между объектами разной природы или разными картографическими слоями (рельефом и гидрографией, дорожной сетью и населенными пунктами и т.п.);
- между разными картами (следует, например, стремиться к единому уровню генерализации карт четвертичных отложений, почвенного покрова, растительности и ландшафтов одной территории).

Соблюдение этих требований предполагает, прежде всего, согласование цензов и норм отбора, одинаковую детализацию качественных и количественных характеристик, единство подходов к обобщению контуров, а для разных карт — еще и взаимную увязку (одинаковую детальность) легенд. Последнее особенно существенно при генерализации серий карт и комплексных атласов.

На завершающих этапах генерализации необходим продуманный выбор оформительских приемов. Это дает возможность подчеркнуть разные изобразительные планы, совместить отдельные слои изображения, придать выразительность особо значимым объектам.

9.6. Генерализация объектов разной локализации

Объекты, локализованные в пунктах, изображают с помощью значков, поэтому их генерализация связана, прежде всего, с отбором объектов согласно установленным цензам и нормам, с обобщением качественных характеристик объектов и укрупнением градаций шкал значков. При этом происходит переход от видовых подразделений объектов к родовым (например, значки отдельных нефтяных скважин заменяют общим значком месторождения, а далее — знаком ареала нефтяного бассейна).

Переходя к укрупненным интервалам, важно сохранять характеристические ступени. Например, в США к городам относят населенные

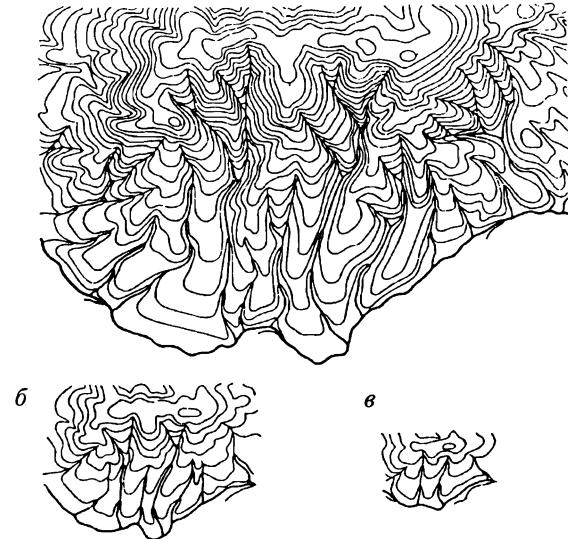


Рис. 9.9. Последовательная генерализация рельефа в горизонталях, сопровождаемая укрупнением высоты сечения и исключением деталей эрозионного расчленения:
 а — исходное изображение в масштабе 1:200 000; б и в — соответственно изображения в масштабах 1:500 000 и 1:1 000 000.

пункты с числом жителей более 2500 человек, а в Индии — более 5000 жителей. Значит, при обобщении интервальной шкалы для этих стран желательно сохранить именно такие рубежи.

Объекты, локализованные на линиях, всегда передаются линейными знаками. Для них наиболее существенны геометрические аспекты генерализации, упрощение и спрямление очертаний, а также цензовый отбор линейных элементов (например, рек, длина которых на карте меньше 1 см). В ряде случаев обобщают качественные различия линейных объектов (вместо дорог разного класса вводят единый знак дорог). При генерализации векторов и полос движения неизбежны отбор только главных направлений и обобщение количественных характеристик (например, объемов и структуры грузопотоков).

Объекты сплошного распространения изображают с помощью изолиний, качественного и количественного фонов и ареалов. Для изолиний изображений наиболее актуально обобщение рисунка изолиний и укрупнение шкал сечения. При умелом обобщении рельефа (рис. 9.9) его морфологические особенности сохраняются

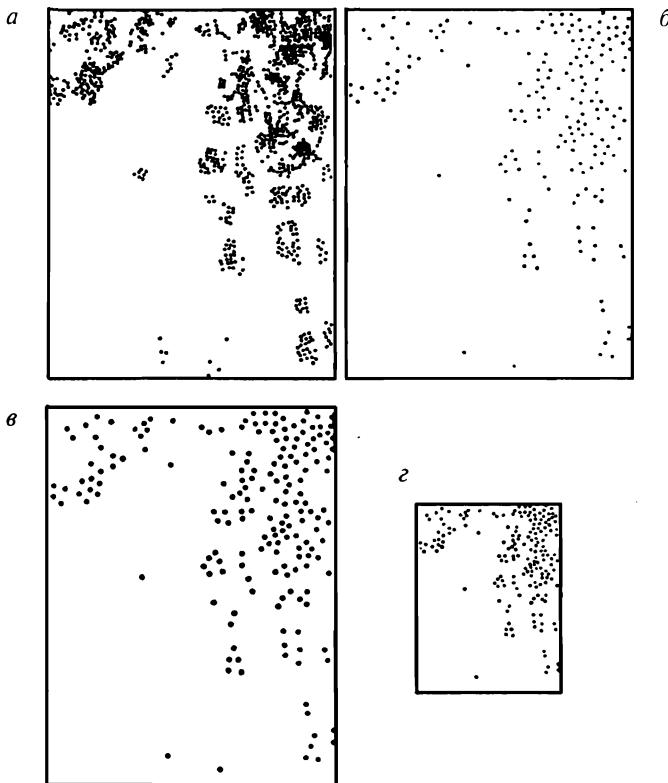


Рис. 9.10. Этапы процесса генерализации явления, показанного точечным способом:

а — исходное изображение посевных площадей (одна точка — 500 га); *б* — укрупнение веса точки (одна точка — 2500 га); *в* — увеличение диаметра точки; *г* — уменьшение масштаба карты (одна точка 2500 га).

даже при снятии многих деталей эрозионного расчленения и многократном укрупнении сечения. К площадным объектам применимы все приемы геометрической генерализации: исключение малых контуров и их объединение, спрямление очертаний, смешение и утилизирование некоторых выделов и т.п. Большое значение имеет цензовый отбор. Малые контуры лесов, озер, болот, ландшафтные выделы исключаются. Однородные контуры объединяют в более крупные или заменяют общим знаком ареала.

При генерализации явлений, показанных способом качественного фона, на первый план выступает укрупнение качественных градаций, т.е. обобщение классификации изображаемых явлений. Дробные подразделения классификаций заменяются более круп-

ными. Например, хорошо известно, что на крупномасштабных геологических картах подробно показываются свиты и серии разновозрастных пород, а по мере перехода к более мелким масштабам они обобщаются в ярусы, затем — в отделы, а на самых мелкомасштабных картах изображаются лишь геологические системы. Аналогично на почвенных картах разновидности почв последовательно заменяются видами, подтипами, типами. Словом, генерализация карт качественного фона всегда ведет к выделению наиболее крупных таксонов.

Генерализация объектов, показанных способом количественного фона, выполняется за счет укрупнения сеток районирования и обобщения шкал количественных показателей.

Объекты рассеянного распространения чаще всего передаются точечным способом. Генерализация в данном случае сводится к укрупнению веса точек и некоторому увеличению их размера на карте (рис. 9.10). Если же явление показано знаками ареалов, то можно сократить дробность подразделений, укрупнить контуры ареалов, провести их слияние.



Глава 10

Обще- географические карты

10.1. Значение общегеографических карт

Общегеографические карты передают внешний облик суши и акваторий. Содержание карт составляют видимые элементы территории: береговая линия, гидрографическая сеть, рельеф, растительность и грунты, населенные пункты, пути сообщения и линии связи, объекты социального и хозяйственного назначения, четкие ориентиры природного или антропогенного происхождения.

Эти элементы присутствуют на картах всего масштабного ряда: от крупномасштабных карт до обзорных. Однако детальность изображения различна и подчинена следующим правилам:

- состав элементов местности и целесообразная подробность их изображения определяются масштабом;
- изображению всех характерных элементов местности уделяется одинаковое внимание независимо от их величины и назначения;
- при составлении общегеографических карт принимают во внимание требования большого круга потребителей.

Главные различия общегеографических карт разных масштабов определяются степенью генерализации. То, что важно для отражения облика отдельного участка, может оказаться несущественным для большого региона, страны и т.д. Процесс генерализации, учитывающий типичные черты территории, имеет глубокий географический смысл. Карты отражают облик местностей разного ранга: физико-географические районы, материки и океаны, планету в целом.

Однаковое внимание ко всем элементам местности продиктовано стремлением показать важные географические детали. Отсюда, например, появление на топографических картах условных

знаков бугров, мерзлотных полигонов и т.д., хотя они несопоставимы по размерам со строениями и промышленными объектами, или показ невыражающихся в масштабе («точечных») озер и островов в районах их скопления.

Многоцелевое назначение общегеографических карт — одно из главных условий их создания. Карты используют для справочных целей, составления географических описаний, изучения природы и хозяйственного освоения территории, военных задач, измерений и получения количественных характеристик и т.д. Научные, хозяйственные, учебно-просветительские и иные интересы потребителей переплетены между собой и совокупно учитываются на общегеографических картах.

Это не исключает преимущественного использования карт разных масштабов в конкретных целях. Например, карта масштаба 1:200 000 в основном используется как автодорожная, а карта масштаба 1:1 000 000 — как полетная. Многопланность содержания общегеографических карт и их конкретное использование не противоречат друг другу.

Резкой грани между общегеографическими и тематическими картами нет. Существуют карты, где уделяется повышенное внимание тем или иным элементам местности. На гидрографических картах это речная и озерная сеть, на гипсометрических и батиметрических — рельеф суши и дна водоемов, на справочных картах — населенные пункты и пути сообщения и т.д. Естественно, подробность изображения одного элемента ведет к ущемленному изображению остальных и даже исключению их из содержания карт.

Таким образом, широкий спектр масштабов, вариации в назначении и содержании делают общегеографические карты разнообразными, в них можно выделить определенные группы. Основой деления служат масштаб, территория, назначение и содержание. Причем для крупно- и среднемасштабных карт главный признак — территория, на которую создаются карты, а для мелкомасштабных — их назначение. Условная граница между средним и мелким масштабом 1:1 000 000 (рис. 10.1).

Общегеографические карты составляют основной картографический фонд каждой страны и Земли в целом. Следует особо выделить две группы карт: генеральные карты и международные карты.

Генеральная карта — это наиболее крупномасштабная карта государства, отражающая изученность его территории.

Для России — это карта 1 : 25 000, а, например, для Великобритании генеральным служит масштаб 1 : 2 500; для США — 1 : 250 000; для большинства стран Азии — 1 : 500 000.

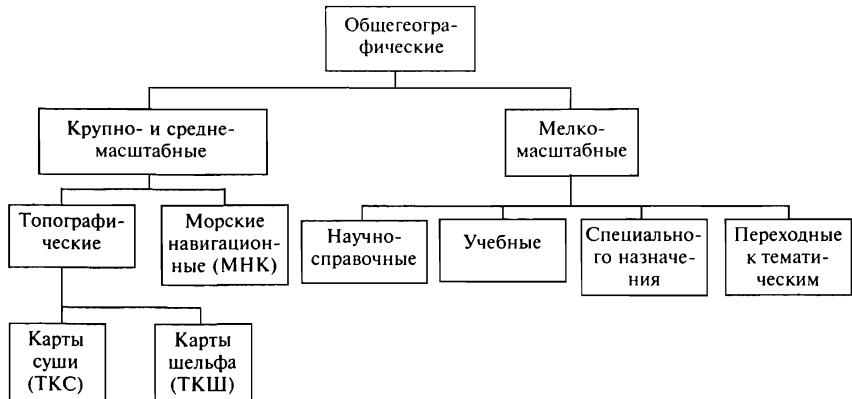


Рис. 10.1. Классификация общегеографических карт

Международные общегеографические карты — это сводные карты, объединяющие топографические карты многих стран.

На рубеже XIX–XX вв. начала создаваться Международная миллионная карта. В настоящее время она покрывает все материки. Во второй половине XX в. создана Международная карта Мира масштаба 1:2 500 000, покрывающая всю Землю в целом (материки и океаны). На протяжении всего XX в. периодически переиздавались сводные гидрографические карты океанов масштабов 1:10 000 000 и 1:35 000 000.

10.2. Организация картографирования

Общегеографическое картографирование в большинстве стран мира имеет государственный статус. В России оно осуществляется Федеральной службой геодезии и картографии (Роскартография), на которой лежит главная ответственность за обеспечение страны точными, достоверными и современными картами. В общее дело большой вклад вносят и другие ведомства и учреждения. Особо следует выделить Военно-топографическое управление Генерального штаба Вооруженных Сил России (ВТУ ГШ), Центральное картографическое предприятие Военно-Морского Флота РФ, территориальные землеустроительные организации. В последние десятилетия существенную роль стали играть частные картографические фирмы. Работы ведутся коллегиально, планы разных организаций согласуются. Объединяющим звеном служат нормативные

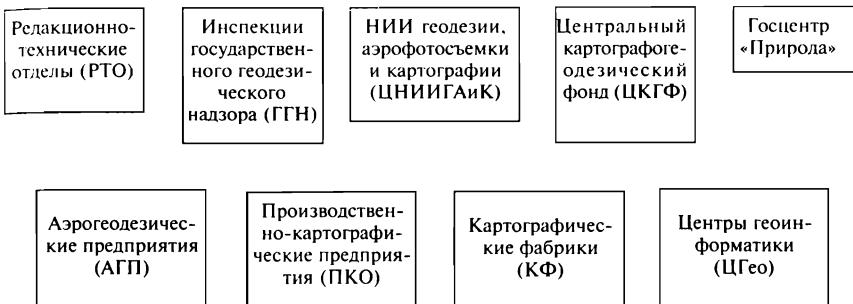


Рис. 10.2. Структура государственной картографической службы России — Роскартографии

документы (инструкции, наставления, таблицы условных обозначений, методические пособия и т.д.).

Государственный подход к общегеографическому картографированию обеспечивает:

- планомерное покрытие страны картами крупных и средних масштабов;
- документальность крупномасштабных карт, основанных на полевых съемках;
- периодическое издание карт средних масштабов для широкого пользования;
- разнообразие карт мелких масштабов, учитывающих конкретные запросы потребителей;
- единство общегосударственных карт, сравнимость содержания листов карты одного масштаба и сопоставимость карт всего масштабного ряда.

Для проведения общегеографического картографирования нужна четкая и слаженная работа многих подразделений. Сложную организацию работ можно проиллюстрировать на примере главного картографического ведомства страны — Роскартографии (рис. 10.2):

- **РТО** — планируют и организуют картографирование страны; готовят основную методическую литературу и нормативные документы.
- **АГП** — производят все геодезические и аэрогеодезические работы, обеспечивают полевые съемки местности, ведут полевое картографирование и камеральное составление карт крупных и средних масштабов.
- **ГГН** — осуществляют учет и надзор за топографо-геодезическими работами в стране; несут «дежурство» по топогра-

фическим картам, т.с. определяют степень их соответствия местности и необходимость обновления; учитывают организации-держатели первичных аэросъемочных и картографических материалов.

- ◆ **ПКО** — выполняют научно-производственные исследования по мелкомасштабному картографированию и новым произведениям, в том числе с использованием передовых технологий, проектируют и составляют мелкомасштабные карты и атласы; несут справочную службу: централизованный подбор и анализ источников, учет изменений по всем элементам содержания общегеографических карт (страна и мир), ведут дежурство по названиям географических объектов.
- ◆ **ЦНИИГАиК** — выполняет научно-исследовательскую работу по всему кругу вопросов, касающихся общегеографического картографирования; регулярно издает научные труды по картографии.
- ◆ **КФ** — ведут подготовку карт к изданию и осуществляют издание тиражей.
- ◆ **ЦКГФ** — контролирует изученность территории страны (картографо-геодезические работы разных ведомств); выполняет заявки на получение соответствующих материалов.
- ◆ **ЦГео** — осуществляют перевод общегеографических карт в цифровой вид.
- ◆ **Госцентр «Природа»** — выполняет исследования по внедрению космических методов в общегеографическое картографирование.

10.3. Система топографических карт

Топографические карты суши (ТКС) Российской Федерации организованы в четкую систему, обеспечивающую точность и современность их содержания и регулярность издания. Этую систему отличают следующие признаки:

- ◆ единая математическая основа;
- ◆ унифицированность условных обозначений;
- ◆ действие единых нормативных документов по созданию карт;
- ◆ сквозная технология составления карт: от съемочных масштабов до средних;
- ◆ единство оформления карт;
- ◆ регулярное покрытие территории страны топографическими картами;
- ◆ организация хранения топографических материалов.

Математическая основа топографических карт (см. главу 4) закреплена законодательно. Карты строят в равноугольной поперечноцилиндрической проекции Гаусса-Крюгера, вычисленной для принятого референц-эллипсоида по шестиградусным зонам. Разграфка и номенклатура листов масштабного ряда определяются последовательным делением трапеций листов карты масштаба 1:1 000 000 (листы $4^\circ \times 6^\circ$). Высотной основой служит Балтийская система высот. Топографические карты обеспечивают возможность нанесения контуров и выполнения измерений с предельной точностью — 0,01 мм в масштабе карты.

Масштабный ряд ТКС достаточно широк: от очень крупных масштабов до 1:1 000 000 включительно (см. раздел 1.5).

Топографические планы (1:500—1:5 000) — результат полевых инструментальных съемок: тахометрической, фототеодолитной, ГСП, мензульной и др. Планы создают при любом строительстве и выполнении землеустроительных работ; их генерализация минимальна, содержание по возможности приближено к местным условиям, для чего в таблицу условных обозначений даже включены дополнительные знаки. Планы создают многие хозяйствственные ведомства и хранят их нередко в рукописном виде.

Топографические карты (1:10 000—1:100 000) составляют основу топографического фонда страны. Они создаются по полевым материалам, на 95% — на основе аэрофотосъемки и отличаются большой документальностью. Крупные масштабы карт позволяют передать локальные особенности местности (например, строение долин рек), местные природные ресурсы (водообеспеченность) и характер использования территории (например, показать все населенные пункты и промышленные объекты).

В настоящее время около трети территории России покрыто картами масштаба 1:10 000 (населенные пункты, промышленные зоны, зоны интенсивного сельскохозяйственного освоения). Кarta масштаба 1:25 000 с 70-х годов XX в. является генеральной картой страны. Карты 1:50 000 и 1:100 000 регулярно составляют на основе карт более крупных масштабов, поддерживая их на уровне современности. Карты на обжитые районы обновляют и переиздают через шесть—восемь лет; на малоиспользуемые — через 10—15 лет.

Обзорно-топографические карты (1:200 000—1:1 000 000) составляют камерально. Отбор и обобщение элементов содержания достаточно велики. Например, на карте 1:1 000 000 в густонаселенных районах присутствует всего 10—15% населенных пунктов, со значительным обобщением дается речная сеть и т.п. Обзорно-топографические карты переиздаются отдельными выпусками, так,

Таблица 10.1

Основные параметры листов обзорно-топографических карт

Масштаб	Количество листов в одном листе карты масштаба 1:1 000 000	Охват территории в км ² (округленно)	Количество листов на территорию России
1:200 000	36	70 × 110	3570
1:500 000	4	220 × 330	430
1:1 000 000	1	440 × 660	180

карта масштаба 1:1 000 000 имеет пять изданий. Обзорность этих карт проявляется в том, что каждый лист покрывает значительную территорию, соизмеримую с принятым в России административным делением (район, область) (табл. 10.1).

Для сравнения отметим, что генеральная карта России в масштабе 1:25 000 включает 201 440 листов. Обзорно-топографические карты имеют многоцелевое назначение. Вместе с тем они играют и специальную роль, что влечет за собой включение дополнительного содержания. Например, на карте 1:200 000 усилено внимание к дорожной сети, а на обороте каждого листа приводится географическая «Справка о местности» с описанием грунтов и сезонной проходимости местности. Карты масштабов 1:500 000 и 1:1 000 000, используемые как полетные, содержат систему изоколов и данные о магнитном склонении.

Обзорно-топографические карты сыграли особую роль в изучении природных ресурсов страны, став основой для тематического картографирования. В этой связи следует назвать обзорно-топографическую карту масштаба 1:300 000, созданную 1950–1960 гг. и не вошедшую в государственную систему топографических карт. Она предназначалась для географического изучения местности и отличалась очень большой детальностью, сопоставимой с картой масштаба 1:100 000. Именно соединение детальности с обзорностью позволило обнаружить многие географические закономерности и связи явлений. Эта карта и сейчас не потеряла значения при экологической оценке территорий.

Важнейшую роль в познании страны сыграла карта масштаба 1:1 000 000. По основным математическим параметрам она входит в состав Международной карты Мира масштаба 1:1 000 000, созданной усилиями картографических служб ряда стран на материиковую часть Земли, а по содержанию карта оригинальна и составлена в соответствии с принятыми в нашей стране классификациями и правилами генерализации.

Вопрос «старения содержания» — общий для всех топографических карт. Карты периодически переиздают с обновленным содержанием. В последние десятилетия для этого используют космические материалы, позволяющие оперативно вносить изменения в содержание карт, не дожидаясь полевых съемок.

10.4. Содержание топографических карт

Содержание топографических карт в значительной степени унифицировано. Основными документами служат таблицы условных знаков, инструкции и наставления, следование которым обязательно для всех ведомств, выполняющих полевые и составительские работы.

Карты разных масштабов различаются степенью генерализации, т.е. числом классификационных ступеней изображаемых элементов, сложностью их контуров, отбором и исключением отдельных элементов содержания. Соответствующие требования и методические установки включены в нормативные документы. Благодаря сочетанию графической и смысловой генерализации карты дают детальное изображение природных и антропогенных черт ландшафта на определенном масштабном уровне и сохраняют хорошую читаемость.

Береговая линия морей на топографических картах показывается на период наивысшего стояния воды (многолетние колебания, приливно-отливные течения, сгонно-нагонные явления). Ее высота (уровень воды) определяется в поле и согласуется с данными Гидрометеослужбы. Графическая генерализация заключается в установлении минимальных изгибов (обычно до 0,5–1 мм в масштабе карты), а смысловая — в подчеркивании в рисунке береговой линии генетических признаков. Чередованием выровненных и извилистых участков, угловатым или округлым рисунком извилин, «затягиванием» извилин в глубь суши и другими графическими приемами достигается изображение выровненных равнинных побережий, лиманов, лагун, эстуариев, фьордов и т.д. Чем мельче масштаб карты, тем значительнее географическая составляющая генерализации. На обзорно-топографических картах прибегают даже к утрированию отдельных форм (например, узких фьордов) и введению внemасштабных обозначений (например, мелких островов в зоне шхерного побережья). Особыми штриховыми знаками обозначают обсыхающие побережья (полосы осушения и характер грунта), обрывистые, скалистые и др.

Гидрографическую сеть на суше образуют реки и озера, а также объекты антропогенного происхождения — водохранилища, каналы, оросительные системы. Они характеризуют водные ресурсы и водообеспеченность территории. Реки и озера показывают по состоянию на период межени, водохранилища и каналы — по среднему стоянию воды. Сложилась практика отбора водных объектов по величине: реки более 1 см длины, а озера — площадью более 2 мм^2 в масштабе карты (для обзорно-топографических карт соответственно — 1,5 см и 4 мм^2). Большинство русел рек дают внemасштабными линиями (одинарными или двойными) и только крупные реки показывают в масштабе карты. Например, на карте масштаба 1:25 000 в масштабе изображаются только реки шириной более 15 м в межень, на карте 1:100 000 — более 60 м. На обзорно-топографических картах 1:1 000 000 лишь самые крупные реки (ширина более 500 м) выражены в масштабе.

Реки подразделяют на постоянные и пересыхающие. К последним относят реки сезонно-пересыхающие и сезонно-водные. В особо засушливых районах условным знаком сухих русел отражают периодически-водную сеть. Аналогично различают озера — с постоянной или переменной береговой линией.

При изображении гидрографической сети большое внимание уделяют местным природным особенностям (таким, как пропадание участков рек в карстовых районах, неопределенность положения русел в заболоченных местностях, образование озерно-речных цепочек и т.д.). Системой условных обозначений выделяют характер берегов (обрывы, осыпи и т.д.), особенности течения (водопады, пороги) и отдельные показатели режима (например, площади разлива рек). Количественные и некоторые качественные характеристики рек и озер (урезы воды, скорости течения, особенности берегов, соленость озер и т.д.) определяют в поле и уточняют по данным Гидрометеослужбы.

Генерализация гидрографической сети даже при четко установленных нормах отбора не проводится механически. Ее нормы корректируют для показа географически важных подробностей, например малых истоков рек, сточности или проточности озер, скопления мельчайших озер и т.д. Обобщение рисунка русел рек согласуется с рельефом местности для отображения особенностей гидрографической извилистости. Сооружения водохозяйственного и гидротехнического значения показывают с большой подробностью. Условия судоходства на реках и озерах отражают в соответствии с правилами создания морских навигационных карт.

Таблица условных обозначений содержит значительное количество условных знаков для водных объектов местного значения

(ключи, колодцы, копани, дождевые ямы и т.д.). Такие условные знаки используют выборочно, на определенной территории (например, ключи — для показа уровня стояния грунтовых вод, колодцы — в маловодных районах и т.д.).

Рельеф на топографических картах изображают системой стандартных горизонталей основного постоянного сечения и дополнительными горизонталями, используемыми в горных или сильно выравненных районах (см. главу 6). Многие условные знаки форм рельефа не только дополняют рисунок горизонталей, но и конкретизируют местные особенности. Овраги, промоины, обрывы, осьпи и т.д. передают динамику рельефообразования; ледяные обрывы, бугры пучения, наледи и т.п. характеризуют проявления вечной мерзлоты; крупные уступы, скалистые уступы, скалы, дайки и другие передают особенности рельефа высокогорья.

На карте масштаба 1:1 000 000 принцип постоянного сечения рельефа для всей страны заменяется введением переменного сечения для разных высотных ступеней (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Шкалы сечения рельефа на картах масштаба 1:1 000 000

Отечественная карта		Международная карта	
Высотные ступени (м)	Сечение рельефа (м)	Высотные ступени (м)	Сечение рельефа (м)
0–400	50	0–500	100
400–1000	100	500–2000	500
свыше 1000	200	свыше 2000	1000

На топографических картах горизонтали переходят и на ледники, где они даются синим цветом. Изображение рельефа ледника имеет очень большое значение, так как позволяет оценить запасы пресной воды. Особая система условных знаков отражает морфологию ледников: трещины, морены, скалы и др.

Изображение рельефа создается стереорисовкой на основе аэрофотоматериалов. При этом на картах крупных масштабов передают микро- и мезоформы, на остальных — мезоформы. Очень важный момент при стереорисовке рельефа — его **географическое редактирование**. Оно проводится с целью:

- подчеркнуть общим рисунком горизонталей характерные перегибы местности (характер склонов, наличие бровок, выраженность пойм и т.д.);
- передать продольный и поперечный профиль долин положением и замыканием горизонталей вдоль долин рек и по руслу;
- отразить направления линейного и плоскостного смыва согласованием горизонталей;
- дать логичный переход от системы горизонталей к условным обозначениям (горы — высокогорье; долина — овраг — промоина и т.п.).

Растительность. На топографических картах показывают современный растительный покров, а при его отсутствии — *грунты*. Естественная растительность подразделяется на лесную, кустарниковую, травянистую, моховую и лишайниковую, а культурная — на многолетние насаждения и сельскохозяйственные культуры. Первичные материалы по растительности дают полевое дешифрирование аэрофотоснимков. Генерализация при переходе к более мелким масштабам направлена на выделение ландшафтных особенностей местности.

Наиболее полно передается *лесная растительность*. Выделяют отдельные массивы леса со своей качественной и количественной характеристикой, показывают переходные формы — редколесья, отдельные куртины леса, включения кустарников, кустарниковые массивы, группы кустов, узкие полосы лесной и кустарниковой растительности и др. Предусмотрены условные знаки для показа состояния лесов — гарей, вырубок и др. Особое значение имеет подчеркивание географических особенностей обитания растительности: стланник в высокогорьях, сплошные колючие кустарники на склонах гор, низкорослый угнетенный лес в лесотундре, преобладание полукустарников и т.д.

Травянистую растительность подразделяют на луговую (высокотравную или низкотравную), присутствующую во всех природных зонах, и степную, которая встречается редко из-за распашки степей. Ее дешифрируют особенно тщательно, как характерную особенность целой природной зоны. Тундровая растительность передается сочетанием мхов и лишайников. Из них выделяется ягель, имеющий пастбищное значение.

Изображение растительности неразрывно с особенностями поверхности — заболоченностью, полигональностью, выходами грунта, бугристостью, кочковатостью др. Допустимо сочетание трех-четырех условных знаков преобладающей растительности, дополн-

ненной условными знаками состояния поверхности. На картах более мелких масштабов возможен переход к зональным и высотным типам растительности.

Населенные пункты — один из самых важных элементов содержания топографических карт. На отечественных картах принята классификация населенных пунктов по типу поселения, людности и административному значению. Соответствующие градации закреплены в условных знаках. Особое значение имеет подробность

Таблица 10.3

Изображение заселения на общегеографических картах разного масштаба

Масштаб карты	Подробность изображения
1:10 000 1:25 000	Дом в городе, дом или изба в городских и сельских поселках. Вне населенных пунктов — все жилые и нежилые постройки
1:50 000	Выделение систем застройки и особенностей привязки к местности (вдоль рек, вдоль дорог, на холмах, на уступах предгорий и т.д.). Дома объединяются при плотной застройке; улицы расширяются. Вне населенных пунктов — все жилые постройки и нежилые, играющие роль ориентиров
1:100 000	Планировка городов, выдающиеся здания; типы застройки: рядовая, квартальная, рассредоточенная в городских и сельских поселениях
1:200 000	Возможно объединение близко расположенных населенных пунктов в один с подписью главного из них. Отдельные постройки в слабообжитых районах
1:500 000	Цензовый отбор населенных пунктов по количеству жителей и значимости; установление нормативов показа населенных пунктов на дм^2 карты (низшая градация — 65 н.п./ дм^2 и менее; высшая — 400 н.п./ дм^2 и более — до 120 населенных пунктов). Для малых населенных пунктов введен знак пунсона
1:1 000 000	Цензовый отбор и нормативное представительство населенных пунктов по установленной шкале: низшая градация — 65 н.п./ дм^2 и менее; высшая градация — 500 н.п./ дм^2 и более — до 190 н.п. Крупные населенные пункты передаются контуром с основными планировочными проездами. Большинство н.п. показываются пунсонами

изображения заселения местности. Каждый масштаб отвечает определенным правилам, которые отражены в приводимой табл. 10.3.

В результате карта 1:100 000 — последняя в масштабном ряду, где выделен и подписан каждый населенный пункт. На обзорно-топографических картах отбор населенных пунктов значителен. На карте 1:1 000 000 в густонаселенных районах остается 10–15% общего числа населенных пунктов.

Промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты на общегеографических картах передают специальными условными обозначениями. В полном объеме эти объекты присутствуют на картах крупных масштабов. На обзорных картах они отражают лишь общую освоенность территории и играют роль ориентиров.

Дорожная сеть передается с большой детальностью. Действующие ширококолейные железные дороги и автодороги высших классов присутствуют на картах всех масштабов, подробно отражают дорожное хозяйство. Грунтовые дороги подвергают отбору. При этом действует общее правило: все населенные пункты обязательно должны быть соединены дорогами, а на картах крупных масштабов допускается изображение нескольких дорог (с учетом благоустройства и длины пути). Для характеристики местных условий — на картах всего масштабного ряда показывают зимники, тропы через перевалы и т.п. и пути сообщения.

Топографические карты служат топонимической основой страны. Они играют большую роль в унификации топонимов и выработке принципов транскрипции. Карты издают на русском языке. Названия местных природных и культурно-экономических объектов уточняют в ходе полевых работ по официальным источникам. Ведется своеобразное дежурство по карте 1:1 000 000, и картам более мелких масштабов по положению государственных и административных границ, изменению статуса и переименованию населенных пунктов, развитию железнодорожной и автодорожной сетей. Периодически переиздаются справочники.

10.5. Мелкомасштабные общегеографические карты

Карты мелкого масштаба обеспечивают обзор обширных пространств материков и океанов, стран и морей, позволяют видеть объекты большой протяженности и площади: горные системы, плоскогорья и равнины, водосборные бассейны крупных рек, мо-

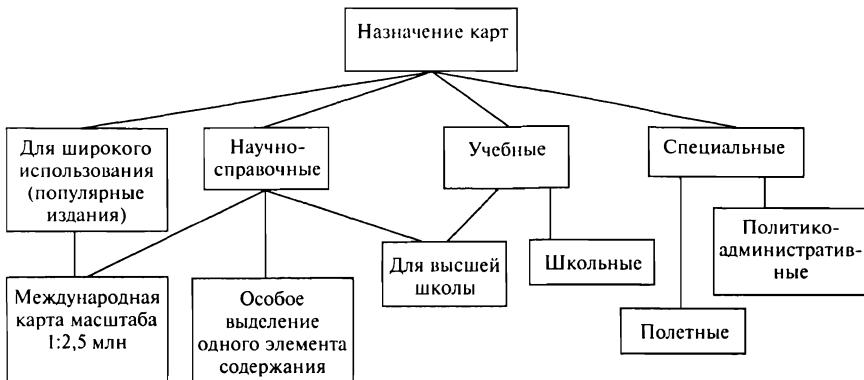


Рис. 10.3. Классификация мелкомасштабных общегеографических карт

рей, океанов и т.д. Мелкомасштабное общегеографическое картографирование ориентировано на решение следующих задач:

- ◆ общее географическое изучение местности;
- ◆ углубленное изучение местности и при сочетании общегеографических и тематических элементов — для установления основных природных или социально-экономических закономерностей;
- ◆ использование в качестве географической основы для тематических карт и атласов;
- ◆ ориентирование в пространстве с выделением общегеографических элементов высших рангов и значимости.

Основной классификационный признак общегеографических карт — их назначение (рис. 10.3).

Каждая из мелкомасштабных общегеографических карт создается как особое произведение, некоторые из них многократно переиздаются. Карты различны по математической основе (масштабы, проекции, градусные сетки, компоновка и т.д., см. главу 4), но набор элементов содержания стандартен: береговая линия, гидрографическая сеть, рельеф, населенные пункты, пути сообщения. Растительность обычно исключается, так как фоновые окраски используют при изображении рельефа. Жестких стандартов для изображения элементов содержания нет, в каждом конкретном случае они разрабатываются и формулируются в соответствующих редакционных документах.

Для карт мира, материков, океанов и морей и крупных регионов масштабный ряд не установлен. Многое зависит от назначения карты (например, для справочной стенной карты России в целом

удобен масштаб — 1:2 500 000, в серии карт для высшей школы принят масштаб 1:4 000 000, в серии школьных карт с учетом размеров классов — 1:5 000 000). Для удобства хранения и использования мелкомасштабные общегеографические карты часто делят на листы (в этом смысле употребляют термин «многолистная» карта). Многолистная Международная карта масштаба 1:2 500 000, охватывающая всю Землю, имеет многополосную проекцию.

При создании мелкомасштабных общегеографических карт особое внимание уделяют их оформлению и эстетическим качествам. Применяют художественные рамки, двуплановые изображения элементов содержания (для стенного и настольного использования); стараются выбрать грамоничные фоновые окраски. Удачно оформленные карты выглядят, как картины. Таковы, например, карты «Памир — Тянь-Шань» (масштаб 1:1 800 000); «Кавказ» (1:600 000) и другие региональные карты из серии карт для высшей школы.

В «топографических» масштабах нередко создают карты отдельных регионов. Это стенные карты, и их масштаб соответственно преувеличен, а содержание соответствует мелкомасштабным картам. Таковы, например, серии областных карт масштабов 1:200 000 и 1:500 000 (изд. ВТУ ГШ, 1994–1998); серия «Общегеографические карты Российской Федерации» для 78 субъектов Федерации в масштабах 1:200 000 — 1:1 000 000 (Роскартография, 1993–1996).

Особую роль в развитии отечественной и международной картографии сыграла *Международная карта Мира масштаба 1:2 500 000* (1964–1976), которая была подготовлена совместными усилиями ряда стран (СССР, Венгрия, ГДР, Румыния, Болгария, Чехословакия, Польша). Это единое картографическое произведение, созданное на основе коллективно разработанных редакционных документов и изданное по единой технологии. Картографические службы разных стран вложили в создание карты свой опыт, и в этом смысле карта действительно уникальна. Очень большая организационная работа была проведена СССР и Венгрией. Вклад нашей страны — разработка математической основы, составление около половины листов карты. Карта издана на английском языке, но названия отдельных листов карты и легенда дублированы на русском.

Основное назначение карты — служить географической основой для серий тематических карт, отражающих природные ресурсы Земли. В отличие от Международной карты Мира масштаба 1:1 000 000, созданной только на материки, эта карта покрывает всю планету. Содержание карты разрабатывалось с двух позиций: популярность и научная справочность. В редакционном документе были обоснованы принципы генерализации каждого элемента содержания, четко прописаны графические приемы генерализации,

цензы и нормы отбора рек и озер (в см и мм² в масштабе карты); разработана общая переменная шкала высот с основными и дополнительными горизонталями регионального значения; правила и нормы отбора населенных пунктов (в н.п./дм²) с учетом предварительного районирования территории по плотности населения. Карта имеет гипсометрическую окраску, а растительность показана только в отдельных местах на мелководье.

Велико значение Международной карты Мира масштаба 1:2 500 000 как единой международной топонимической основы. Это единственное издание, где географические термины и топонимы приведены в общую систему для всей планеты Земля, а транскрипция названий следует одному принципу.

Среди мелкомасштабных карт выделяется переходная группа от общегеографических карт к тематическим. На них с максимальной полнотой отражается один из элементов общегеографического содержания, а остальные отводятся на второй план и даже исключаются. Таковы, например, гипсометрические карты с подробным изображением рельефа.

Это не единственный пример. *Справочная карта СССР масштаба 1:2 500 000* была создана в 1947 г. На ней присутствуют все общегеографические элементы, но рельеф передан отмыvkой, а растительность — заливкой и цветной штриховкой. Уникальность карты в максимально полном изображении населенных пунктов. В наиболее обжитых местах их количество доходит до 400 н.п./дм². Для сохранения читаемости карты подписи названий населенных пунктов даны двумя планами: главные — черным цветом, остальные — голубым.

Учебная картография широко использует мелкомасштабное общегеографическое картографирование. *Общегеографические школьные карты* сопровождают весь процесс обучения. Для начальных классов — это карты полуширий и карты своей страны, для средней — карты материков, стран, регионов и их частей. Школьные общегеографические карты отличает ряд особенностей:

- набор карт и их содержание строго соответствуют школьным программам и учебникам;
- для карт разработана специальная математическая основа (проекции подчеркивают шарообразность Земли; масштабы удобны для использования в классе и т.п.);
- карты имеют дополнительную нагрузку (например, основные полезные ископаемые; маршруты путешествий и мореплаваний и др.);
- оформление карт выполнено ярко и красочно, с выделением основного и второстепенного содержания.

В 50–60 гг. XX в. в нашей стране создан комплект новых *карт для высшей школы*, не имеющей аналогов в мировой картографии. Комплект включает: карты мира, материков, океанов, физико-географических регионов, морей, страны и ее частей. Всего издано 40 наименований карт. При составлении серии был суммирован практический опыт создания школьных демонстрационных, гипометрических карт и обзорно-справочных карт. Решены трудные задачи сочетания высокой информативности и демонстрационной наглядности карт. Для этого разработаны оригинальные приемы двухпланового изображения отдельных элементов. Для рек это выразилось в совмещении рисунка извилистого русла с широкими условными линиями долин, для населенных пунктов — введен «планировочный» рисунок крупных городов, для рельефа — использованы цветные шкалы, совмещающие гипсометрическую окраску и отмывку, применен принцип «чем выше — тем светлее» и т.п., впервые дано батиметрическое изображение дна всех океанов.

Мелкомасштабные *общегеографические карты специального назначения* выделяют в особую группу. Для них математическая основа, нормы генерализации и оформление разрабатываются особо. Карты насыщены элементами специального содержания. Это, например, полетные аэро- и сверхмелкомасштабные космические навигационные карты. Среди полетных карт различают маршрутные и бортовые. Компоновка первых соответствует маршруту следования и нередко они имеют вид длинной и достаточно узкой полосы. Бортовые карты покрывают пространство вне маршрута и имеют стандартную нарезку. В зависимости от высоты полета масштабы карт различны: от 1:1 000 000 до 1:8 000 000.

Основное назначение полетных карт — оперативное визуальное или инструментальное (например, радиолокационное) ориентирование. Они снабжены системой изокол и данными магнитного склонения. Их отличает яркое красочное оформление, подчеркивающее объекты для ориентирования и районы, опасные для полета. Так, крупные реки и озера (цепочки озер) показывают на картах фиолетовым цветом, высокогорья выделяют послойной окраской; четкие контуры крупных городов дают нередко красным цветом и т.д. Созданы и сводные полетные карты страны более мелких масштабов.

Специфика генерализации для всех элементов заключается в выделении главного и исключении второстепенного. В то же время на картах мелких масштабов нередко присутствуют объекты, характерные для крупномасштабных карт (мосты через большие реки, протяженные трубопроводы и т.д.), что соответствует особенностям ориентирования на местности.

Международная карта Мира масштаба 1:1 000 000 дублировалась изданием аэронавигационного варианта. В 1992 г. в США эту карту подготовили в цифровом виде (*Digital Chart of the World*). Это самая крупномасштабная полетная карта, получившая сейчас широкое коммерческое распространение. Однако анализ ее содержания, проведенный отечественными гражданскими и военными специалистами, показал, что при составлении часто использовались устаревшие источники, есть значительное число графических ошибок, обеднено содержание по сравнению с картой Мира масштаба 1:1 000 000 (не показаны от половины до трети населенных пунктов; исключены даже крупные реки и т.д.).

К общегеографическим картам специального назначения условно относят **политико-административные карты**, главное содержание которых — деление мира на страны и показ их административного устройства. Существуют четкие правила нанесения границ, особенно государственных, они нередко проходят по природным рубежам (рекам, водоразделам и т.д.). Карты носят популярный характер и постоянно переиздаются.

При всем разнообразии мелкомасштабных общегеографических карт можно сформулировать общие правила их разработки:

- ◆ созданию карт предшествует подготовка специальных редакционных документов, определяющих ее математическую основу (масштаб, проекцию, градусную сетку), содержание и оформление;
- ◆ в соответствии с назначением ведется отбор элементов содержания карты;
- ◆ тщательно продумывается совместимый набор способов изображения отдельных элементов и красочное оформление карты;
- ◆ для каждого элемента содержания отрабатываются правила генерализации с указанием качественных и количественных критериев (часто с предварительными образцами карты).

В отличие от топографических, на мелкомасштабных общегеографических картах стремятся отразить общие черты ландшафта. Так, при изображении гидрографической сети обращают внимание на особенности орографической извилистости, на рисунок слияния рек, наличие единых озерно-речных систем, выделение регионов различной водообеспеченности. В рельефе подчеркивают крупные площадные формы (возвышенности, плато, низменности) и протяженные формы (горные системы). Для отображения заселенных территорий на основе предварительного районирования устанавливают цензы и нормы отбора населенных пунктов и принцип их классификации.

Особую ценность имеют серии общегеографических школьных карт и для высшей школы. Все преимущества мелкомасштабного общегеографического картографирования особенно ярко выступают в общегеографических атласах (см. главу 13). Появляется возможность соединить информативность, детальность и читаемость обзорной карты. В этом большое научное и справочное значение общегеографических атласов. В сериях общегеографических карт и общегеографических атласах хорошо проявлены черты системного картографирования.

10.6. Гипсометрические карты

Термин «*гипсометрические карты*» закрепился за картами, главное содержание которых составляет изображение форм рельефа земной поверхности системой горизонталей с послойной окраской по ступеням высот. Это преимущественно мелкомасштабные карты, обобщающие научные представления о рельефе планеты в целом, материков и океанов, обширных регионов.

Как самостоятельное направление гипсометрическое картографирование зародилось на рубеже XIX–XX вв., а первые карты связаны с именем крупного русского ученого — картографа и геодезиста А. А. Тилло. В XX в. развитие русской гипсометрической школы и завоевание ею международного признания связано с именами Ю. М. Шокальского, А. А. Борзова, Т. Н. Гунбиной. Видная роль принадлежит И. П. Заруцкой, которая не только активно участвовала в создании многих карт, но и научно обосновала это направление, разработала методические приемы и технологию мелкомасштабного составления рельефа.

Среди основных отечественных гипсометрических карт следует назвать: Гипсометрическую карту Европейской части СССР масштаба 1:1 500 000 (1940), Гипсометрическую карту СССР масштаба 1:2 500 000 (первое издание — в 1947 г., неоднократно переиздана), Гипсометрическую карту мира масштаба 1:15 000 000, а также карты материков и океанов, физико-географических регионов, входящие в серию карт для высшей школы.

Научные и практические особенности отечественной гипсометрической школы характеризуют несколько положений:

- единство изображения рельефа всей картографируемой территории (мир, материк, регион);
- отражение орографической и геоморфологической структуры рельефа;

- применение особых методических приемов рисовки форм рельефа различного генезиса;
- выявление и отображение естественных связей между рельефом суши и дна океанов.

Гипсометрические карты строят по данным топографических карт. Научно обоснованная, географически корректная генерализация позволяет перейти от мезоформ рельефа к материиковым и планетарным формам. Стержневой момент — разработка **гипсометрической шкалы**. Для каждой конкретной карты не просто вводят шкалу с переменным сечением (чем выше, тем сечение больше), а тщательно подбирают ее с учетом морфологии и генезиса рельефа, его расчленения и основных высотных уровней. Залогом удачного построения гипсометрической шкалы служит хорошее знание (и отражение на карте) геолого-тектонических и геоморфологических особенностей местности. Составлению предшествует районирование территории и создание образцов рисовки рельефа разного происхождения и облика: низменностей и равнин аккумулятивного происхождения (моренного, речного, озерного, ледникового) и денудационного; отрабатывают рисунок систем горизонталей для гор с различным типом складчатости (параллельной, кулисообразной, решетчатой и т.д.), для нагорий, массивов, вулканических поверхностей. Поэтому гипсометрические карты нередко относят к тематическим картам рельефа.

Составление рельефа ведут в определенном порядке: вначале обозначают границы крупных форм; проводят структурные линии, затем определяют положение ведущих горизонталей на перегибах местности; передают системой горизонталей характер склонов и водоразделов, включают в рисунок немасштабные условные знаки — овраги, кромки скал и т.д. Сама методика построения гипсометрического рисунка требует ювелирной работы. Мелкий рисунок долин, ложбин, седловин, гребней и т.д. допускает сдвиг горизонталей для наилучшего отображения отдельных форм рельефа.

Гипсометрическая школа получила развитие и продолжение при картографировании подводного рельефа. Еще в 1940-е годы на Гипсометрической карте СССР 1:2 500 000 И. П. Заруцкая сделала первые попытки дать гипотетическое изображение рельефа малоизвестного тогда дна Северного Ледовитого океана. Впоследствии этот картографический прогноз прекрасно подтвердился, теперь хребет Ломоносова рисуется на картах с большой детальностью. Со второй половины XX в. стали издаваться **батиметрические карты**, главное содержание которых — показ подводного рельефа системой изобат. На батиметрических картах (например, в серии карт океанов для высшей школы) выделяют равнинные

шельфовые зоны, глубоководные желоба и хребты и т.д. Орографические основы гипсометрических и батиметрических карт послужили темой особой карты — *Орографической карты Мира*, масштаба 1:15 000 000.

10.7. Морские карты

Среди морских карт различают морские *навигационные карты* (МНК), *гидрографические* и *батиметрические*. МНК предназначены для обеспечения судовождения, безопасности плавания, изучения и анализа навигационно-гидрографической обстановки. В соответствии с масштабом и назначением на них показывают береговую полосу, рельеф морского дна (отметки глубин и изобаты), навигационные опасности, грунты, средства навигационного обеспечения, ориентиры, фарватеры и опасные районы, другие элементы. Гидрографические — сводные навигационные карты мелкого масштаба; батиметрические — изображают рельеф морского дна. МНК подразделяют на:

- **генеральные карты** масштабов 1:5 000 000 — 1:1 000 000, предназначенные для плавания в открытом море в значительном удалении от берегов;
- **путевые карты** (1:1 000 000 до 1:500 000) — для плавания в открытых и прибрежных водах; иногда с полной потерей видимости берега;
- **частные карты** (1:100 000 — 1:25 000) — для прибрежного судоходства в сложных навигационных условиях;
- **планы** (1:25 000 — 1:500) — для захода в порты, гавани, рейды и передвижения в их пределах.

МНК создаются в нормальной равноугольной проекции Меркатора (для полярных территорий преимущественно стереографическая проекция). Вследствие больших изменений частных масштабов на картах устанавливают стандартные параллели (две или одна), масштаб на которых является главным и подписывается под рамкой карты. Положение стандартных параллелей выбирают с таким расчетом, чтобы искажения площадей внутри листа карты не превышали 33%.

Конкретный масштабный ряд для МНК не установлен. В пределах указанных групп карт конкретный масштаб листа выбирается с таким расчетом, чтобы лист покрывал акваторию, предназначенную для плавания судов. Между соседними одномасштабными картами предусматриваются значительные перекрытия — находы.

Рамкой карты служат крайние меридианы и параллели. На сст-ке обозначают минуты (морские мили), поделенные на 10 частей (кабельтовые). Нередко на картах присутствует дополнительная система линий. Например, равных азимутов, равных расстояний, разностей расстояний по локсодромии и ортодромии. Кроме того, присутствуют система изогон и данные о магнитном склонении. На МНК нет номенклатуры. Каждому листу карты присвоен адмиралтейский номер и титул (название района).

МНК создаются на основании специальных гидографических съемок, проводимых картографическими предприятиями Военно-Морского Флота РФ. Карты оперативно обновляются. При существенных изменениях — переиздаются (год издания указывается справа под нижней рамкой). При небольших изменениях карты корректируются и впечатывается новая информация. Содержание МНК всего масштабного ряда однотипно, хотя подробность изображения различна в соответствии с назначением групп карт. На листах МНК может быть показана часть суши. В этом случае дается ее топографическое изображение с выделением ориентиров, видимых с моря (вышки, трубы, объекты береговой обстановки).

Береговая линия на МНК показывается по наименьшему стоянию воды (для безприливных морей — среднему многолетнему; для приливных — наизнешнему многолетнему). Она рисуется с максимальной подробностью. Иногда дают специальную легенду: обрывистый берег, обрывистость с бечевником, косы, отмели, пляжи, отмечают скалистые, обсыхающие, абразивные, намывные, шхерные, фиордовье, лиманные и другие берега.

Рельеф дна передают отметками глубин в метрах. Их частота и точность зависят от масштаба карты. Изобаты служат дополнением цифровой модели. Они проводятся лишь в местах, хорошо обеспеченных промерами, методом механической интерпретации. Часто изобатами оконтуривают районы опасного плавания (эти участки имеют голубую окраску). Система изобат присутствует только на генеральных картах, при этом в каждом случае используют индивидуальную переменную шкалу сечения. Отметки глубин и изобаты дополняют многие условные знаки: банки, рифы, подводные и надводные камни, скалы, бары и т.д.

Грунты на МНК изображают на основе специальной индексации: набор букв означает цвет, основную породу и состояние грунта (например, «блПвз» — белыйвязкий песок или «злГltv» — зеленая твердая глина).

Навигационные опасности показывают с помощью множества условных знаков, указывающих водоросли, буруны, водовороты,

течения, подводные сооружения (каналы, кабели, трубопроводы и т.п.), загрязнение дна (затонувшие суда, свалки) и др.

Сооружения навигационной обстановки (наземные — маяки, башни и др. и на воде — буи, плавучие маяки) не только наносят на карту, но на полях листа приводят рисунок их внешнего вида.

Мелкомасштабные МНК принято называть гидографическими. На них периодически дают сводку данных навигационных карт в пределах океанов. В отличие от батиметрических карт, на них системой изобат переменного сечения рисуют не подводный рельеф, а выделяют зоны одинаковой глубины.

Международный гидографический союз регулярно публикует «Извещения мореплавателям», содержащие описания иностранных МНК (эллипсоид, система координат, основное содержание). Международный гидографический институт в Монако периодически издает «Сводные гидографические карты мира» в масштабах 1:35 000 000 и 1:10 000 000. Там же сформирован цифровой банк данных по МНК.

Навигационные карты создаются также на крупные судоходные реки, озера, водохранилища. Часто их называют локациями. Их содержание соответствует МНК, но они дают более полную характеристику судоходных путей (шлюзы, плотины, гидроузлы, укрепленные берега, дамбы, акведуки и т.д.).

10.8. Карты шельфа

Шельф — это материковая отмель, т.е. окраина материков, мелководье с особыми природными условиями и небольшими уклонами дна.

Во всех широтах шельф относительно хорошо прогревается, имеет богатую подводную растительность и животный мир. До середины XX в. зона шельфа специально не картографировалась. Она выпадала из содержания топографических карт суши (положение береговой линиидается по высокому стоянию воды) и морских навигационных карт (положение береговой линии соответствует низкому стоянию воды).

Ситуация изменилась с началом разведки нефти и газа на шельфе, и во всем мире началось его активное картографирование. Россия особенно заинтересована в создании **топографических карт шельфа (ТКШ)**, так как окружена шельфовыми морями. Поскольку на шельфовую зону приходится полоса непосредственного взаимодействия суши и моря, ТКШ должны были соединить в себе черты топографических и морских навигационных карт, переда-

вать внешние черты подводного ландшафта и специфику хозяйствования в районе мелководья. Топографические карты шельфа предназначены для следующих главных целей:

- обеспечения поисково-разведочных работ на полезные ископаемые;
- контроля за освоением береговой зоны и защиты ее от разрушения;
- строительства и эксплуатации промышленных сооружений, прокладки коммуникаций (кабелей, трубопроводов др.);
- организации и ведения промысла рыб и морских животных в мелководных зонах;
- обеспечения тематических съемок и картографирования.

ТКШ должны составляться подробно, в относительно крупном масштабе. При разработке системы ТКШ принята во внимание тесная связь шельфовой зоны с материком, взаимная обусловленность природных процессов и особенностей хозяйственного использования. Поэтому по построению топографические карты суши и шельфа едины, т.е. они имеют одну математическую основу, проекции, масштабы, заголовочное оформление.

Поскольку ТКШ распространяются на зону взаимодействия двух стихий (земной и водной), на них используют условные обозначения топографических и морских навигационных карт, а также дополнительные знаки.

Положение береговой линии на ТКШ идентично с топографическими картами суши, но приводится возможно более полная характеристика прибрежной зоны. Условными знаками выделяют береговые отмели и мели, особенности грунта в зоне осушки (камень, галечник, ил, скалы и т.д.). Особое внимание уделяют динамическим явлениям. Стрелками обозначают постоянные вдольбереговые течения и местные образования — буруны, сейши, водовороты и др. На полях карты дают специальную гидрографическую справку с описанием явлений (постоянство и периодичность, глубина возмущения вод, связь с погодными явлениями и т.д.).

Основное содержание ТКШ — подводный рельеф. Он показывается системой горизонталей с минусовыми значениями, т.е. рельеф шельфа рисуется, как подводное продолжение рельефа суши. Горизонтали дополняют отметками глубин и условными знаками отдельных образований (скалы, камни и др.) До 50-метровой глубины подводные горизонтали проводят часто (на картах масштаба 1:10 000 сечение составляет 2 м; на картах 1:50 000 — 5 м; на картах 1:100 000 — 10 м). На больших глубинах сечение увеличивают. Ши-

рого практикуется проведение дополнительных горизонталей произвольного сечения, это помогает выделить местный микрорельеф.

С морских навигационных карт на ТКШ переходят характеристики грунта — буквенные обозначения его цвета, состава и состояния, а данные о подводной растительности показываются значительно подробнее со многими ботаническими характеристиками. Однако система условных обозначений еще окончательно не закреплена.

Так же, как и на морских картах, на ТКШ присутствуют все прибрежные сооружения. Это — эстакады, буровые платформы, линии связи, подводные сооружения и др. Особо отмечают пути следования судов, районы, опасные для плавания по природным или антропогенным причинам. Иногда приводят сведения о загрязнении вод, наличии плавника и др.

Для ТКШ введены характеристики ледового режима. Особые условные обозначения, содержание гидрографической справки, графики на полях карты и другие приемы передают сведения о сроках замерзания, других климатических показателях, образовании устойчивого ледового покрова, трещиноватости, сроках очищения от льда и т.д.

ТКШ создают, главным образом, на основе эхолотных измерений, например с помощью локаторов бокового обзора, которые дают не только данные о глубинах, но еще и снимки поверхности дна. Технология быстро совершенствуется, действуют автоматизированные съемочные комплексы, обеспечивающие батиметрическую съемку, геофизические и ландшафтные наблюдения.

Карты шельфа — новая система карт. Их содержание и технологии создания быстро совершенствуются. Точные нормативные документы не выработаны. Особенностью создания ТКШ в России и за рубежом является «пакетная» подготовка съемочных материалов. В «пакет», помимо топографической карты шельфа, входит ряд тематических карт. Обычно это геологическая, геофизическая и подводного ландшафта.

В нашей стране к работе над ТКШ прымывает и ~~создание~~ топографических карт внутренних водоемов (озер и водохранилищ). Они не повторяют содержания МНК, создаваемых для обеспечения судоходства. На картах внутренних водоемов отражают рельеф дна, особенности грунта и различные гидрологические процессы, обращая особое внимание на перемещение наносов, загрязнение вод и дна акваторий и т.п.



Глава 11

Тематические карты

11.1. Состояние тематического картографирования

Тематическое картографирование развивается в тесной связи с общегеографическим. Нередко потребности какого-либо тематического направления инициируют создание фундаментальных общегеографических произведений. Так, Международная миллионная карта была востребована геологами на рубеже XIX–XX вв. именно как основа для унификации геологических карт. А основное назначение Карты Мира масштаба 1:2 500 000, созданной в середине прошлого века, состояло в том, чтобы стать основой серии международных карт природы. Отечественная топографическая карта масштаба 1:300 000 была создана специально для изучения природных ресурсов.

Общегеографические карты служат основой для нанесения тематических данных; при этом все тематические карты используют единую математическую основу (отклонения встречаются лишь в очень ~~мечких~~ масштабах). Кроме того, их часто используют как географическую основу для распространения (интерполяции и экстраполяции) ограниченного количества тематических данных на общие территории, на основе взаимосвязей, установленных между ними и элементами местности.

Тематическое картографирование в целом не имеет единой государственной постановки. Карты разной тематики создают многие организации и учреждения научно-исследовательского и научно-технического профиля. Обычно тематику, классификации и легенды, способы картографирования разрабатывают в академических институтах и университетах, а составляют и издают карты на производственных предприятиях. Эта общая схема имеет много вариантов; во многих производственных организациях работают

сложившиеся научные коллективы составителей и, наоборот, в научных организациях нередко доводят карты до издания.

Для становления тематического картографирования любого направления требуются соответствующие теоретические разработки, концепции, которые применительно к картам реализуются в виде классификаций и легенд. Как правило, такая работа выполняется для средних масштабов; затем детализируется или обобщается при переходе к крупным и мелким масштабам.

В геологии и почвоведении основными служат карты масштаба 1:1 000 000. В международной практике для этого уровня картографирования созданы геологические и почвенные классификации, распространяемые потом на карты всего масштабного ряда. В других направлениях (геоморфология, растительность, климат, поверхностные воды) используют еще более обзорные масштабы, вплоть до 1:5 000 000.

Отдельные направления тематического картографирования развиты неравномерно. Наиболее сложилось *геологическое картографирование*. Учреждения министерства геологии планомерно занимаются созданием карт от крупных до мелких масштабов. На территорию страны составляют государственные геологические карты масштабов 1:200 000 и 1:1 000 000, регулярно издаются обзорные карты. Кроме собственно-геологических созданы карты тектонические, четвертичных отложений, гидрогеологические и др. Издаются каталоги карт, установлена единая система карт.

Успешно развивается *почвенное картографирование*. На территорию России создана карта масштаба 1:1 000 000, большинство областей обеспечены картами более крупных масштабов, развиты региональные почвенные съемки.

Геоморфологическое картографирование, создание карт растительности и ландшафтов отстают, прежде всего, потому что не опираются на общепризнанные классификации и стандартные требования. Существует множество карт — от съемочных масштабов до обзорных, — но единые государственные комплексы карт каждого направления пока не сложились; карты носят в основном авторский характер.

Климатическое и гидрографическое картографирование имеет два уровня. Первый — ведомственный, где создают наборы карт фактологического типа достаточно крупных масштабов (они обычно не издаются); второй уровень — государственный, реализуемый системой Гидрометеослужбы, которая составляет и издает мелкомасштабные сводные тематические карты.

Социально-экономическое картографирование в основном базируется на статистических данных. Оно изначально мелкомасш-

табно и не носит общегосударственного характера. Во главе его, как правило, стояли крупные ученые-теоретики: Н. Н. Баранский, А. И. Преображенский, М. И. Никишов, В. П. Коровицын, В. П. Шоцкий и др. На территорию России в целом и крупные экономические районы изданы карты обзорных масштабов. С внедрением компьютерных технологий это направление стало быстро прогрессировать.

Большое значение для тематического картографирования имеет деятельность сложившихся научно-исследовательских и информационных центров. Там разрабатывают методику картографирования, концентрируют информацию, ведут экспериментальные работы, составляют обзорные карты. Такие центры курируют работу других учреждений и ведомств, занимающихся созданием карт данной тематики.

Большой вклад в тематическое картографирование вносят многие отраслевые научно-исследовательские институты, а также институты Российской академии наук (географии, геологии, почвоведения, ботанический и др.) и их местные филиалы, Государственные университеты, ведомственные научные подразделения (Институт леса; Центр комплексных территориальных проблем и т.д.).

11.2. Карты природы

Разнообразие карт природы определяется не только многочисленностью их сюжетов, но и множеством подходов, среди которых можно выделить:

- ◆ методологические подходы — направления оценки картографируемого явления, рассмотрение его с определенных позиций, принципы классификации;
- ◆ методические подходы — конкретные способы и приемы распространения ограниченных по объему тематических данных по картографируемой территории;
- ◆ картографические подходы — само составление карты и построение легенд, выбор тех или иных способов изображения, графических средств в соответствии с принятой методикой.

В результате карты одной тематики, составленные разными авторами, могут сильно различаться. Определенная унификация достигнута лишь в отношении геологических карт, составляемых на основе международной литолого-стратиграфической классификации. В России принята также генетическая классификация почв по основному почвообразующему фактору, но в международной

практике широко используются также классификации почв по составу материнских пород, по качественной оценке и другие. Для остальных тематических направлений нет единства даже в отечественном картографировании. Например, при создании карт растительности отсутствие единого подхода проявляется в том, что в основу кладут флористическую или геоботаническую оценку, показывают современную или восстановленную растительность. При создании геоморфологических карт в одних случаях используют генетический принцип показа форм рельефа, в других — морфологический, в третьих — морфоструктурный. Карты климата и поверхностных вод часто строятся по авторским классификациям. Само понятие «ландшафт» не имеет однозначного научного определения, и поэтому можно встретить ландшафтные карты с весьма различающимися легендами.

Картографирование природы во многом основано на установленных взаимосвязях и взаимозависимостях явлений, что позволяет в определенном отношении распространять конкретные тематические наблюдения по территории. Наиболее распространены методы интерполяции и экстраполяции, приемы индикации и аналогий, выделение районов по видимым природным рубежам, использование математических зависимостей (например, высотных градиентов) и т.д. Часто эти методы применяют в сочетании соответственно с характером распространения явления. Принятый метод построения карты и характер локализации явления во многом определяют выбор конкретного способа изображения явления.

Геологические карты. Это направление картографирования наиболее развито. Вся территория России покрыта Государственной геологической картой масштаба 1:1 000 000, содержание которой постоянно обновляется, и к 2015 г. намечается издание «новой серии». Около 20% территории имеет карту масштаба 1:200 000. На региональном уровне издана карта 1:500 000.

Все районы добычи и поиска полезных ископаемых обеспечены крупномасштабными материалами. На геологических картах показывается распространение осадочных, вулканических, интрузивных, метаморфических и других образований, расчлененных по возрасту и составу в соответствии с принятой генетической литолого-стратиграфической классификацией. Кроме собственно геологических создаются карты четвертичных отложений, геоморфологические, тектонические и неотектонические, гидрогеологические и геохимические, сейсмические и другие. Для многих регионов России (Русская платформа, Урал, Сибирская платформа, Восточная Сибирь и др.) геологические карты разной тематики издаются в комплекте, преимущественно в масштабе 1:1 000 000.

Постоянно ведется работа над обзорными геологическими картами. Регулярно издаются каталоги геологических карт.

Карты рельефа включают два основных вида — гипсометрические и геоморфологические карты. Карты топографических масштабов создают в большом количестве при географическом изучении местности, особенно в нефтегазоносных, металлогенических районах и районах развития россыпей. Роль сводной геоморфологической карты выполняет карта масштаба 1:1 000 000, входящая в комплект геологических карт. Геоморфологические карты более мелких масштабов издаются достаточно регулярно, но сильно различаются по подходам. Наиболее сформировались три школы: *генетическая* (например, Геоморфологическая карта СССР масштаба 1:5 000 000, 1960, ВСЕГЕИ), *морфогенетическая* (Геоморфологическая карта СССР масштаба 1:4 000 000, 1960, ИГНА МГУ) и *морфоструктурная* (Геоморфологическая карта СССР масштаба 1:25 000 000, 1987, ИГАН-МГУ).

Карты климата и поверхностных вод в основном создают в системе Гидрометеослужбы. Основанием для них служат систематические наблюдения на станциях и постах. Крупно- и среднемасштабные карты самого разного содержания имеют фактологический характер и составляют рукописные фонды территориальных управлений. На картах нанесены данные точечных наблюдений температуры воздуха, осадков, испарения, расходов воды, ледового режима и других гидроклиматических показателей. Иногда карты представлены в аналитическом виде (система изолиний). Издания региональных карт единичны, в основном они встречаются в комплексных атласах.

Создание обзорных карт климата и поверхностных вод обычно несет отпечаток авторских концепций и методологии. Еще более индивидуальный характер имеют карты районирования. При их создании используют разные классификации: генетические (по Б. П. Алисову), ландшафтно-генетические (по Л. С. Бергу или по В. В. Докучаеву) и др. Карты режима поверхностных вод составляют на основе классификаций М. И. Львовича, Н. С. Кузина, К. П. Воскресенского и др., весьма отличающихся между собой.

Карты климата по отдельным показателям часто создают в виде комплектов (например, Атлас суточных температур воздуха, ГИМИЗ, 1963). Наиболее полон набор карт в Климатическом атласе СССР (ГУГМС, 1960–1962). Он содержит серии карт масштабов 1:12 500 000 для равнинных территорий и 1:5 000 000 — для горных. Карты посвящены традиционным метеорологическим показателям (температура, осадки и т.д.) и оригинальным сюжетам (грозы, град, гололед).

Наиболее полон набор карт отдельных характеристик поверхностных вод в Атласе расчетных гидрологических карт и гистограмм (ГУГМС, 1986). Из обзорных карт районирования интересна карта «Водный режим рек России и сопредельных территорий» (1:8 000 000, МГУ-ГУГК, 2000). В последние десятилетия активно развивается картографирование русловых процессов, но карты в основном остаются в ведомственных фондах. Хорошее научное обобщение представлено на карте «Русловые процессы на реках СССР» (1:4 000 000, МГУ-ГУГК, 1990).

В России сложилось и активно развивается особое направление — составление *геокриологических карт*, поскольку значительную часть территории страны занимают районы развития многолетней мерзлоты. Карты геокриологической тематики особенно востребованы при освоении северных территорий, они создаются в съемочных масштабах. Издано значительное число обзорных карт (например, Геокриологическая карта СССР, масштаб 1:2 500 000, 1997, ВСЕГЕИ).

Карты почв в крупных масштабах охватывают территории сельскохозяйственных предприятий, районы мелиоративных работ. Карты предназначены для землеустройства и проведения мероприятий по защите почв от водной и ветровой эрозии и т.д. Они издаются ограниченными тиражами или остаются в съемочном виде. Среднемасштабные карты создают на региональном уровне (административный район, область или крупный регион). Это малотиражные издания, которые покрывают более 50% территории страны и служат для организации сельскохозяйственного производства. Всю Россию покрывает почвенная карта масштаба 1:1 000 000, составленная в соответствии с государственным стандартом. Карты обзорных масштабов издаются достаточно регулярно (например, подробная Почвенная карта РСФСР масштаба 1:2 500 000, 1968).

Содержание отечественных почвенных карт унифицировано. Для всего масштабного ряда принято показывать генетические типы (подтипы, виды) почв согласно генетической классификации, впервые предложенной В. В. Докучаевым. По мере развития почвенного картографирования эта классификация детализируется, совершенствуется, обогащается дополнительными характеристиками. Ее наличие позволяет рассматривать почвенное картографирование как сложившуюся систему.

Группа карт *растительности* отличается большим разнообразием содержания. Карты отражают флористический состав, структуру, географические закономерности распространения, а также пространственно-временную динамику растительного покрова, его

типовогеографические подразделения (ассоциации, группы ассоциаций, формации), а также взаимодействие с окружающей средой и экологическое состояние. Наиболее четко сформировались два направления — геоботаническое и флористическое. В первом случае упор делается на взаимосвязь со средой, состояние динамических тенденций развития типов растительности, различия рангов. Во втором — на распределение отдельных видов растительного мира. Однако, несмотря на множество методических разработок, общепринятые классификации не разработаны. Различают карты современной и восстановленной растительности, специализированные ресурсные, районирования растительного покрова и др.

Карты крупного масштаба создают в прикладных и научных целях. Они носят выборочный (ключевой) характер в разных регионах и природных зонах. Среднемасштабные карты растительности готовят на отдельные области или природные регионы, но издания их единичны. Мелкомасштабные карты (меньше 1:1 000 000) издают достаточно регулярно на отдельные регионы и всю страну в целом. Примерами могут служить карта «Растительность Западной Сибири» масштаба 1:1 500 000 (М., 1976) и Карта растительности СССР масштаба 1:4 000 000 (1990).

Создание *карт животного мира* — сравнительно молодая отрасль тематического картографирования. Теоретические разработки и практические результаты достаточно скромны, основными направлениями являются общие зоогеографические карты и карты ареалов распространения отдельных животных. Изданые крупные картографические произведения единичны, например Зоогеографическая карта СССР масштаба 1:4 000 000 (1951). Карты включаются в основном в комплексные атласы.

Ландшафтные и физико-географические карты весьма различны в прикладном и в научном отношении. Они сопровождают локальное и региональное изучение природных ресурсов, но в основном остаются в ведомственных фондах. Обзорные карты носят ярко выраженный авторский характер. Из значительных произведений можно назвать Ландшафтную карту СССР (1:2 500 000, ВСЕГЕИ, 1985); Ландшафтную карту СССР (1:4 000 000, МГУ-ГУГК, 1989); карту «Физико-географическое районирование СССР» (1:8 000 000, МГУ-ГУГК, 1968). Совершенно по-новому представлены физико-географический облик Земли и ее ландшафты на картах атласа «Природа и ресурсы Земли» (1998).

Серии карт природы отличаются тем, что объединены общими методологическими концепциями и принципами системного картографирования. Одна из лучших отечественных серий — научно-

справочные карты для высших учебных заведений, в которой выделяются три группы карт:

- ◆ карты природы СССР (1:4 000 000), построенные на основе географо-генетических классификаций явлений;
- ◆ карты природы мира (1:15 000 000), также составленные по генетическим классификациям;
- ◆ карты природного районирования СССР (1:8 000 000).

Полноценные серии согласованных карт природы входят в комплексные атласы. Издаются также комплекты карт природы, сопоставимые только по элементам математической основы, но недостаточно согласованные по содержанию. К ним принадлежат, например, серии карт СССР масштаба 1:12 500 000 и 1:10 000 000.

11.3. Карты населения

Основные географические характеристики населения — его численность и размещение по территории. Кроме того, картографированию доступны многие другие демографические, этнографические, социальные особенности населения, экономические и экологические условия его жизнедеятельности, взаимодействие с окружающей средой.

Картографирование ведут на основе переписей, в ходе которых проводят сплошные статистические наблюдения по полу, возрасту населения, группам, занятиям и другим признакам. Кроме того, проводят специальные обследования, используют разнообразные по охвату учетно-статистических данные и общегеографические карты. Широко привлекают аэрокосмические источники, текстовые описания. Однако единая система картографирования отсутствует, карты составляют в разных масштабах, их содержание и способы изображения не стандартизированы. Более других отработаны принципы составления карт населения в региональных атласах научно-справочного типа, создаваемых научными географическими учреждениями Академии наук, университетами, педагогическими институтами.

Обычно картографирование выполняют для административных образований: краев, областей, провинций, штатов (в России — субъектов Федерации), исторических и природных регионов (например, Кавказ, Дунайские страны), городских агломераций, сельскохозяйственных регионов, территориально-производственных комплексов. Обобщающие карты населения охватывают страну в целом и обычно отражают результаты крупных переписей. В нашей

стране хорошим примером может служить Карта населения СССР в масштабе 1:2 500 000, составленная на по результатам переписи 1970 г.

В обработке статистической информации о населении и составлении карт особая роль принадлежит автоматизации и математико-картографическому моделированию. Картограммы и картодиаграммы демографической тематики были первыми картами, составленными с применением компьютеров и печатающих устройств.

Основными типами карт населения являются *карты размещения населения и расселения*, характеризующие численность жителей по населенным пунктам (людность поселений) и особенности ее изменения, плотность населения, производственно-функциональные типы населенных пунктов, историю заселения территории, планировочные формы, районирование по типам расселения. Большую популярность имеют производные карты плотности населения, густоты и равномерности размещения населенных пунктов, потенциала поля расселения и т.п.

Демографические карты характеризуют состав населения по полу и возрасту, тенденции изменения состава, семейное положение и размеры семей, естественное движение (рождаемость, смертность), миграции (сезонные, ежедневные или маятниковые поездки жителей городов и пригородных зон), эмиграционные потоки. Синтез этих характеристик дают карты демографического районирования по отдельным показателям или их совокупности.

Этнографические карты отражают закономерности размещения этносов, элементы их традиционной материальной и духовной культуры (языки, диалекты, религии, верования и религиозные обряды, характер ведения хозяйства, ремесла, особенности жилищ, одежды, питания и др.), а также межэтнические отношения и особенности взаимодействия с окружающей средой. Иногда в особый тип выделяют этнические карты, содержание которых ограничивается показом размещения и численности этносов, их принадлежности к той или иной расе и языковой группе, антропологические особенности, происхождения (этногенеза), развития и расселения.

Особую группу образуют *карты социально-экономической характеристики населения*. На них представляют распределение населения по общественным (социальным) группам, уровень образования, численность населения в трудоспособном возрасте, процент трудоспособного населения и долю занятых в общественном производстве от общей численности жителей, уровень безработицы в целом, среди мужского и женского населения, распределение

ние занятости по отраслям промышленности и сельского хозяйства, по категориям труда. Содержание карт в значительной степени определяется региональными географическими особенностями, например, для некоторых территорий и отраслей хозяйства важна характеристика сезонности использования трудовых ресурсов.

К картам населения близко примыкают *карты условий жизни населения*, показывающие природные, социально-экономические факторы, определяющие размещение населения, условия его обитания, труда, быта и отдыха, а также и их комплексное воздействие на экологическую и медико-географическую обстановку. Такие карты актуальны для давно обжитых территорий, но особенно — для районов нового освоения. Карты имеют оценочный характер, а их содержание зависит от конкретных задач оценки и географических особенностей данного региона. Например, для районов Крайнего Севера наиболее важна характеристика суровости погоды и климатических условий, неблагоприятно влияющих на организм человека, а для аридных территорий — оценка водообеспеченности.

Удовлетворение материальных и культурных потребностей отражают *карты обслуживания населения*. На них передаются территориальная организация и структура отраслей хозяйства, производящих услуги населению. Содержание карт составляет показ учреждений торговли, общественного питания, медицинского, бытового и коммунального обслуживания, связи и других отраслей непроизводственной сферы. В целом и в отдельности карты этой тематики характеризуют социальную инфраструктуру территории.

11.4. Экономико-географические карты

Экономико-географическое картографирование — это отображение хозяйства, т.е. совокупности отраслей материального производства и непроизводственной сферы. Хозяйство любой страны и, в частности, России отличается сложной отраслевой и территориальной организацией, иерархичностью, множественностью внешних и внутренних связей.

Промышленность, сельское и лесное хозяйство, транспорт, строительство включают сотни отраслей, связанных с десятками источников сырья и энергии, трудовыми ресурсами, со множеством потребителей. Картографирование касается отдельных отраслей, территориальных промышленных и сельскохозяйственных комплексов. Экономика — очень динамичный объект, размещение отраслей, их структура и объемы производства быстро меняются.

Полнота картографической характеристики хозяйства различна в зависимости от назначения, типа карт и пространственного охвата. Экономические карты предназначаются для органов планирования и управления, для учебных целей, и при этом они могут быть отраслевыми (аналитическими) или общеэкономическими (комплексными и синтетическими), охватывать отдельные хозяйствственные и административные районы, страны, группы стран, весь мир. Источниками для картографирования служат, прежде всего, учетно-статистические сведения, общегеографические и тематические карты, данные отчетности предприятий, материалы переписей. При создании экономико-географических карт всегда важно соблюсти репрезентативность, одновременность и согласованность представления разных отраслей хозяйства.

Создание карт ведут многие административно-хозяйственные организации, научные и научно-производственные учреждения, учебные институты, однако единая система и какая-либо стандартизация методов, подходов, используемых показателей отсутствуют. Многое определяется опытом и традициями картографирования того или иного региона, отрасли, имеющимся статистическим материалом, конкретным назначением карт. Наибольшее развитие и научное обоснование получило мелкомасштабное составление серий карт хозяйства в национальных и региональных комплексных атласах.

Карты промышленности отражают географическое размещение промышленного производства, факторы и условия его развития, взаимодействие с окружающей средой. На картах показывают отдельные отрасли производства (отраслевые карты), комплексные характеристики промышленности (общепромышленные карты), промышленное районирование или историю развития промышленности (этапы индустриализации). Выделяют карты промышленных пунктов, узлов и районов, прогноза развития промышленности, мер по охране окружающей среды от промышленного загрязнения и другие.

Крупные отрасли промышленности характеризуются стоимостью валовой продукции, основных фондов, численностью занятых. Иногда на отраслевых картах дают характеристики отдельных промышленных предприятий с совместным использованием натуральных и стоимостных показателей. В классификации промышленности выделяют два направления:

- организационно-технологическое с выделением отраслей;
- стадийно-производственное — с подразделением промышленности на первичную (горнодобывающую по видам иско-
паемого сырья) и вторичную, обрабатывающую (по отрас-
лям производства).

К основным отраслевым картам промышленности относят карты электроэнергетики (показывают размещение и виды электростанций, электрические сети и их инфраструктуру), карты тяжелой промышленности (топливной, черной металлургии, цветной металлургии, химической, нефтехимической, машиностроения и металлообработки), пищевой и легкой промышленности, опирающейся, прежде всего, на использование сельскохозяйственного сырья.

Единицами картографирования служат строительные предприятия, промышленные пункты и узлы разного типа (по Н. Н. Колсовскому: узкоспециализированные, специализированные, разноотраслевые и многоотраслевые), районы и производственные территориальные комплексы.

Карты строительства характеризуют его специализацию, инфраструктуру, продукцию, материально-техническую базу, строительные материалы и т.п. Тематика карт многообразна и охватывает отрасли капитального строительства (с показом капитальных вложений по назначению, отраслям и ведомственной принадлежности), дается размещение строительно-монтажных предприятий, материально-технической базы строительства, характеристика фондооруженности и фондоотдачи, производительности труда по отраслям. Подробно показаны месторождения строительного сырья, добыча и производство отдельных видов стройматериалов. Схемы управления строительством раскрывают многоведомственную структуру и соподчиненность внутри отрасли, ее заказчиков, обслуживающие предприятия и т.п. Источниками для составления карт служат почти исключительно учетно-статистические материалы.

Отдельную подгруппу образуют карты территориальных строительных комплексов, где отражается районирование по типам строительства, указываются пункты, узлы и районы сосредоточенного и рассредоточенного строительства.

Карты сельского хозяйства показывают географическое размещение сельскохозяйственного производства, условия и факторы его развития, взаимодействия с окружающей средой. В группе карт сельского хозяйства выделяют карты земледелия, животноводства и комплексные карты. Основное содержание сельскохозяйственных карт составляет показ земель, занятых разными сельскохозяйственными культурами, их урожайности, видов животноводства и его продуктивности, условий ведения сельского хозяйства. Синтетические карты отражают сельскохозяйственное районирование, размещение промышленности по первичной переработке продукции и др.; большое значение имеют эколого-сельскохозяйственные карты.

Важная группа карт сельского хозяйства показывает условия его ведения и включает карты земельных ресурсов (освоенность

территории, посевные площади, агропроизводственные типы земель, агроклиматические условия, плодородие земель и др.). На них отражены также социально-экономические факторы, такие как энерговооруженность, материально-техническая база, обеспеченность людскими ресурсами.

Большинство карт сельского хозяйства касается отраслей земледелия и животноводства. На них представлено размещение посевных площадей под различными культурами, условия их произрастания, сроки созревания, качество, урожайность, себестоимость и объем закупок. Для скотоводства важны показ поголовья и структуры стада, данные обеспеченности кормами, также типы содержания скота (стойловое, пастьбищное, стойлово-пастьбищное, отгонное и др.), продуктивность.

Обобщающие карты отражают сельскохозяйственное районирование с общей характеристикой специализации, карты производственных типов сельскохозяйственных предприятий и агропроизводственных комплексов. Для отображения типологии обычно используют синтетические показатели, рассчитанные с применением факторного и компонентного статистического анализа.

Близко примыкают к этой группе *карты лесного хозяйства*, показывающие количество и качество лесных ресурсов, интенсивность их использования и воспроизводства, территориальную организацию лесного хозяйства. Эти карты имеют большое значение для территории России, значительная часть которой покрыта лесами. Специфика картографирования связана с тем, что леса являются одновременно природным и хозяйственным объектом и в значительной мере определяют устойчивость экологического состояния территории. Карты лесного хозяйства включают также карты лесоустройства, лесовосстановления и охраны лесов от пожаров и других защитных мероприятий.

Карты лесопромышленных комплексов отражают лесосырьевую базу, предприятия, ведущие заготовку, обработку и транспортировку древесины (включая лесосплав), элементы лесохозяйственной инфраструктуры. Материалами для картографирования служат картографические, кадастровые источники, а также данные аэро- и космической съемки. Особую ценность представляет первичная отчетность лесохозяйственных предприятий.

Карты охотничьего-промышленного хозяйства и рыболовства характеризуют распространение промысловых животных, рыб, морского зверя, мероприятия по поддержанию их численности в природе на оптимальном уровне. На картах показывают конкретное размещение и виды охотничьих предприятий (промысловых,

спортивных и др.), а также условия получения товарной охотничьей продукции (пушнины, мяса и т.п.).

Карты рыболовства часто носят промыслово-навигационный характер, отражая рыбные ресурсы морей, океанов и внутренних акваторий, районы зимовок, нереста, нагула промысловых рыб, мероприятия по их охране, воспроизводству и другие рыбохозяйственные мелиорации. На картах рыболовства могут быть отражены условия ведения рыбного промысла и меры регулирования рыболовства.

Карты транспорта и экономических связей представляют связи населения и хозяйства в процессе производства, потребления и удовлетворения культурных и материальных потребностей.

Основное содержание карт транспорта — показ сети путей сообщения, их состояния, развития и технического оснащения, интенсивности грузовых и пассажирских перевозок. Различают общие карты, характеризующие все виды транспорта, и отраслевые, посвященные отдельным его видам: автомобильному, железнодорожному, воздушному, морскому, речному, трубопроводному транспорту.

Грузооборот и пассажирооборот пунктов, грузонапряженность и пассажиропотоки путей — основные характеристики работы транспорта, которые представляются на картах в объемах (по грузу и числу пассажиров в год) и по структуре. В составе наиболее важных грузов выступают уголь, нефтепродукты, руды, продукция машиностроения, лес, хлебные и другие продовольственные грузы, строительные материалы.

Синтетические карты отражают транспортное районирование территории, ее транспортную обеспеченность и транспортно-экономические связи, интенсивность и объемы грузовых и пассажирских перевозок. Составление карт не носит систематического характера и выполняется транспортными ведомствами и научными организациями.

Тематически с картами транспорта сопряжены карты путей сообщения. На них показывают сухопутные, водные и воздушные пути, связанные с ними сооружения (вокзалы, пристани, порты, аэропорты, мосты, тунNELи, паромы) и другие элементы транспортной инфраструктуры. Кроме того, составляют различные производные карты, например густоты транспортных сетей или удаленности территории от ближайших рельсовых, безрельсовых дорог, от местных аэропортов и т.п. Различают карты автомобильных, караванных, железных дорог, морских и речных маршрутов, каналов и канализованных рек, авиалиний, а также карты полимагистралей.

Особое направление — картографирование воздействия различных видов транспорта на окружающую природную среду в целом и отдельные ее компоненты.

11.5. Эколого-географические карты

В широком смысле *экологические карты* отражают взаимодействие живых организмов (в том числе людей) со средой, в более узком — взаимодействие социально-экономических и природных геосистем. Этот вид картографирования ориентирован на обеспечение государственных, региональных и местных программ и проектов природоохранной деятельности.

Это направление довольно молодо и чрезвычайно разнообразно в силу большой актуальности и практической востребованности. Оно развилось на базе представлений и методов картографирования состояния окружающей среды и связей человека с окружающими его природными и социально-экономическими геосистемами (экосистемами) и отдельными их компонентами. Картографирование экологической направленности входит составной частью во многие разделы тематической картографии — географическое, геологическое, геоботаническое, почвенное, демографическое и др.

Составлением экологических карт занимаются государственные организации, отвечающие за охрану природы и природные ресурсы, научно-исследовательские, научно-производственные и учебные учреждения. Такая популярность и всеохватность эколого-географического картографирования имеет своим следствием несистемичность картографирования, большое различие научных концепций и подходов, несогласованность карт по методикам составления, масштабам, способам подачи материала, пространственному охвату. Неоднозначны не только классификации карт, но даже сами их названия. Имеют почти равнозначное употребление термины «экологические карты», «эколого-географические» (экологические карты географической направленности), «геоэкологические» (экологические карты преимущественно геологической ориентации), а также «карты экологического содержания» (т.е. карты с элементами экологии).

В самом общем виде можно выделить следующие основные группы экологических карт (по тематике):

- ◆ оценка состояния окружающей среды (природных и социально-экономических условий) и ресурсов для жизни и деятельности людей;
- ◆ воздействие неблагоприятных и опасных природных процессов и явлений на окружающую среду, живые организмы, в том числе на людей;
- ◆ антропогенные и техногенные воздействия на окружающую среду и ее изменения;

- ♦ прогноз состояния окружающей среды и ожидаемого развития экологических ситуаций;
- ♦ устойчивость окружающей среды к неблагоприятным внешним воздействиям;
- ♦ оценка последствий неблагоприятных воздействий на среду, живые организмы, в том числе на здоровье людей;
- ♦ рекомендуемая система мер обеспечения экологической безопасности, охрана среды и здоровья людей от неблагоприятных воздействий, поддержание благоприятных тенденций, в том числе организация рекреации.

Частные экологические карты передают отдельные явления или факторы (например, загрязнение почв радионуклидами), а общие синтетические — дают интегральную характеристику экологической ситуации (например, районирование территории по степени радиоактивного риска). Среди обзорных экологических карт России комплексным содержанием выделяются Карта острых экологических ситуаций России в масштабе 1:8 000 000 (изд. ИГАН) и Эколого-географическая карта России в масштабе 1:4 000 000 (составлена на географическом факультете МГУ).

Карты имеют разное назначение: научно-справочное, учебно-краеведческое, рекламное, пропагандистское и др. В связи с быстрым прогрессом экологического картографирования ощущается потребность в системном обобщении методики, унификации содержания и условных обозначений, установлении единого масштабного ряда для разных территориальных уровней. Весьма актуальна также задача создания обобщающих картографических произведений экологической тематики.

11.6. Серии тематических карт

Тематические карты разного содержания часто создают в виде систем, серий (наборов). Они имеют разный пространственный охват, масштабы, назначение и отражают геосистемы разного ранга, их структуру и иерархию, взаимные связи, динамику, функционирование. Среди множества мелкомасштабных тематических карт СССР и России следует отметить наиболее важные и значительные серии:

- ♦ **1:1 000 000** — серия, созданная на основе номенклатурных листов государственной обзорно-топографической карты;
- ♦ **1:2 500 000** — в основе серии лежит Гипсометрическая карта СССР, впервые изданная в 1949 г. и с тех пор неоднократно переиздававшаяся;

- **1:4 000 000** — настенные карты для высших учебных заведений;
- **1:10 000 000** — серия подробных справочных настольных карт.

Названные серии различаются комплектностью и полнотой, обычно в них представлены основные карты природы: рельефа, геологические, почв, растительности, лесов, а также карты населения и хозяйства. Многие карты не раз обновлялись и пересоставлялись, в особенности государственные карты геологической тематики в масштабе 1:1 000 000, другие в определенной мере устарели.

Особое значение имеют *серии карт для высшей школы* — наиболее полные системы научно-справочных карт, составленных в нашей стране и не имеющих аналогов в мире. Первое издание стенных географических карт было осуществлено в 1953–1956 гг. в пяти сериях: гипсометрические карты крупных орографических районов СССР, общегеографические карты районов СССР, тематические карты природы СССР, общегеографические карты иностранных государств и бланковые карты.

В 1974 г. был начат новый фундаментальный проект создания карт для высшей школы. Предполагалось составить около 300 тематических карт страны, мира, материков и океанов, основных регионов. Планы не были полностью реализованы, но за 20 лет удалось создать ряд замечательных карт, объединяемых в следующие группы:

- **1:4 000 000** — серия карт природы, населения и хозяйства для территории СССР;
- **1:8 000 000** — серия карт природного районирования территории СССР;
- **1:15 000 000** — серия карт природы мира.

Эти карты образуют большие блоки, они взаимно увязаны и согласованы, имеют единые математические основы, при их создании использованы общие научно-методические подходы к составлению, генерализации, оформлению карт. В целом новая серия карт для высшей школы — это ценнейший фонд картографических документов, отражающих облик нашей планеты. Кроме того, они дают представление об уровне развития наук о Земле и достижениях классической тематической картографии к концу второго тысячелетия. Серия служит основой для формирования цифровых баз картографических данных, для обновления многих других научно-справочных и учебных карт и атласов.



Глава 12

Типы географических карт

12.1. Аналитические карты

Аналитические карты отображают одно явление или какую-либо характеристику (одно свойство) явления. При этом данное явление показывается в своей системе показателей, отвлеченно от других явлений, вне связи с ними. Примером может служить карта углов наклона рельефа, где представлен только один морфометрический показатель — крутизна склонов. На другой аналитической карте можно показать глубину расчленения рельефа, на третьей — экспозицию склонов, на четвертой — густоту овражно-балочной сети.

На рис. 12.1 приведена карта сельскохозяйственного использования земель Новосибирской области, характеризующая их только в одном аспекте — в отношении распаханности. Таким образом, аналитическая карта не ставит задачу дать целостное представления об объекте, она как бы вычисляет один из его аспектов (в данном случае — распаханность территории) и только этому посвящена.

Сила аналитического картографирования в том, что оно позволяет как бы «расчленить» объект на составные части, обособленно рассмотреть их или даже выделить элементы этих частей. Такое «расчленение» может быть сколь угодно детальным, все зависит от глубины анализа. На начальных стадиях аналитического изучения объекта на картах показывают основные элементы его структуры, вещественного состава, особые признаки и свойства. Но по мере накопления знаний и совершенствования методики аналитические карты отражают все более тонкие особенности и детали строения. Так, изучая рельеф, применяют все более «тон-

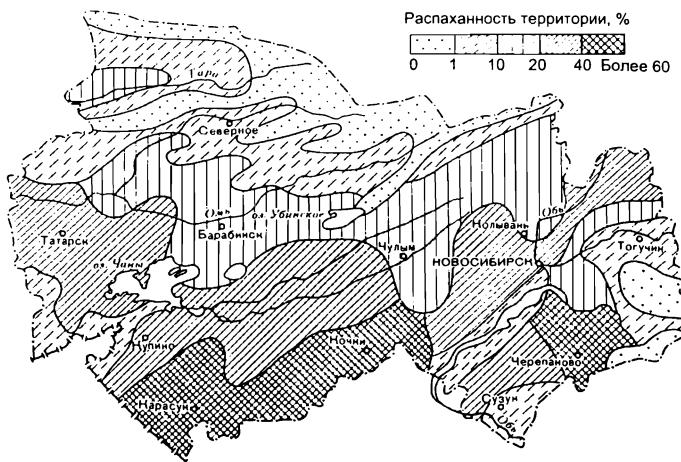


Рис. 12.1. Аналитическая карта. Распаханность территории Новосибирской области

кие» методы математического моделирования, получая все более детальные аналитические карты, например карты горизонтальной и вертикальной кривизны поверхности, карты вторых производных, характеризующих скорость изменения уклонов, карты дисперсии высот и т.п. Возможности анализа практически бесконечны.

Необходимо, однако, иметь в виду, что понятие «аналитическая карта» в определенном смысле относительно. Скажем, карта дневных температур, несомненно, аналитическая карта по отношению к карте среднемесячных, а тем более среднегодовых температур. Но и карту среднегодовых температур можно считать аналитической, если поставить ее в ряд с картами давления, осадков, испарения, преобладающих ветров — все они характеризуют лишь отдельные элементы климата. Такова диалектика всякого анализа, который неразрывно связан с синтезом.

Близки к аналитическим так называемые *частные*, или *отраслевые, карты*. Они имеют узкую тематику, подробно показывают какую-либо отдельную отрасль. Чаще всего, говоря об отраслевых картах, имеют в виду социально-экономическую тематику, связанную с отдельными отраслями промышленного или сельскохозяйственного производства. Отраслевыми принято считать карты машиностроения, текстильной, химической, пищевой и других отраслей промышленности или карты свекловодства, хлопководства, овцеводства, птицеводства и т.п.

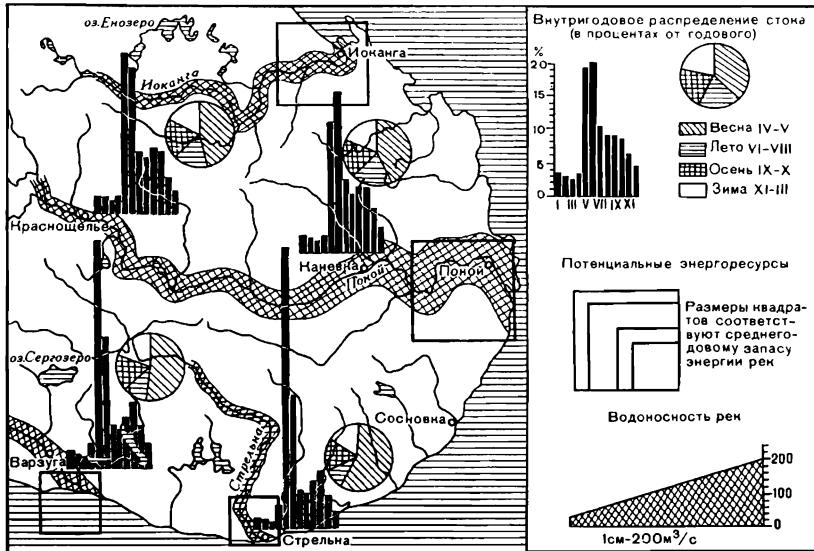


Рис. 12.2. Комплексная карта. Водоносность рек, распределение стока и потенциальные энергетические ресурсы восточной части Кольского полуострова

12.2. Комплексные карты

Комплексные карты совмещают изображение нескольких элементов близкой тематики, набор характеристик (показателей) одного явления. Например, на одной карте можно дать изобары и векторы преобладающих ветров, имея в виду, что ветры непосредственно связаны с полем атмосферного давления. На карте сельского хозяйства можно одновременно показать распаханность территории и урожайность пшеницы, на гидрологической карте — внутригодовое распределение стока в речном бассейне, водоносность рек и потенциальные энергетические ресурсы.

На рис. 12.2 приведена комплексная карта, на которой изображение внутригодового распределения речного стока и водоносности рек совмещено с характеристикой потенциальных ресурсов гидроэнергии. Каждая характеристикадается в своей системе показателей, но показ на одной карте двух, трех и более тем позволяет читателю рассматривать их в комплексе, визуально сопоставлять между собой, устанавливать закономерности размещения одного показателя относительно другого. В этом — главное достоинство комплексных карт.

Однако возникают и сложности. Дело в том, что на одной карте трудно совместить изображение нескольких явлений так, чтобы они хорошо читались. Известно, например, что можно совместить две системы изолиний (одна дается с послойной окраской, а другая — яркими цветными линиями), но три системы изолиний уже не читаются. Аналогично можно дать на карте две картограммы (одну — цветовой шкалой, а другую — штриховкой), дополнить карту значками, линиями движения, изображением ареалов и т.п., но при пяти-шести слоях комплексная карта становится перегруженной и теряет читаемость.

Хорошо известными примерами комплексных карт могут служить топографические карты, на которых совместно представлены рельеф, гидрография, растительность, почвы и грунты, населенные пункты, социально-экономические объекты, дорожная сеть, линии связи, административные границы — т.е. весь комплекс объектов, характеризующих местность. Другой, не менее яркий пример — метеорологические карты, где на фоне изобар и линий атмосферных фронтов показаны метеоэлементы: температуры воздуха и почвы, влажность воздуха, направление и скорость ветра, количество и вид осадков, облачность и др. — в совокупности они отражают погодные условия.

12.3. Синтетические карты

Синтетические карты дают целостное изображение объекта или явления в единых интегральных показателях. Эти карты не содержат характеристик отдельных компонентов объекта, но зато дают о нем цельное представление. Например, синтетическая геоморфологическая карта отражает типы рельефа, но «умалчивает» о крутизне и экспозиции склонов, о степени расчленения. Точно так же карта типов климата характеризует его в целом, но было бы бесполезно искать на ней конкретные сведения о температурах, осадках, скоростях ветра и т.п. Чаще всего синтетические карты отражают типологическое районирование территории по комплексу показателей. Таковы карты ландшафтные, инженерно-геологического, сельскохозяйственного районирования (рис. 12.3) и т.п.

Синтетические карты обычно создают путем интеграции данных, отраженных в сериях аналитических карт. При небольшом числе синтезируемых показателей это можно делать вручную, но в более сложных случаях необходимо использовать методы математического моделирования. Наиболее употребительны модели фактурного и компонентного анализов. Они предусматривают вычис-

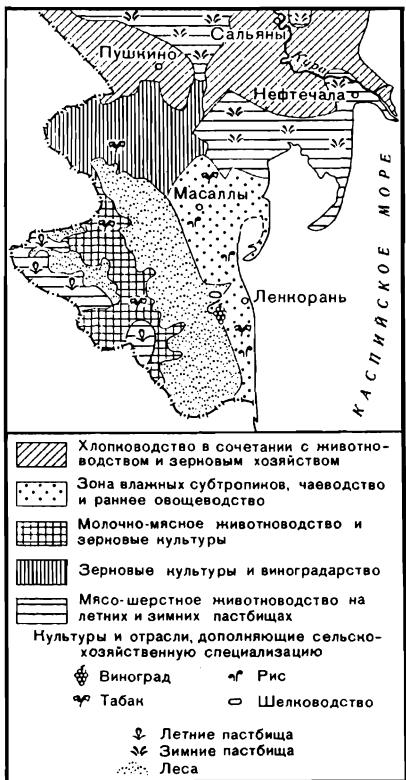


Рис. 12.3. Синтетическая карта. Зоны специализации сельского хозяйства на юге Азербайджана

торов выделяют территории благоприятные, малоблагоприятные и неблагоприятные для строительства дорог. Эти интегральные данные и составляют содержание синтетической карты.

Отметим, что синтетические карты всегда имеют довольно подробные, порой даже громоздкие легенды. В пояснениях к интегральной оценке стараются отразить многие исходные параметры. Часто используют матричные легенды, обладающие большей информативностью.

Методы создания синтетических карт особенно усовершенствовались с внедрением геоинформационных систем, оперирующих одновременно десятками слоев информации. ГИС включают специальные процедуры для синтеза данных. В частности, это дало импульс широкому развитию синтетического эколого-географического картирования условий жизни населения на основе учета комплекса

лительные процедуры, дающие компактное интегральное описание исследуемого явления на основе обработки больших массивов исходной информации.

Например, для создания синтетической инженерно-геологической карты условий строительства дорог в качестве исходных берут параметры, характеризующие геологическое строение, сейсмичность и устойчивость грунтов, степень их увлажнения в разных природных зонах, сложность рельефа (уклоны, проявления эрозии), климатические условия, лавиноопасность, наличие дорожно-строительных материалов и многое другое — всего может быть взято до 20–30 параметров. Факторный анализ позволит свести все их разнообразие к нескольким факторам, причем каждый исходный параметр входит в итоговую интегральную оценку с определенным весом (нагрузкой) в зависимости от силы его влияния. В результате по комплексу ведущих фак-

природных, экономических и социальных параметров. Возможно даже совмещение на одной карте нескольких синтетических показателей.

Процедуры моделирования синтетических карт имеют многие привлекательные стороны и определенные недостатки. С одной стороны, удобно получить по одной карте общее представление об объекте, не обращаясь к трудоемкому сопоставлению серий поэлементных карт. Но с другой стороны, читатель вынужден пользоваться готовыми выводами и не имеет возможности проверить методику расчетов, точность умозаключений, обоснованность выводов. Именно поэтому синтетические карты, являющиеся в значительной мере картами-выводами, не следует использовать в отрыве от карт аналитических и комплексных.

Иногда на одной и той же карте синтетическое изображение сочетается с некоторыми аналитическими показателями. Например, на экономических картах сельскохозяйственное районирование дается в синтетическом обобщении, а отрасли промышленности представлены аналитически. Это так называемые *аналитико-синтетические карты*.

Необходимо иметь в виду, что есть разные ступени синтеза. Вернемся к примеру с картами рельефа. Геоморфологическая карта является синтетической по отношению к картам углов наклона и расчленения рельефа, но в то же время она может рассматриваться как аналитическая по отношению к карте природного районирования территории. Тут она стоит в ряду таких карт, как гидрологическая, почвенная, геоботаническая и др. То, что на одной ступени выступает как синтетическое изображение, на следующем, более высоком уровне становится «элементом» более сложной системы — так в картографировании проявляется диалектика процессов анализа-синтеза. Следует добавить к этому, что степень синтеза всегда возрастает с уменьшением масштаба карты, с переходом от показа отдельных объектов к изображению собираемых понятий. Иначе говоря, *уровень синтеза находится в определенной зависимости от степени генерализации картографического изображения*.

12.4. Карты динамики и карты взаимосвязей

Особые типы тематических карт составляют карты динамики и взаимосвязей. *Карты динамики* показывают движение, развитие какого-либо явления или процесса во времени либо его перемещение в пространстве. Такие карты характеризуют, например, рост городов и развитие урбанизации, смещение ледников, пути перемещения атмосферных вихрей (рис. 12.4). Карты динамики со-

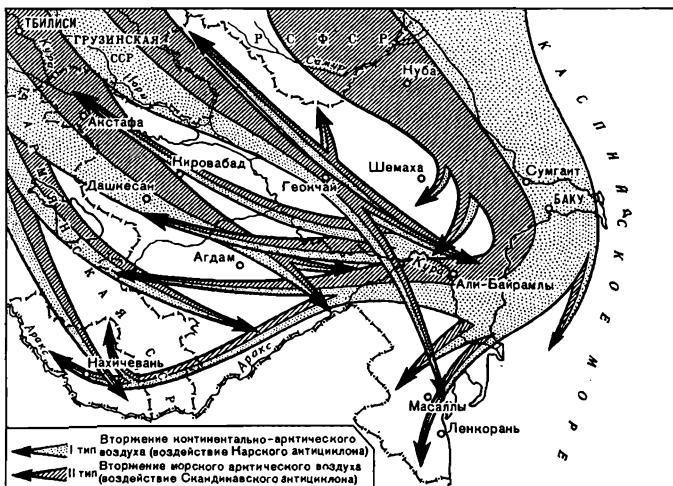


Рис. 12.4. Карта динамики. Основные типы синоптических процессов в Азербайджане

ставляют по прямым натурным наблюдениям за перемещениями объектов или путем сравнения разновременных карт, фиксирующих состояние явления в разные моменты времени.

Карты взаимосвязей передают степень и характер пространственных связей двух или нескольких явлений. В качестве примеров назовем морфоструктурные карты, отражающие связь современного рельефа с геологическими структурами, или карты зависимостей между распространением фитопланктона и содержанием растворенного кислорода в водах океана. Чаще всего это межотраслевые карты, дающие представление о связях между компонентами природной среды, населением и техносферой, поэтому многие взаимосвязи находят отражение на картах экологической тематики.

Для составления карт взаимосвязи часто прибегают к математико-статистическим расчетам, вычисляют коэффициенты корреляции или иные показатели связи (см. раздел 18.3). Карты взаимосвязей часто составляют путем районирования территории по степени взаимосвязи явлений и т.п.

12.5. Функциональные типы карт

В современной тематической картографии постоянно идет разработка новых типов карт с тем, чтобы наиболее полно удовлетворять научные и практические запросы пользователей. Созда-

ны карты различных функциональных типов: инвентаризационные, оценочные, индикационные, прогнозные и рекомендательные.

Инвентаризационные карты подробно регистрируют наличие, местоположение и состояние объектов и явлений. Эти карты как бы содержат фактическую описание природных и трудовых ресурсов в соответствии с принятыми классификациями, но без указания их отношений и связей. Обычно это карты аналитического типа. Примерами могут служить карты размещения полезных ископаемых, лекарственных растений (рис. 12.5), трудоспособного населения, пастбищ и пахотных земель и т.п.

Оценочные карты создают на основе инвентаризационных. Это карты прикладного характера, содержащие целенаправленную оценку какого-либо объекта в заданном отношении (или с определенной точки зрения). Именно поэтому для одного и того же объекта или явления можно составить совершенно разные оценочные карты. Существуют, например, карты оценки природных условий территории для строительства дорог (рис. 12.6), гражданского строительства, сельскохозяйственного освоения, разработки нефтяных и газовых месторождений, экологических условий жизни населения, проведения природоохранных мероприятий и т.п. Все зависит от прикладной задачи и набора исходных данных.

Чаще всего оценочные карты характеризуют взаимодействие человека и окружающей среды. К ним принадлежат многие инженерно-географические, инженерно-геологические, агроклиматические, медико-географические и, конечно же, разнообразные эколого-географические карты. При этом существуют карты, дающие оценку только отдельных компонентов природы (скажем, рельефа для целей мелиорации или почв для земледелия), и общие оценочные карты (например, карты оценки природных условий для жизни населения).

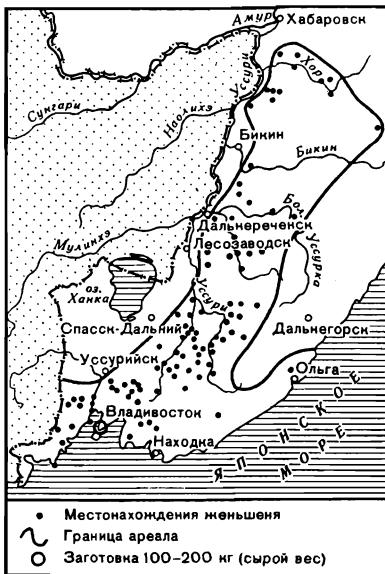


Рис. 12.5. Инвентаризационная карта. Распространение женьшена в Приморском крае

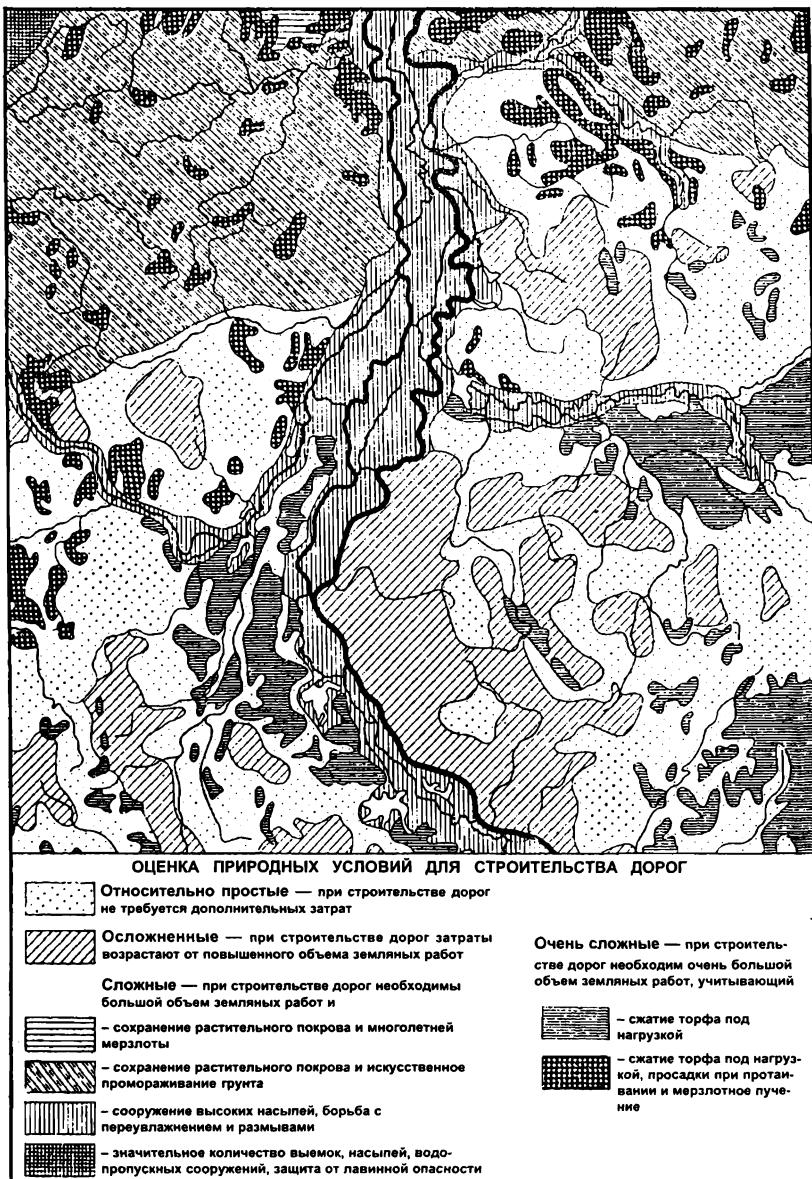


Рис. 12.6. Оценочная карта. Оценка природных условий для строительства дорог в центральной части Западной Сибири

Индикационные карты предназначены для предсказания и выявления неизвестных явлений на основе изучения других, хорошо известных. Составление индикационных карт опирается на представления о тесной связи индикаторов и индицируемых явлений. Так, индикационные карты растительности применяют для обнаружения тектонических разломов, поскольку над зонами разломов возникают особые условия циркуляции грунтовых вод, а это незамедлительно сказывается на видовом составе растительности. Некоторые виды растений служат индикаторами полезных ископаемых (особенно рудных месторождений, соляных залежей), отдельные ареалы животных индицируют распространение тех или иных болезней человека, поэтому индикационные геоботанические карты используют при разведке полезных ископаемых, а индикационные зоogeографические карты — при выявлении потенциальных ареалов болезней. Таким образом, по сути индикационные карты близки к картам прогнозным.

Прогнозные карты отражают неизвестные, несуществующие в настоящее время или недоступные для непосредственного изучения явления и процессы. Прогнозные карты могут отражать:

- прогнозы во времени (синоптическая ситуация на завтрашний день, состояние окружающей среды через пять лет и т.п.);
- прогнозы в пространстве (прогноз нефтегазоносности территории, прогноз строения недр Луны и др.).

Таким образом, содержание прогнозных карт не ограничивается предсказанием будущего, на них можно показать и существующее в настоящее время, но еще неизвестное или не изученное явление, например залежи нефти и газа, которые, вероятно, существуют, но еще не открыты (рис. 12.7).

Существует деление прогнозных карт по охвату территории (карты глобальных, региональных, локальных прогнозов), по тематике (карты прогноза природных и трудовых ресурсов, вредных и опасных природно-техногенных явлений, социально-экономического развития территории и др.). Кроме того, прогнозные карты различаются по заблаговременности прогноза: краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный. Надо, однако, отчетливо представлять относительность этого деления. Например, краткосрочный прогноз изменений ландшафтадается на ближайшие годы, а карта краткосрочного синоптического прогноза составляется на несколько часов вперед.

Наиболее существенно подразделение прогнозных карт по степени вероятности (достоверности) прогноза, в соответствии с чем выделяют:

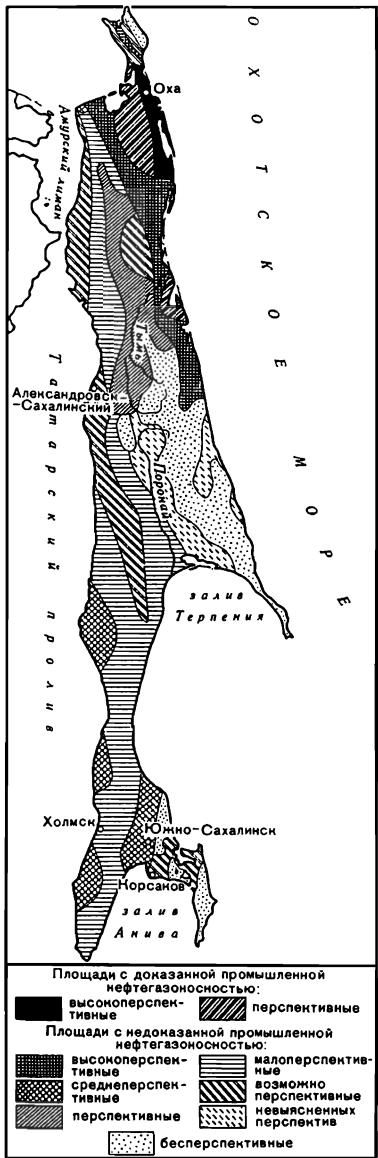


Рис. 12.7. Прогнозная карта.
Прогноз нефтегазоносности
острова Сахалин

ятия, которые следует провести на данной территории для достижения какой-либо практической цели. Примерами карт этого

- ♦ **карты предварительного прогноза**, которые составляют без знания всех условий и взаимосвязей, на основе приблизительных аналогий, по неполным или недостаточным данным; карты этого типа довольно схематичны и преимущественно мелкомасштабны;
- ♦ **карты вероятного прогноза** — их создают на основе более детального анализа с учетом основных (фоновых) тенденций, существенных взаимосвязей и достоверных аналогий; это обычно среднемасштабные карты;
- ♦ **карты весьма вероятного прогноза** — их составляют в тех случаях, когда учтены все или почти все факторы, определяющие размещение, величину, интенсивность проявления и время наступления явления; эти карты отличаются детальностью и могут составляться в достаточно крупных масштабах;
- ♦ **карты перспективного расчета** — это предельный случай весьма вероятного прогноза, основанного на точном знании характера размещения, свойств, времени наступления прогнозируемого явления и ожидаемых последствий. Так, например, можно предсказать границы затопления территории и скорость переформирования берегов водохранилища при строительстве плотины.

Рекомендательные карты представляют собой логическое развитие оценочных и прогнозных карт и отражают указания, рекомендации и конкретные мероприятия

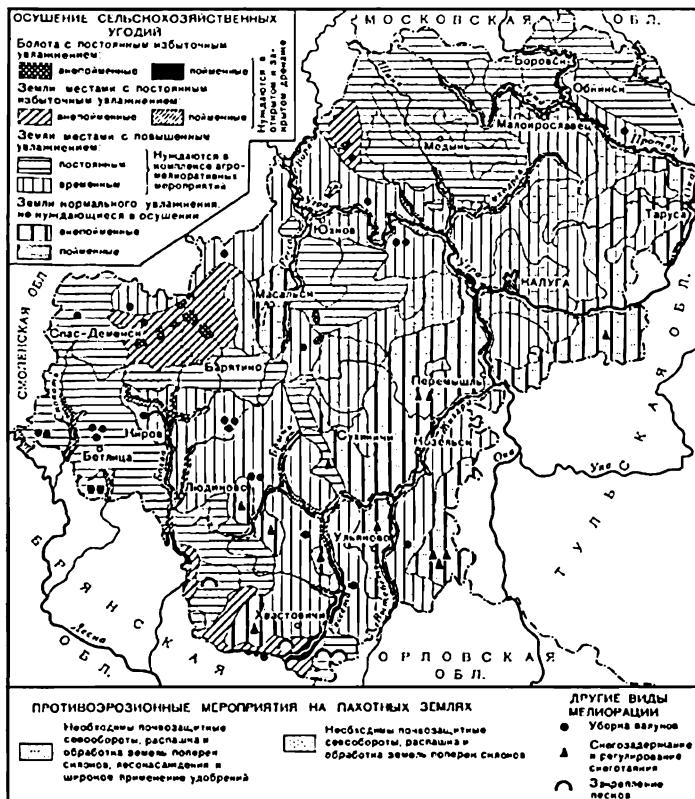


Рис. 12.8. Рекомендательная карта. Мелиорация земель Калужской области

типа служат карты мелиораций (рис. 12.8), мероприятий по оздоровлению местности, карты предлагаемых противоэрозионных, противоволавинных, природоохранных мер и т.п.

12.6. Карты разного назначения

Назначение карт так же разнообразно, как разнообразны сферы человеческой деятельности, поэтому затруднительно указать все типы карт, различающиеся по этому признаку. Дело осложняется еще и тем, что ряд карт ориентирован на **многоцелевое назначение** — они одновременно служат для планирования, научных изысканий, учебных и культурно-просветительных целей, получения справочных сведений и много другого. И все же можно указать

несколько типов карт, в которых особенно четко проявлены особенности их назначения.

Научно-справочные карты предназначены для выполнения по ним научных исследований и получения максимально подробной (для данного масштаба), достоверной и научно обработанной информации. Это карты для специалистов, работающих в сфере наук о Земле и социально-экономических наук.

Культурно-просветительские карты ориентированы на широкие читательские круги, они дают упрощенную, если можно так сказать, «облегченную» картографическую трактовку для лиц, не имеющих специальной географо-картографической подготовки. Назначение этих карт — распространение знаний, пропаганда идей (например, бережного отношения к природно-историческим памятникам), разъяснение планов экономического развития и освоения территорий и т.п. Такие карты обычно имеют яркое, простое, доходчивое оформление, дополняются диаграммами, рисунками, элементами плаката.

К этому типу близки **карты туристские и туристско-краеведческие**, предназначенные для туристов, путешественников по родному краю и просто для отдыхающих. В их содержании основное внимание уделено местам, представляющим интерес для туристов (архитектурные и исторические памятники, заповедники, парки, музеи и др.). Карты отличаются красочным оформлением, сопровождаются подробными указателями и справочными сведениями. Они могут изображать обширные курортные районы (например, Черноморское побережье), национальные парки, города, отдельные лыжные, пешеходные, водные маршруты и т.п. К этой же группе примыкают **карты для спортивного ориентирования**, специально приспособленные для проведения соревнований по этому виду спорта.

Учебные карты — четко выделяемый тип карт, используемых как наглядные пособия или материалы для самостоятельной работы в школах и вузах. На них применяют проекции, способы изображения, учитывающие степень подготовки учащихся и характер использования карт в учебном процессе. Соответственно создают карты для начальной, средней и высшей школы. Их нагрузка должна соответствовать объемам учебных программ того или иного образовательного уровня. Отметим, что карты для высшей школы, предназначенные для аудиторий, по содержанию и детальности приближаются к научно-справочным, не теряя при этом своих демонстрационных свойств.



Глава 13

Географические атласы

13.1. Атласы — картографические энциклопедии

Атлас — это систематическое собрание карт, выполненное по единой программе как целостное произведение и изданное в виде книги или комплекта листов. Это не просто набор карт под общим переплетом, но система взаимоувязанных и взаимодополняющих друг друга карт.

По словам Н. Н. Баранского, «атлас относится к отдельной карте примерно так, как опера — к отдельной музыкальной пьесе». Это меткая аналогия, действительно, всякий атлас включает множество картографических сюжетов, объединенных общим замыслом и программой. Создание атласа — трудное и ответственное дело, вершина картографического искусства. Атлас представляет собой картографическую энциклопедию — систематизированный свод знаний и сведений о территории на современном уровне ее изученности.

Карты атласа удобно сопоставлять, сравнивать и накладывать друг на друга. Если потребуется, то можно получить количественные сведения, провести математические корреляции и составить производные изображения. Атласы специально предназначены для таких работ, для комплексного изучения и оценки территории, углубленных научных исследований, составления планов освоения природных ресурсов и прогноза последствий вмешательства человека, проектирования природоохранных мер и улучшения экологической обстановки.

Фундаментальные атласы сопровождаются научными географическими описаниями, пояснительными текстами (нередко они составляют отдельные тома), космическими снимками и фотографиями, диаграммами и таблицами. Благодаря тонкому и изящно-

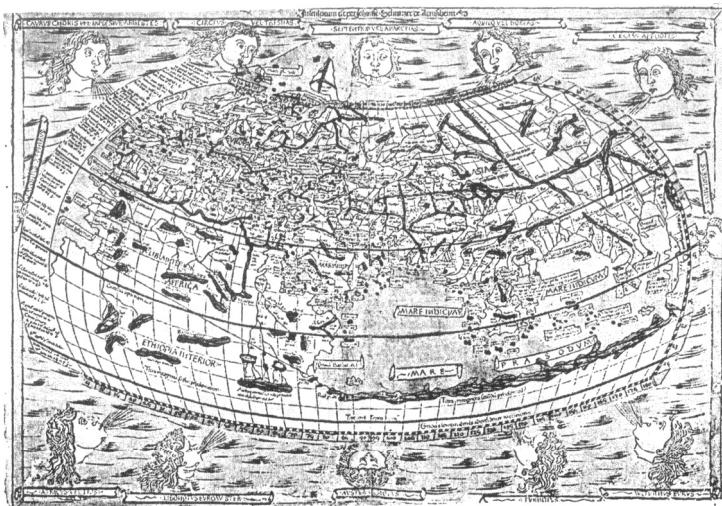


Рис. 13.1. Одна из латинизированных версий карты мира из атласа Клавдия Птолемея. Издание 1492 г.

му оформлению карты атласов очень информативны, несмотря на мелкие масштабы. Особое внимание уделяется справочному аппарату, подробным указателям географических названий и т.п. Подобно другим энциклопедическим изданиям, атласы могут быть специализированными или иметь многоцелевое назначение.

13.2. Истоки атласной картографии

Считается, что первый атлас появился в Римской империи во II в. н.э. и был составлен математиком и картографом Клавдием Птолемеем. Атлас включал карту ойкумены — всего известного грекам и римлянам мира — и 26 карт отдельных частей Европы, Африки, Ближнего Востока и Южной Азии. В эпоху Средневековья атлас Птолемея предали забвению, но в самом начале XV в. греческая рукопись и сами карты были переведены на латинский язык, раскрашены и изданы под названием «Космография». Ученые эпохи Возрождения были поражены: атлас довольно точно и подробно отображал окружающий мир, моря и страны, карты имели градусную сетку и условные знаки. С изобретением книгопечатания атлас Птолемея стали многократно переиздавать, пополняя его новыми картами. Первое печатное издание было выпущено в 1477 г. в Болонье, и за короткий период атлас переиздали более 30 раз с дополнениями и уточнениями (рис. 13.1).

В средние века получили распространение атласы портоланов — особых морских навигационных карт с компасными сетками. Основное содержание портоланов составляло подробное изображение береговой линии со всеми бухтами и залиями. Портоланные атласы использовались для плавания в Средиземном и Черном морях, у Атлантического побережья Европы и Африки, иногда — в Каспийском море. Кроме набора портоланов они часто содержали навигационные таблицы, календари, справочные сведения по астрономии и астрологии.

Во второй половине XVI в. центр картографии переместился в Нидерланды. Там возникли картографические мануфактуры, где гравировали и печатали новые карты и атласы, изображавшие мир таким, каким он предстал после Великих географических открытий. Это был золотой век картографии, и атласы той эпохи хранятся теперь в библиотеках и музеях как памятники науки и образцы изобразительного искусства.

В 1570 г. гравер и издатель Авраам Ортелий опубликовал в Амстердаме собрание карт, назвав его «Зрелищем шара земного» (*Theatrum orbis terrarum*). В атласе на 53 листах были собраны карты мира, частей света: Америки, Азии, Африки и Европы, а также отдельных стран. Атлас был снабжен географическими описаниями, красивым титульным листом (рис. 13.2), алфавитным списком стран и указателем географических названий.

Первый атлас в современном его понимании был создан «королем картографов» Герардом Меркатором. Его карты были составлены по новейшим источникам, отчетам экспедиций, географическим описаниям, были обработаны и согласованы специально для этого атласа. Для ряда карт были рассчитаны новые проекции. Меркатор опубликовал в 1585 г. первую часть атласа, а через четыре года — вторую часть. Всего в них вошли около 80 карт европейских стран. Уже после смерти великого картографа труд был завершен его сыном Румольдом и издан в 1595 г. под названием «Атлас,

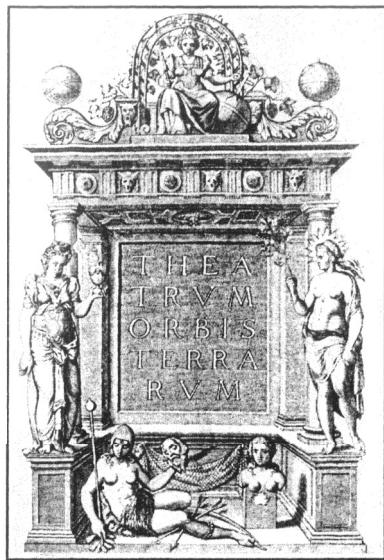


Рис. 13.2. Титульный лист атласа Авраама Ортелия, изданного в Антверпене в 1570 году.



Рис. 13.3. Титульный лист атласа Меркатора. 1595 г.



Рис. 13.4. Титульный лист «Чертежной книги Сибири» С. У. Ремезова. Издан в Тобольске в 1701 г.

или Космографические соображения о сотворении мира и вид сотворенного» (рис. 13.3). Так впервые в картографии появилось название «Атлас». Оно происходит от имени легендарного мавританского царя Атласа — покровителя наук, философа и картографа, изготавлившего первый небесный глобус. Название прочно закрепилось в науке и даже не только в картографии. Есть, например, атласы растений, животных, атласы облаков и анатомические атласы.

В России карты называли чертежами, а атласы «чертежными книгами» или «размерными книгами». В описи архива Ивана Грозного упоминается множество чертежей Русского государства, но почти ничего из них не сохранилось: вражеские нашествия, смуты и пожары погубили эти произведения. Хорошо известна лишь «Книга Большому Чертежу» — обстоятельное географическое описание «Большого Чертежа всему Московскому государству», который был составлен примерно в 1600 г. и пересоставлен в 1627 г. В Книге описаны дорожные карты, население, реки и шляхи, приведены географические названия. Есть предположения, что отдельные части Чертежа были переплетены и составляли своеобразный атлас.

Больше повезло сибирским чертежам. Уцелела «Чертежная книга Сибири», составленная в 1701 г. Семеном Ульяновичем Ре-

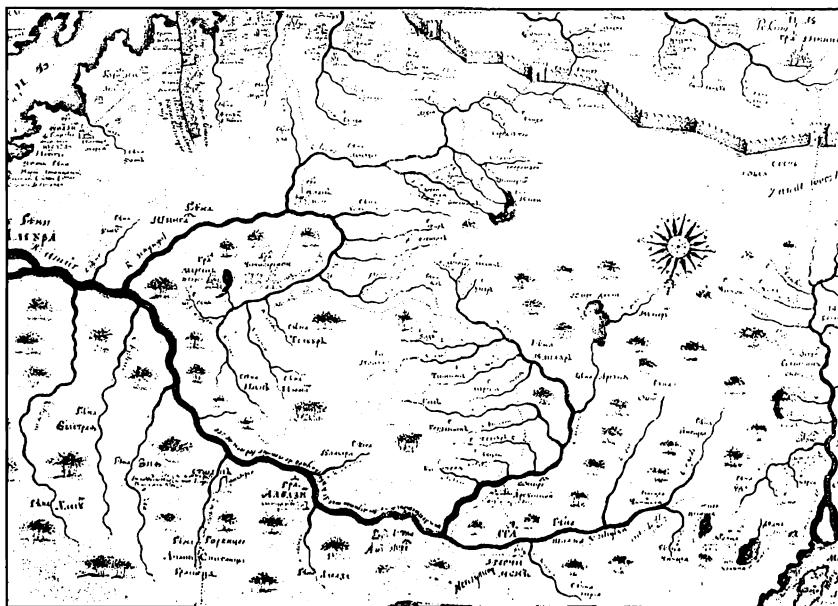


Рис. 13.5. Часть чертежа из атласа С. У. Ремизова. Тобольск. 1701 г.

мезовым — знаменитым картографом, жившим и умершим в Тобольске. Это атлас большого формата, содержащий два общих чертежа Сибири и 21 чертеж ее частей (рис. 13.4). Карты не имеют математической основы, но на них подробно и довольно точно представлены речная сеть Сибири, населенные пункты, этнография. Это настоящий атлас в современном понимании с титульным листом, оглавлением, предисловием, таблицей условных сокращений. Фрагмент одного из листов этого замечательного произведения русской картографии воспроизведен на рис. 13.5. Сохранилась также рукописная «Служебная чертежная книга Сибири» на 116 листах, собранная сыновьями С. У. Ремезова уже после его смерти.

В эпоху Петра I атласное картографирование испытало подъем. В первой половине XVIII в. была создана целая серия атласов Азовского и Черного, Балтийского, Каспийского морей. Заметным достижением научной российской картографии стал проект «Атласа Всероссийской империи» Ивана Кириловича Кирилова — видного государственного деятеля, картографа и географа XVIII в. По его замыслу три тома атласа должны были содержать более 300 листов общегеографических, исторических и, главное, экономических карт. Но при жизни автор успел напечатать и подготовить к изданию всего 37 из них.

13.3. Виды атласов

Подобно картам, атласы подразделяют *по пространственному охвату*, выделяя атласы планет (атласы мира, Венеры, Луны), континентов, океанов, крупных географических районов, государств, областей, городов. Возможны самые разные варианты группировки атласов по административному делению, политическим, историческим, природным, экономическим признакам. Есть атласы, охватывающие только полушарие (Атлас обратной стороны Луны), атласы группы стран (Атлас Дунайских стран), а с другой стороны — атласы небольших территорий и акваторий (Атлас Южного берега Крыма, Атлас озера Байкал).

По содержанию атласы подразделяются следующим образом:

Атласы общегеографические	<i>политико-административного деления</i>
Атласы физико-географические:	<i>комплексные социально-экономические</i>
<i>геологические</i>	
<i>геофизические</i>	
<i>климатические</i>	
<i>океанологические</i>	
<i>гидрографические</i>	
<i>почвенные</i>	
<i>ботанические</i>	
<i>зоогеографические</i>	
<i>медико-географические</i>	
<i>комплексные физико-географические</i>	
Атласы социально-экономические:	Атласы эколого-географические:
<i>населения</i>	<i>факторов воздействия на среду</i>
<i>промышленности</i>	<i>и отдельные ее компоненты</i>
<i>сельского и лесного хозяйства</i>	<i>последствий воздействия и</i>
<i>культуры</i>	<i>загрязнения среды</i>
	<i>экологических ситуаций</i>
	<i>условий жизни населения</i>
	<i>экологической безопасности</i>
	Атласы исторические:
	<i>Древнего мира</i>
	<i>средних веков</i>
	<i>новейшей истории</i>
	<i>военно-исторические</i>
	Атласы общие комплексные

Классификацию атласов по содержанию обычно сочетают с делением их на **комплексные**, включающие широкий набор карт природы, населения и хозяйства, **отраслевые** (например, геоботанические) и **узкоотраслевые** (например, атлас ареалов лекарственных растений).

Наиболее полезной с практической точки зрения является группировка атласов *по назначению*, в соответствии с которой выделяют атласы справочные, научно-справочные, популярные, учебные, туристские, дорожные, военные и т.п.

Справочные атласы — это обычно общегеографические и политико-административные атласы, максимально подробно передающие общегеографические элементы: населенные пункты, рельеф и гидрографию, дорожную сеть, границы. Атласы этого типа особенно точны в отношении номенклатуры, сопровождаются обширными указателями и другими справочными данными.

Прекрасным примером картографических произведений этого типа стал уже упоминавшийся выше (раздел 8.8) российский справочный Атлас Мира, вышедший 3-м изданием в 1999 г. (рис. 13.6). Его структура характерна для капитальных справочных атласов этого типа. Атлас состоит из восьми разделов: карты мира, России, зарубежной Европы, Азии, Африки, Америки, Австралии и Океании, Арктики и Антарктики, Атлантического, Индийского и Тихого океанов. В атласе помещены также планы крупнейших городов мира. Масштабы основных карт — от 1:1 250 000 до 1:7 500 000. Карты регионов России приведены в масштабах 1:2 500 000, а в некоторых случаях — в 1:1 500 000. Москва и Санкт-Петербург показаны в масштабе 1:250 000. Особое место в Атласе отведено крупномасштабным картам (от 1:25 000 до 1:1 000 000) густонаселенных и важнейших промышленно-экономических районов мира, таких как Рурская область, Средняя Англия, Центральная Япония, Среднеатлантический район США и другие. Одновременно издан идентичный том Атласа Мира на английском языке.

Атласы научно-справочные — капитальные картографические произведения, содержащие наиболее полную и научно достоверную характеристику территории. Часто это многотомные издания, которые дают системное представление о территории. Они предназначены в основном для ученых, администраторов, органов планирования и т.п. Таков отечественный многотомный Атлас Океанов, первые три тома которого были изданы в 1974, 1977 и 1980 гг. (рис. 13.7), Физико-географический атлас мира (1964), Атлас снежно-ледовых ресурсов мира (1997) и др.

Выдающимся произведением российской и мировой картографии стал атлас «Природа и ресурсы мира», созданный в Россий-



Рис. 13.6. Два тома Атласа Мира (3-е изд., 1999), изданного на русском и английском языках

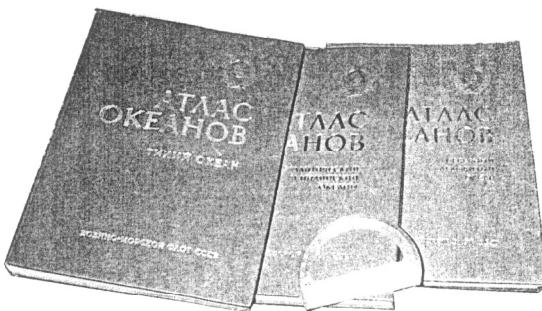


Рис 13.7. Комплексный научно-справочный Атлас Океанов:

Тома «Атлантический и Индийский океаны», «Тихий океан» и «Ледовитый океан»

ской академии наук в 1999 г. (рис. 13.8). Над ним почти 10 лет трудились свыше 300 ведущих специалистов в области наук о Земле. В 2-томном атласе большого формата (35×49 см) представлены самые современные научно обработанные картографические материалы по географии и геологии нашей планеты, включая такие сферы знания, как минералогия, почвоведение, метеорология и климатология, экология, биология и медицинская география. Атлас насыщен космическими снимками и сопровождается географическими описаниями.

Популярные атласы предназначены для массового читателя, они общедоступны, а пользование ими не требует профессиональной подготовки. Они адресованы школьникам,

туристам и краеведам, охотникам и рыболовам. Поэтому в атласы включают лишь основные карты природы и экономики, зато дополняют атлас картами достопримечательных мест и исторических памятников, туристских маршрутов. Такие издания обычно сопровождают яркими фотографиями, рисунками, справочными данными. К этой группе близки **школьно-краеведческие атласы**, предназначенные для учащихся, изучающих родной край, а также для путешественников и краеведов (рис. 13.9).

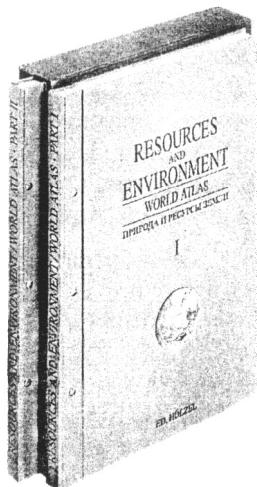


Рис. 13.8. Атлас «Природа и ресурсы мира»

Четко выделяется группа **учебных атласов**, ориентированных на применение в начальной, средней и высшей школах (рис. 13.10). Набор карт в таких



Рис. 13.9. Атласы краеведческого типа

атласах, степень их подробности и глубина раскрытия тем определяются соответствующими учебными программами.

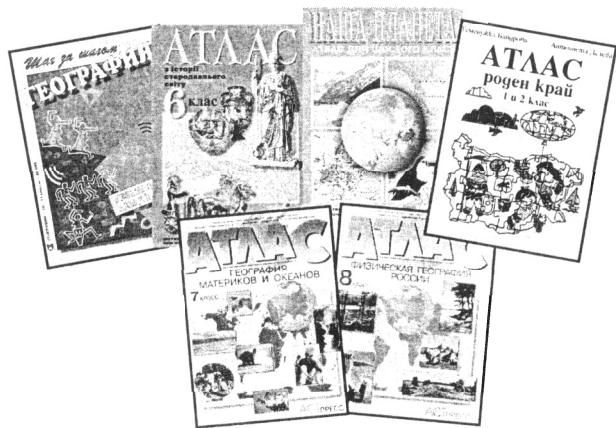


Рис. 13.10. Учебные атласы

В последние годы большую популярность приобрели *туристские и дорожные атласы*. Они нужны автолюбителям, спортсменам, туристам (рис. 13.11). В них подробно показывают туристские объекты, сеть автомобильных и железных дорог, размещение кемпингов и мотелей, указывают пешеходные, водные и иные туристские маршруты.

Особую группу составляют *военные и военно-исторические атласы*, предназначенные для высшего командного состава и офицеров



Рис. 13.11. Дорожные атласы

за свое полиграфическое изящество.

Обычно атласы брошюруются в переплете, но бывает, что их издают в виде отдельных листов в общей папке или в коробке размером с чемодан и на металлических запорах. Листы карт атласа удобно использовать для сравнения и взаимного сопоставления. Но главное, для такого атласа всегда можно выпустить новую дополнительную карту или обновить в переиздании устаревшую. Например, национальные атласы некоторых стран издают именно таким образом. По мере выхода в свет новых карт, подписчики атласа приобретают их и складывают в общую папку. Издание и обновление карт атласа может продолжаться много лет.

В наши дни наряду с традиционными бумажными широко используют компьютерные атласы, атласы на компакт-дисках и даже виртуальные атласы, размещенные в сетях телекоммуникации (см. разделы 20.3 и 21.3).

армии и флота. Они удобны в работе, строги по оформлению, насыщены справочными материалами по военной географии и истории, экономике и природе стран мира, в них включены справочные сведения по общей топографии и астрономии, планы крупнейших городов.

Атласы можно классифицировать и по иным признакам, например по формату и способу брошюровки. Выделяют атласы **настольного формата** — большие фолианты, пользоваться которыми можно только держа их на столе. Большинство атласов имеют **книжный формат**. Существуют также **малые (карманные)** и **миниатюрные атласы**, но эти последние более всего ценятся

13.4. Национальные атласы

Национальный атлас — это атлас страны, содержащий разностороннюю характеристику ее природы и ресурсов, населения, истории и культуры, хозяйства и экологического состояния.

Национальный атлас создается государственными картографическими учреждениями, носит официальный и даже нормативный характер. Атлас отражает уровень экономического развития страны, степень ее научного познания и достижения картографического производства — словом, это престижное национальное издание, визитная карточка государства.

Атласы дополняются подробными текстами, справочными данными, указателями. Их стараются оформить и издать как можно лучше, обычно национальный атлас — это капитальный том или даже несколько томов настольного формата, но нередко он издается в виде периодически обновляемых выпусков.

Первый национальный атлас был издан в Финляндии в 1899 г. Финским географическим обществом, за ним последовали атласы Египта, Чехословакии и некоторых других стран. Но подлинный расцвет в этом деле пришелся на период после Второй мировой войны, когда десятки стран приступили к созданию своих национальных атласов. Огромную роль сыграла деятельность Комиссии национальных атласов, которая была учреждена в 1956 г. Международным географическим союзом.

Комиссия под руководством видного советского картографа К. А. Салищева разработала единую программу и составила рекомендации по составлению национальных атласов. При этом учитывались, с одной стороны, желательность унификации содержания атласов, а с другой — необходимость отражения национальной специфики каждой страны.

Создание национального атласа — весомый вклад географии и картографии в развитие национальной культуры. К работе над ним привлекаются лучшие ученые и картографы. Во многих странах созданы специальные институты национального атласа, они действуют постоянно, собирают научные данные, концентрируют новейшие статистические материалы, обрабатывают и хранят космическую информацию и на этой основе постоянно обновляют компьютерные базы данных, отдельные карты и весь атлас. По существу такие институты становятся государственными геоинформационными центрами.

Развитые в картографическом отношении страны (США, Канада, СССР, ФРГ, Австралия, Венгрия и др.) помимо национального атласа подготавливают серии комплексных региональных атласов штатов, провинций, республик, земель и т.п.

Россия, имеющая крупные достижения в области атласного картографирования, приступила к созданию своего национального атласа лишь в 1996 г. Один из вариантов проекта Национального атласа России (НАР) предусматривает создание многотомного тру-

да, в котором отдельные части составят тома общегеографический, природы и ресурсов, населения и экономики, экологии, истории и культуры страны. При этом каждый том станет самостоятельным произведением.

Карты Национального атласа охватят пять уровней: 1) глобальный уровень — Россия в мире на фоне глобальных проблем; 2) общероссийский — основной уровень картографирования страны; 3) региональный — отдельные регионы России и субъекты Федерации; 4) локальный — города, агломерации, промышленные узлы, территории и акватории, интересные в природном, демографическом, хозяйственном отношениях; 5) детальный — карты, планы и схемы отдельных объектов. Масштаб основных карт — 1:10 000 000, другие карты России будут иметь более мелкие масштабы — 1:15 000 000 — 1:60 000 000, а карты регионов и субъектов Федерации — 1:1 000 000 — 1:5 000 000.

Кроме традиционного бумажного атласа предполагается создать его электронную версию и компакт-диск, тогда атлас станет доступным для каждого, кто имеет компьютер. Создание Национального атласа — крупнейший научный проект, и его реализация займет не один год. Одновременно должен быть организован Российский национальный информационно-карографический центр, где будет сосредоточиваться и постоянно обновляться вся необходимая пространственная информация.

13.5. Атласы как модели геосистем

Атлас содержит систему карт, тесно увязанных между собой и друг друга дополняющих. В целом комплексный атлас можно рассматривать как модель географической системы (геосистемы).

Система карт атласа делится на разделы, и в каждом из них есть основная и дополнительные карты. В сериях аналитических карт представлены отдельные подсистемы (например, рельеф, почвы, климат) и компоненты геосистем (скажем, в подсистему карт климата входят карты осадков, температур, преобладающих ветров и т.п.). Единство раздела (или подраздела) достигается увязкой с основной картой, а таксономическая соподчиненность элементов содержания каждой карты обеспечивается логикой ее легенды и подбором изобразительных средств — тем самым моделируется иерархия компонентов геосистемы.

Взаимодействие компонентов находит отражение на комплексных и комплексно-синтетических картах, таких, например, как

карты взаимодействия ветров и океанических течений или карты распределения населения по отраслям промышленности.

Взаимосвязь и интеграция элементов геосистемы показывают на синтетических картах атласа, например на картах ландшафта, экологической оценки природных и социальных условий жизни населения. Среди этих карт большинство относится к типу оценочных.

В атласах есть и карты, характеризующие динамику геосистем, процессы переноса вещества и энергии, например перемещение отложений, водных масс, перевозки промышленных товаров, транспортировку нефти и газа и многое другое. А тенденции развития отражают на прогнозных картах.

Таким образом, комплексные атласы моделируют основные свойства геосистем, причем одно из главных достоинств этой сложной модели состоит в том, что информациядается в систематизированном, формализованном и единообразном виде. Именно благодаря этому *атлас является геоинформационной системой (ГИС)*, он служит прообразом современной компьютерной ГИС (см. разделы 19.2, 19.3). Более того, ГИС нередко создаются на основе атласов.

13.6. Внутреннее единство атласов

Для того чтобы атлас выполнял функции источника согласованной пространственной информации и модели геосистемы, он должен отвечать определенным условиям, обеспечивающим его внутреннее единство. Главные из этих условий таковы:

- ◆ в атласе нужно использовать минимальное число разных картографических проекций — это упростит сравнение карт;
- ◆ целесообразно иметь один масштаб для всех карт, а если это не получается, то масштабы должны быть кратными — также для облегчения взаимного сопоставления карт;
- ◆ карты атласа должны составляться на единых базовых географических основах;
- ◆ в атласе должен соблюдаться определенный баланс между количеством аналитических, комплексных и синтетических карт;
- ◆ легенды разных карт, шкалы и градации следует взаимно согласовать;
- ◆ важно соблюдать на картах атласа, по возможности, единый уровень генерализации и одинаковую подробность изображения явлений;
- ◆ совершенно обязательно взаимное согласование карт разной тематики, устранение случайных расхождений в изоб-

- ражении контуров — при создании атласов согласование карт является основной заботой картографов;
- все данные, показываемые в атласе, должны быть отнесены к одной дате, к единому временному интервалу;
- карты должны иметь общие принципы оформления, единый стиль дизайна.

Эти требования не всегда легко выполнимы. Возникают определенные противоречия, например, ограничение разнообразия масштабов противоречит желанию дать отдельные территории более детально, а стремление сохранить единый подход к генерализации не всегда согласуется с уровнем изученности того или иного явления. По этой же причине довольно сложно соблюсти единство шкал и градаций, привести все данные к одному временному срезу. Появляются противоречия и при определении содержания атласа. С одной стороны, желательно осветить явление наиболее полно и дать побольше карт разной тематики, а с другой — объем атласа не беспределен, и необходимо его целесообразное ограничение.

Обычно над атласами трудятся большие коллективы картографов, географов разного профиля, геологов, экологов и других ученых. Работы делятся долго, много времени затрачивается на сбор материала, согласование карт и т.д. Зато хороший комплексный атлас служит многие годы и даже через столетие не теряет значения. Это фундаментальный свод документов о состоянии географической системы на определенный временной срез.



Глава 14

Источники для создания карт и атласов

14.1. Виды источников

Картография обеспечивает своей продукцией многие отрасли хозяйства, науки, культуры, образования и другие сферы жизни общества. Сама же она для получения необходимых сведений использует многие источники — разнообразные документы, по которым ведется составление карт.

К источникам принадлежат:

- ◆ астрономо-геодезические данные;
- ◆ общегеографические и тематические карты;
- ◆ кадастровые данные, планы и карты;
- ◆ данные дистанционного зондирования;
- ◆ данные непосредственных натурных наблюдений и измерений;
- ◆ данные гидрометеорологических наблюдений;
- ◆ материалы экологического и других видов мониторинга;
- ◆ экономико-статистические данные;
- ◆ цифровые модели;
- ◆ результаты лабораторных анализов;
- ◆ литературные (текстовые) источники;
- ◆ теоретические и эмпирические закономерности.

В зависимости от тематики и назначения создаваемого картографического произведения одни из этих источников выступают как основные, а другие оказываются дополнительными и вспомогательными. Например, для карт экономико-географических основными источниками могут оказаться данные статистической отчетности, а для карт фотогеологических — материалы полевой геологической съемки, аэро- и космические снимки.

Различают источники современные, отражающие нынешнее состояние картографируемого объекта, и старые, показывающие прошлые его состояния или ранние стадии изученности. В некоторых случаях ценны именно старые источники, например, когда речь идет об исторических картах, палеогеографических реконструкциях или о показе динамики явлений.

Кроме того, источники, привлекаемые для картографирования, подразделяют на первичные, полученные в ходе прямых измерений и наблюдений, и вторичные, являющиеся результатом обработки и преобразования первичных материалов. Естественно, что первичные и вторичные источники различаются по достоверности, точности, по уровню обобщения, степени генерализации и другим характеристикам, которые привносятся в процесс обработки.

14.2. Астрономо-геодезические данные

К этому виду источников относят результаты астрономических наблюдений, гравиметрических измерений, триангуляций и трилатераций, полигонометрии, нивелировок на местности. Они необходимы, прежде всего, для создания координатной (плановой и высотной) основы карт, т.е. сети пунктов, для которых определены плановое положение и высота относительно уровня моря, а также для вычисления фигуры Земли и расчета параметров земного эллипсоида.

Пункты геодезических сетей разного класса закрепляют на местности заложенными в землю центрами. Над ними возводят специальные опознавательные знаки — пирамиды или сигналы, укрепляют металлические или бетонные столбы.

В последние годы для создания геодезических сетей широко привлекаются *глобальные системы позиционирования (ГСП)*. Их называют также *системами спутникового позиционирования*. Они основаны на использовании искусственных спутников, специально запущенных на очень высокие орбиты и постоянно посылающих на Землю радиосигналы. Спутники располагаются так, что часть из них всегда видна (или, лучше сказать, слышна) в любой точке Земного шара в любое время суток. Их можно наблюдать так же, как звезды во время астрономо-геодезических измерений. ГСП позволяют определять координаты любой точки на местности автономно, без наземных геодезических измерений и прокладки ходов между пунктами триангуляции.

Изобретение ГСП ознаменовало революционное изменение всей системы геодезических измерений и открыло принципиально

новые возможности информационного обеспечения картографирования. Производительность координатной привязки точек наблюдения на местности повышается в 10–15 раз, а главное — все измерения выполняются автономно, без постоянного обращения к сети триангуляции. Следовательно, можно значительно сократить сеть геодезических пирамид. Например, в России, где существуют около 370 тыс. действующих пунктов геодезической сети, при введении ГСП достаточно сохранить примерно 20 тыс.

Астрономо-геодезические данные необходимы для привязки всех топографических и тематических съемок, а пункты геодезической сети — один из главных элементов математической основы карт.

14.3. Картографические источники

Общегеографические карты используют в качестве источников при составлении любых тематических карт. Они служат основой для нанесения тематического содержания. Топографические, обзорно-топографические и обзорные карты — это надежные и достоверные источники, которые создают по государственным инструкциям, в стандартной системе условных знаков с определенными, строго фиксированными требованиями к точности.

Как отмечено в главе 10, вся территория России покрыта топографическими картами в масштабе 1:25 000 и мельче. На отдельные территории имеются карты более крупных масштабов. Другие, сравнительно небольшие по площади страны располагают картами значительно более крупных масштабов, например, территория Великобритании целиком закартирована в масштабе 1:2 500. Вся планета охвачена международными картами в масштабах 1:1 000 000 (около 1000 листов) и 1:2 500 000 (262 листа).

Значение общегеографических карт не ограничивается использованием их для привязки тематического содержания. Они обеспечивают географическую достоверность картографирования, играя роль основы, т.е. того каркаса, относительно которого производится нанесение и последующая увязка тематического содержания составляемой карты и взаимное согласование карт разной тематики.

Тематические картографические материалы — основной источник для составления тематических карт. К ним относятся результаты полевых тематических съемок (крупномасштабные планы, схемы, абрисы, маршрутные и стационарные съемки и т.п.), собственно тематические карты разного масштаба и назначения, а также разного рода специальные материалы, такие как схемы землепользований, лесоустроительные планы и др.

Тематические карты крупных масштабов всегда служат источниками для мелкомасштабных карт, но особенно важно, что карты одной тематики часто используют при составлении карт смежной тематики. Так, при почвенном картографировании привлекают карты растительности и геоморфологические, при создании геоморфологических карт — геологические и тектонические, при составлении карт транспорта совершенно необходимо использование карт расселения и т.д. А для составления синтетических карт районирования и оценки территории в качестве источников часто берут серии карт разной тематики. Современное обилие тематических материалов ставит задачу оптимизации их выбора при создании любой карты, а это требует от картографа глубоких географических знаний.

Особый вид источников — *кадастровые карты и планы*. Они с документальной точностью отражают размещение, качественные и количественные характеристики явлений и природных ресурсов, дают их экономическую или социально-экономическую оценки, содержат рекомендации по рациональному использованию и охране. Таковы карты кадастра земельного, городского, полезных ископаемых, лесного, водного, промыслового и др.

14.4. Материалы дистанционного зондирования

Материалы дистанционного зондирования получают в результате неконтактной съемки с летательных воздушных и космических аппаратов, судов и подводных лодок, наземных фототеодолитных станций. Некоторые виды дистанционного зондирования схематически изображены на рис. 14.1. Наиболее широко применяются в картографии материалы аэрокосмического зондирования, в особенности — космической съемки, которая, будучи более экономичной, по детальности теперь приближается к аэросъемке. Эти материалы разнообразны по масштабу, охвату, разрешению и другим свойствам (табл. 14.1).

Они имеют важные преимущества перед другими источниками для составления карт.

- Обзорность космических изображений — от глобального охвата до десятков километров при детальной съемке — обеспечивает экономичное картографирование обширных пространств.
- Съемка из космоса одной и той же территории с разным разрешением и генерализацией позволяет параллельно со-

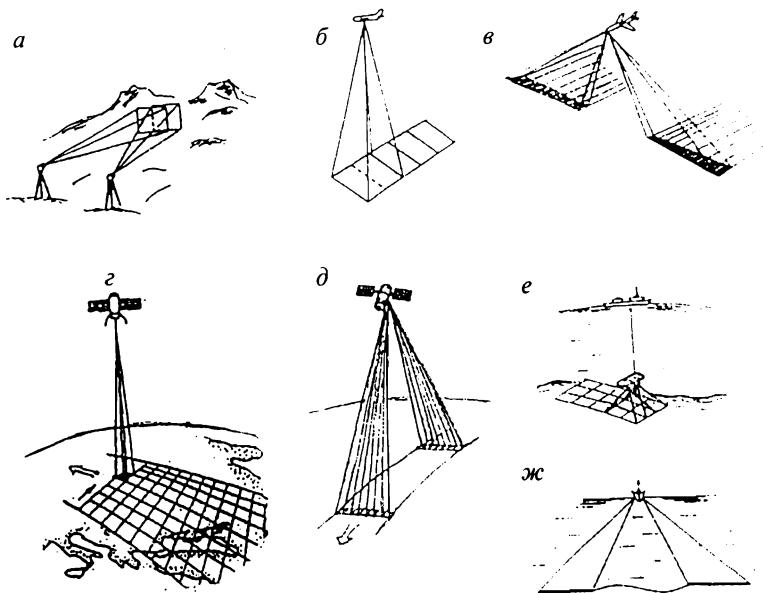


Рис. 14.1. Виды дистанционного зондирования:

а — наземная фототеодолитная съемка; *б* — аэрофотосъемка; *в* — радиолокационная аэросъемка бокового обзора; *г* — космическая сканерная съемка; *д* — космическая конвергентная стереосъемка с использованием линейных ПЗС-приемников; *е* — подводная фотосъемка; *ж* — подводная звуковая гидролокация бокового обзора.

здавать и обновлять карты разных масштабов, избавляя от необходимости составлять карты более мелких масштабов по крупномасштабным, что неизбежно удлиняло процесс картографирования.

- ◆ Центральная проекция, в которой строится изображение, при большой высоте центра проектирования близка к ортогональной, что упрощает фотограмметрическую обработку при создании карт.
- ◆ Повторные съемки с заданной периодичностью обеспечивают динамическое картографирование и мониторинг быстро меняющихся во времени процессов и явлений.
- ◆ Обеспечивается картографирование труднодоступных районов — пустынь, маршей, высокогорий, полярных островов, Антарктиды. Мало того, решается проблема съемки других планет и их спутников.
- ◆ Выразительность и наглядность космических снимков обусловили появление новых видов картографической продук-

Таблица 14.1

Классификации космических снимков

По масштабу

<i>Сверхмелкомасштабные</i> 1:10 000 000–1:100 000 000
<i>Мелкомасштабные</i> 1:1 000 000–1:10 000 000
<i>Среднемасштабные</i> 1:100 000–1:1 000 000
<i>Крупномасштабные</i> 1:10 000–1:100 000

По обзорности

<i>Глобальные (планеты)</i> $S = n10^8 \text{км}^2$ $L = 10 000 \text{ км}$
<i>Крупнорегиональные</i> $S = n10^6 \text{км}^2$ $L = 500–3000 \text{ км}$
<i>Региональные</i> $S = n10^4 \text{км}^2$ $L = 50–500 \text{ км}$

По пространственному разрешению

<i>Снимки низкого разрешения</i> $R_m = n1000 \text{ м}$
<i>Снимки среднего разрешения</i> $R_m = n100 \text{ м}$
<i>Снимки высокого разрешения</i> $R_m = n10 \text{ м}$ 0–100 м — относительно высокого 10–30 м — высокого
<i>Снимки очень высокого разрешения</i> $R_m = n1 \text{ м}$
<i>Снимки сверхвысокого разрешения</i> $R_m = <1 \text{ м}$

S — площадь охвата снимка
 L — ширина полосы охвата
 $n = 1+9$
 R_m — разрешение на местности

ции — фотокарт и спутниковых карт биофизических характеристик земной поверхности.

- Комплексное отображение на одном снимке всех компонентов земных ландшафтов способствует наиболее правильной передаче пространственных взаимосвязей картографируемых объектов.

Благодаря этому аэрокосмические снимки нашли в картографии разнообразное применение при составлении и оперативном обновлении топографических карт, создании тематических карт и фотокарт, картографировании малоизученных и труднодоступных районов.

Съемки ведут в ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном (ИК), среднем ИК, тепловом ИК, радиоволновом диапазонах спектра. Съемка в **видимом и ближнем ИК диапазонах** ре-

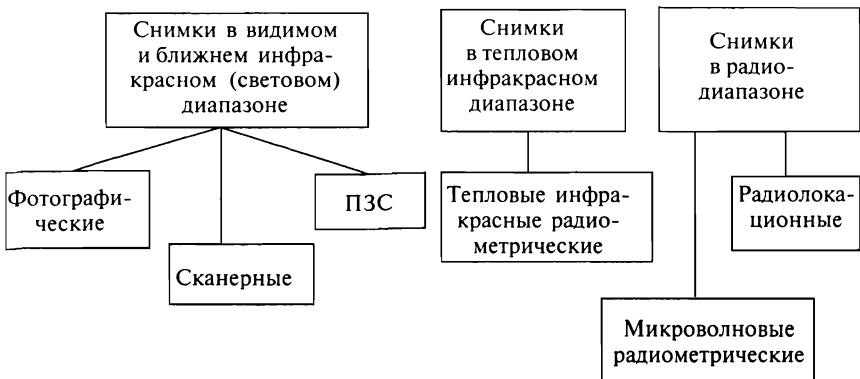


Рис. 14.2. Классификация аэрокосмических снимков по спектральным диапазонам и технологии съемки

гистрирует солнечное излучение, отраженное объектами в соответствии с их спектральной отражательной способностью. На снимках отображаются оптические характеристики объектов — их спектральная яркость. Для съемки необходимо освещение, а облачность в этом случае мешает съемке. В **тепловом ИК диапазоне** регистрируется собственное излучение Земли и температурные характеристики объектов. Съемка в этом диапазоне не зависит от освещения, может выполняться ночью, но облачность и здесь является помехой. При съемке в **радиодиапазоне** радиоволны, почти не поглощаясь, свободно проходят через облачность и туман, съемку ведут при любой погоде и в любое время суток. На снимках хорошо видны рельеф и шероховатость поверхности, ее влажность, иногда — подповерхностные структуры. При съемке в разных спектральных диапазонах используют различные технологии и получают снимки разных типов (рис. 14.2).

Фотографические снимки — это результат покадровой регистрации на фотопленку солнечного излучения, отраженного земными объектами. Аэрофотоснимки получают с самолетов и вертолетов, космические снимки — со спутников, космических кораблей и орбитальных станций, подводные — фотокамерами, опускаемыми на глубину, а наземные — с помощью фотогеодолитов.

Кроме одиночных плановых снимков картографическими источниками служат стереопары, фотосхемы и фотопланы, фронтальные (вертикальные) фотоснимки и др.

Космические фотоснимки отличаются хорошими геометрическими свойствами и высоким качеством изображения. Разрешение снимков, доступных гражданскому пользователю, — до 2 м (с разве-

дывательных спутников получают снимки с разрешением до 0,2 м), что достаточно для создания топографических карт масштаба 1:50 000 с точностью 10 м по высоте и 15 м в плане. Недостаток этого вида съемки — необходимость доставки отснятой пленки на Землю для обработки.

Основной объем информации дают **сканерные снимки** — результат поэлементной и построчной регистрации излучения объектов земной поверхности и передачи информации по радиоканалам. Само слово «сканирование» означает управляемое перемещение светового (лазерного и др.) луча с целью последовательного обзора какого-либо участка. В ходе съемки с самолета или спутника сканирующее устройство (качающееся зеркало) последовательно, полоса за полосой, просматривает местность поперек направления движения носителя. Световой сигнал поступает на фотоэлектрический приемник, преобразуется в электрический, по радиоканалу передается на наземное приемное устройство в цифровой форме, а затем записывается в виде изображения. В результате получают снимки со строчной структурой, причем строки состоят из небольших элементов — **пикселов**, т.е. элементарных ячеек сканерного изображения. Каждый пиксель отражает интегральную яркость участка местности, соответствующего мгновенному угловому полю зрения сканера; детали внутри этого участка неразличимы.

В полете съемку ведут постоянно, сканируя широкую непрерывную полосу местности. В целом качество сканерных изображений уступает фотоснимкам, но оперативность и цифровая форма передачи в реальном режиме времени дают этому методу неоценимые преимущества.

ПЗС-снимки. Кроме механического сканирования в 1980-х годах начали использовать новый вариант сканирования, когда приемником излучения служит линейка, состоящая из множества миниатюрных (размером в несколько мкм) приемников излучения на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС). Это дает изображение сразу целой строки, а движение носителя аппарата — накопление строк. Отсутствие подвижных элементов конструкции обеспечивает хорошие геометрические качества изображения, а малые размеры приемников — получение изображения очень высокого разрешения (менее 1 м).

Обычно под сканерными снимками имеют в виду снимки в видимом и ближнем ИК диапазонах, но принцип сканирования применяется и при съемке в других диапазонах спектра.

Тепловые инфракрасные радиометрические снимки (или тепловые снимки) получают в результате съемки в тепловом ИК диапазоне.

пазоне. ИК радиометры механически сканируют собственное тепловое излучение Земли. Снимки имеют не очень высокое разрешение, в лучшем случае — десятки метров.

Микроволновые радиометрические снимки получают в коротковолновом (СВЧ — сверхвысокочастотном) радиодиапазоне также с использованием принципа механического сканирования. Приемниками излучения служат антенны, разрешение снимков ограничено несколькими километрами.

Радиолокационные снимки получают при активном методе съемки, когда антenna съемочной системы генерирует радиоизлучение, оно отражается поверхностью и улавливается регистрирующей аппаратурой. Отражение сигнала зависит от рельефа поверхности, ее шероховатости, структуры и состава слагающих пород, характера растительности и влажности почв. При определенных длинах радиоволн они способны проникать под поверхность и отражать, например, линзы подземных вод. Разрешение снимков зависит от размера антенны и при антенне длиной в несколько метров составляет 1–2 км. Искусственно удлиняя антенну (так называемая синтезированная апертура), выполняют съемку с разрешением порядка 20 м. На самолетах и космических носителях используют радиолокаторы бокового обзора, они ведут съемку попереk направления движения носителя. Поэтому пересеченный рельеф дает радиотени, что обеспечивает выразительное изображение. Основное достоинство радиолокационной съемки — ее всепогодность: очень удобна для исследования океана — его волнения, загрязнения. Радиолокацию применяют и при изучении планет, в частности, Венеры, постоянно закрытой плотными облаками.

Принцип бокового обзора используют и для получения **гидролокационных снимков** с помощью аппаратуры, генерирующей и регистрирующей звуковые волны. Среди новых видов локационных изображений следует отметить снимки, получаемые с помощью лазерных локаторов — **лидаров**. Непрерывное совершенствование сканерных и локационных систем, множественность съемочных диапазонов, их широкое комбинирование — все это дает поистине неисчерпаемое разнообразие источников для тематического картографирования.

При этом особое значение имеют **многозональные снимки**, когда одна и та же территория (или акватория) одновременно фотографируется или сканируется в нескольких зонах спектра. Комбинируя зональные снимки, получают цветные синтезированные изображения, наилучшим образом представляющие леса разных пород, сельскохозяйственные угодья, увлажненные территории

и т.п. Материалы многозональной съемки — ценнейший источник для составления тематических карт.

На рубеже веков появился еще один вид съемки — *гиперспектральная*, когда излучение регистрируется в большом числе узких (до 10 нм) спектральных зон — от нескольких десятков до нескольких сотен. Это позволяет определять даже минералогический состав горных пород, расширяет возможности исследования атмосферы и океана, их загрязнения. Материалы гиперспектральной съемки особенно ценные для экологического мониторинга и картографирования.

14.5. Натурные наблюдения и измерения

Эти данные — важнейший фактический материал для составления любых тематических карт. Никакие косвенные и дистанционные методы не могут заменить непосредственные наблюдения. Более того, без них невозможны использование теоретических закономерностей, интерпретация косвенных наблюдений, дешифрирование аэро- и космических снимков.

Форма представления натурных наблюдений различна. При гидрографических наблюдениях — это результаты измерений, которые заносят в журналы и таблицы, при физико-географических исследования — описания, фиксируемые в дневниках и отчетах, фотографии и схемы, при геолого-геоморфологических исследованиях — профили, разрезы, данные бурения скважин, описания шурfov и т.п., при геофизической съемке — значения наблюденных физических параметров.

По локализации данные непосредственных наблюдений подразделяют на точечные, выполненные в отдельных пунктах, на скважинах, в обнажениях и т.п., маршрутные — вдоль по избранному направлению (по профилю, дороге, реке и др.) и площадные, охватывающие всю изучаемую территорию. Особо выделяют стационарные наблюдения, например на геофизических полигонах, биостанциях, в пунктах экологического мониторинга и т.п. Стационары располагают в характерных местах, причем наблюдения всегда отличаются длительностью, стационары существуют десятки лет. Длинные ряды наблюдений необходимы для картографирования динамики явлений и процессов.

Кроме того, существуют материалы ключевых исследований, которые выполняют с высокой детальностью в крупном масштабе на небольших участках от одного до нескольких квадратных километров. Ключевые исследования необходимы в тех случаях, когда картографируемая территория обширна и нет возможности охва-

тить ее целиком. Тогда изучают ключевые, эталонные участки, типичные в том или ином отношении, а выявленные на них закономерности распространяют на обширные однотипные территории.

С развитием дистанционного зондирования исследования на «ключах» стали применять для интерпретации аэрокосмических материалов. Выделился даже особый тип источников: данные подспутниковых наблюдений. Их стараются вести синхронно или почти синхронно с космической съемкой для точной привязки, интерпретации космической информации и распространения ее на обширные пространства со сходными условиями. По существу, подспутниковые наблюдения — это традиционное географическое исследование на ключевых участках.

14.6. Гидрометеорологические наблюдения

Для многих видов картографирования широко используют результаты наблюдений, проводимых на метеорологических, гидрологических и океанологических станциях и постах. Это данные регулярных измерений атмосферы, атмосферных процессов, отдельных метеорологических элементов (температуры, давления, осадков, солнечного сияния, ветра, облачности и т.п.), гидрологического режима рек, озер, водохранилищ, физико-химических характеристик морских и океанических вод и десятки других показателей. При этом рассчитывают средние дневные, месячные, сезонные и годовые значения и другие производные показатели по разным высотным уровням атмосферы и стандартным горизонтам глубин озер, морей и океанов.

Наблюдения ведутся в пунктах гидрометеорологической сети, более или менее равномерно распределенных по земному шару, с борта судов и с буев. В России результаты наблюдений регулярно и централизованно публикуются Государственным комитетом по гидрометеорологии и контролю природной среды в виде статистических справочников по климату нашей страны и мира. Кроме того, выпускаются ежемесячные сборники по выборочным станциям со сведениями о температуре, влажности и скорости ветра в свободной атмосфере.

Для координации работ по сбору, обработке и хранению гидрометеорологических и океанологических данных созданы международные организации: Всемирная служба погоды и Объединенная глобальная система океанических станций (ОГСОС), где получающую информацию обрабатывают, контролируют и накапливают на носителях информации.

14.7. Экономико-статистические данные

При создании карт и атласов социально-экономической тематики основными источниками служат массовые данные, содержащие количественные сведения о состоянии и динамике производственных ресурсов, их использовании, развитии промышленности и сельского хозяйства, транспорта, энергетики, финансов и других отраслей народного хозяйства, населения, образования, культуры, сферы обслуживания и т.п.

К основным экономико-статистическим источникам принадлежат материалы государственной статистики и данные, публикуемые международными организациями, например ООН. Государственную статистику во всех странах регулярно собирают центральные и местные (региональные, районные, муниципальные) органы по единой методике с утвержденными программами и сроками. Специальные автоматизированные системы осуществляют сбор, хранение, обработку и распространение данных государственной статистики.

Для составления карт населения, обслуживания и культуры источниками служат материалы периодически проводимых переписей населения, в ходе которых получают демографические и социально-экономические сведения о жителях страны или отдельных территорий. Переписи проводят одновременно по всей территории, по единой программе и методике, что обеспечивает единобразную информацию.

Экономико-статистические данные используют не только для непосредственного нанесения на карты, но и для расчета производных показателей, сводных характеристик и синтетических оценок. Они, в свою очередь, становятся источниками для составления синтетических социально-экономических карт.

14.8. Текстовые источники

К текстовым или литературно-географическим источникам относятся разного рода географические (геологические, исторические и др.) описания, полученные в ходе непосредственных наблюдений или в процессе теоретических исследований. Они обычно не formalizованы и не имеют точной координатной привязки, но зато обладают образностью и обзорностью, необходимыми для создания представления о картиграфируемом объекте. Отчеты экспедиций, монографические труды, статьи содержат фактический материал и

теоретические положения, необходимые для истолкования многих других источников, привлекаемых при картографировании.

При недостатке и неполноте других источников литературные сведения позволяют выполнить более или менее значительную картографическую экстраполяцию. Но даже и при хорошей обеспеченности фактическим материалом они бывают полезны для оценки качества, географической достоверности и современности источников, используемых для картографирования.

Особым видом источников являются теоретические и эмпирические закономерности развития и размещения явлений и процессов. Они позволяют контролировать имеющуюся информацию, а при необходимости — распространять картографирование на малоизученные территории. Например, математические зависимости, описывающие закономерности изменения температуры воздуха с высотой, позволяют строить линии изотерм в труднодоступных высокогорных районах, слабо обеспеченных фактическими метеонаблюдениями.

14.9. Анализ и оценка карт как источников

Анализ и оценка картографических произведений — это исследование их свойств и качества, пригодности для решения каких-либо задач, возможности служить источниками для картографирования. Основными критериями при этом выступают:

- ◆ целесообразность избранного масштаба и проекции;
- ◆ достоверность карты, ее научная обоснованность и логичность построения легенды;
- ◆ полнота и современность содержания;
- ◆ геометрическая точность положения объектов в плане и по высоте;
- ◆ качество оформления карты;
- ◆ качество печати и др.

Анализ и оценка карт и атласов всегда целенаправленны, поэтому критерии оценки приобретают разную значимость в зависимости, например, от назначения карты — как наглядного пособия, средства исследования, источника для картографирования или для формирования баз данных.

Оценка математической основы прежде всего состоит в том, чтобы выяснить целесообразность принятого масштаба, пригодность используемой проекции с точки зрения величины и характера распределения искажений и, главное — возможность ис-

пользования данной карты для количественных определений с заданной точностью. В свою очередь, выбор масштаба и проекции должны отвечать географическому положению территории на Земном шаре, назначению и тематике карты, условиям ее использования и т.п. (см. раздел 4.6).

Важно иметь в виду, что все перечисленные требования неразрывно сопряжены друг с другом, а также с тематикой карты, ее компоновкой, изученностью территории. Одно влечет за собой другое и оценка никогда не ограничивается исключительно математическими аспектами, приходится принимать во внимание многие содержательно-географические факторы и даже — эстетические критерии.

Оценка научной достоверности карты предполагает установление ее соответствия принятым научным концепциям, правильную передачу реально существующих пространственных закономерностей и связей, типичных черт явления. В самой сильной степени это зависит от научной обоснованности принятых классификаций и правильного построения легенды. Но, пожалуй, самый главный фактор, определяющий научную достоверность карты, — соблюдение географических правил генерализации (см. раздел 9.5), в частности учет генетических и морфологических особенностей изображаемых явлений, их геосистемной иерархии и взаимозависимости. И вновь видно, что эта оценка накрепко связана со множеством факторов, влияние которых трудно разграничить.

Кроме того, научная достоверность карты во многом определяется принятой концепцией картографирования. Скажем, тектонические карты могут составляться на основе геосинклинальной концепции или теории литосферных плит — в результате получатся совсем разные изображения, и при их оценке нужно обязательно учесть принадлежность авторов к той или иной научной школе, новизну или устарелость используемых ими идей, теоретических концепций, классификаций.

С этим связана и оценка идеологической направленности карт. В особенности это относится к социально-экономическим картам и атласам, на содержание которых могут заметно влиять политические интересы составителей.

Оценка полноты и современности карты. Эта оценка касается объема информации, заключенной в карте, ее нагрузки. Главную роль здесь играют два фактора: изученность явления и само назначение карты. От этого зависят отбор картографируемых объектов, подробность генерализации, способы графического оформления. Нагрузка карты может быть оценена количественно, например

путем подсчета числа объектов на единицу площади карты. Что же касается информативности, то в большинстве случаев она не поддается численной оценке и зависит от соотношений в системе «карта — пользователь карты». Одному читателю карта может дать много информации, другому — мало. Все зависит от его целей, знаний, навыков работы с картой и т.п.

Современность карты характеризуется ее соответствием определенной дате, периоду, эпохе (например, соответствие синоптической карты конкретному дню и часу или верное отображение климатических условий на палеоклиматической карте).

С оценкой современности связана проблема определения степени старения карты, что чрезвычайно актуально для топографических и общегеографических карт. Разные элементы карты стареют по-разному: природные элементы — медленно, социально-экономические — быстро. Многое зависит от уровня экономического развития и освоенности территории. Например, разработка нефтеносных месторождений или строительство гидростанции способно за один-два года полностью изменить облик местности.

Для определения степени старения топографических карт ведут специальное *дежурство* и составляют *дежурные карты*, фиксируя на них все изменения (появление новых поселков, дорог, изменение административных границ, присвоение новых названий и т.п.). Для тематических карт более часто устаревание происходит вследствие накопления новых знаний об объекте, изменения концепций (например, принципов районирования), проведения новых съемок (скажем, детальных дистанционных съемок малоизученных прежде территорий). Периодическое сличение с дежурными картами позволяет оценить современность данной карты и провести ее обновление.

Оценка геометрической точности карты определяет величины погрешностей, возникающих при измерении по картам длин, площадей, углов и иных картометрических характеристик. Погрешности возникают в результате совокупного влияния:

- погрешностей положения пунктов геодезической основы;
- искажений, вносимых картографической проекцией;
- ошибок определения планового и высотного положения объектов и контуров на источниках;
- погрешностей самого процесса картосоставления;
- погрешностей генерализации.

Если известны точные или приближенные значения каждой из погрешностей, то по правилам теории ошибок можно рассчитать

суммарную среднюю квадратическую погрешность и принять ее в качестве показателя геометрической точности карты. На практике же такую оценку часто получают путем сопоставления данной карты с более крупномасштабной картой, аэро- или космическим снимком или с заведомо более точным источником.

Оценка качества оформления и издания карты начинается с выяснения ее наглядности, легкости восприятия и **различимости знаков**. Для визуального восприятия важно, чтобы все детали знаков, штриховок и расцветок были четки, хорошо различимы и однозначно отождествлялись с легендой. Для автоматического распознавания желательно, чтобы знаки хорошо контрастировали с фоном, а рисунок их был геометрически прост. **Наглядность и понятность обозначений** характеризуется их «образностью», легкостью опознавания, узнаваемостью, ассоциативным соотнесением с отображаемым объектом. Вся совокупность обозначений на карте должна быть логична и хорошо отражать иерархию объектов, их соподчиненность. Содержательно значимые объекты должны выделяться на фоне других по размеру, рисунку, интенсивности цвета. Применяемые графические средства должны позволять группировать однородные объекты.

Работу со всякой картой пользователь начинает с визуальной ее оценки. Красиво оформленная и хорошо изданная карта привлекает внимание и пробуждает интерес к ее содержанию. Поэтому особое значение приобретает **гармоничность картографического произведения**, т.е. единство его композиции, соразмерность и уравновешенность всех элементов, согласованность целого и деталей.

Требование гармоничности обычно применяют к произведениям искусства, его трудно уложить в систему нормативов. Критерии эстетической оценки меняются в разные эпохи. Они формируются постепенно и зависят от общей культуры и опыта читателя, развитости его художественного вкуса, а главное — от понимания содержания и конкретного назначения картографического произведения.

14.10. Оценка атласов

Атласы оценивают с системных позиций как целостные картографические произведения. Поэтому, прежде всего, устанавливают их соответствие назначению и полноту раскрытия содержания. Далее оценивают логичность общей структуры атласа, иерархическую соподчиненность его частей и разделов, обоснованность

принятых масштабов, единство проекций и компоновок, общность подходов к генерализации, уровню детальности, принципам построения легенд и шкал. Очень важны общий подход к художественному оформлению, наличие текстов, справочного аппарата и указателей, а также качество полиграфического исполнения атласа.

Если речь идет об электронных атласах, то дополнительно оценивается удобство интерфейса, т.е. легкость доступа к картам и легендам, возможность их сопоставления и взаимного совмещения, получения количественных показателей, запроса дополнительной информации из баз данных и т.п.

Один из самых главных моментов — оценка взаимного согласования представленных в атласе карт разной тематики с точки зрения взаимной увязки содержания, принятых научных классификаций и дробности легенд, детальности и сопоставимости контуров, границ, а также синхронности информации. Одновременно прослеживают, насколько точно отражены на разных картах взаимосвязи, например природная зональность, резкие орографические рубежи, общие социально-экономические закономерности. Оценка атласа в целом дополняется затем анализом его разделов и отдельных карт.

Необходимо иметь в виду, что большим недостатком является искусственное согласование в атласе карт разной тематики, чрезмерная увязка контуров и их тематического наполнения. Карты должны объективно передавать реальные, подчас довольно сложные и не всегда однозначные соотношения картографируемых явлений.



Глава 15

Проектирование, составление и издание карт

15.1. Этапы создания карт

Создание топографических и тематических карт осуществляется двумя путями:

- проведение полевых съемочно-картографических работ (полевое картографирование), выполняемое обычно в крупных масштабах;
- лабораторное составление карт по источникам (камеральное картографирование), как правило, в средних и мелких масштабах.

Полевое топографическое картографирование выполняют государственные топографо-геодезические службы силами производственных предприятий. Топографические съемки во всех масштабах регламентируются стандартными положениями, руководствами и инструкциями. Тематические съемки (геологические, почвенные, геоботанические и др.) ведут министерства, ведомства, научно-производственные и научные организации. Они также выполняются по соответствующим государственным и ведомственным инструкциям, определяющим требования к картам, их содержание и весь порядок ведения съемочных работ. При всех видах полевого картографирования важнейшим этапом является топографическое и тематическое дешифрирование аэро- и космических снимков.

Камеральное картографирование состоит в обработке данных полевых съемок, сводке и обобщении крупномасштабных карт и материалов дешифрирования, синтезе экспериментальных наблюдений и других источников в соответствии с содержанием и назначением создаваемой карты, серии карт или атласа.

Первый этап камеральной работы — *проектирование карты*, разработка ее концепции, составление программы, подготовка всей необходимой документации. Этот этап завершается созданием проекта (программы) карты и включает следующие процессы:

- ◆ формулировка назначения и определение требований к карте;
- ◆ подбор, анализ и оценка источников для составления;
- ◆ изучение территории и особенностей картографируемых явлений;
- ◆ подготовка программы карты.

Следующий этап — *составление карты, т.е. комплекс работ по изготовлению оригинала карты*. Составление выполняют в избранной проекции, компоновке и масштабе, принятой системе условных знаков, с заданным уровнем генерализации. Данный этап включает такие процессы:

- ◆ подготовка и обработка источников;
- ◆ разработка математической основы карты;
- ◆ разработка содержания карты и легенды;
- ◆ техническое составление оригинала и проведение генерализации;
- ◆ оформление карты;
- ◆ редактирование карты и корректура на всех стадиях составления.

Завершающий этап — *подготовка к изданию и издание карты, размножение ее в печатной (полиграфической или компьютерной) форме*. Иногда подготовку к изданию и само печатание разделяют на два самостоятельных этапа. Они охватывают следующие процессы:

- ◆ изготовление издательских оригиналов для обеспечения полиграфических процессов;
- ◆ изготовление печатных форм и получение проб;
- ◆ печатание (тиражирование) карты;
- ◆ редактирование и корректура на всех стадиях подготовки и издания карты.

Все работы по созданию карты (серии карт, атласа) — от замысла до получения тиражных оттисков — в современном картографическом производстве осуществляет коллектив специалистов. В нем картографы сотрудничают с геоинформатиками, специалистами по теме карты (географами, геологами, экологами и др.), инженерно-техническими работниками, корректорами, полиграфистами.

15.2. Программа карты

Обычно программа карты включает следующие разделы:

- ◆ назначение карты;
- ◆ математическая основа карты;
- ◆ содержание карты;
- ◆ способы изображения и оформления;
- ◆ принципы генерализации;
- ◆ информационная база, источники и указания по их использованию;
- ◆ географическая характеристика территории;
- ◆ технология изготовления карты.

Исходным моментом для разработки программы служит **задание на карту**, в нем указывается ее название (тема), масштаб, территория и назначение, например — «Эколого-географическая карта России в масштабе 1:4 000 000 для высшей школы». Исходя из задания определяют **назначение карты**. В данном примере речь идет о настенной карте, которая входит в серию вузовских карт научно-справочного типа. Карту предполагается использовать в преподавании учебных курсов экологического, природоохранного, ресурсного содержания. Отсюда вытекают **требования к проектируемой карте**. На ней должны быть достаточно подробно на современном уровне изученности отражены общая эколого-географическая обстановка и состояние природно-хозяйственных систем в стране, выделены особо неблагоприятные и проблемные в экологическом отношении районы, а также природоохранные территории. То, что карта входит в серию, сразу предопределяет ее проекцию и компоновку — они должны быть едиными для всей серии.

Разработка содержания карты предусматривает, во-первых, формулировку принципов картографирования, во-вторых, определение конкретных элементов содержания и, в-третьих, выбор способов их качественной и (или) количественной характеристики. В приведенном примере в качестве общего принципа целесообразно выбрать геосистемный подход, при котором основой для картографирования будут служить ландшафты разного таксономического ранга (от зон до провинций). Главное содержание карты составит показ экологического состояния рельефа, водных объектов, лесов, сельскохозяйственных земель (пашен и кормовых угодий), городов и промышленных центров, транспортных коммуникаций. Выбор того или иного способа характеристики экологического состояния объектов зависит от степени их изученности и наличия данных. К примеру, можно использовать показатели превышения предельно допустимых

нагрузок на окружающую среду, индексы загрязнения, балльные оценки или иные показатели.

В программе должны быть конкретно указаны *способы изображения и оформления* для каждого элемента содержания, градации шкал, принятые цвета и оттенки цвета, шрифты и размеры надписей и другие особенности цветового, штрихового и шрифтового оформления карты. Целесообразно сопроводить их образцами оформления типичных участков. Разработка способов изображения и оформления карт называется художественным проектированием карты, или картографическим дизайном. Привлечение методов компьютерной графики повышает эстетические качества и выразительность карт.

Указания по генерализации дают с учетом назначения и характера использования карты. Нужно, например, принять во внимание, что карта будет демонстрироваться в аудитории и основные ее элементы должны читаться со значительного расстояния. Соответственно определяются цензы и нормы отбора. Генерализация находится в тесной зависимости от географических особенностей территории, поэтому в программу включают краткое географическое описание и районирование территории, что позволяет обоснованно дифференцировать параметры генерализации по районам и по каждому элементу содержания.

Особое внимание в программе занимают *оценка источников и указания по их использованию*. В рассматриваемом примере это могут быть экологические и другие тематические карты отдельных территорий России, аэро- и космические снимки, данные государственной службы наблюдений за состоянием природной среды, статистические сведения об антропогенном и техногенном воздействии промышленных, сельскохозяйственных предприятий и транспорта. Все картографические и некартографические материалы могут быть представлены в графической, текстовой или цифровой формах.

Программа должна содержать конкретный перечень источников и баз цифровой информации, характеристику их надежности и доступности, а также рекомендации относительно последовательности использования. Особое внимание уделяется приемам и способам изображения информации на слабо изученных территориях.

В заключительном разделе программы карты регламентируются *технические приемы составления и издания*, используемые технологии и программное обеспечение. Программу дополняют графическими приложениями: макетом компоновки карты, схемой обеспечения источниками, схемой районирования, фрагментами легенды, примерами генерализации, образцами оформления и др. Кроме того, к программе прилагается планово-экономический расчет затрат на создание карты.

Аналогичным образом разрабатывают программы для многолистных карт, серий карт и атласов. При этом вначале составляют общую программу всей серии или атласа, формулируя общие требования к ним, а затем — частные программы отдельных карт. Общие программы государственных карт обобщают в виде наставлений или инструкций. В дополнение к ним редактор карты часто составляет **редакционные указания** — документ, детализирующий инструкции применительно к отдельным картам или листам.

15.3. Составление и редактирование карт

Приступая к составлению карты, прежде всего проводят подготовку источников. Если нужно, выполняют масштабирование, изменение проекции или даже системы координат (когда речь идет о старых картах), преобразование классификаций и легенд. Проводят предварительную обработку таблиц и текстовых материалов, а также определяют, что именно и в каком порядке будет наноситься с источников на составляемую карту.

Составление тематической карты начинают с создания географической основы, которая послужит затем для нанесения всего содержания. Основа должна иметь сетку меридианов и параллелей, на ней обязательно присутствуют береговая линия и гидрографическая сеть, населенные пункты, административные границы, дороги, в некоторых случаях — рельеф территории. Можно воспользоваться имеющейся бланковой картой или провести специальное составление основы, выполнив, если нужно, ее генерализацию или детализацию — все определяется назначением и тематикой составляемой карты.

Следующий процесс — **составление легенды**. В ее основу кладут ту или иную классификацию картографируемых явлений, устанавливают вид и размеры знаков градации и цветовую гамму шкал, выбирают фоновые окраски, кегль и вид шрифтов и т.п. Создание легенды — очень важный процесс, который дает возможность проверить логику принятых классификаций. Легенда организует все содержание карты, формализует состав изображаемых элементов, подчеркивает их иерархию, определяет детальность качественных и количественных характеристик.

Далее приступают к нанесению на основу тематического содержания. Тут возможны разные приемы. Некоторые элементы переносят с источников простым копированием, другие — перерисовывают с помощью фотомеханического проектора или от руки, руководствуясь ситуацией и координатной сеткой, третьи — наносят по координатам.

При компьютерном составлении предварительно отсканированную географическую основу выводят на экран в укрупненном масштабе, на нее накладывают тематическую информацию с других картографических источников путем масштабирования, проектирования или ручной перерисовки. Цифровую информацию (например, статистические данные) вызывают из баз данных или вводят непосредственно с клавиатуры. Все элементы содержания дают сразу в принятой легенде. Одновременно на карте размещают подписи, следя за тем, чтобы они хорошо соответствовали элементам содержания.

В процессе составления карты выполняется генерализация изображения согласно принципам, изложенными в программе. Еще один очень важный и сквозной процесс — **согласование элементов содержания**. Он предполагает учет разных географических закономерностей и взаимосвязей (зональных, гипсометрических, структурно-геологических, ландшафтных и иных), увязку элементов содержания вдоль границ, природных рубежей и структурных линий. При компьютерном составлении согласуют разные слои картографического изображения. При этом осуществляются разные виды согласования:

- ◆ взаимная увязка отдельных элементов географической основы;
- ◆ согласование основы и элементов тематического содержания;
- ◆ согласование однородных элементов содержания (в пределах одного тематического слоя);
- ◆ согласование различных элементов тематического содержания (разных слоев) друг с другом;
- ◆ согласование разных карт в составе серии или атласа.

Создание карты чаще всего выполняют не только картографы, но и специалисты по теме карты. Они готовят и представляют исходные материалы, которые затем подвергаются картографической обработке. Различают следующие виды авторских и составительских документов:

- ◆ **авторский эскиз** — первоначальный набросок, отражающий общую идею карты и легенды, выполненный схематично без соблюдения некоторых картографических правил с возможными отступлениями от принятых условных знаков;
- ◆ **авторский макет** — карта, выполненная на географической основе, точно передающая содержание, но составленная не в строгом соответствии с техническими требованиями графического изображения;

- **авторский оригинал** — рукописная карта, выполненная в полном соответствии с легендой, с необходимой точностью, полнотой и детальностью;
- **составительский оригинал** — точный и полный по содержанию оригинал карты, составленный с учетом всех правил и требований и с высоким графическим качеством.

На всех этапах осуществляется редактирование, т.е. руководство и контроль за всеми процессами создания карты. Редактор карты следит за правильным построением математической основы, точным нанесением и взаимным согласованием элементов содержания и географических названий, правильным применением условных знаков и способов оформления, соблюдением правил генерализации.

15.4. Авторство в картографии

Коллективный характер работы над картографическим произведением выдвигает вопрос об **авторстве в картографии** в его содержательном и юридическом аспектах.

Автором всякой оригинальной карты считается картограф или специалист по теме, творчески разработавший ее содержание. В создании сложных карт, серий карт и атласов обычно участвует не один автор, а авторский коллектив, куда входят и картографы, и специалисты по теме.

Как было показано выше, в процессе создания картографических произведений особенно велика и ответственна роль редактора. Он формирует авторские коллективы, руководит подготовкой программы, распределяет работы, следит за их прохождением и полностью контролирует процессы составления и корректуры. Одним словом, редактор осуществляет проектирование карты, организацию всех составительских работ, а затем — подготовку к изданию и издание карты. Поэтому практически авторство картографического произведения принадлежит не только непосредственно автору, но и картографу-редактору.

15.5. Понятие об издании карт

Подготовка карты к изданию начинается с изготовления **издательских оригиналов**, отвечающих требованиям и технологиям изда-

ния и предназначенных для получения печатных форм. Эти оригиналы готовят способом фоторепродукции. Они должны в точности соответствовать содержанию составительских оригиналов и обладать высоким качеством графического оформления всех штриховых, цветовых, полутоновых элементов и шрифтов. Существуют разные издательские оригиналы.

Штриховые издательские оригиналы создают по числу штриховых элементов, печатаемых разными цветами. Их называют расчлененными штриховыми оригиналами и готовят отдельно для каждого элемента, например, оригинал гидрографии — для печати синим цветом, оригинал рельефа — для коричневого цвета и т.д. На совмещенном оригинале воспроизводят все штриховые элементы, имеющиеся на составительском оригинале.

Оригиналы фоновых окрасок содержат изображение площадей, которые при издании будут показаны сплошными заливками или сетками. Для каждого цвета нужен отдельный оригинал, например, для леса — зеленая краска, для водной поверхности — синяя и т.д.

Оригиналы надписей содержат все надписи, помещаемые на карте, причем для надписей разного цвета могут быть изготовлены отдельные оригиналы.

Полутоновые оригиналы передают изображение элементов, имеющих плавные переходы одного и того же цвета. Обычно такие оригиналы создают для воспроизведения отмычки рельефа или теней вдоль границ.

Перечисленные издательские оригиналы готовят черчением на прозрачных основах, гравированием на непрозрачном пластике либо путем электронного вывода слоя на фотопленку. Количество оригиналов и последовательность их изготовления зависят от красочности карты и принятой технологии печати.

Однако при такой технологии основной проблемой становится множественность издательских оригиналов. Для сложных карт их число достигает 20 и более. Решение проблемы состоит в применении фоторепродукционного процесса, основанного на электронном цветоделении. Цветоделенные растровые печатные пленки высокого качества получают путем сканирования многокрасочного оригинала карты с помощью электронных цветоделителей-цветокорректоров. Такая технология включает три процесса.

Фоторепродукция — преобразование изображения оригинала карты в фотоформы.

Изготовление печатных форм на основе фотоформ.

Печатание — тиражирование оттисков с печатных форм.

При электронном цветоделении достаточно получить всего три негатива, откорректированных по цвету и тону для голубой, желтой и пурпурной красок. При печати сложение цветов с этих негативов воспроизводит штриховые, фоновые и полуточные элементы любого цвета и оттенка. Четвертый негатив готовят для элементов черного цвета. Электронные лазерные цветоделительные системы полностью исключают ручную подготовку издательских оригиналов и позволяют в автоматическом режиме быстро и надежно получать фотоформы с цветных карт и фотокарт достаточно большого формата (1 м^2 и более).

Для тиражирования карты изготавливают *печатные формы*. Для этого рисунок с оригинала переносят на поверхность металлической, резиновой, пластмассовой пластины или цилиндра. На печатных формах имеются печатающие элементы, дающие отиск на бумаге, и пробельные (непечатающие) элементы. Существуют различные способы печати:

- **Глубокая печать** — картографический рисунок углубляют (врезают) в печатную форму, а углубления заполняют краской. Это обеспечивает самое высокое полиграфическое качество карты.
- **Высокая печать** — рисунок на печатной форме делают выпуклым, рельефным и на него «накатывают» краску, а пробельные участки вытравливают.
- **Плоская печать** — печатающие и пробельные элементы находятся на печатной форме на одном уровне, но в результате химической обработки краска наносится только на печатающие элементы, а пробельные — ее не принимают. Такой способ печати не дает хорошего качества, его используют для простых текстовых карт.

В процессе издания карты печатают *штриховую пробу*, а затем *красочную пробу* — совмещенные отиски, по которым проверяют совмещение всех элементов содержания, напечатанных разными красками, качество и точность воспроизведения штриховых элементов, подбор фоновых окрасок, градации шкал и отмывок, правильность надписей и т.п. Пробы нужны для корректуры карты и исправления ошибок в процессе ее издания.

При тиражировании карты вначале делают контрольные отиски, по ним проверяют режим работы печатного станка, равномерность подачи и совмещение красок, а затем печатают весь тираж. При издании атласов отпечатанные листы-отиски карт подрезают, фальцуют (сгибают в тетради и проглашают), затем скрепляют в блоки и вставляют в мягкий или твердый переплет.



Глава 16

Аэрокосмическое картографирование

16.1. Из истории аэрокосмического картографирования

Первые аэрофотоснимки появились в середине XIX в., и этому способствовали два важных события — изобретение в 1839 г. фотографии и создание летательных аппаратов. В 1839 г. француз Г.Ф.Турнашон (известный под псевдонимом Надар) впервые взял в полет на воздушном шаре фотоаппарат, чтобы изготовить план окрестностей своего города (рис. 16.1). В 1886 г. А. М. Кованько и Л. Н. Зверинцев, выполнив съемку над Петербургом первым специальным аэрофотоаппаратом, писали: «Недалеко то время, когда будет казаться странным, как могли так долго обходиться без воздушных снимков». Уже в годы Первой мировой войны военные летчики выполняли разведывательную фотосъемку. В 30-х годах XX в. аэрофотосъемка стала основным методом создания крупномасштабных карт — топографических, геологических, лесных, почвенных, сельскохозяйственных.

К середине 1950-х годов с помощью аэрофотосъемки были составлены топографические карты всей территории нашей страны в масштабе 1:100 000, а через четверть века завершился огромный труд по созданию карты масштаба 1:25 000 из 300 тыс. листов. Аэротопографическое картографирование энергично вели США, Канада, страны Европы и Азии. Но к 1997 году картографическая изученность мира по данным ООН составляла для карт масштаба 1:25 000 и крупнее всего 42%, а для масштаба 1:100 000 — не более 65%.

После запуска в 1957 г. первого искусственного спутника Земли и пилотируемых космических кораблей появился новый источник для составления карт — космические снимки, позволившие вести картографирование быстрей и экономичней (см. раздел 14.3). Однако в первом космическом полете Юрия Гагарина фотокаме-



Рис. 16.1. Первая фотографическая съемка с воздушного шара. Рисунок французского художника О. Домье

ры на борту корабля не было. Но уже второй космонавт Герман Титов работал с фотоаппаратом. Разные виды аппаратуры были опробованы на пилотируемых кораблях (*«Восток»*, *«Восход»*, *«Союз»*, *Mercury*, *Gemini*, *Apollo*) и орбитальных станциях (*«Салют»*, *Skylab*, *Spacelab*, *Mir*, *MKS*) (рис. 16.2).

В первые годы космических исследований начали оборудовать специальные спутники со съемочной аппаратурой для съемки Земли, Луны, планет. С 1960 г. начались запуски метеорологических спутников (*TIROS*, *Nimbus*, *ESSA*, *«Meteop»*, *NOAA*), выполнивших вначале телевизионную, а затем сканерную съемку (*SMS*, *GOES*, *GMS*, *Meteosat*, *Электро*, *Indsat*, *Fy*).

Сразу же после запуска первого спутника стали разрабатывать аппаратуру для детальной съемки. Такие работы велись в США с 1958 г. в целях космической разведки. С 1960 г. осуществлялись запуски спутников с фотографической системой *Key-Hole* («замочная скважина»), а с 1976 г. — с оптико-электронной аппаратурой для передачи снимков по радиоканалам.

Параллельное развитие имели разведывательные съемочные системы в СССР. В 1962 г. запущен первый автоматический спутник фоторазведки *«Зенит»*. Он стал прообразом системы *«Ресурс-Ф»* (рис. 16.3), с которых, начиная с середины 1970-х годов, регулярно велась фотосъемка для решения природно-ресурсных задач и

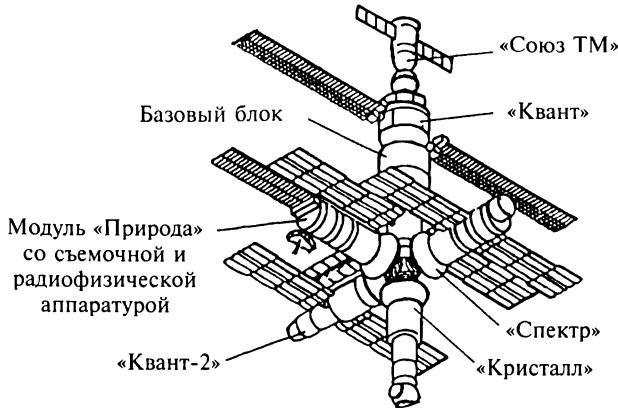


Рис. 16.2. Орбитальная станция *Mir*

тематического картографирования. На этой основе выполнялась программа **ККИПР — комплексная картографическая инвентаризация природных ресурсов**. Спутники обеспечивали всю страну фотоснимками высокого разрешения. В 1990-х годах накопление материалов продолжила система космической съемки двойного назначения «Комета». Ее снимки с разрешением до 2 м, предназначенные для топографического картографирования, стали затем достоянием гражданских организаций, и материалы фотографической съемки вышли на мировой рынок. Таким образом, до конца XX в. фото-

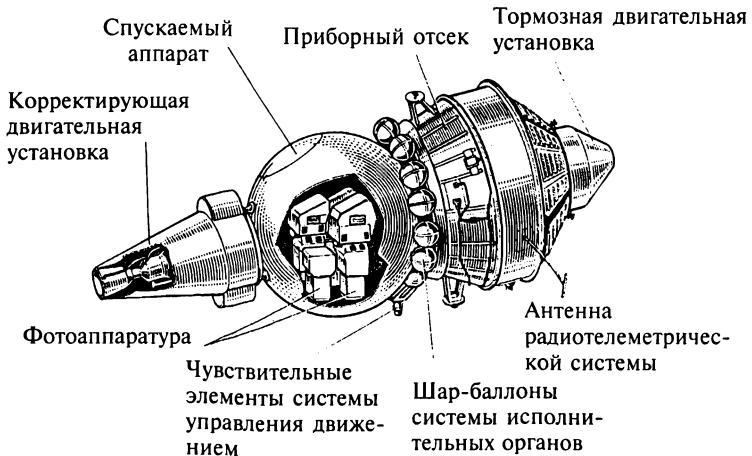


Рис. 16.3. Спутник системы *Ressurs-F*

графическая съемка поставляла в нашей стране основную информацию высокого разрешения.

Другие страны интенсивно развивали оперативную съемку с **ресурсных спутников**. Наиболее значимой в 1970–1980-е годы была программа США *Landsat*, по которой с 1972 г. работали шесть спутников, многократно покрывшие Землю съемками. В результате был создан используемый во всем мире и постоянно пополняемый фонд сканерных снимков с разрешением 80 и 30 м, достаточным для тематического картографирования. А с середины 1970-х годов и в нашей стране разрабатывалась система ресурсных спутников по программе «*Метеор-Природа*», ориентированная на получение сканерных снимков малого и среднего разрешения.

До середины 1980-х годов в мире было два основных источника космической информации: советские фотографические снимки высокого разрешения системы «*Ресурс-Ф*» и американские сканерные снимки с ресурсных спутников *Landsat*. Они стали основными материалами космической съемки и для остальных стран мира. С 1975 г. к числу космических держав присоединился Китай, однако он запускал только спутники военной разведки и не участвовал в формировании мирового фонда космических снимков.

Положение изменилось в 1986 г. в связи с запуском французских спутников *SPOT*. Использование оптико-электронной съемочной системы с приемниками излучения на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС) повысило разрешение цифровых снимков, передаваемых по радиоканалам, до 10 м и сделало их пригодными для создания не только тематических, но и топографических карт. В течение десятилетия до середины 1990-х годов эти снимки оставались лучшими в мире материалами оперативной съемки. Что же касается сканерной съемки среднего и высокого разрешения для мониторинга природной среды и тематического картографирования, то с конца 1980-х годов эти задачи успешно решала российская система «*Ресурс-О*».

К концу XX в. начались активная разработка малых космических аппаратов, более экономичных, быстро создаваемых и легче запускаемых. Прогресс оптоэлектроники и миниатюризация съемочной аппаратуры, подключение коммерческих фирм привели к тому, что космическая деятельность перестала быть прерогативой двух-трех стран. Круг расширился в первую очередь за счет наиболее нуждающихся в съемках стран Юго-Восточной Азии.

Большого успеха в середине 1990-х годов достигла Индия, получив в 1996 г. со спутника *IRS* лучшие в мире на то время оперативные цифровые снимки с разрешением 5,6 м.

К 2000 г. стало более 20 стран, ведущих космическую съемку или создающих спутники (рис. 16.4). Главным образом, это запуски

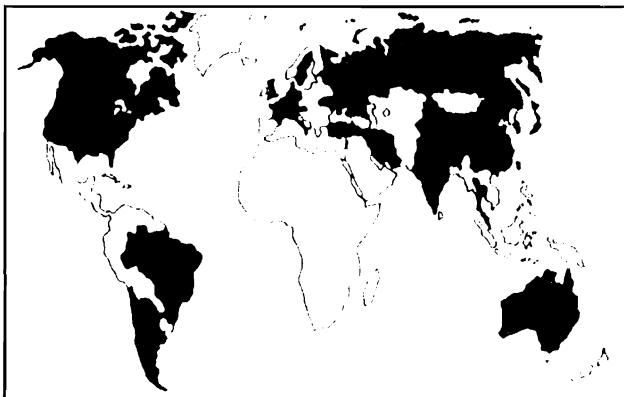


Рис. 16.4. Страны мира, имевшие или разрабатывавшие спутники в конце XX века

малых космических аппаратов для оперативной съемки высокого разрешения и стереосъемки для топографического картографирования. Этот период характеризуется также интенсивным развитием всепогодной радиолокационной съемки — ее выполняли спутники «Алмаз», *ERS*, *JERS*, *Radarsat*, *Envisat*.

Осознание к концу тысячелетия серьезности глобальных экологических проблем побудило начать долговременную программу *EOS* с запуском спутников *Terra*, *Aqua* и др. с комплексом новой аппаратуры, в частности для гиперспектральной съемки *MODIS*, *ASTER*, многоугловой съемки *MISR* и др. Инициированная и финансируемая НАСА, эта программа выходит за национальные рамки благодаря широкому информированию о поступлении материалов и свободному получению их по сети Интернет.

Ближайшие перспективы развития космической съемки связаны с освоением космической стереосъемки высокого разрешения, с гиперспектральной съемкой, сочетанием съемок в разных диапазонах:

- разрабатывается аппаратура *Ресурс-ДК* для оперативной съемки высокого разрешения в России;
- создается усовершенствованная аппаратура (типа *ETM*, но более легкая и экономичная) для съемки с ресурсных спутников США;
- выполняется съемка с французского спутника *SPOT-5* с повышением разрешения до 5–2,5 м и применением системы для стереосъемки;
- разработаны специализированные картографические спутники — индийский (*Cartosat*), японский (*Alos*) и др., вы-

- полняющие стереосъемку и сочетающие съемки высокого разрешения в оптическом и радиодиапазоне;
- ♦ развиваются гиперспектральная съемка и методы обработки ее материалов.

Параллельно с прогрессом съемок Земли совершенствовалось дистанционное зондирование планет, прошедшее этапы фотографической (*Зонд*) и фототелевизионной съемки (*Lunar Orbiter*) Луны, телевизионной и сканерной съемки Марса, Меркурия (*Mariner*). Выполнены съемки дальних планет земной группы — Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна и их спутников (*Voyager*), радиолокационная съемка Венеры (*Венера-16, Magellan*), детальная ПЗС-съемка Марса (*Mars Global Surveyer*).

16.2. Фонд космических снимков

Созданные по национальным государственным и частично коммерческим программам современные и архивные фонды материалов космической съемки можно рассматривать как **мировой фонд космических снимков**. Широкое внедрение электронных каталогов снимков обеспечивает возможность ознакомления с ними и заказ по сети Интернет.

Наиболее обширен **фонд снимков в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне**, включающий в себя базовые фотографические снимки и оперативные сканерные и ПЗС-снимки.

Фонд фотографических снимков, кроме снимков 1960-х годов с советских и американских пилотируемых кораблей, имеющих в основном историческое значение, содержит материалы съемки 1970–1980-х годов с орбитальных станций «Салют», «Мир», главным образом камерами КАТЭ-140 и МКФ-6, характеристики которых приведены в табл. 16.1, а также с американской орбитальной станции *Skylab* (1973) и европейской *Spacelab* (1981). Эти снимки имеют разрешение в первые десятки метров.

Главную часть фонда фотографических снимков составляют снимки с российских автоматических спутников системы «Ресурс-Ф», регулярно работавших с середины 1970-х годов. К 1997 г. запущено 104 спутника, съемкой полностью покрыта наша страна и по заказам — многие районы мира. Основная часть снимков получена камерами КАТЭ-200, КФА-1000, МК-4 (см. табл. 16.1). Снимки предназначены для крупномасштабного тематического картографирования, а при высоком разрешении (5–8 м) по ним можно составлять топографические карты в масштабе 1:100 000. Материалы

Таблица 16.1

Основные отечественные космические фотографические снимки

Космическая система	Высота орбиты, км	Камера	Фокусное расстояние, мм	Размер кадра, см	Масштаб	Обхват, км	Разрешение, м
Орбитальная станция «Салют»	350	КАТЭ-140	140	18×18	1:2 400 000	430×430	60
К.к. «Союз-22»	280	МКФ-6 (6 зон)	125	5,5×8	1:2 000 000	110×160	20 (вид) 40 (ИК)
«Ресурс-Ф1»	200–300	КАТЭ-200 (блок 4 камеры)	200	18×18	1:1000 000	180×180	20 (вид) 30 (ИК)
		КФА-1000	1000	30×30	1:200 000	60	5–8 (ч-б) 10–12 (СП3)
«Ресурс-Ф2»	200–300	МК-4 (4 зоны)	300	18×18	1:600 000	120×120	10–12
«Комета»	200	TK-350	350	35×45	1:600 000	200×300	10
		КВР-1000	1000	18×18	1:220 000	40×40	2

съемки хранятся и распространяются Госцентром «Природа» Федеральной службы геодезии и картографии. Конверсионная деятельность и ассоциация оборонных ведомств «Совинформспутник» пополнили фонд фотографическими материалами со спутников «Комета», специально предназначенными для стереотопографического картографирования в масштабах до 1:50 000. Снимки камерой *TK-350* имеют разрешение 10 м, а камерой *KBP-1000* — 2 м.

В связи с конверсионной деятельностью американских ведомств фонд фотографических снимков пополнен также снимками со спутников *Key-Hole* с разрешением до 2 м.

Фонд оперативных сканерных и ПЗС-снимков в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне очень разнообразен по детальности и назначению. С метеорологических (*Meteop*, *NOAA*, *Nimbus* и др.) и океанологических (*Океан-O*, *SeaStar* и др.) спутников получают обзорные снимки низкого и среднего разрешения. Основную роль играют многозональные снимки *AVHRR/NOAA*, *CZCS/Nimbus*, *SeaWiFS/SeaStar* с разрешением около 1 км, по которым регулярно создают и предлагают потребителю различные производные изображения — спутниковые карты вегетационного индекса, концентрации фитопланктона и др.

С ресурсных спутников ведут многозональную съемку относительно высокого разрешения для тематического картографирования. Наибольший фонд накоплен при работе с 1972 г. шести американских спутников *Landsat*, многократно заснявших Землю сканерами *MSS* с разрешением 80 м и *TM* (Тематический Картограф) с разрешением 30 м, работавшими соответственно в четырех и семи спектральных каналах. На спутнике *Landsat-7* к ним добавлен панхроматический канал с разрешением 15 м (табл. 16.2).

Количество снимков с этих спутников исчисляется десятками миллионов. Более 20 станций приема изображений работают на всех континентах, хорошо налажена система первичной обработки и распространения снимков, созданы электронные каталоги, а возможность заказа через Интернет способствует их широкому применению во всем мире.

Нужды российских потребителей с 1989 по 2000 г. удовлетворяли многозональные снимки со спутников системы *Ресурс-O*, получаемые механическим сканером конического типа среднего разрешения (*МСУ-СК*, 150 м) и оптико-электронным сканером высокого разрешения (*МСУ-Э*, 35 м). Кроме стационарных пунктов приема в системе Российской Гидрометслужбы, их принимают также европейская станция в Кируне (Швеция) и локальные коммерческие станции приема изображений.

Таблица 16.2

Основные космические сканерные и ПЗС-снимки

Съемочная система / космический аппарат	Высота орбиты, км	Ширина полосы сканирования, км	Разрешение, м	Спектральные диапазоны съемки, мкм
<i>MCU-CK / Recурс-О</i>	680	600	150	0,5–0,6; 0,6–0,7; 0,7–0,8; 0,8–1,1
			550	10,4–12,6
<i>MCU-Э / Recурс-О</i>	680	45	35	0,5–0,6; 0,6–0,7; 0,8–0,9
<i>MSS / Landsat 1–5</i>	910, 705	185	80	0,5–0,6; 0,6–0,7; 0,7–0,8; 0,8–1,1
			240	10,4–12,6
<i>TM / Landsat 4,5</i>	705	185	30	0,45–0,52; 0,522–0,60; 0,63–0,69; 0,76–0,90; 1,55–1,75; 2,08–2,35
			120	10,4–12,5
<i>ETM+ / Landsat 7</i>	705	185	30	0,45–0,52; 0,522–0,60; 0,63–0,69; 0,76–0,90; 1,55–1,75; 2,08–2,35
			60	10,4–12,5
			15	0,5–0,9
<i>HRV / SPOT 1–3</i>	830	60	10	0,51–0,75
			20	0,50–0,59; 0,61–0,68; 0,79–0,89
<i>HRVIR / SPOT 4</i>	830	60	10	0,61–0,68
			20	0,50–0,59; 0,61–0,68; 0,79–0,89; 1,58–1,75
<i>Vegetation / SPOT 4</i>	830	2200	1150	0,43–0,47; 0,61–0,68; 0,79–0,89; 1,58–1,75
<i>HRG / SPOT 5</i>	830	60	5 (2,5)	0,49–0,69
			10	0,49–0,61; 0,61–0,68; 0,78–0,89
			20	1,58–1,75
<i>HRS / SPOT 5</i>	830	120	10	0,49–0,69
<i>PAN / IRS 3,4</i>	817	70	5,8	0,50–0,75

Фонд оперативных цифровых снимков пополнился снимками нового уровня разрешения с французских спутников *SPOT*, с которых поступали панхроматические снимки с разрешением 10 м и многоゾнальные — с разрешением 20 м с возможностью стереосъемки за счет отклонения съемочной оси поперек трассы полета. Снимки расчитаны на создание топографических карт масштаба 1:100 000 и крупномасштабных тематических карт. На пятом спутнике этой серии предусмотрено повышение разрешения панхроматических снимков до 5 м (а при специальной технологии обработки и до 2,5 м) и многозональных — до 10 м, а также выполнение стереосъемки с разрешением 10 м специальной камерой с оптическими осями, отклоненными вперед и назад по маршруту. С запуском спутников *SPOT* оперативная съемка впервые по качеству изображений приблизилась к фотографической. Однако большой спрос на такие снимки не находит удовлетворения из-за высокой их стоимости.

Качественно новый уровень оперативных снимков достигнут с запуском индийских ресурсных спутников *IRS*. Камера *PAN* дает панхроматические ПЗС-снимки с разрешением 5,6 м при возможности стереосъемки. Фонд этих снимков, первоначально планировавшийся как национальный, приобрел мировое значение не только благодаря высокому качеству оперативных снимков, но и в связи с временными перебоями в работе системы *Landsat*. Близкие по разрешению снимки (8 м) получены в 1997–1998 г. с японского спутника *ADEOS*.

В последнее десятилетие XX в. мировой фонд снимков, формировавшийся в основном при выполнении национальных космических программ, стал пополняться за счет подключения к космической деятельности новых стран, использующих малые космические аппараты, более экономичные, чем прежние многотонные платформы. Малые спутники оснащены оптико-электронной ПЗС-аппаратурой для съемки очень высокого разрешения. Наиболее детальные снимки получены с американских коммерческих спутников *Ikonos* (0,8 м), *Quick Bird* (0,5 м), израильского *EROS* (1,8 м) (табл. 16.3). Обычно на этих спутниках параллельно с панхроматической выполняется многозональная съемка несколько худшего разрешения. Такую съемку с разрешением в несколько метров ведут спутники Китая, Кореи, Японии, европейских стран, но формирование фонда снимков имеет ряд особенностей. С одной стороны, успешно работающие коммерческие фирмы получают большие заказы на съемку высокого разрешения, а с другой — технологии обработки новых типов стереоснимков остаются секретом этих фирм, а заказчики получают готовую продукцию в виде фотокарт, ортофотокарт, топографических карт. К тому же ряд

Таблица 16.3

Космические ПЗС-снимки высокого разрешения с малых космических аппаратов

Космический аппарат	Высота орбиты, км	Ширина полосы сканирования, км	Разрешение, м	Спектральный диапазон съемки, мкм	Отклонение оптической оси от надира, град.
<i>Ikonos</i>	680	11	0,8	0,45–0,90	45
			40	0,45–0,52; 0,52–0,60; 0,63–0,69; 0,76–0,90	45
<i>Quick Bird</i>	600	22	0,5	0,45–0,90	30
<i>EROS</i>	530	12,5	1,8	0,50–0,90	45
<i>KOMPSAT</i>	700	17	6,6	0,51–0,73	45

стран, например Китай, оставляют для национального использования не только снимки, но и какую-либо информацию о них.

Таким образом, фонд снимков в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах постоянно пополняется благодаря прогрессу оперативной съемки. В ближайшей перспективе его пополнят материалы специальных картографических спутников оперативной съемки высокого разрешения — российского «Ресурс-ДК», японского *Alos*, индийских *Cartosat 1* и *2*.

Фонд снимков в тепловом инфракрасном диапазоне достаточно велик, хотя и не столь разнообразен. Их получают со всех метеоспутников для наблюдения за облачностью над неосвещенной частью Земли. Современные тепловые инфракрасные снимки имеют такое же разрешение, как снимки в видимом диапазоне, — 1 км, при температурном разрешении 0,1°. Их успешно используют для исследования динамической структуры океана, а для изучения объектов земной поверхности требуется более высокое разрешение. Его обеспечивают ресурсные спутники, многозональные съемочные системы которых дополнены тепловым каналом. Снимки с ресурсных спутников и составляют вторую часть фонда снимков в тепловом инфракрасном диапазоне.

Со спутников «Ресурс-О» получают тепловые снимки с разрешением 600 м, а со спутников *Landsat* — с улучшением разрешения на новых съемочных системах: *MSS* — 240 м, *TM* — 120 м, *ETM+* — 60 м. Существенно пополнен фонд тепловых снимков за счет гиперспектральной съемки, значительная часть каналов которой приходится обычно на тепловой инфракрасный диапазон. Особенно значимой оказалась съемка со спутника *Terra* (*EO-AM1*)

по американской программе глобальных наблюдений Земли *EOS*. 36-канальная съемочная система *MODIS* дает обзорные снимки в 10 тепловых каналах с разрешением 1 км, а 14-канальная система *ASTER* — более детальные снимки в 6 тепловых каналах с разрешением 90 м. Хорошее информирование о поступающих материалах съемки, возможность свободного доступа к ним по сети Интернет обеспечили их широкое использование и значимое место в мировом фонде космических снимков.

Фонд снимков в радиодиапазоне включает два типа снимков. Микроволновые радиометрические снимки, получаемые при пассивной съемке в радиодиапазоне, пока имеют очень низкое разрешение в несколько километров. Это материалы всего нескольких съемочных экспериментов с американских спутников *Nimbus-5* и *7* (разрешение соответственно 25 и 12 км), *DMSR* (50 км). В перспективе — получение таких снимков с европейского метеоспутника «*METEOP*» с разрешением 7 км.

Фонд радиолокационных снимков, формирование которого начато запуском в 1978 г. первого океанологического спутника *Seasat* и продолжено в полетах возвращаемого корабля *Shuttle* в 1981 и 1983 гг., существенно пополнился в 1990-е годы, когда радиолокационную съемку вели российская станция *Алмаз*, европейские ресурсно-океанологические спутники *ERS*, японский *JERS*, канадский *Radarsat*, европейский *Envisat*. Радиолокаторы с синтезированной антенной обеспечивали разрешение 20–30 м, а со спутника *Radarsat* — от 8 до 100 м при разных режимах съемки. Большой массив информации для создания глобальной цифровой модели поверхности Земли дала радиолокационная съемка с возвращаемого корабля *Endeavor*, на котором работали съемочные системы, антенны которых были разнесены на 83 м с помощью выдвижной штанги. Фонд радиолокационных снимков совершенствуется за счет съемок в разных частотных диапазонах и при разной поляризации излучения.

Важнейшая черта современного фонда космических снимков, обеспечивающая его всеобщее использование, — информирование о программах и результатах съемок, а также получение материалов по сети Интернет.

16.3. Дешифрирование аэроснимков и космических снимков

Использование снимков в географических исследованиях и картографировании основано на их чтении и толковании.

Дешифрирование снимков — метод исследования по ним территории, акваторий и атмосферных явлений на основе зависимости между свойствами объектов и характером их воспроизведения на снимках.

Дешифрирование включает обнаружение, распознавание, интерпретацию, а также определение качественных и количественных характеристик объектов и отображение результатов в графической (картографической), цифровой или текстовой формах.

Различают дешифрирование снимков общегеографическое (топографическое), **ландшафтное** и **тематическое** (отраслевое) — геологическое, почвенное, лесное, гляциологическое, сельскохозяйственное и др.

Дешифрирование делят на **визуальное** и **компьютерное**, однако это деление условно, так как визуально дешифрируют и фотоотпечатки, и пиксельные снимки на экране компьютера. Визуальное распознавание объектов базируется на знании их дешифровочных признаков, а глубина интерпретации существенно зависит от географической подготовки дешифровщика. Компьютерное дешифрирование включает также методы автоматизированной классификации исследуемых объектов.

Дешифрирование выполняется по принципу от общего к частному. Всякий снимок — прежде всего информационная модель местности, воспринимаемая исследователем как единое целое, а объекты анализируются в развитии и неразрывной связи с окружающей их средой.

Тематическое дешифрирование выполняют по двум логическим схемам. Первая предусматривает вначале распознавание объектов, а затем их графическое выделение, вторая — вначале графическое выделение на снимке однотипных участков, а затем их распознавание. Обе схемы завершаются интерпретацией, научным толкованием результатов дешифрирования. При компьютерном дешифрировании эти схемы реализуются в технологиях кластеризации и классификации с обучением.

Объекты на снимках различают по дешифровочным признакам, которые делят на **прямые** и **косвенные**. К прямым относят форму, размер, цвет, тон и тень, а также сложный объединяющий признак — рисунок изображения. Косвенными признаками служат местоположение объекта, его географическое соседство, следы взаимодействия с окружением.

При косвенном дешифрировании, основанном на объективно существующих связях и взаимообусловленности объектов и явлений, дешифровщик выявляет на снимке не сам объект, который может и не изобразиться, а его индикатор. Такое косвенное де-

шифрирование называют **индикационным**, географическую основу которого составляет индикационное ландшафтovedение. Его роль особенно велика, когда прямые признаки теряют значение из-за сильной генерализованности изображения. При этом составляют особые индикационные таблицы, где для каждого типа или состояния индикатора указан соответствующий ему вид индицируемого объекта. Такая методика тщательно отработана, например, для гидрогеологического дешифрирования, когда по распространению растительности определяют не только наличие, но и глубину залегания и минерализацию грунтовых вод.

Индикационное дешифрирование позволяет от пространственных характеристик переходить к временным. На основе пространственно-временных рядов можно установить относительную давность протекания процесса или стадию его развития. Например, по гигантским речным меандрам, оставленным в долинах многих сибирских рек, по их размерам и форме оценивают расходы воды в прошлом и происходившие изменения.

Индикаторами движения водных масс в океане часто служат битые льды, взвеси и др. Движение вод хорошо визуализируют и температурные контрасты водной поверхности — именно по тепловым инфракрасным снимкам выявлена вихревая структура Мирового океана.

Дешифрирование многозональных снимков. Работа с серией из четырех—шести зональных снимков сложнее, чем с одиночным снимком, и их дешифрирование требует некоторых особых методических подходов. Различают *сопоставительное* и *последовательное* дешифрирование.

Сопоставительное дешифрирование состоит в определении по снимкам спектрального образа, сравнении его с известной спектральной отражательной способностью и опознавании объекта. Вначале на зональных снимках выявляют совокупности объектов, различные в разных зонах, а затем, сопоставляя их (вычитая зональные схемы дешифрирования), выделяют в этих совокупностях индивидуальные объекты. Наиболее эффективно такое дешифрирование для растительных объектов.

Последовательное дешифрирование основано на том, что зональные снимки оптимально отображают разные объекты. Например, на снимках мелководий благодаря неодинаковому проникновению лучей разных спектральных диапазонов в водную среду видны объекты, расположенные на разных глубинах, и серия снимков позволяет выполнить послойный анализ и затем поэтапно суммировать результаты.

Дешифрирование разновременных снимков обеспечивает изучение изменений объектов и их **динамики**, а также косвенное дешифрирование изменчивых объектов по их **динамическим признакам**. Например, сельскохозяйственные культуры опознают по смене изображения в течение вегетационного периода с учетом сельскохозяйственного календаря.

Различают **полевое и камеральное дешифрирование**. При полевом дешифрировании объекты опознают на местности, сличая их с натураой. Это наиболее достоверный вид дешифрирования, но и наиболее дорогой. Его разновидностью можно считать **аэровизуальное дешифрирование**.

При камеральном дешифрировании объект распознают по прямым и косвенным признакам без непосредственного выхода на местность. На практике обычно комбинируют оба вида дешифрирования, заранее подготавливают **дешивровочные эталоны** — снимки типичных объектов с нанесенными результатами дешифрирования. Их используют при камеральном дешифрировании, дополняя **географической интерполяцией и экстраполяцией**.

16.4. Создание фотокарт

Наглядное, выразительное отображение местности на снимках вызывает естественное стремление использовать аэрокосмическое изображение в дополнение к карте, а иногда и вместо нее. Это привело к созданию нового вида картографической продукции — фотокарт (см. раздел 1.7)

Фотокарты начали создавать в 1950-х годах, используя материалы аэросъемки. Тогда их изготавливали только в сравнительно крупных масштабах, до 1:50 000. Построить высококачественные фотокарты более мелких масштабов не удавалось, так как мозаичное фотоизображение, смонтированное из многих снимков, было неоднородным, пестрым. Появление космических снимков, с большим пространственным охватом и генерализованностью, получаемых в широком диапазоне масштабов и разрешения, вызвало к жизни быстрое развитие этого нового вида картографических произведений, весьма разнообразных по содержанию и форме. Высококачественные фотокарты начали составлять в масштабах 1:100 000 и мельче. Но производственное изготовление фотокарт стало возможным лишь после накопления фондов снимков на обширные территории.

Тенденция соединения снимков в фотокарты проявлялась начиная с первых космических экспериментов. Массовое получение снимков с первой долговременно работавшей орбитальной стан-

ции «Салют-4» завершилось созданием серии фотокарт южных республик бывшего Советского Союза. Через несколько месяцев работы первого американского ресурсного спутника *Landsat* была смонтирована из почти 600 снимков фотокарта США, репродуцированная затем в широком диапазоне масштабов от 1:250 000 до 1:5 000 000. Позже по снимкам со спутника *Landsat* созданы фотокарты многих стран и даже континентов. Известна, например, фотокарта Центральной Европы в естественных цветах с нанесенными границами государств и подписями населенных пунктов, изданная в постраничной нарезке в атласе *Diercke Weltraumbild-Atlas*.

С появлением новых, более совершенных и детальных снимков возрос интерес к фотокартам туристических объектов, национальных парков. Стала традиционной красочная печать фотокарт из снимков Тематического Картографа *Landsat* с впечатыванием на обороте топографической карты того же масштаба. Массовое распространение получили фотокарты городов, созданные по детальным снимкам *SPOT*, *KBP*/*Комета*.

Цифровая полиграфия и использование цифровых моделей рельефа сделали фотокарты особенно выразительными. Так, прекрасная серия фотокарт материков создана по снимкам *AVHRR/NOAA* с отмывкой рельефа суши и морского дна на основе цифровой модели. Чрезвычайно выразительна созданная по радиолокационным снимкам со спутника *Radarsat* фотокарта Антарктиды, где контрастное изображение рельефа льда подчеркнуло ледниковые потоки.

Кроме общегеографических создаются специальные фотокарты объектов и явлений, требующих оперативного слежения за их динамикой, — снежного покрова материков, морских льдов Северного полярного бассейна и т.п. Иногда фотокарты дополняют тематической нагрузкой — результатами дешифрирования геологических структур, контурами типов почв. Их можно считать **тематическими фотокартами**.

К фотокартам можно отнести и особые виды спутниковой картографической продукции, получаемой на основе обработки данных съемки путем расчета различных индексов — вегетационного, цветового, активной радиации фотосинтеза и др., которые фиксируют распределение, нередко в глобальном масштабе, биофизических характеристик земной поверхности. Наиболее распространены карты вегетационного индекса *NDVI* и цветового индекса вод океана, коррелирующего с содержанием фитопланктона.

Фотоосновы тематических карт. Фотопланы и фотокарты используют в географических исследованиях не только как самостоятельные картографические произведения, но, кроме того, и в

качестве фотооснов тематических карт. Математические элементы фотоосновы должны полностью соответствовать требованиям к математическим элементам соответствующих топографических карт (масштаб, проекция, нарезка листов). Картографическая сетка на фотооснове не вычерчивается, а обозначается выходами меридианов и параллелей за внутренней рамкой. Общегеографическая нагрузка должна быть минимальной, чтобы не закрывать фотографическое изображение местности. Картографическими знаками наносят гидросеть, рельеф, крупные населенные пункты и связывающие их важнейшие дороги, политico-административные границы.

Технология изготовления фотооснов включает два этапа:

- фотограмметрическая обработка для изготовления фотоплана;
- картографические работы, включая нанесение на фотоплан общегеографических элементов содержания (при этом со-вмещают два процесса — дешифрирование снимков и со-ставление основы карты).

Программа создания по космическим снимкам геологических карт страны масштабов 1:200 000, 1:1000 000 нового поколения, а также обзорных региональных и общероссийских карт масштабов до 1:10 000 000 предусматривает использование фотооснов, создаваемых на основе космических съемок. Для этого материалы космической съемки трансформируют в картографическую проекцию с устранением фотометрических искажений, потом снимки монтируют в единое изображение, преобразуют для улучшения дешифрируемости, координатно привязывают. Фотооснова дается в масштабе и нарезке топографических карт в черно-белом и цветном вариантах. Для основы карт масштаба 1:200 000 используют снимки с разрешением 20–30 м (*КАТЭ-200/Ресурс-Ф*), для 1:1 000 000 — с разрешением 80 м (*MSS/Landsat*), 1:2500 000—1:5 000 000 — с разрешением 200 м (*МСУ-СК/Ресурс-О*) и 1:10 000 000 — с разрешением 1 км (*AVHRR/NOAA*). Для некоторых районов применяют радиолокационные снимки.

16.5. Составление и обновление топографических карт

Топографическая изученность мира остается далеко не полной. Особенно слабо изучены труднодоступные районы высокогорий, пустыни, марши, приполярные острова.

В странах, необеспеченных топографическими картами и материалами аэросъемок, космические снимки представляют реальную основу для топографического и общегеографического картографирования. Иногда они остаются единственными возможными съемочными материалами для непроходимых и сложных для аэросъемки территорий.

Создание топографических карт предъявляет к материалам космической съемки повышенные требования в отношении их разрешения и возможности стереообработки. Исходя из графической точности (0,1 мм), снимки для стереофотограмметрической обработки при создании карт масштаба 1:100 000 должны иметь разрешение не хуже 10 м, а для дешифрирования ряда топографических объектов — и более высокое разрешение — 1—2 м. К 2000 г. единственной съемочной системой, предназначеннной специально для топографического картографирования, была фотографическая система спутника «Комета», где камера *TK-350* дает стереопары снимков с разрешением 10 м, а панорамная камера высокого разрешения *KBP-1000* с разрешением 2 м обеспечивает детальные снимки для дешифрирования.

Стремление получать снимки такого качества не фотографическими, а оперативными методами пронизывает всю историю развития космической съемки. Французская система *SPOT*, начавшая работать в 1986 г., с разрешением панхроматических снимков 10 м и возможностью получения стереопар была рассчитана на топографическое картографирование в масштабе 1:100 000 с сечением рельефа 20 м. Однако экспериментальные работы в разных странах Европы показали, что полный набор элементов содержания топографической карты нельзя получить только при камеральном дешифрировании и автоматизированной обработке этих снимков, необходимы дополнительные полевые исследования. Поэтому разработка спутниковых съемочных систем топографического картографирования продолжает оставаться актуальной.

По опыту Российского госцентра «Природа» космические фотоснимки используют на всех этапах построения и сгущения фотограмметрических сетей для планового обоснования топографических съемок и высотного обоснования мелкомасштабных съемок. Контурную нагрузку получают при дешифрировании космических снимков, для чего используют богатый опыт дешифрирования аэрофотоснимков. Рисовку рельефа на первых порах проводили на традиционных фотограмметрических приборах, но переход к цифровой обработке снимков потребовал пересмотра всей технологической линии и приборной базы топографического картографирования. Вместо громоздких стереофотограмметричес-

ких приборов стали внедрять компьютерные комплексы, получившие название ***цифровых фотограмметрических систем***. С их помощью выполняют автоматические стереоизмерения, строят цифровые модели рельефа и трассируют горизонтали, изготавливают ортофотопланы и графические оригиналы карт.

По космическим снимкам составляют и обзорно-топографические карты, минуя многоступенчатый переход от крупных масштабов к средним и мелким. Есть опыт создания по космическим снимкам и общегеографических карт, например базовой карты страны в масштабе 1:2 500 000, составление которой проведено с использованием фотопланов на основе космических снимков масштаба 1:1 000 000.

Обновление карт. Повторные аэрокосмические съемки весьма удобны для регулярного обновления топографических карт, что особенно актуально для нашей страны, где картографирование в масштабе 1:100 000 завершено в середине 1950-х годов, а в масштабе 1:25 000 — к 1980 годам.

Космические фотоснимки, в отличие от аэрофотоснимков, позволяют начинать обновление масштабного ряда топографических карт в любой последовательности. Другое важное преимущество использования космических снимков — возможность обновления карт одновременно всего масштабного ряда.

При обновлении карт по снимкам вначале определяют степень устаревания карт и выделяют районы первоочередного обновления, к которым относят территории сельскохозяйственного освоения, интенсивной добычи полезных ископаемых, городского, дорожного, гидротехнического строительства, где обновление приходится выполнять через один-два года, тогда как в малообжитых районах достаточно проводить его через пять—десять лет. От степени устаревания зависит, необходимо ли проводить полное обновление с пересоставлением оригинала карты или можно ограничиться внесением исправлений в издательский оригинал карты камеральным путем.

Применение космических снимков для обновления карт снижает продолжительность и трудоемкость составительских и редакционных процессов. Сокращается время на подбор источников, ознакомление со спецификой территории, упрощается генерализация. Одновременно повышаются детальность и точность карт.

Обновление карт выполняют разными методами. В последнее время получают развитие цифровые технологии. ***Обновление карты на фотопланах*** осуществляют в тех случаях, когда изменения контуров составляют более 40% или плановая точность карты не соответствует предъявляемым к ней требованиям. Процесс созда-

ния фотоплана включает сгущение опоры, трансформирование снимков, изготовление фотоплана и репродукций к нему, дешифрирование. *Обновление на издательских оригиналах*, выполняемое в случаях, когда изменяется менее 20% контуров карты, предусматривает дешифрирование изменений на снимках и перенос их на издательский оригинал карты.

16.6. Тематическое картографирование

Разрешение большей части космических снимков в первые десятки метров соответствует размерам многих исследуемых географами объектов земной поверхности. Космические снимки с ресурсно-картографических спутников хорошо отражают рельеф и структуру внешнего покрова Земли — почв и растительности, а следовательно, и ландшафтов. Они стали ценным материалом для тематического картографирования.

В нашей стране накоплен немалый опыт тематического картографирования во всем спектре направлений. Наиболее значителен и интересен опыт геологического картографирования. На первых порах освоения новых источников информации создавались так называемые *космофотогеологические* и *космофототектонические* карты, содержащие принципиально новые данные о строении земной коры, главным образом о разломах и кольцевых структурах, что определило их особую ценность для прогнозно-минерагенических построений. Такие карты созданы для всей страны в масштабах 1:10 000 000, 1:5 000 000, 1:2 500 000.

Успех работы геологов привел к тому, что теперь при создании комплектов Государственных геологических карт масштабов 1:200 000 (2-го издания) и 1:1 000 000 (3-го издания), а также сводных региональных и общероссийских карт масштабов от 1:500 000 до 1:10 000 000 материалы аэрокосмических съемок используются в обязательном порядке наряду с геофизической и геохимической информацией.

Крупный проект с использованием космической информации выполнен в области почвенного картографирования. Завершение многолистной почвенной карты страны масштаба 1:1 000 000 для северных и восточных районов и создание Почвенной карты России масштаба 1:2 500 000 стало возможным именно благодаря применению космических снимков. Они обеспечили почвенное мелкомасштабное картографирование нового уровня, когда особое внимание уделяется изучению и отображению пространственных структур почвенного покрова.

Существуют хорошие перспективы для картографирования растительного покрова и его компонентов. Известна составленная по снимкам со спутника *Landsat* карта растительности США, созданная в цифровом варианте в расчете на представление в масштабах от 1:1000 000 до 1:10 000 000. Обзорные снимки со спутников *NOAA* и создаваемые по ним карты вегетационного индекса послужили основой для карт лесов Европы, Африки, Юго-Восточной Азии, Южной Америки в масштабах 1:5 000 000–1:10 000 000 и анализа процессов обезлесивания. В Канаде ведутся работы по созданию карты лесов страны масштаба 1:200 000 с характеристикой породного состава и биомассы растительности.

С появлением космических снимков получил распространение новый вид *картографирования земных покровов* и использования земель (*land cover – land use*). Карты земных покровов масштаба 1:250 000 составлены для всей территории США; на них впервые отражена растительность оленевых пастбищ Аляски. Этот вид картографирования охватил многие регионы мира. Например, по снимкам с *Landsat* составлена многолистная карта использования земель Китая в масштабе 1:1 000 000. Новая информация о растительном покрове, получаемая со спутника *SPOT-4* с помощью специальной обзорной системы *Vegetation*, положена в основу глобальной базы данных о земных покровах (*Global Land Cover 2000*).

Особый пласт космического тематического картографирования связан с исследованием экологических проблем и глобальных изменений. Сюда относят и уже упомянутые карты обезлесения и опустынивания. Но особенно разнообразны по содержанию *глобальные карты состояния атмосферы*, тропосфера, радиационных характеристик, озонового слоя, облачности, ветров, океана (топографии его поверхности, температур, биопродуктивности) и многие другие.

В нашей стране наибольший опыт тематического картографирования на основе космической информации накоплен в процессе работы по программе Комплексной картографической инвентаризации природных ресурсов (ККИПР). Созданы серии карт геологического строения, почв, растительности, ландшафтов, использования земель и др. Они отражают современное состояние природных ресурсов, антропогенную нарушенность и загрязнение природной среды, содержат оценку природных условий и ресурсов и дают прогноз ожидаемых изменений. Серии карт созданы для ряда важнейших хозяйственных районов России — Ставрополья, Тверской области, Калмыкии, Прибайкалья, Южной Якутии.

16.7. Оперативное картографирование и мониторинг

Одно из основных преимуществ космической съемки — *ее оперативность, возможность передачи информации в реальном режиме времени и регулярная повторяемость наблюдений*. Это очень важно для изучения изменчивых явлений, оценки чрезвычайных ситуаций, обеспечения прогнозирования и требует адекватной оперативности обработки информации, что достигается высоким уровнем автоматизации.

Наиболее широко известны *оперативные метеорологические карты*, без которых не обходится прогноз погоды. *Карты нефонализа* (динамические карты облачного покрова), пожалуй, первыми заняли место в ряду оперативных карт и дали обширный материал для статистики облачности. Однако дешифрирование типов облачных образований и анализ синоптической обстановки слабо поддаются автоматизации. Поэтому, например, при обработке информации, несколько раз в сутки регулярно поступающей с геостационарных метеоспутников, метеорологи составляют *синоптические карты*, которые затем в факсимильном виде передаются обратно на спутник и с него ретранслируются потребителям, чем и достигается оперативность.

Ежедневный контроль состояния озонового слоя осуществляют с помощью *карт концентрации озона* по данным спектрометра ультрафиолетового диапазона *TOMS* на спутнике «Метеор». Программа приема и записи данных наблюдений уже включает представление их в виде ежесуточных глобальных карт.

Необходимость оценки ледовой обстановки в полярных морях обусловила развитие сети пунктов приема спутниковой информации на метеостанциях побережья северных морей и на судах; такие пункты оснащены системами координатной привязки снимков и выдачи потребителям готовых упрощенных фотокарт. Для полярных бассейнов составляют динамические карты оценки ледовой обстановки в периоды навигации. Созданы автоматизированные системы, которые, наряду с монтажем снимков в картографической проекции и фильтрацией облачности, производят разделение льдов по типам, сплоченности и другим показателям, дают статистику ледовитости морей за разные временные интервалы.

Гидрологическое прогнозирование талого стока основано на регулярном слежении за границами тающего снежного покрова и подсчете доли занятой им площади речного бассейна на разные даты, для чего на основе компьютерных технологий составляют динамические фотокарты.

Практические нужды рыболовства требуют знания распределения температур воды в океане, являющихся косвенными индикаторами районов наибольшего скопления рыбных косяков и направлений их миграции. Тепловая инфракрасная съемка с метеоспутников обеспечивает регулярное составление ***динамических карт температур водной поверхности***. Ту же роль играют и оперативные карты цветового индекса вод океана, коррелирующего с концентрацией фитопланктона.

По данным *AVHRR/NOAA*, в США регулярно (раз в 10 дней) создаются ***карты вегетационного индекса NDVI*** и других индексов (зелености, желтизны), которые коррелируют с биомассой растительности, ее состоянием. Такая динамическая информация позволяет следить за фенологическим развитием растительности, прохождением зеленой волны ее весеннего развития и коричневой волны осеннего увядания.

В животноводческих районах такие карты служат для оперативной оценки готовности пастбищ к выпасу, состояния пастбищной растительности, а в земледельческих — для контроля за состоянием посевов различных сельскохозяйственных культур. Разрабатываются методы оперативного картографирования весеннего просыхания почв, динамики распашки, оценки состояния сельскохозяйственных культур, их повреждений и заболеваний, состояния орошаемых земель.

Интенсивно развивается оперативное ***картографирование чрезвычайных ситуаций***. Лесные службы разных стран картографируют пожароопасные ситуации, очаги пожаров, площади гарей, оценивают ущерб от пожаров. Для этого новые возможности открывает гиперспектральная съемка, например, материалы, получаемые системой *MODIS* с большим числом каналов в тепловой инфракрасной части спектра, позволяют выявлять пожары на ранних стадиях возгорания. Оперативное картографирование наводнений, зон землетрясений, вулканализма помогает оптимизировать стратегии борьбы с последствиями стихийных бедствий. Ведется оперативный контроль за загрязнением природной среды, например за нефтяными разливами в Средиземном море по данным радиолокационной съемки.

'Оперативное слежение и контроль за состоянием окружающей среды и ее компонентами по материалам дистанционного зондирования и картам называют аэрокосмическим (или картографо-аэрокосмическим) мониторингом.'

Мониторинг — это не только наблюдение и контроль за процессом или явлением, но также его оценка, прогноз распространения

нения и развития, а кроме того — разработка системы мер по предотвращению опасных последствий или поддержанию благоприятных тенденций. Таким образом, оперативное картографирование становится еще и средством принятия управленческих решений.

16.8. Аэрокосмические исследования Земли

Использование аэрокосмических методов в науках о Земле давно стало обязательным и традиционным.

Метеорология и климатология. В метеорологии космические методы начали применять раньше, чем в других направлениях изучения Земли. До 1970-х годов космические снимки получали именно в целях изучения атмосферы и метеорологических процессов, и съемка велась предназначенными для этого метеорологическими спутниками. Они впервые в истории науки дали глобальную картину облачного покрова и наглядно отразили атмосферную циркуляцию, проявленную в структуре облачности.

Радиационные измерения со спутников поставляют обширные экспериментальные данные по тепловому балансу Земли. Спутниковые системы изучения глобальных изменений, например *EOS AM*, ведут наблюдения за водяным паром, аэрозолями в атмосфере, температурой на верхней границе облаков, состоянием озонового слоя и другими параметрами, имеющими экологическое значение. В дополнение к этому спутники выполняют оперативный сбор однородных метеоданных для всей Земли с помощью системы автоматических метеостанций. Поэтому появление метеоспутников радикально расширило возможности развития глобальной и региональной климатологии.

Океанология. Космические методы позволяют перейти от наблюдений в отдельных точках морей и океанов (обеспечиваемых буйковыми или судовыми методами) к глобальному охвату. Однако при этом регистрируются в основном косвенные показатели, поэтому необходимо изучение их связи с исследуемыми явлениями.

Съемка поверхности океана в тепловом инфракрасном диапазоне не только открыла возможность изучения глобального распределения температур, но и позволила визуализировать течения, динамику океанических вод, океанические фронты, вихри, приливы, волны цунами, апвеллинги. Выявлена динамическая структура океана, прежде представлявшегося инертной водной массой. Измерения уровня океана с помощью спутниковой радиоальти-

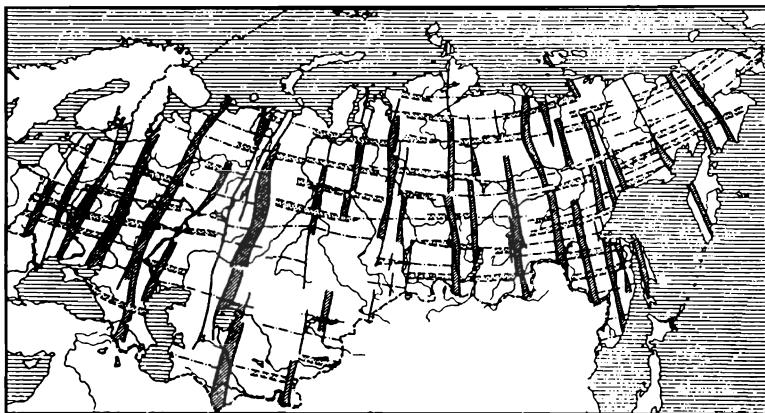
метрии позволили определять топографию поверхности с точностью 5–10 см. Анализ топографии поверхности позволил составить карты рельефа дна Мирового океана. Спутниковые скаттерометры фиксируют волнение и позволяют составлять глобальные карты приповерхностных ветров. С помощью многоканальных спектрометров видимого диапазона составляют *карты цветового индекса*, коррелирующего с концентрацией хлорофилла фитопланктона, что важно для изучения биопродуктивности океана. Со спутников осуществляют мониторинг морских льдов, наблюдения за загрязнением поверхности океана (например, на радиолокационных снимках фиксируются нефтяные разливы), ведут комплексные исследования мелководного шельфа.

Геология. Геологические исследования и картографирование — одна из областей, где космические снимки находят наиболее активное применение благодаря возможности выявления новых черт геологического строения, незаметных на аэрофотоснимках. Свойства обзорности снимков и генерализованности изображения привели к настоящему перевороту, заставили пересмотреть взгляды на геологическое строение многих регионов и изменить систему исследований по принципу от общего к частному.

Традиционно изучение стратиграфии и литолого-петрографического состава пород довольно хорошо решается по снимкам высокого разрешения, особенно многозональным. Но главным стало структурно-тектоническое изучение территории по обзорным, генерализованным снимкам, на которых четко выявляются *линеаменты* — узкие спрямленные зоны интенсивных деформаций земной коры, т.е. тектонических нарушений.

По космическим снимкам открыты линеаменты огромной протяженности, выявлены пространственные закономерности их распределения, системы ортогональной и диагональной ориентировки зон разломов (рис. 16.5). Обнаружено множество кольцевых структур (рис. 16.6), в том числе очень крупных, диаметром в несколько тысяч километров, которые связывают с ранними стадиями развития земной коры. Дешифрирование по снимкам линеаментов и кольцевых структур и сопоставление их с данными о глубинном строении земной коры привело к выводу, что на снимках разного разрешения и уровня генерализации находят отображение структуры разной глубинности. Сопоставление выявленных структур с известными месторождениями полезных ископаемых выявило их приуроченность к структурам определенного типа, что важно для прогнозирования месторождений. Аэрофотоснимки и космические снимки успешно используют для индикационного гидрогеологического дешифрирования, поисков подземных вод. Оперативная

a



б

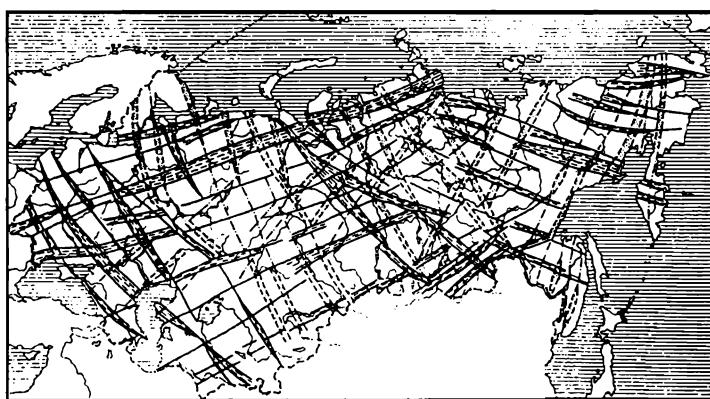


Рис. 16.5. Ортогональная (*а*) и диагональная (*б*) системы разломов, выявленные по Космогеологической карте СССР масштаба 1:2 500 000

съемка, в частности радиолокационная, стала действенным средством мониторинга вулканической активности, а тепловая съемка — термопроявлений. Существенные успехи достигнуты в геологическом картографировании.

Геоморфология. Рельеф на космических снимках не имеет достаточно полного прямого отображения; стереосъемки, обеспечивающие такое изучение, только начали внедряться в космические исследования. Но хорошо видны различные индикаторы рельефа, позволяющие изучать его морфологические особенности и генезис. Фиксация этапов развития рельефа в его морфологии, использование пространственно-временных рядов позволяют исследовать относительный возраст рельефа и его динамику.

Хорошо отражаются на снимках высокого разрешения типы экзогенного рельефа — флювиальный рельеф (современный и древний), эрозионный, карстово-суффозионный, мерзлотный термокарстовый, рельеф берегов. На снимках высокого уровня генерализации отображается эндогенный рельеф, структурно-тектоническое строение территории. Поэтому снимки успешно применяют для морфоструктурного картографирования (см. раздел 16.6).

Гляциология. Труднодоступность для наземных исследований, большая сезонная изменчивость гляциологических объектов определяют необходимость использования космической информации для их изучения. По космическим снимкам успешно картируют распределение снежного покрова и его динамику. Отработаны методы автоматического создания *оперативных фотокарт снежного покрова*

материков с повторяемостью, необходимой для решения практических задач, прежде всего для прогнозирования талого стока рек. Однако пока не решена проблема определения толщины снежного покрова, водного эквивалента снега. Надежды возлагаются на микроволновую радиометрическую съемку, пространственное разрешение которой пока не удовлетворяет этим целям.

Космические снимки дают ценный материал для изучения покровного оледенения арктических районов и Антарктиды. Особенностью эффективной в сложных погодных и световых условиях полярных районов оказалась радиолокационная съемка, с большой детальностью передающая морфологию снежного покрова и льда, а использование метода радар-интерферометрической обработки повторных снимков позволило с высокой точностью определять изменения высоты поверхности и рассчитывать величину таяния льда, скорость его движения.

Горное оледенение изучают по космическим снимкам высокого разрешения, которые во многих районах впервые показали рас-

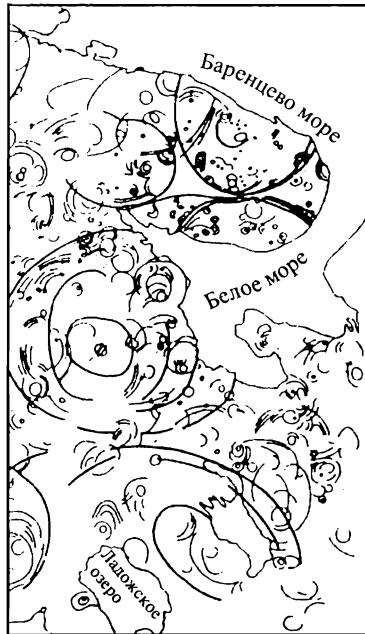


Рис. 16.6. Кольцевые структуры части Балтийского щита, отдешифрированные по космическим снимкам

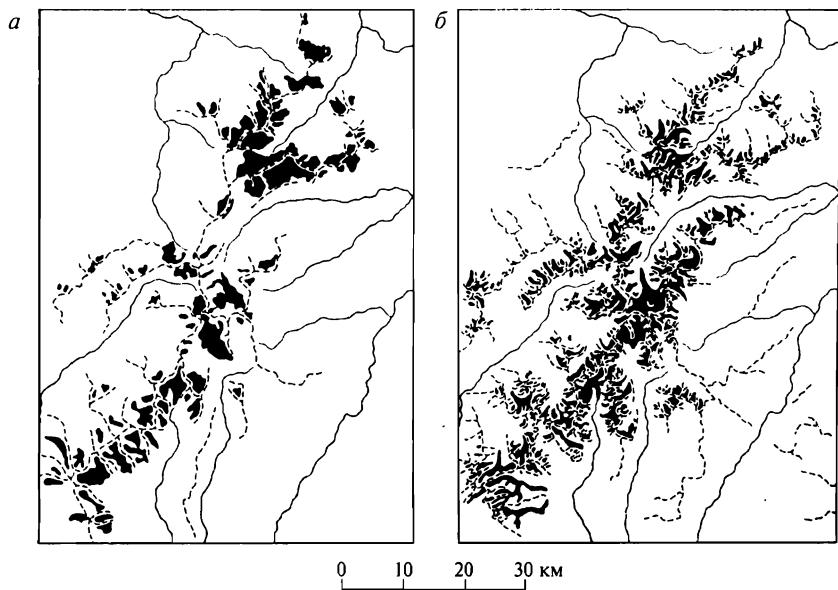


Рис. 16.7. Ледники Алтайского хребта на обзорно-топографической карте (а) и выявленные по результатам дешифрирования фотоснимков с космического корабля «Союз-22» (б)

пространение и морфологические типы горных ледников, позволили уточнить их истинные контуры (рис. 16.7). Они стали важным источником при составлении Атласа снежно-ледовых ресурсов мира.

Отражение на снимках положения снеговой линии на леднике на определенную дату позволяет при наличии данных о суммах положительных температур к этой дате восстановить слой ставшего снега, а следовательно, и величину его аккумуляции, и даже твердые осадки, не поддающиеся измерению в горах. По морфологическим признакам на одиночных снимках и благодаря псевдо-стереоэффекту по повторным снимкам обнаружены пульсирующие ледники, а снимки очень высокого разрешения позволяют осуществлять мониторинг их подвижек, расширяют возможности изучения снежных лавин и наледей.

Гидрология. Основное направление использования снимков в гидрологии связано с моделированием и прогнозированием талого стока рек. Ряд параметров моделей стока, относящихся к характеристике водосбора (заболоченность, заозеренность, залесенность, распаханность и др.) наилучшим образом можно оценить по космическим снимкам. При моделировании стока рек снегового питания определяют степень покрытия бассейна водой в твердом или

жидком виде на разных фазах формирования стока: долю площади бассейна, покрытой снегом, во время снеготаяния; водность микроозер и других временных затоплений для внерусского стока и водность речных русел. Хорошо разработан прогноз снегового половодья по данным о заснеженности водоносов и динамике снеготаяния. Для ряда водоносов найдены зависимости стока от площади, покрытой снегом, для равнинных районов и от высоты снеговой линии — для горных. Оперативная спутниковая съемка реализует мониторинг опасных ситуаций при наводнениях, контроль за качеством озерных вод.

География почв. По прямым признакам почвы дешифрируются лишь на распаханных пространствах, а спектральные характеристики позволяют идентифицировать изображения далеко не всех почв, поэтому космические снимки малопригодны для разделения зональных типов почв. Зато они хорошо отражают вариации почв, связанные с изменением условий увлажнения, засоления и т.п., обеспечивая тем самым изучение структуры почвенного покрова. Именно поэтому учение о структуре почвенного покрова, получившее развитие в последние годы, нашло хорошую опору в космических снимках. По той же причине при картографировании почв по снимкам существенно повышается детальность контуров (рис. 16.8).

Другая сторона использования космических снимков в исследованиях почв — изучение их динамических свойств, контроль за неблагоприятными процессами, нередко связанными с хозяйственной деятельностью. Тепловая инфракрасная и радиолокационная съемка отражают влажность почв; сильная степень засоления, солевые корки и выцветы на поверхности проявляются на снимках в видимом диапазоне, а индикационное дешифрирование позволяет по растительности судить о типах засоления. Формы плоскостной и линейной эрозии видны на снимках самого высокого разрешения, однако выявить смыв в черноземах с большой мощностью гумусного горизонта не удается. Исследования гумусности почв, опирающиеся на изучение их спектральной яркости, оказались успешными для почв с содержанием гумуса от 2 до 5%, т.е. для дерново-подзолистых, светло-серых, серых, темно-серых лесных почв, но для черноземов разных типов возможности дистанционного определения гумусности почв весьма ограничены.

Геоботаника. Растительность, образующая внешний покров земной поверхности, в первую очередь отражается на космических снимках. Именно растительность является индикатором почвенно-грунтового покрова, форм рельефа, подстилающих пород иложений,

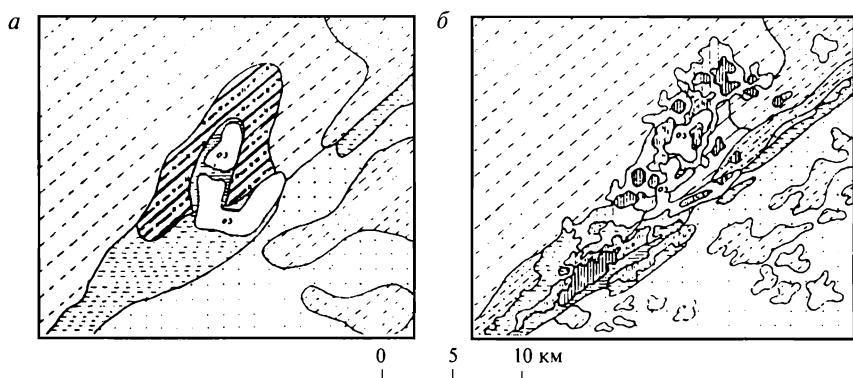


Рис. 16.8. Фрагмент изданной ранее почвенной карты масштаба 1:1 600 000 из Атласа Алтайского края на участок Приобского плато (а) и результаты почвенного дешифрирования фотоснимка с орбитальной станции «Салют» (б)

грунтовых вод, засоления и т.п. На снимках хорошо разделяются залесенные и безлесные территории, но зональные типы растительности различаются далеко не всегда. Зато хорошо проявляются вариации растительного покрова, связанные с условиями увлажнения, засоления, механическим составом почв, т.е. эдафические варианты растительности. Таким образом, снимки хорошо отображают структуру растительного покрова и дают ценный материал для его картографирования.

Многозональные снимки помогают объективно разделять леса по основным лесообразующим породам (рис. 16.9). Возможна также оценка продуктивности, биомассы растительности, для чего используют производные изображения — карты вегетационного индекса, коррелирующего с биомассой. Регулярное создание таких карт характеризует фенологические изменения, сезонный ход развития растительности.

Сельское хозяйство. Использование снимков в социально-экономических исследованиях не столь широко, как при изучении природных ресурсов. Наиболее значимо их применение в сельскохозяйственных целях. Главное отличие снимков высокого разрешения от топографической карты — изображение сетки сельскохозяйственных полей и характера землепользования. По тону изображения полей судят об их агротехническом состоянии и составе культур. Для этого используют многозональные многовременные снимки, что требует знания хода спектральной яркости растительности в течение вегетационного периода и учета сельскохозяйственного календаря для разных культур. Возможность определен-

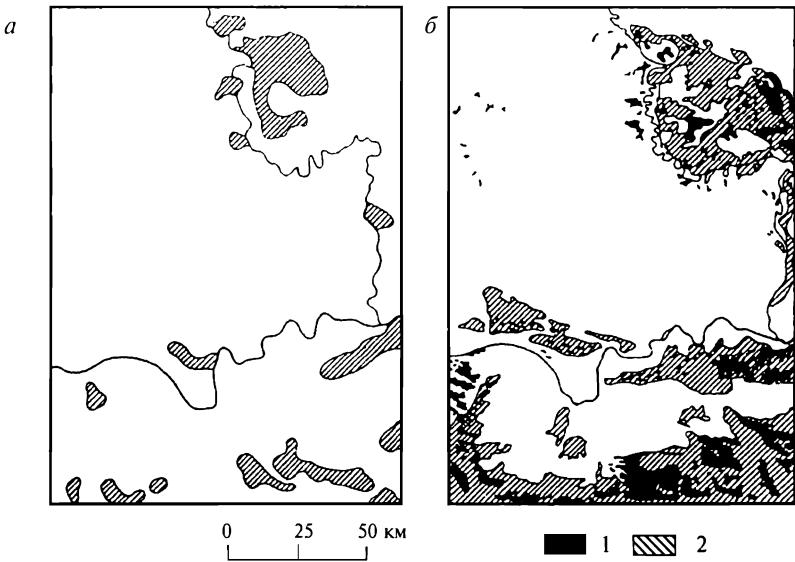


Рис. 16.9. Сосновые леса участка Центрально-Якутской равнины на карте из Атласа лесов СССР масштаба 1:2 500 000 (а) и результаты дешифрования снимка с космического корабля «Союз-22» (б):

1 — сосновые леса; 2 — леса с участием сосны.

ния состава культур и площадей под ними делает снимки объективным источником сельскохозяйственной статистики. Выявление площадей, занятых основными продовольственными культурами, и оценка их развития с учетом метеорологических условий определяют возможность использования космической информации для прогноза урожайности. Такие эксперименты проведены, например, в рамках программы *Landsat*, когда урожай озимой пшеницы в России был предрасчитан специалистами США на предварительном этапе с погрешностью всего 6%, а на заключительном — 1%.

По снимкам высокого разрешения выполняют оценку состояния посевов — их однородности или пятнистости, связанной с вымерзанием, вымоканием, ветровым полеганием, воздействием вредителей. Например, оперативное картографирование состояния посевов в Европе по снимкам со спутника *SPOT* использовалось для решения вопроса о выделении финансовой помощи фермерам. Связи, установленные между биомассой растительности и ее спектральной яркостью, как указывалось, обуславливают регулярное составление *карт вегетационного индекса* для оценки биомассы посевов и пастбищной растительности. По космическим снимкам выполняют инвентаризацию и картографирование земельных уг-

дий на основе международной классификации использования земель, а снимки высокого разрешения применяют для создания земельного кадастра.

Лесное хозяйство. Аэрофотометоды с 1930–1940-х годов традиционно применяют для инвентаризации лесов. Недостаточная изученность лесного фонда нашей страны побудила искать методы обследования неустроенных резервных лесов Европейского Севера, Сибири, Дальнего Востока с применением аэрокосмической съемки. Разработаны методы фотостатистической и картографической инвентаризации лесов, предусматривающие трехступенчатое получение информации: космическая съемка — выборочная аэрофотосъемка — выборочные наземные обследования, что в несколько раз сокращает сроки выполнения работ.

По снимкам контролируют состояние лесов, их изменение под влиянием природных и техногенных факторов (ветровалы, насекомые-вредители, промышленные выбросы, вырубки). Разработаны методы использования космических снимков для контроля за соблюдением правил рубки леса, лесовозобновлением, изменениями, связанными со стихийными бедствиями и хозяйственной деятельностью. Большое внимание уделяется контролю за лесными пожарами — оценке пожароопасной ситуации в лесах, слежению за возгоранием и развитием пожаров с целью их локализации и тушения; учету площадей выгоревших лесов, определению ущерба от пожара, контролю за лесовозобновлением на гарях. Разработаны геоинформационные системы для этих целей.

Расселение. По космическим снимкам высокого разрешения решают многие задачи изучения и картографирования городов. В первую очередь их используют для изучения динамики быстроменяющихся городских границ, прироста площади городов и развития транспортных магистралей, роста урбанизации во многих районах планеты. Делаются попытки определять численность населения в городах на основе эмпирических зависимостей между числом жителей и площадью городов разных типов. Изучается использование городских земель и его динамика. В этом направлении интересный проект выполнен в США, где на дату, близкую к переписи населения 1970 г., проведена высотная аэрофотосъемка 27 крупнейших городов. На примере Вашингтона установлены признаки автоматического разделения по снимкам типов городского землепользования, а далее мониторинг использования земель продолжен по космической информации. Отображение на снимках густоты застройки, озелененности жилых массивов, промзон позволяет дать объективную экологическую оценку городских территорий. По теп-

ловым инфракрасным снимкам изучают тепловое воздействие городов на окружающие территории.

Антропогенное воздействие на природную среду и экологические задачи. Многие виды антропогенного воздействия на природную среду хорошо передаются на снимках. Своеобразное отображение имеет промышленное, селитебное, сельскохозяйственное воздействие на природу. Хорошо видны места открытой добычи полезных ископаемых: карьеры и горные выработки, отстойники и хвостохранилища обогатительных предприятий. Застроенность пригородных и городских земель можно определить количественно. Хорошо видна распаханность территории, по размерам и форме полей можно судить о производственной направленности хозяйств, возделываемых культурах, применяемых севооборотах и пр.

Снимки отображают не только формы хозяйственной деятельности человека, но и различные, часто неблагоприятные изменения природной среды, связанные с этой деятельностью, — эродированность почв, пастбищную деградацию, в особенности приколодезное опустынивание, вырубленность лесов, лесные пожары и гари, зоны повреждения растительности дымами промышленных предприятий, сброса промстоков в водоемы, деградации растительности вблизи нефтескважин и линий нефтегазопроводов, загрязнения снежного покрова вокруг городов. Благодаря четкой фиксации таких особенностей природопользования снимки выполняют ревизионную роль, их применяют для контроля за отрицательным антропогенным воздействием и за действенностью мероприятий по рекультивации земель, лесовосстановлению, борьбе с эрозией и т.п. Их используют для создания карт экологической оценки территории и прогноза развития экологической ситуации.

Озабоченность человечества глобальными экологическими проблемами нашла отклик в разработке спутниковых программ глобального наблюдения Земли и мониторинга озонового слоя, загрязняющих примесей в атмосфере, концентрации углекислого газа и других парниковых газов, потенциально вызывающих нарушения теплового баланса Земли, оценки биомассы суши и океана. Их реализует, например, американская долговременная программа *EOS*: спутники *Terra* и *Aqua* ежедневно предоставляют глобальную информацию мировому научному сообществу через Интернет.



Глава 17

Методы использования карт

17.1. Из истории использования карт

Использование карт — раздел картографии, в котором изучаются проблемы применения картографических произведений в различных сферах научной, практической, культурно-просветительской, учебной деятельности, разрабатываются приемы и способы работы с ними, оцениваются надежность и эффективность получаемых результатов.

Картографические рисунки использовались людьми с древнейших времен для чисто утилитарных целей: ориентирования, указания соседних поселений, дорог, мест охоты, выпаса животных и т.п. В Древнем Египте, античной Греции и рабовладельческом Риме уже применялись способы измерения по картам площадей и расстояний. В средние века карты использовались для мореплавания, путешествий, ведения военных действий.

Великий картограф средневековья Герард Меркатор (1512–1594) сопровождал свои произведения — карты, глобусы, атласы — наставлениями по использованию. На знаменитой карте мира на 18 листах, где впервые была применена цилиндрическая проекция, обессмертившая имя Меркатора (рис. 17.1), он поместил во врезке специальную инструкцию — текст, озаглавленный «Методы измерения расстояний на местности», и пояснил, как и где на карте можно пользоваться локсодромиями вместо ортодромий и какая при этом возникнет ошибка. На других листах той же карты были помещены «Краткие указания к применению роз направлений» и номограмма для решения по карте навигационных задач. Так великий картограф совмешал создание карт с разработкой методов их использования.

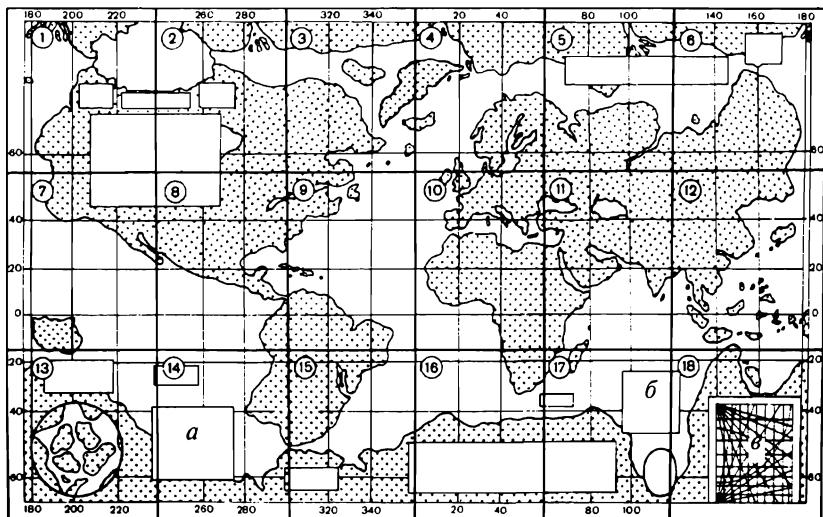


Рис. 17.1. Схема 18-листной карты мира Герарда Меркатора (1569). Буквами обозначены врезки, где даны указания по использованию карт:
 а — описание методов измерения расстояний по карте; б — краткие указания к применению роз направлений; в — чертеж для решения навигационных задач.

Первые примеры применения карт в научных целях относятся к XVIII–XIX вв., когда систематизация громадного по объему фактического материала, накопленного в науках о Земле, привела к созданию первых тематических карт, а сами карты стали служить исходным материалом для новых исследований. По картам были открыты многие глобальные закономерности, выявлены связи одних явлений с другими и даже предсказаны многие, еще не открытые объекты.

Использование карт в немалой степени способствовало открытию фундаментального закона географической зональности. В 1817 г. А. Гумбольдт, используя способ изолиний, составил первую карту «изотермических линий» Северного полушария (рис. 17.2). Анализируя карту и сопоставляя ее с другими климатическими данными и физико-географическими материалами, он обнаружил глобальные климатические закономерности, установил различия тепловых условий на западных и восточных окраинах материков, в глубине континентов и вблизи океанических побережий, а главное — открыл климатические зоны.

Впоследствии В. В. Докучаев, занимаясь почвенным картографированием, обнаружил, что «изогумусовые полосы» полностью

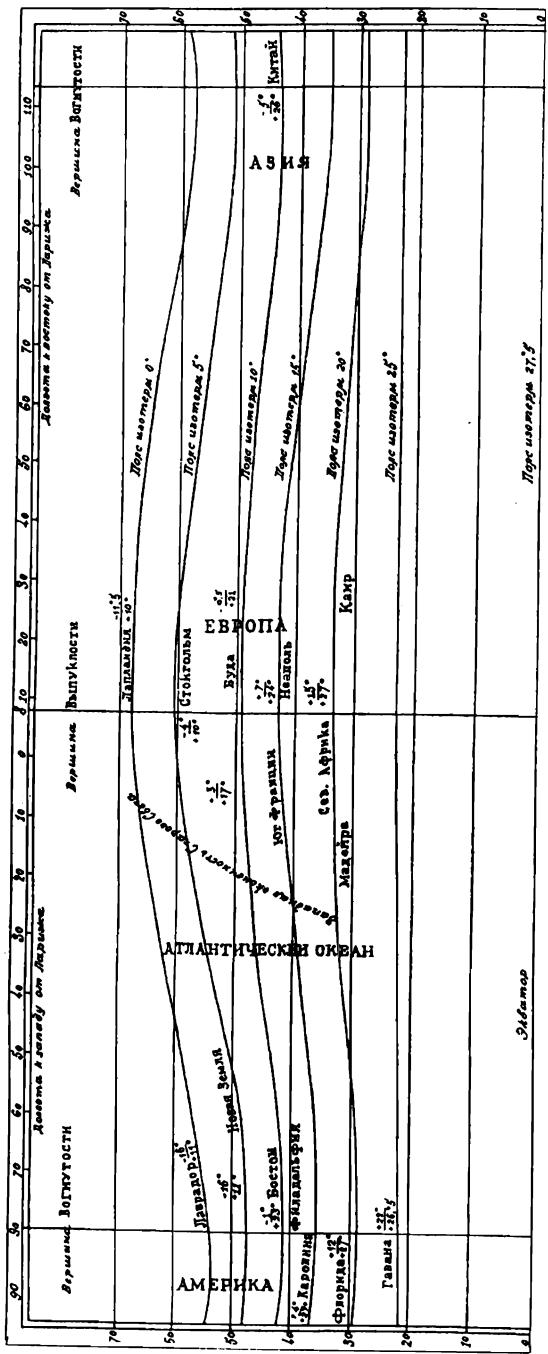


Рис. 17.2. Карта «изотермических линий», опубликованная А. Гумбольдтом в 1817 г.



Рис. 17.3. Карта «Почвенные зоны Северного полушария», составленная В. В. Докучаевым в 1899 г. (уменьшенная копия цветной карты):

Почвенные зоны: 1 — бореальная (арктическая); 2 — лесная; 3 — степная, черноземная; 4 — аэральная (*a* — каменистая, *b* — песчаная, *в* — засоленная, *г* — лессовая); 5 — латеритные почвы; 6 — аллювиальные почвы; 7 — горные цепи; 8 — области каменистых лесных почв.

соответствуют растительным и климатическим подзонам южных степей. Тем самым он подошел к идеи всеобщей географической зональности. На рис. 17.3 приведена карта В. В. Докучаева «Почвенные зоны Северного полушария», в полной мере отразившая закон зональности. Полярная азимутальная проекция ясно подчеркивала концентрическое расположение пяти основных почвенных зон: бореальной, лесной, черноземных степей, аэральной и латеритных почв. В цветном варианте эта карта демонстрировалась в 1899 г. на Всемирной выставке в Париже и была удостоена Почетного диплома.

Еще один яркий пример — обнаруженное А. Вегенером по картам поразительное сходство очертаний восточного побережья Южной Америки и западного побережья Африки (рис. 17.4), что дало импульс идеи мобилизма, дрейфа континентов и теории глобальной тектоники плит.

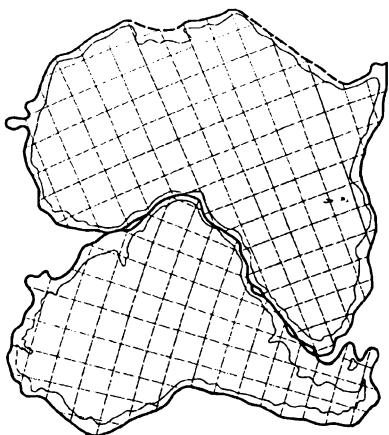


Рис. 17.4. Совмещение очертаний материков Африки и Южной Америки по изобате 200 м

1:420 000 для европейской части страны и в масштабе 1:4 200 000 — для Азиатской России.

Центральная фигура в истории использования карт в России — А. А. Тилло (1839–1899), выдающийся картограф, географ и геодезист, видный деятель Русского географического общества, создатель первых гипсометрических карт Европейской России. Сливив составленные им карты с геологической картой А. П. Карпинского, А. А. Тилло обнаружил закономерную связь рельефа с геологическим строением и распределением ледниковых отложений и тем самым заложил основы современного морфоструктурного анализа в геоморфологии. В других трудах А. А. Тилло разработал методы анализа по картам вековых изменений магнитных полей, глобальных орографических и гипсометрических и геологических закономерностей. Он впервые предпринял громадные по объему работы по картометрированию длин и бассейнов свыше 3 тыс. рек России.

Классическим образцом использования карт для научных исследований считается работа Д. Н. Анучина «Рельеф поверхности Европейской России в последовательном развитии о нем представлений» (1895). Проследив эволюцию изображения рельефа от древних греческих карт до гипсометрических карт А. А. Тилло и сопоставив их с геологической картой, он, вслед за А. А. Тилло, обнаружил «следы зависимости рельефа от древних дислокаций» и обосновал гипотезу о происхождении главнейших возвышеннос-

ти в России. Использование карт началось с картометрии — с исчисления огромной площади государства Российской империи. Измерения проводились многократно: академиками Петербургской академии наук В. Л. Крафтом в 1787 г. и Ф. И. Шубертом в 1795 г., магистром Н. Е. Зерновым в 1833 г., астрономом Г. Швейцером в 1844 и 1855 гг.

Заметный вклад в картометрию внес известный русский военный картограф И. А. Стрельбицкий, опубликовавший в 1874 г. капитальный труд «Исчисление поверхности Российской империи в общем ее составе». Измерения были выполнены по картам в масштабе

тей и низменностей Средней России «от крайне пологих изгибов или вспучиваний земной коры в соответствующих областях».

Позднее картометрические исследования А. А. Тилло по бассейнам рек России были продолжены видным океанографом и картографом Ю. М. Шокальским. Они были высоко оценены научной общественностью и удостоены золотых медалей Петербургской и Парижской академий наук. Проблемы картометрии разрабатывались Г. А. Гинзбургом, Г. И. Знаменщиковым, А. И. Спиридовым, В. Н. Ченцовым, В. П. Философовым, Ю. С. Фроловым и многими другими отечественными исследователями. Капитальное обобщение этой проблемы сделано Н. М. Волковым в его классическом труде «Принципы и методы картометрии» (1950).

Теория использования карт, начиная с 1955 г., разрабатывалась К. А. Салищевым, впервые обосновавшим включение в процесс научного познания промежуточного звена — географической карты как модели изучаемых явлений. Использованию карт как средству познания посвящены специальные разработки многих видных отечественных и зарубежных картографов — А. В. Гедымина, А. Ф. Асланиашвили, Е. М. Николаевской, С. Н. Сербенюка, В. А. Червякова, А. Робинсона (США), У. Тоблера (Канада), А. Либо, Ф. Буйе (Франция), Й. Кrho (Чехия) и др.

Характерно, что в разработку методов использования карт значительный вклад внесли не только картографы, но и многие видные географы. Так, С. Д. Муравейский развел методику гидрологической морфометрии, Н. Н. Баранский показал широкие возможности применения карт в экономической географии, К. К. Марков разрабатывал картографический анализ как «сквозной метод» физической географии, а Ю. А. Мещеряков, Ю. Г. Симонов, А. И. Спиридов и многие другие сделали его одним из основных методов геоморфологии. Одним словом, использование карт всегда развивалось и продолжает развиваться на стыке картографии с другими науками о Земле и обществе.

17.2. Картографический метод исследования

Картографический метод исследования — это метод использования карт для познания изображенных на них явлений.

Познание понимается в широком смысле слова и подразумевает изучение по картам структуры, взаимосвязей, динамики и эволюции явлений во времени и пространстве, прогноз их развития, получение всевозможных качественных и количественных харак-

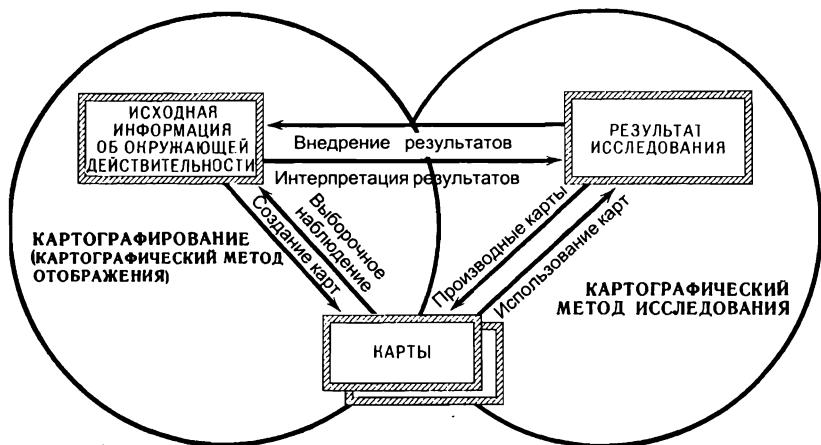


Рис. 17.5. Система «создание — использование карт»

теристик и т. п. По существу, картографический метод исследования составляет главное содержание раздела «использование карт».

Приложения картографического метода исследования в науке и практике весьма многообразны. Как было показано выше, он является одним из основных методов во всех науках о Земле и планетах и в смежных с ними социально-экономических науках. Картографический метод служит средством для принятия практических решений, связанных с планированием и освоением территорий, размещением населения, охраной окружающей среды и многими другими хозяйственными проблемами.

Использование карт теснейшим образом связано с их составлением. Это удобно показать на схеме (рис. 17.5), иллюстрирующей систему «создание — использование карт». Источником исходной информации служит окружающая действительность. При картографировании выборочные наблюдения преобразуют в карты, т.е. создают модели этой действительности. В ходе картографического моделирования происходит сложная научная обработка данных, связанная с абстрагированием, анализом и синтезом. Все это, как известно, определяется целями и назначением карты, на процесс моделирования влияют уровень знаний, степень изученности объекта, научно-методические принципы картографирования, логика классификаций, уровень генерализации изображения, применяя- мая система условных обозначений и многие другие факторы.

В ходе последующего использования карт происходят новые преобразования информации, которые также зависят от постав-

ленных целей, квалификации и опыта исследователя, применяемых технических средств, алгоритмов и программ и т. п. При этом, однако, любое звено исследования, начиная от исходной гипотезы и кончая измерительными инструментами, вносит погрешности в результат. Поэтому полученный результат необходимо всегда соотносить с реальной действительностью, интерпретировать его и при необходимости вносить корректизы.

Таким образом, в системе «создание — использование карт» существуют два тесно сопряженных между собой метода:

1. Картографирование, или картографический метод отображения, цель которого состоит в переходе от реальной действительности к карте (модели);
2. Картографический метод исследования, использующий готовые карты (модели) для познания действительности.

Эти методы перекрываются и имеют многие обратные связи. Так, условия использования карт определяют требования к условиям их создания. В ходе исследования получаются новые производные карты, которые вновь поступают в исследование. Например, гипсометрическая карта преобразуется в карту углов наклона, а она, в свою очередь, в карту интенсивности смыва с поверхности и т. д. При интерактивном компьютерном создании карт, в особенности при применении геоинформационных технологий, оба метода настолько тесно переплетаются, что часто трудно различить, где кончается составление и начинается использование и преобразование карты. Многие оценочные и прогнозные карты составляют в результате трансформирования и синтеза нескольких аналитических карт. В этом случае исходные карты оказываются не просто источниками для составления, они становятся материалами для исследования и синтеза.

Однако для некартографов эти два метода четко различаются. Например, почвовед может пользоваться в своих исследованиях геоморфологической или геоботанической картой, совершенно не касаясь процедур их составления, а геоморфолог — топографической картой, хотя он никак не участвовал в съемке местности и т. п.

17.3. Система приемов анализа карт

Широкое использование картографического метода исследования в разных отраслях знания привело к возникновению множества приемов анализа карт, в разработке которых активно участвовали картографы, географы, геологи, геофизики, математики,

экономисты. Издавна широко использовались картометрия и морфометрия, позднее активное развитие получили приемы математического анализа, математической статистики, теории вероятностей и иные. В наши дни все методы математики так или иначе испытываются для анализа картографического изображения. Такое многообразие приемов порой даже затрудняет их выбор для каждого конкретного исследования. Наиболее употребительные приемы, получившие достаточно широкое применение, группируются следующим образом:

- ◆ ***Описания***
общие
поэлементные
- ◆ ***Графические приемы***
двумерные графики
трехмерные графики
- ◆ ***Графоаналитические приемы***
картометрия
морфометрия
- ◆ ***Математико-картографическое моделирование***
математический анализ
математическая статистика
теория информации

Каждая из указанных в этом перечне групп включает множество отдельных способов и их модификаций. Все вместе они образуют целостную систему, позволяющую исследовать объекты с разных сторон. В пределах каждой группы выделяют приемы сплошного, выборочного и ключевого анализов.

Все приемы анализа карт значительно варьируют в зависимости от технического оснащения. Существуют разные уровни механизации и автоматизации исследований по картам:

- ◆ ***визуальный анализ***, т.е. чтение карт, глазомерное сопоставление и зрительная оценка изучаемых объектов;
- ◆ ***инструментальный анализ*** — применение измерительных приборов и механизмов;
- ◆ ***компьютерный анализ***, выполняемый в полностью автоматическом или в интерактивном режиме с использованием специальных алгоритмов, программ или геоинформационных систем.

Все приемы на разных уровнях механизации и автоматизации могут быть использованы для работы с отдельной картой либо с сериями карт и атласами (см. раздел 18.1).

17.4. Описания по картам

Описание — традиционный и общеизвестный прием анализа карт. Его цель — выявить изучаемые явления, особенности их размещения и взаимосвязи. Научное описание, составляемое по картам, должно быть логичным (причем хорошо, если эта логика ясна читателю), упорядоченным и последовательным. Оно отличается отбором и систематизацией фактов, введением элементов сравнения и аналогий. В описание часто вводят количественные показатели и оценки, включают таблицы и графики. В заключение формулируются выводы и рекомендации.

Описания могут быть общими комплексными (таковы, например, общегеографические описания) или поэлементными (скажем, описание только карстового рельефа).

В настоящее время, когда для анализа карт широко привлекаются математические методы и компьютерные технологии, описания не утратили значения. Выполняя качественный анализ явлений и их взаимосвязей, опытный исследователь способен порой прийти к выводам более глубоким, чем если бы он следовал формальным алгоритмам и раскладывал исследование на элементарные логико-математические операции. Описания, основанные, главным образом, на визуальном анализе карт, хороши тем, что позволяют составить образное и целостное представление об изучаемом объекте и сделать выводы синтетического характера, применяя для этого неформальные эвристические походы.

17.5. Графические приемы

Графические приемы включают построение по картам всевозможных профилей, разрезов, графиков, диаграмм, блок-диаграмм и иных двух- и трехмерных графических моделей.

Многообразие графических построений можно систематизировать следующим образом:

- $P = f(x)$ или $P = f(y)$ — профиль по заданному на карте направлению x или y ;
- $P = f(z)$ — вертикальный разрез, для построения которого необходимо использовать набор карт разных уровней (разных высот или глубин);
- $P = f(t)$ — временной разрез, создаваемый по серии разновременных карт;
- $P = f(x, y)$ — само картографическое изображение (проекция на горизонтальную плоскость);

- $P = f(x, z)$ или $P = f(y, z)$ — фронтальное изображение, т.е. проекция объекта на вертикальную плоскость;
- $P = f(x, t)$ или $P = f(y, t)$ или $P = f(z, t)$ — метахронный (разновременный) разрез, для создания которого используются серии разновременных или разноуровенных (разно высотных) карт;
- $P = f(x, y, z)$ — блок-диаграмма или объемный, трехмерный рисунок объекта, на котором изображение поверхности совмещено с вертикальными разрезами;
- $P = f(x, y, t)$, или $P = f(x, z, t)$, или $P = f(y, z, t)$ — метахронная блок-диаграмма, построенная по сериям разновременных и разноуровенных карт, причем одна из осей блок-диаграммы показывает изменение состояния объекта во времени.

Для анализа серий карт разной тематики удобны **комплексные профили**, на которых совмещаются, например, гипсометрический профиль, геологический разрез, почвенно-растительный покров, графики гидроклиматических показателей и т. п. На рис. 17.6. приведен такой профиль, на нем совмещены данные, снятые с девяти карт Атласа Сахалинской области.

Аналогичным путем можно построить и комплексные социально-экономические разрезы, совместив по избранному направлению графики плотности населения, гистограммы его возрастного состава, занятости, кривые энергообеспеченности территории, распаханности земель и т.п. Подобные построения нужны для наглядного представления связей между явлениями и районирования территории по комплексу показателей.

В географических исследованиях часто используют **розы-диаграммы**, наглядно передающие преобладающую ориентировку линейных объектов, например геологических разломов, речных долин, транспортных путей и др. Длина (L_i) каждого луча розы-диаграммы i -го азимута пропорциональна суммарной длине линейных элементов того же азимута:

$$L_i = k \sum_{j=1}^n l_{ij},$$

где k — масштабный коэффициент, l_{ij} — длина j -го линейного элемента данного азимута, а n — число таких элементов. На рис. 17.7 показаны две розы-диаграммы. Одна отражает распределение спрямленных орогидрографических элементов: водоразделов, гряд, уступов, прямых отрезков рек, сквозных долин оврагов и др., а на второй это распределение совмещено с розой-диаграммой текто-

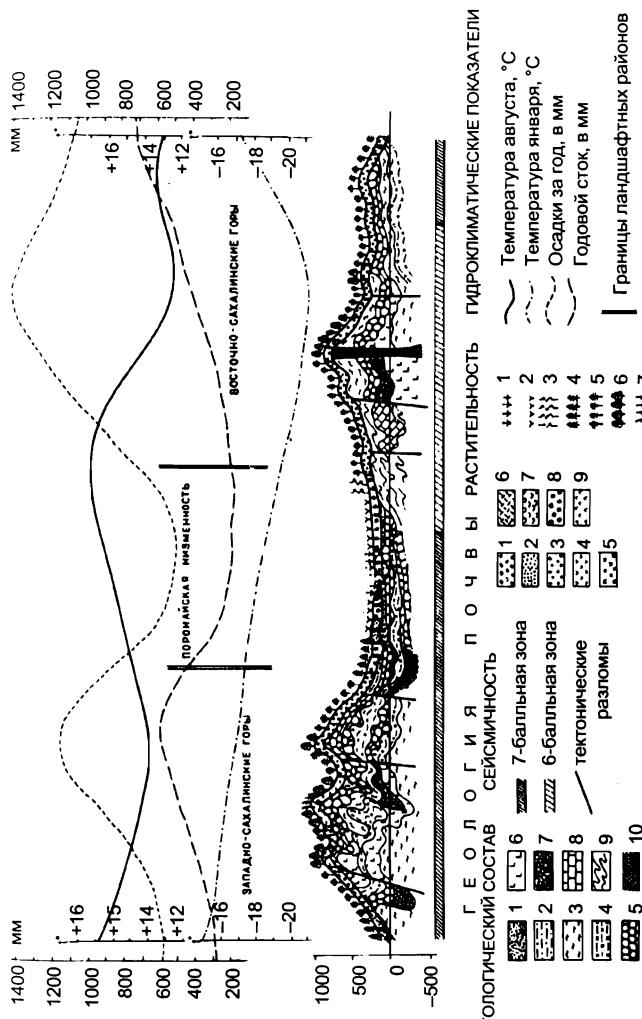


Рис. 17.6. Комплексный профиль поперек острова Сахалин. Составлен по картам Атласа Сахалинской области (1967):

Литологический состав: 1 — галечники и пески; 2 — сулинки; 3 — глины и алевриты; 4 — глинистые сланцы и аргиллиты; 5 — песчаники; 6 — туфы; 7 — конгломераты; 8 — известняки; 9 — сланцы; 10 — угли.

Почвы: 1 — горные бурогипсовые; 2 — бурогипсовые тиличные; 3 — горные лесные; 4 — горные лесные оползенные; 5 — горные бурогипсовые задернованные; 6 — бурогипсовые перстнинчатые; 7 — лугово-глеевые; 8 — торфяно-глеевые; 9 — слабоподзолистые.

Растительность: 1 — пойменная растительность; 2 — верховые сфагновые болота; 3 — лиственничные мари; 4 — еловопихтовые таежные леса; 5 — елово-пихтовые зеленошишные леса; 6 — леса камениной березы; 7 — заросли кедрового стланника.

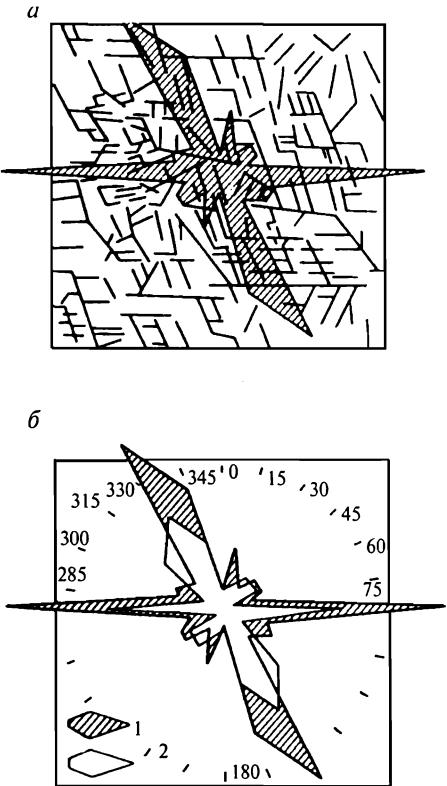


Рис. 17.7. Розы-диаграммы, построенные по топографической и геологической картам:

а — спрямленные элементы орогидографии и построенная по ним роза-диаграмма; *б* — совмещение роз-диаграмм спрямленных элементов орогидографии (1) и тектонической трещиноватости (2).

соотношения, но горизонтальный масштаб блок-диаграммы по всем осям x , y , z остается постоянным, что удобно для измерений.

Другой тип — перспективные блок-диаграммы. В этом случае проектирующие лучи исходят из одной или двух точек, что дает более выразительное изображение. Меняя положение точек перспективы, можно «поворачивать» блок-диаграммы или наклонять их, обеспечивая наиболее выгодный обзор и подчеркивая интересные детали. Однако при хорошей наглядности блок-диаграммы

нических трещин данного района. Первая роза-диаграмма построена по топографической карте, а вторая — по геологической. Их совпадение наглядно свидетельствует о тектонической предопределенности рельефа и речных долин в этом районе.

Связи между явлениями, показанными на картах разной тематики, можно наглядно отразить и проанализировать на **блок-диаграммах**. Наиболее известные геолого-геоморфологические блок-диаграммы показывают соотношения форм рельефа и строения недр, почвенные блок-диаграммы — связь между рельефом, ландшафтами и профилем почвенного покрова, океанологические блок-диаграммы отражают физико-химические свойства водных масс, распределение течений, живых организмов и т.п.

Для построения блок-диаграмм применяют разные виды проектирования (рис. 17.8). Аксонометрические блок-диаграммы проектируют с помощью системы параллельных лучей, как если бы центр проектирования находился в бесконечности. При этом деформируются угловые

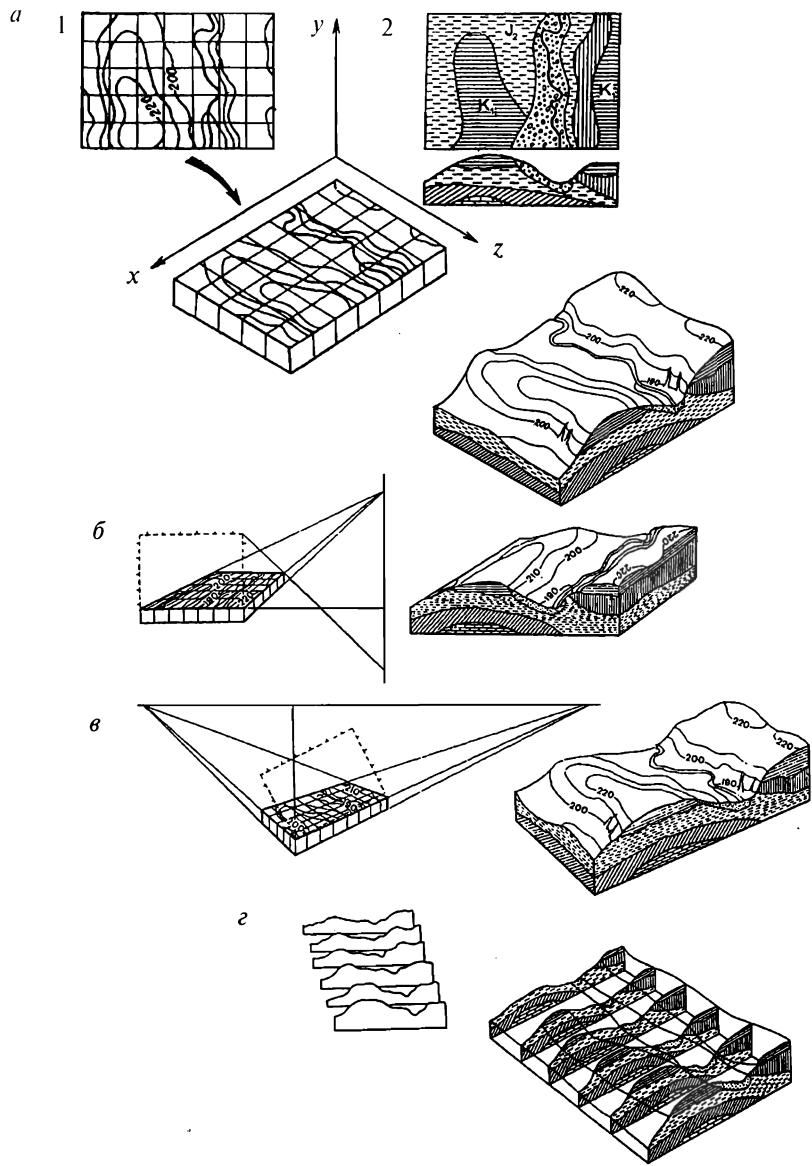


Рис. 17.8. Блок-диаграммы:

а — аксонометрическая (1 и 2 — фрагменты исходных топографической и геологической карт); **б** — перспективная с одной точкой проектирования; **в** — перспективная с двумя точками проектирования; **г** — система параллельных разрезов.

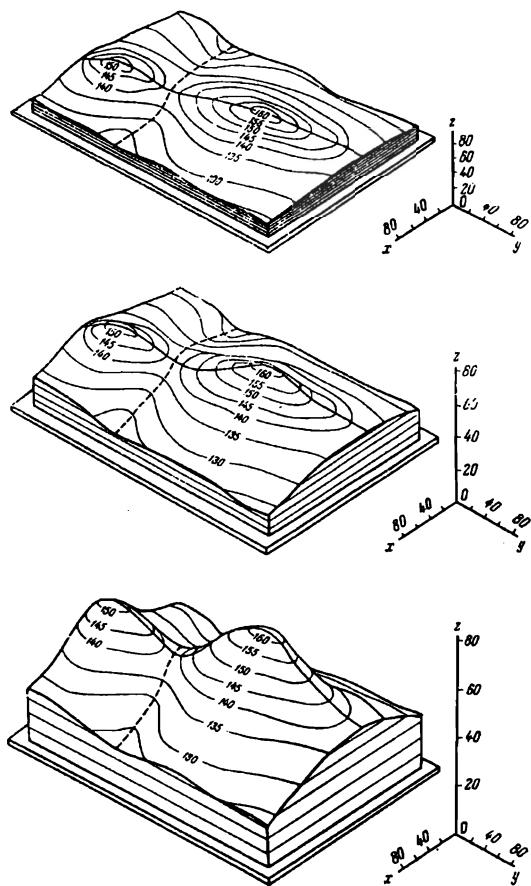


Рис. 17.9. Блок-диаграмма с разными масштабами по вертикали. Растижение по высоте приводит к появлению полей невидимости

с одной и двумя точками перспективы неудобны для измерений, поскольку масштаб меняется по всем осям в соответствии с законами перспективы. Иногда блок-диаграммы получают в виде серии вертикальных сечений или делают в них вырезы для того, чтобы показать внутреннее строение блока.

Масштабы по разным осям блок-диаграмм могут быть неодинаковыми, например, для наглядного изображения рельефа вертикальный масштаб преувеличивают в два-три раза относительно горизонтального. Рельеф становится более выпуклым, все неровности хорошо заметны, однако при этом возникают поля невидимости (рис. 17.9).

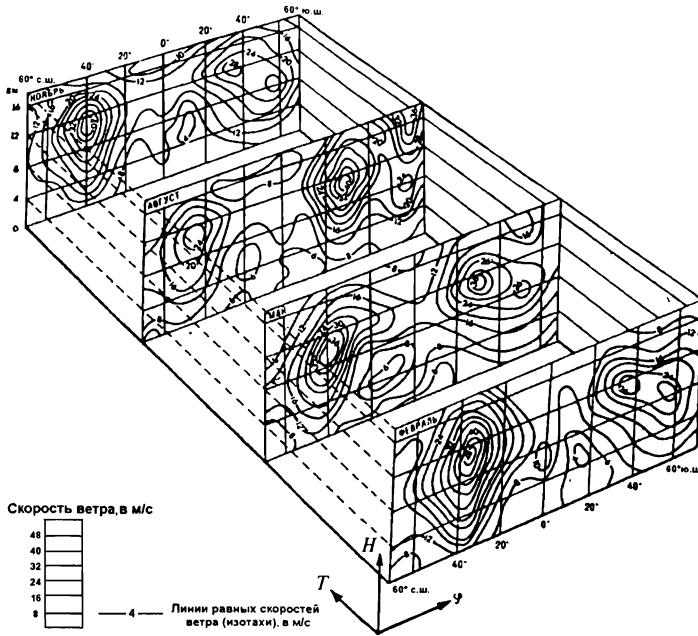


Рис. 17.10. Метахронная блок-диаграмма. Показано распределение скоростей ветра над Тихим океаном на высотах до 16 км (ось H) вдоль 180° в.д. (ϕ) в разные сезоны года (T)

Если по одной из осей задать шкалу времени, то можно построить метахронные блок-диаграммы. Они отразят изменение состояния явлений во времени, например ход средних месячных температур на поверхности. На рис. 17.10 показана метахронная блок-диаграмма, характеризующая распределение скоростей ветра на высоте в разные сезоны года над Тихим океаном вдоль меридиана 180° . Для ее построения сняты данные с карт пяти высотных уровней ($0, 4, 8, 12$ и 16 км над уровнем моря) для четырех месяцев (февраль, май, август, ноябрь). Таким образом, эта метахронная блок-диаграмма синтезирует информацию, полученную с 20 карт.

Для построения блок-диаграмм применяют графопостроители либо выводят трехмерные изображения на экран компьютера. Специальные анимационные программы позволяют варьировать масштабы по любому направлению, подбирать наиболее выгодный ракурс обзора и даже вращать блок-диаграммы на экране, разглядывая их с разных сторон.

К графическим приемам относятся также действия с поверхностями, показанными на разных картах: графическое сложение,

вычитание одной поверхности из другой, умножение на число и др. Этим пользуются при балансовых расчетах, например для оценки объема снесенного эрозией и переотложенного материала, суммарного количества осадков за несколько месяцев и т.п.

17.6. Графоаналитические приемы

Графоаналитические приемы анализа карт — **картометрия и морфометрия** — предназначены для измерения и исчисления по картам количественных показателей размеров, формы и структуры объектов.

Эти приемы наиболее обстоятельно разработаны в картографическом методе исследования. Методы картометрии позволяют непосредственно измерять следующие показатели:

- географические и прямоугольные координаты;
- длины прямых и извилистых линий, расстояния;
- площади;
- объемы;
- вертикальные и горизонтальные углы и угловые величины.

Кроме того, в рамках картометрии исследуется точность измерений по картам.

В отличие от картометрии, морфометрия занимается расчетом показателей формы и структуры объектов. Число их велико — до нескольких сотен — и не поддается обзору. Наиболее употребительны следующие группы показателей и коэффициентов:

- очертания (форма) объектов;
- кривизна линий и поверхностей;
- горизонтальное расчленение поверхностей;
- вертикальное расчленение поверхностей;
- уклоны и градиенты поверхностей;
- плотность, концентрация объектов;
- густота, равномерность сетей;
- сложность, раздробленность, однородность/неоднородность контуров.

Морфометрические показатели вычисляются на основе картографических данных и, как правило, относительны. Например, горизонтальное расчленение — это отношение суммарной длины эрозионных форм к единице площади, извилистость линии — отношение длины кривой к длине плавной огибающей, плотность — число объектов на единицу площади, раздробленность — отношение

ние среднего размера контура к площади целого района и т. д. Чаще всего берется отношение именно к площади, поэтому вопрос о размерах участков, в пределах которых ведутся вычисления тех или иных показателей, очень существен. От этого зависят точность расчета и репрезентативность морфометрических показателей.

Возможны три варианта расчета:

- по регулярной геометрически правильной сетке квадратов, шестиугольников, кружков и т. п. — этот способ удобен тем, что площади ячеек равновелики;
- по естественным ареалам (природным районам, ландшафтам, водосборным бассейнам);
- по ключевым участкам.

В итоге на основе вычисленных показателей составляют морфометрические карты. Многие из них широко известны и даже входят в состав атласов, например морфометрические карты рельефа, плотности населения, густоты дорожной сети и др. Эти карты выполняются в виде изолинейных (точнее, псевдоизолинейных) полей либо в форме картограмм по расчетным ячейкам или ареалам.

Точные картометрические и морфометрические определения довольно трудоемки, требуют специальных инструментов (циркуль-измерителей, планиметров и др.), скрупулезного учета возникающих погрешностей, которые зависят от точности самих карт, применяемых инструментов, ошибок измерений, деформации бумаги, на которой напечатана карта, и многое другое. Все это долгое время затрудняло широкое использование графоаналитических приемов в повседневной практике. Ситуация изменилась с развитием компьютерных технологий и внедрением статистических подходов.

Яркий пример в этом отношении — *измерение длин извилистых линий* (рек, границ, береговых линий и др.), всегда считавшееся очень трудоемкой процедурой. В классической картометрии для этого всегда использовали циркуль-измеритель с малым раствором игл ($k = 2-4$ мм), с помощью которого промерялась извилистая линия (L) на карте, как показано на рис. 17.11. Тогда $L = kn$,

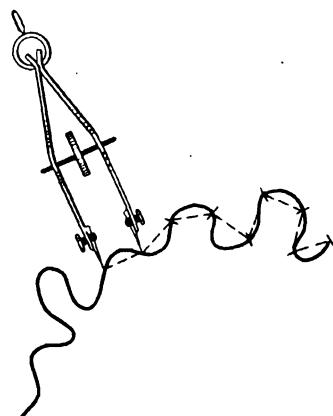


Рис. 17.11. Измерение длин извилистых линий с помощью циркуля-измерителя с малым раствором игл

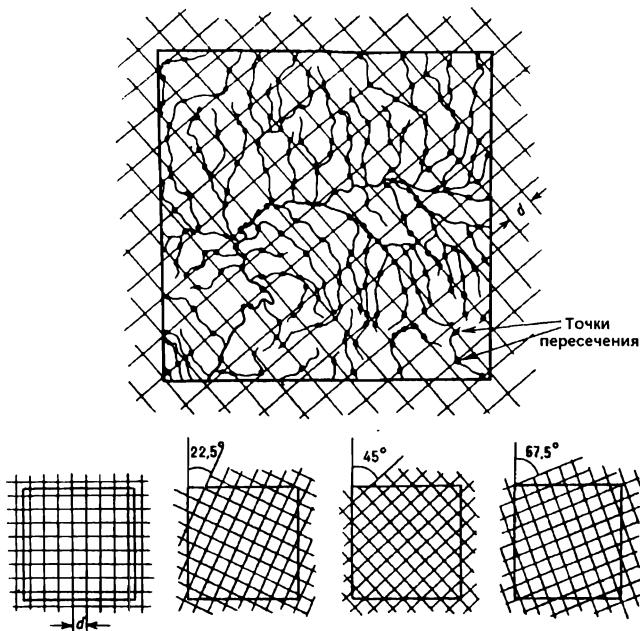


Рис. 17.12. Определение суммарной длины извилистых линий с помощью вероятностной квадратной палетки. Показаны разные положения палетки при четырехкратных измерениях

где n — число отложений (шагов) циркуля. Легко понять, что вместо длины извилистой линии в этом случае получается длина ломаной линии, состоящей из хорд, стягивающих отрезки кривой. Поэтому получаемая длина всегда короче длины измеряемой извилистой линии.

В картометрии существуют десятки эмпирических способов введения поправок и разного рода редукций для коррекции результата. Все они довольно громоздки, трудоемки и в итоге дают относительную погрешность порядка 3–5%. Дело еще более осложняется, если измеряется не одна, а совокупность извилистых линий в пределах некоторого участка, например суммарная длина русел рек в некотором водосборном бассейне.

Иной подход предлагает *вероятностная картометрия*. Ее методы позволяют значительно упростить массовые измерения по картам за счет некоторого снижения точности. Так, для измерений предлагается использовать метод известного французского естествоиспытателя XVIII в. Ж. Бюффона. На измеряемый участок накладывается палетка параллельных линий или квадратов со стороной d , после чего подсчитывается число пересечений (m) линий

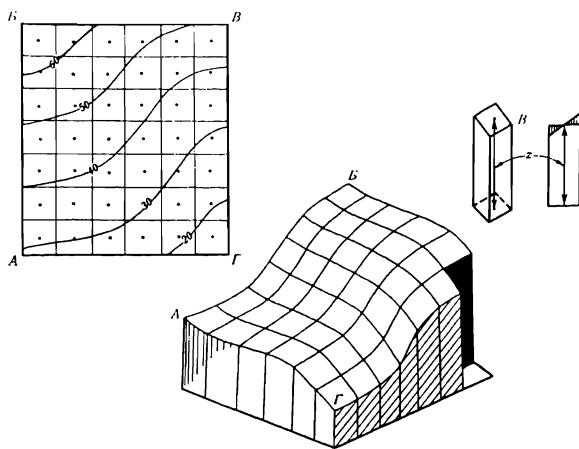


Рис. 17.13. К определению объемов. Участок изолинейной карты, разделенной на квадраты, и блок-диаграмма того же участка

палетки с извилистыми линиями (рис. 17.12). Тогда суммарная длина извилистых линий (Σl) вычисляется на основе достаточно простой вероятностной зависимости:

$$\Sigma l = 0,25 \pi m d.$$

Ясно, что сосчитать число пересечений значительно проще и быстрее, чем «пройти» все извилистые линии циркулем-измерителем.

Опыт показывает, что относительные погрешности при этом составляют в среднем 5% и лишь в редких случаях достигают 10%, что вполне удовлетворяет требованиям многих географических, геологических, экологических задач. Точность измерений можно повысить за счет многократных измерений. В компьютерных технологиях палетки параллельных линий или квадратов заменяются построчным сканированием изображения и фиксацией числа пересечений извилистых линий с линиями сканирования.

Подобные вероятностные способы, исключающие трудоемкие непосредственные измерения по картам, разработаны и для определения площадей и объемов, а это существенно упрощает вычисление многих морфометрических показателей расчленения, густоты, плотности объектов и т.п. На рис. 17.13 изображен участок карты с изолиниями и блок-диаграмма того же участка. Объем блок-диаграммы представлен как объем n -го количества косоусеченных призм с основанием a^2 . Средние высоты (z_{ij}) вычисляются

по карте в центре квадратов с помощью интерполяции между изолиниями. Объем всего тела определяется по формуле:

$$V = a^2 z_1 + a^2 z_2 + \dots + a^2 z_n = a^2 \sum_{j=1}^n l_{ij}.$$

Вероятностные подходы и компьютерные технологии полностью изменили облик современной картометрии и морфометрии, сделав их доступными широкому кругу специалистов.

Одна из характерных черт морфометрии — множественность показателей. Существуют, например, десятки способов характеристики форм (плановых очертаний) объектов, показанных на картах. Чаще всего пытаются аппроксимировать контуры ареалов на карте какими-либо геометрическими фигурами: неправильными многоугольниками, эллипсами, окружностями и т.п., а затем находят их числовые параметры. Например, вычисляют различные соотношения между суммами сторон многоугольников или берут отношение радиусов окружностей — вписанной в контур и описанной вокруг него. Наиболее употребительным, хотя далеко не единственным, **показателем формы** служит коэффициент (f), пропорциональный отношению квадрата периметра объекта (s^2) к его площади (P):

$$f = \frac{s^2}{4\pi P}.$$

Введение в формулу коэффициента $1/4\pi$ позволяет сопоставить форму изучаемого объекта с кругом, показатель формы которого равен единице. Для простых геометрических фигур показатель f принимает следующие значения:

круг —	1,00
шестиугольник —	1,10
квадрат —	1,27
половина круга —	1,34
равносторонний треугольник —	1,65

Таким образом, значение показателя f тем выше, чем больше уклонение рассматриваемой фигуры от формы круга. Этим пользуются для оценки формы ландшафтных, почвенных, зоогеографических и других ареалов, кратеров и иных тектонических структур, островов и т.п.

При оценке кривизны извилистых линий также используется множество показателей. Извилистость русла непохожа на изрезан-

нность морского побережья или на замкнутый контур озера, не сопоставимы извилистость горизонталей и границ почвенных ареалов и т.д. В морфометрии применяют разные показатели (рис. 17.14):

- **относительная извилистость** $\alpha = l / s$, где l — длина линии со всеми извилиниами, s — длина плавной огибающей;
- **извилистость общих очертаний** $\beta = s / d$, где d — длина замыкающей;
- **общая извилистость** $\gamma = \alpha\beta = l / d$;
- **частота извилин** $\delta = l / n$, где n — число извилин на отрезке.

Современная математика предлагает для оценки извилистости линий использовать представления о фракталах. В основе фрактальной геометрии лежит представление об иерархическом самоподобии объектов. Иначе говоря, извилистые линии можно делить на участки, каждый из которых будет подобен всей линии (рис. 17.15). Для определения **фрактальной размерности** (D) линейного объекта необходимо измерить его длину (K) с шагом t . Тогда

$$D = \lim_{t \rightarrow 0} \left(1 - \frac{\log_2 K}{\log_2 t} \right), \text{ при } t > 0.$$

Фрактальная размерность, которая для географических объектов является нецелым числом, может характеризовать степень извилистости этих объектов. Например, размерность береговой линии может быть равна 1,3 или 1,4 и т. п. При этом существенно, что показатель D не зависит от масштаба карты.

Часто употребляемым морфометрическим показателем является **плотность объектов** (Q), т.е. их количество (n) на единицу площади карты (P):

$$Q = \frac{n}{P}.$$

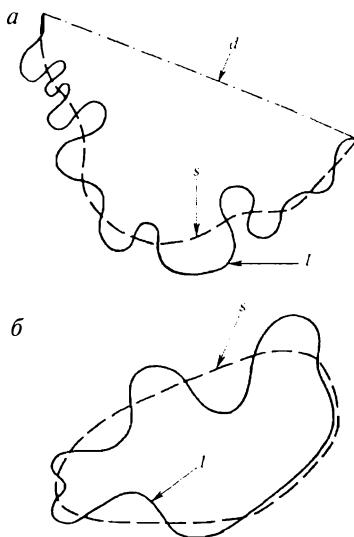


Рис. 17.14. К определению показателей извилистости незамкнутых (а) и замкнутых (б) линий:

l — извилистая линия; s — плавная огибающая; d — замыкающая линия.

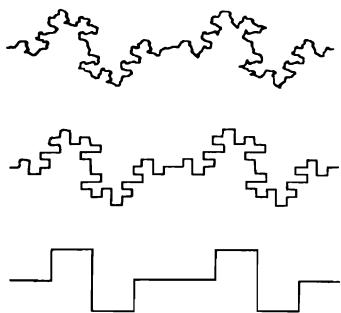


Рис. 17.15. Самоподобные объекты, обладающие фрактальной размерностью

При анализе по карте рельефа и других поверхностей широко применяют показатели горизонтального, вертикального расчленения и уклона (градиента) поверхности.

Горизонтальное расчленение H характеризуется суммарной длиной расчленяющих линий (l), например тальвегов, приходящихся на единицу площади (P):

$$H = \frac{\Sigma l}{P},$$

причем для определения значения Σl удобно воспользоваться методом Бюффона. Тогда

$$H = \frac{0,25\pi md}{P}.$$

Вертикальное расчленение A определяют как разность максимальной и минимальной высот (z) в пределах какого-либо участка, например в речном бассейне:

$$A = z_{\max} - z_{\min}.$$

Средний уклон поверхности (i_{cp}), представленной на карте в изолиниях, вычисляют по формуле:

$$i_{cp} = \operatorname{tg} \alpha_{cp} = \frac{\Delta z \Sigma s}{P},$$

где Δz — высота сечения изолиний, а Σs — суммарная длина в пределах участка P . Если же для определения Σs воспользоваться методом Бюффона, то расчет значительно упрощается:

$$i_{cp} = \operatorname{tg} \alpha_{cp} = \frac{0,25\pi md \Delta z}{P}.$$

Первоначально картометрия и морфометрия развивались применительно к анализу рельефа по топографическим картам (морфометрия рельефа — один из основных разделов геоморфологии), но потом их стали широко использовать в геологии, планетологии, ландшафтovedении, океанологии, экономической географии и географии населения, в экологии. Так сформировалось особое

Таблица 17.1

Разделы и объекты тематической морфометрии

Разделы тематической морфометрии	Основные объекты исследования
Геоморфологическая морфометрия	Формы рельефа суши и морского дна, палеорельеф, морфоструктуры, неотектонические структуры
Структурная морфометрия	Геолого-структурные поверхности, разломы, линеаменты, кольцевые структуры
Геофизическая морфометрия	Геофизические поля, их компоненты, нормальные и аномальные составляющие
Морфометрия планет и небесных тел	Планетарные структуры, рельеф планет, линеаменты, кратеры
Гидрологическая морфометрия (суши)	Структура гидросети, форма, размер гидрографических объектов, рельеф русла рек
Морфометрия морей и океанов	Форма, размер акваторий, структура водных масс, распределение физико-химических параметров вод, биологических ресурсов, размеры загрязнений
Ландшафтometрия	Структура ландшафтной оболочки, конфигурация и распределение ландшафтов
Педометрия (морфометрия почв)	Структура почвенного покрова, форма и распределение почвенных ареалов, почвенно-геохимические аномалии, эрозия почв
Морфометрия растительного покрова	Структура растительного покрова, форма и размеры ареалов растительности, объем биомассы
Эколого-географическая морфометрия	Источники неблагоприятных воздействий на среду, природные и антропогенные факторы загрязнения, структура ареалов загрязнения, пути миграции и потоки загрязнения
Медико-географическая морфометрия	Структура и форма ареалов заболеваний, очаги эпидемий, пути их перемещения
Социально-экономическая морфометрия	Структура расселения, размещение объектов промышленности и сельского хозяйства, конфигурация транспортных сетей, сетей обслуживания и др.

направление — **тематическая морфометрия**. В обобщенном виде разделы и объекты исследования тематической морфометрии представлены в табл. 17.1.

Разнообразие объектов, изображенных на тематических картах, ведет к определенной дифференциации приемов и показателей. Так, в геоморфологии, геологии, геофизике приходится иметь дело главным образом с поверхностями и телами, изображаемыми на изолинейных картах. Ландшафтная, почвенная, геоботаническая морфометрия чаще всего оперируют с ареалами и качественным фоном, а социально-экономическая морфометрия — преимущественно с пунктами и сетями.

17.7. Приемы математико-картографического моделирования

Формализованное картографическое изображение хорошо приспособлено для математического анализа. Как уже упоминалось выше, каждой точке карты с координатами x и y поставлено в соответствие лишь одно значение картографируемого параметра z , а это позволяет представить изображение данного явления как функцию $z = F(x, y)$. В других случаях картографическое изображение удобно представить как поле случайных величин и воспользоваться для его анализа вероятностно-статистическими методами.

В принципе почти все разделы математики применимы для обработки и анализа картографического изображения. Проблема лишь в том, чтобы точно подобрать математическую модель и — главное — дать надежное содержательное истолкование результатам моделирования. Достаточно прочно в картографический анализ вошли некоторые разделы численного анализа, многомерной статистики, теории вероятностей и теории информации.

Аппроксимации. Под аппроксимациями в математике понимают приближение (замену) сложных или неизвестных функций другими, более простыми функциями, свойства которых известны. Любую сложную поверхность (поле), изображенную на изолинейной карте, можно аппроксимировать, т.е. приблизенно представить в виде:

$$z = f(x, y) + \varepsilon,$$

где $f(x, y)$ — некая аппроксимирующая функция, ε — остаток, не поддающийся аппроксимации. Функцию $f(x, y)$ можно далее разложить в ряд, представив уравнение поверхности в виде:

$$z = f_1(x, y) + f_2(x, y) + \dots + f_n(x, y) + \varepsilon,$$

где $f_i(x, y)$ — компоненты разложения, которые предстоит определить. В общем случае для этого с аппроксимируемой карты снимают ряд значений z_i , после чего составляется система уравнений, решаемых совместно по способу наименьших квадратов, то есть так, чтобы

$$\sum \varepsilon_i^2 = \sum [F(x_i, y_i) - f(x_i, y_i)]^2 = \min.$$

Существуют разные способы аппроксимации. Это обычные алгебраические многочлены, ортогональные многочлены Чебышева и Лежандра, которые определенным образом упрощают вычисления, сплайн-функции и др. Не останавливаясь на особенностях математического аппарата, отметим, что во всех случаях задача сводится к тому, чтобы аппроксимирующее уравнение наилучшим образом описывало исходную поверхность, а сумма квадратов отклонений ($\sum \varepsilon_i^2$) была бы минимальна.

На рис. 17.16 показано последовательное улучшение аппроксимаций на примере несложных поверхностей. Аппроксимация 1-го порядка (линейное уравнение) дает плоскость, передающую только общий уклон поверхности, это очень грубое, слишком общее приближение. Поверхность 2-го порядка уже больше похожа на исходную модель, а аппроксимация 3-го порядка (кубическое уравнение) дает достаточно хорошее приближение к исходной поверхности.

Тригонометрические функции позволяют описывать сложные, сильно расчлененные поверхности, а сферические функции применяют, если при вычислениях нельзя пренебречь кривизной земной поверхности. Аппроксимация с помощью двойных рядов Фурье, представленная на рис. 17.17, иллюстрирует постепенное усложнение поверхности за счет добавления двумерных синусоид с разными фазами и амплитудами. Компьютерное моделирование позволяет выполнять подобные аппроксимации для поверхностей любой сложности, вычисляя уравнения высокого порядка, содержащие порой несколько десятков членов разложения.

В исследовательской практике аппроксимации используют для аналитического описания поверхностей (полей), изображенных на картах, и выполнения с ними различных действий: суммирования, вычитания, интегрирования и дифференцирования, для подсчета объемов тел, ограниченных этими поверхностями, и решения множества других задач. Одно из направлений использования аппроксимаций — разложение поверхностей на составляющие, что позволяет выделять и анализировать нормальную и аномальную составляющие в развитии и пространственном размещении явлений (см. раздел 18.2).

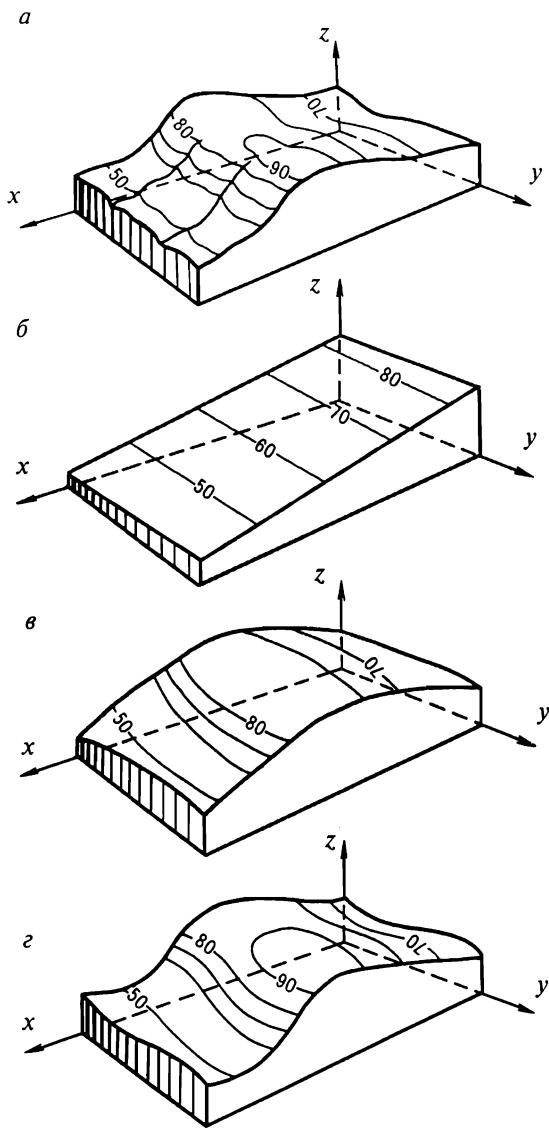


Рис. 17.16. Аппроксимации поверхностей:

а — блок-диаграмма исходной поверхности; б, в, г — блок-диаграммы аппроксимирующих поверхностей соответственно 1, 2 и 3-го порядков.

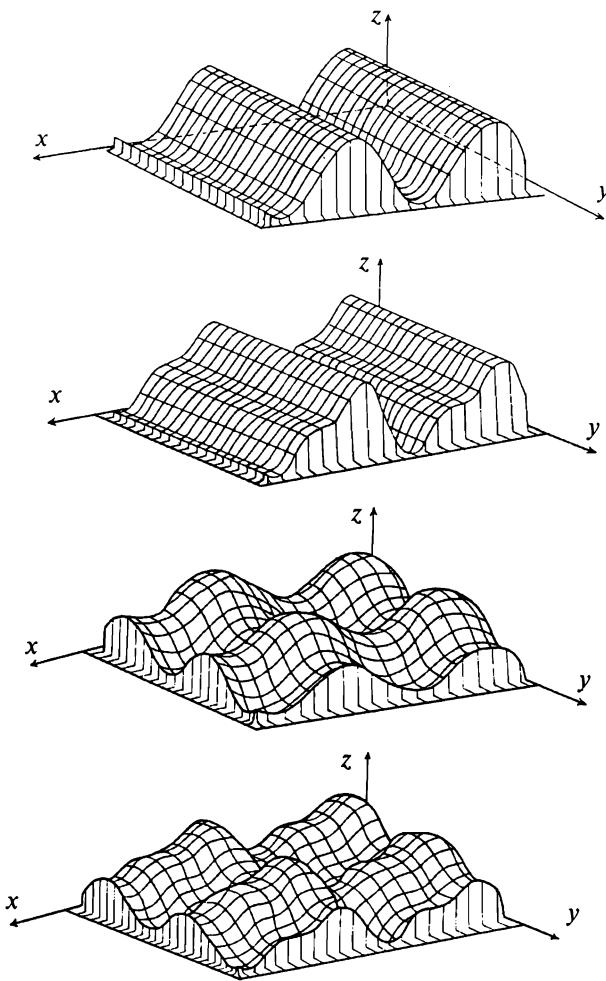


Рис. 17.17. Схема тригонометрической аппроксимации поверхности с помощью последовательного наложения двухмерных синусоидальных волн (по Дж. Дэвису)

Приемы математической статистики. Эта группа приемов математико-картографического моделирования предназначена для изучения по картам пространственных и временных статистических совокупностей и образуемых ими статистических поверхностей.

Статистический анализ картографического изображения предполагает главным образом три цели:

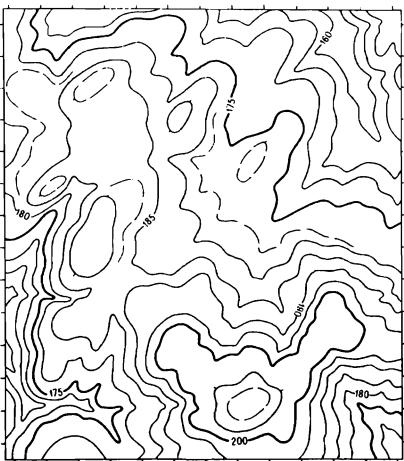
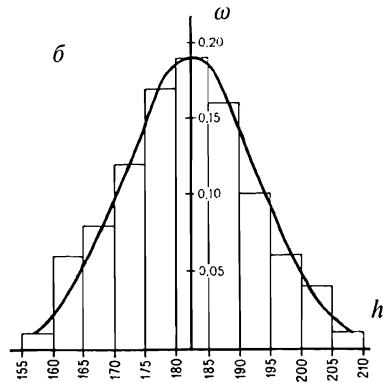
a*б*

Рис. 17.18. Фрагмент карты рельефа (*а*) с сеткой точек регулярной выборки (выходы сетки отмечены на рамке), гистограмма и кривая распределения высот (*б*):

ω — частота; h — высоты рельефа.

- изучение характеристик и функций распределения явления;
- изучение формы и тесноты связей между явлениями;
- оценка степени влияния отдельных факторов на изучаемое явление и выделение ведущих факторов.

В основу всякого статистического исследования кладется **выборка**, т.е. некоторое подмножество однородных величин a_i , снятых с карты по регулярной сетке точек (систематическая выборка), в случайно расположенных точках (случайная выборка), на ключевых участках (ключевая выборка) или по районам (районированная выборка).

Выборочные данные группируют по интервалам, составляют гистограммы распределения (рис. 17.18) и затем вычисляют различные **статистики** — количественные показатели, характеризующие пространственное распределение изучаемого явления. Наиболее употребительные показатели — среднее арифметическое, среднее взвешенное арифметическое, среднее квадратическое, дисперсия, вариация и др. Кроме того, с помощью специальных показателей (критериев согласия) можно оценить соответствие данного конкретного распределения тому или иному теоретическому закону распределения. Например, установить, согласуется ли эмпирическое распределение высот рельефа с кривой нормаль-

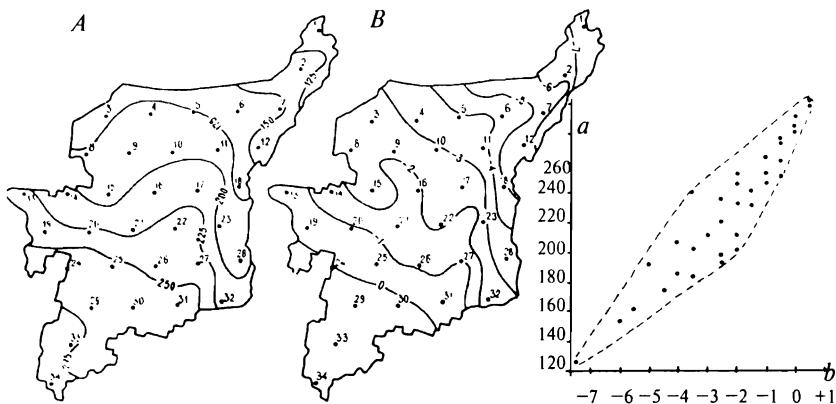


Рис. 17.19. Карты явлений и поле корреляции:

A — карта испарения с сухи (мм/год) для территории Республики Коми;
B — карта средней годовой температуры воздуха (°C) для той же территории.

ного распределения, как это видно на рис. 17.18, или подчиняется какой-то иной функции.

Другая типичная исследовательская задача — оценка взаимосвязи между явлениями — решается с помощью хорошо разработанного в математической статистике аппарата *теории корреляции*. Для этого необходимо иметь выборки по сравниваемым явлениям, показанным на картах разной тематики (например, *A* и *B*). Значения a_i и b_i берут в одних и тех же i -х точках, т.е. строго скординировано, и затем строят график поля корреляции, как показано на рис. 17.19.

Если поле корреляции может быть аппроксимировано прямой, которая называется линией регрессии, то можно приступить к вычислению *коэффициента парной корреляции* (r). Его числовые значения заключены в интервале от $+1 > r > -1$. В пределе при r , равном $+1$ или -1 , существует функциональная прямая или обратная связь. Если r близок к 0 , то связь между явлениями отсутствует, а при $r \geq |0,7|$ связь считается существенной. Коэффициент корреляции рассчитывают по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - M_a)(b_i - M_b)}{n\sigma_a \sigma_b},$$

где a_i и b_i — выборочные данные, полученные по картам *A* и *B*; n — объем выборки (число пар данных); M_a и M_b — соответствующие

значения средних, а σ_a и σ_b — средних квадратических. Они вычисляются по формулам:

$$M_a = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad \text{и} \quad M_b = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{n} ;$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^2}{n} - M_a^2} \quad \text{и} \quad \sigma_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n b_i^2}{n} - M_b^2} .$$

Оценку точности вычисления коэффициента корреляции r по-

лучают по формуле: $m_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}$, из которой следует, что при

прочих равных условиях погрешность вычисления коэффициента корреляции всегда уменьшается с увеличением объема выборки. Отсюда следует, что определение объема выборки — важная проблема при расчете коэффициента корреляции, да и вообще при вычислении всех статистических показателей. Достаточно представительной обычно считается выборка объемом 30–50 значений.

В практике исследований взаимосвязей часто необходимо получить предварительную приближенную оценку коэффициента корреляции. В простых случаях это можно сделать, используя представления о статистических поверхностях. Доказано, что коэффициент корреляции примерно равен косинусу угла α между направлениями наибольших скатов (градиентов) двух сравниваемых статистических поверхностей:

$$r \approx \cos \alpha.$$

Значения заключены в интервале $\cos 0^\circ \geq r \geq \cos 180^\circ$. Если $\alpha = 0^\circ$, что свидетельствует о полном совпадении направлений скатов поверхностей, то $r = \cos 0^\circ = 1$, т.е. между явлениями существует прямая связь. При $\alpha = 180^\circ$ скаты поверхностей направлены в противоположные стороны, $r = \cos 180^\circ = -1$, следовательно, связь высока, но отрицательна, а при $\alpha = 90^\circ$ связь между явлениями отсутствует, поскольку $r = \cos 90^\circ = 0$. На рис. 17.20 представлены две статистические поверхности и показаны направления их наибольших скатов. Угол между ними оказался равен 36° . Тогда $r = \cos 36^\circ = +0,81$. Такие приближенные вычисления особенно удобны при сравнении изолиний карт.

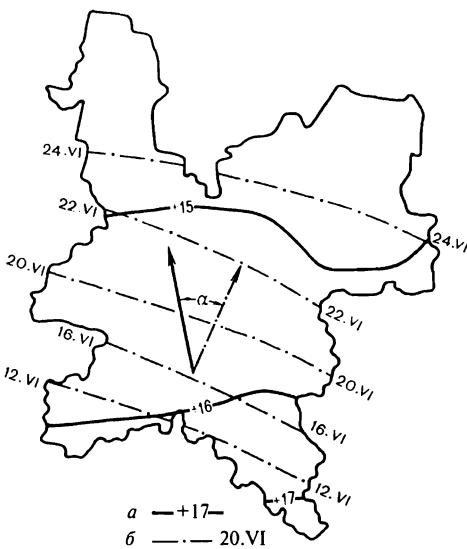


Рис. 17.20. Приближенное определение коэффициента корреляции по косинусу угла между направлениями наибольших скатов статистических поверхностей:

a — изотермы июля в Кировской области; *b* — изолинии дат начала цветения луговых трав.

Для оценки взаимосвязи явлений в тех случаях, когда трудно или невозможно получить большие выборки, используют другой показатель — **ранговый коэффициент корреляции** (γ), который вычисляют по формуле:

$$\gamma = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (p_{a_i} - p_{b_i})^2}{n^3 - n},$$

где p_{a_i} и p_{b_i} — ранги значений, полученных соответственно по картам *A* и *B*, т.е. их порядковые номера в возрастающей последовательности (1, 2, 3 и т.д.), а n — объем выборки.

По смыслу γ аналогичен парному коэффициенту корреляции r . Он изменяется в интервале от -1 до $+1$. При этом не требуется больших объемов выборки, расчеты можно выполнять даже при $n = 3$. К тому же не требуется точных количественных значений a_i и b_i , достаточно знать их ранги. Все это удобно для работы с картограммами, где используются интервальные шкалы, а объем выборки ограничен числом административных районов.

Аппарат теории корреляции достаточно разнообразен, в нем есть показатели, удобные для анализа взаимосвязей по картам ареалов (где явления характеризуются только двумя состояниями «есть» и «нет»), по картам качественного фона (где каждое явление имеет много состояний, но не охарактеризовано количественно). Существуют коэффициенты для расчета криволинейных зависимостей и связей между тремя явлениями (коэффициенты множественной корреляции) и т.п.

Расчет корреляций дает основу для более сложных видов анализа: регрессионного, дисперсионного, факторного и др. Часто при исследованиях ставится задача выделить основные факторы, определяющие развитие и размещение того или иного явления. Эти задачи решает многомерный **факторный анализ**. Он позволяет свести к минимуму (к трем-четырем главным факторам) большие совокупности исходных показателей, характеризующих сложное явление. Уравнение факторного анализа имеет вид:

$$a_p = \sum_{r=1}^n l_{pr} f_r + e_p,$$

где a_p — исходные показатели; f_r — выделенные главные факторы, дающие синтетическую оценку изучаемого явления; l_{pr} — «вес» каждого фактора в этой синтетической оценке («факторная нагрузка») и e_p — остаток, характеризующий неучтенные отклонения.

Приемы теории информации. Эти приемы используют для оценки степени однородности и взаимного соответствия явлений, изучаемых по картам.

Речь идет об использовании основной функции теории информации — **энтропии**. В термодинамике энтропия характеризует степень беспорядка в физической системе, в теории связи — степень неопределенности передаваемых сообщений, а в картографическом анализе эта функция оказалась довольно удобной для оценки степени однородности/неоднородности (разнообразия) картографического изображения.

Энтропией $E(A)$ некоторой системы A называется сумма произведений вероятностей (ω_i) различных состояний этой системы на логарифмы вероятностей, взятая с обратным знаком:

$$E(A) = E(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n) = - \sum_{i=1}^n \omega_i \log_2 \omega_i.$$

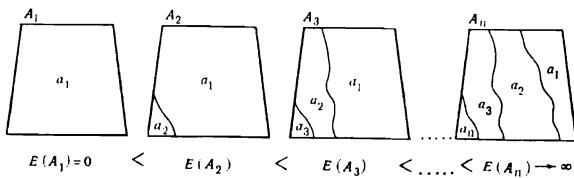
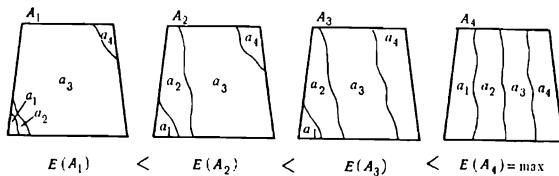
a*b*

Рис. 17.21. Увеличение энтропии $E(A)$ с возрастанием числа контуров на карте (*a*) и изменением соотношения их площадей (*b*)

В теории информации принято брать логарифмы вероятностей при основании 2, что связано с двоичной системой счисления. Смысл функции не изменится, если пользоваться двоичными или натуральными логарифмами. Функция $E(A)$ остается неотрицательной, она обращается в нуль, когда на карте изображен только один контур или выдел (т.е. изображение совершенно однородно), и монотонно возрастает с увеличением числа контуров (n). Это свойство функции энтропии позволяет количественно характеризовать неоднородность картографического изображения (рис. 17.21), понимаемую как разнообразие контуров и неравномерность их распространения по площади (различие величин ω_i).

Кроме того, информационные функции используют для оценки степени взаимного соответствия (совпадения) контуров на разных картах. В этом случае они выполняют роль своеобразных показателей взаимосвязи явлений, наподобие коэффициентов корреляции.



Глава 18

Исследования по картам

18.1. Способы работы с картами

Рассмотренные в предыдущей главе технические приемы используют для работы с отдельными картами либо с сериями карт и комплексными атласами. Исследования по картам выполняют для изучения размещения и пространственно-временной структуры явлений и процессов, их взаимных соотношений и связей, определения тенденций развития и динамики, получения всевозможных количественных характеристик и оценок, проведения районирования и классификаций, прогноза изменений во времени и пространстве.

Способы работы с картами подразделяют следующим образом:

Анализ отдельной карты

- Изучение картографического изображения без его преобразования, т.е. анализ карты в том виде, в каком она есть.
- Преобразование картографического изображения с целью приведения его в вид, более удобный для данного конкретного исследования.
- Разложение картографического изображения на составляющие — особый вид преобразования, применяемый для выделения нормальной и аномальной (фоновой и остаточной) компонент развития и размещения явлений и процессов.

Анализ серий карт

- Сравнение карт разной тематики с целью установления взаимосвязей и зависимостей между явлениями.
- Сопоставление разновременных карт для изучения динамики и эволюции явлений и процессов, для составления прогнозов их развития во времени.
- Изучение карт-аналогов для обнаружения общих закономерностей распространения явлений и процессов на разных территориях.

Исследования по картам, как и любые другие исследования, включают несколько этапов:

- постановка задачи — формулирование цели, выделение подзадач, определение требований к точности;
- подготовка к исследованию — выбор картографических источников, методов, технических средств, алгоритмов и т.п.;
- собственно исследование — получение предварительных, а затем окончательных результатов, их оценка, создание новых карт;
- интерпретация результатов — содержательный анализ, формулирование выводов и рекомендаций, оценка их надежности.

Исследования по картам — это всегда более или менее формализованная процедура. На всех этапах ей должен сопутствовать содержательный географический анализ получаемых результатов, соотнесение их с реальной ситуацией и, если необходимо, корректировка самой процедуры исследования.

18.2. Изучение структуры

Изучение по картам структуры явлений и процессов — это выявление и анализ их элементов, размещения в пространстве, конфигурации, порядка (уровня) и иерархии. Конечная цель исследования всегда состоит в познании пространственной организации геосистем, их генезиса, раскрытии механизма функционирования.

Один из наиболее информативных способов изучения структуры — **анализ конфигурации картографических образов**, т.е. изучение геометрического рисунка изображения. По внешнему облику объекта часто можно судить о его морфологии, генезисе, о факторах, сформировавших тот или иной объект. На рис. 18.1 показаны некоторые типичные конфигурации географических объектов, по виду которых можно сделать предположения об их генезисе. Так, параллельный рисунок гидрографической сети, скорее всего, свидетельствует о системе трещиноватости того же простирания, которой подчинены речные долины, а радиальное растекание водотоков — о куполообразном тектоническом поднятии. Древовидная конфигурация почвенных контуров означает их приуроченность к долинам рек, а веерный рисунок характерен для природных объектов, формирующихся на дельтах, и т.д.

Картографический метод позволяет эффективно выявлять **пространственные закономерности и аномалии**, т.е. типичные, устой-

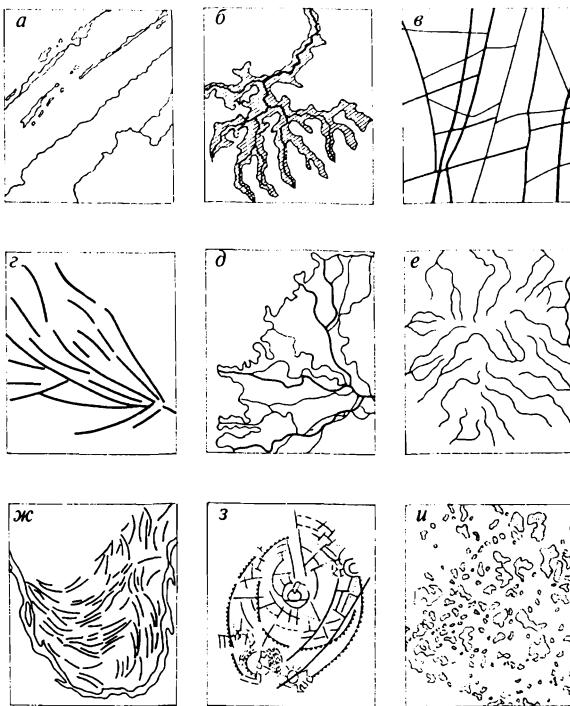


Рис. 18.1. Типичные конфигурации объектов на тематических картах природы:

а — параллельный рисунок (гидросеть Приобского плато); *б* — древовидный рисунок (почвенные ареалы в долине р. Игрит); *в* — решетчатый рисунок (разломы в Предбайкалье); *г* — веерный рисунок (разрывные нарушения в Восточном Саяне); *д* — веерный рисунок (дельта р. Селенги); *е* — радиальный рисунок (речная сеть на Путоранском сводовом поднятии); *ж* — дугообразный рисунок (пойменные гривы в излучине р. Вилой); *з* — кольцевой рисунок (тектонические структуры в Казахстане); *и* — пятнистый рисунок (пятна талых и мерзлых пород в Якутии).

чивые, широко распространенные структуры и отклонения от них. Карты, обладающие большой обзорностью как бы специально предназначены для выявления общих закономерностей глобального и регионального уровней. В значительной степени этому способствует и генерализация, освобождающая изображение от мелочей, деталей и выпукло проявляющая главные, наиболее существенные черты.

Напомним, что именно благодаря обзорности карт были установлены такие важнейшие закономерности географической структуры, как зональность, сеть планетарных линеаментов, единая система срединно-океанических хребтов и рифтовых зон, структу-



Рис. 18.2. Основные линеаменты северо-западного и северо-восточного простираций, выявляемые по физической карте Севера Русской равнины

ра центральных мест и т.п. Глобальные системы линеаментов можно обнаружить при внимательном анализе карт любого масштаба. На общегеографической карте Севера Русской равнины (рис. 18.2) отчетливо проявлена система северо-западных и северо-восточных линеаментов. Им подчиняются береговые линии морей и озер, направления водоразделов и речных долин. Таковы очертания Кольского полуострова, берега Белого и Печорского морей, вытянутые озера Карелии, долины рек Северной Двины, Онеги, Мезени, Вашки, Сухоны, Вычегды, Печоры, Усы, Тиманский кряж, Северный Урал, хребет Пай-Хой и другие крупные оро- и гидрографические элементы. Все это — отражение системы трещиноватости, охватывающей всю планету и обязанной своим происхождением ротационным напряжениям, возникающим на Земном шаре. Интересно, что аналогичные системы северо-западных и северо-восточных линеаментов можно видеть и на картах других планет земной группы. Это, по-видимому, общая закономерность планетарного рельефа.

На фоне закономерностей нередко удается подметить аномалии, и глаз опыта исследователя сравнительно легко их распознает. В качестве иллюстрации на рис. 18.3 показана уникальная для Севера Русской равнины широтная орографическая аномалия в полосе между 65° и 66° с.ш. Словно глубокая борозда прорезает

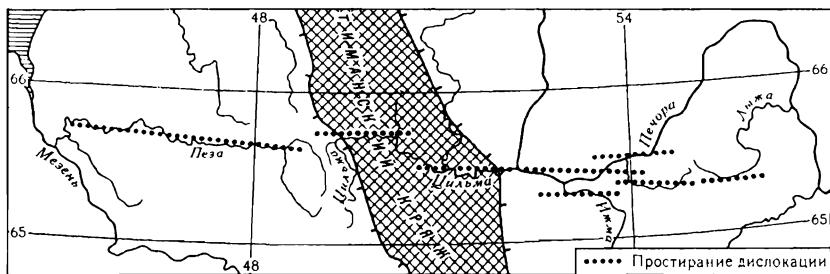


Рис. 18.3. Речная сеть в районе Транстиманской дислокации. Точечным пунктиром показано простирание дислокации

Тиманский кряж, и в ней расположены долины рек Пезы, Цильмы, Печоры. Она аномальна по отношению к господствующим здесь северо-западным линеаментам. Так проявлена в рельефе глубинная Транстиманская тектоническая дислокация.

Изучая структуру явлений, часто стараются отделить основные компоненты от второстепенных. Отделить аномалии от фона помогает операция *разложения картографического изображения на составляющие*, которую можно выполнить с помощью осреднения, аппроксимации или фильтрации. В задаче о разложении принимается, что показанное на карте явление (z) представляет собой результат совокупного влияния основного, наиболее значительного, фонового фактора (z_ϕ), зависящего от причин регионального, а иногда даже глобального масштаба, и дополнительных факторов (z_o), накладывающихся на общий фон и усложняющих картину. Их называют остаточными или аномальными:

$$z = z_\phi + z_o, \text{ причем } (z_\phi \gg z_o).$$

Примерами могут служить ареалы повышенного радиационного загрязнения на фоне допустимых значений, локальные поднятия и опускания на фоне региональных тектонических движений, местные климатические особенности, накладывающиеся на зональные закономерности и т.п.

Самый простой способ разложения — графическое осреднение. Для этого на исходной карте размещают сетку регулярных точек, так как показано на рис. 18.4, в центре каждой шестиугольной ячейки вычисляют значение скользящей средней (z_ϕ), как среднее из значений вершин и центра ячейки: $z_\phi = \frac{1}{7} S z_i$. На изолинейной карте, построенной по значениям z_ϕ , отражена осредненная **фоновая поверхность**, передающая главные, наиболее крупные черты структуры. Если далее в каждой точке взять разности между факти-

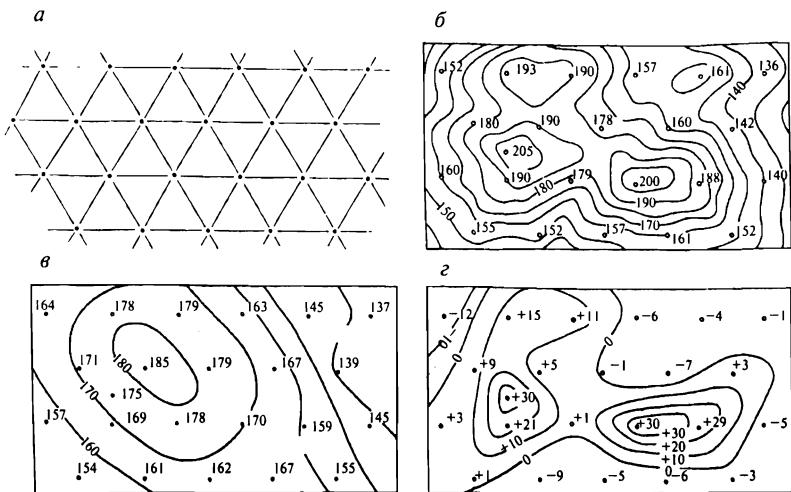


Рис. 18.4. Графическое разложение поверхности на составляющие:

а — гексагональная сетка, по которой осуществляется усреднение; б — исходная поверхность с отметками высот; в — усредненная фоновая поверхность с осредненными значениями высот; г — остаточная поверхность с величинами отклонений исходной поверхности от фоновой.

ческим и осредненным значением $z_o = z_i - z_\phi$ и провести по ним изолинии, то получится **остаточная поверхность**, показывающая размещение аномалий, отклонений, второстепенных деталей.

Аналогичный эффект разложения на составляющие достигается и при расчете аппроксимирующей поверхности и отклонений от нее фактической исходной поверхности. При этом предполагается, что фоновая составляющая описывается некоторой неслучайной функцией, а неучтенные отклонения от нее соответствуют остаточной поверхности. Иначе говоря, члены аппроксимирующего уравнения приравниваются к членам уравнения разложения на составляющие:

$$z = f(x, y) + \varepsilon = z_\phi + z_o.$$

На рис. 18.5 представлена карта осадков теплого периода года на территории Республики Коми и результаты ее разложения на фоновую поверхность 1-го порядка и остаточную поверхность. Карта фоновой поверхности передает общее увеличение количества осадков в направлении на юго-восток, что может быть связано с трансформацией масс арктического воздуха по мере их продвижения в глубь материка. А карта остаточной поверхности показывает отклонения от этой закономерности, в частности резкое увеличение

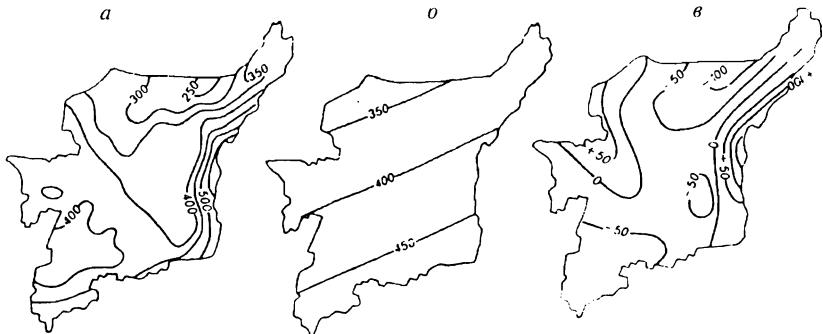


Рис. 18.5. Карта осадков теплого периода (в мм) на территории Республики Коми (а) и карты фоновой (б) и остаточной (в) поверхностей, полученные в результате аппроксимации уравнением 1-го порядка

количества осадков на западных склонах Урала и в районе Тиманского кряжа.

Углубленное изучение структуры явлений нередко требует преобразования картографического изображения, т.е. трансформирования его с целью создания производных карт и получения по ним новой информации. Различают несколько видов преобразований.

Вычленение, т.е. выделение на карте интересующих исследователя компонентов сложной геосистемы и снятие прочих деталей. Выделенные элементы предстают в наглядной и удобной для данного исследования форме, например в виде системы спрямленных элементов рельефа и гидрографии, как на рис. 18.2.

Схематизация — устранение второстепенных деталей изображения и представление картографического изображения в упрощенном виде. Так, при схематизации гипсометрического изображения и снятии деталей эрозионного расчленения проявляется основная первично-тектоническая структура рельефа (рис. 18.6).

Детализация — преобразование противоположного вида, имеющее целью сделать изображение более подробным. Например, на топографической карте можно детализировать изображение эрозионной сети, проведя по изгибам горизонталей тальверги временных водотоков.

Континуализация — замена дискретного картографического изображения непрерывным, что обычно связано с введением понятия «географическое поле». Например, карту тектонических трещин преобразуют в псевдоизолинейную карту поля трещиноватости (рис. 18.7), карту расселения — в карту плотности населения, карты размещения лесов — в карту лесистости и т.п. Такие преобразования дают представление об абстрактном рельефе явления, на производных

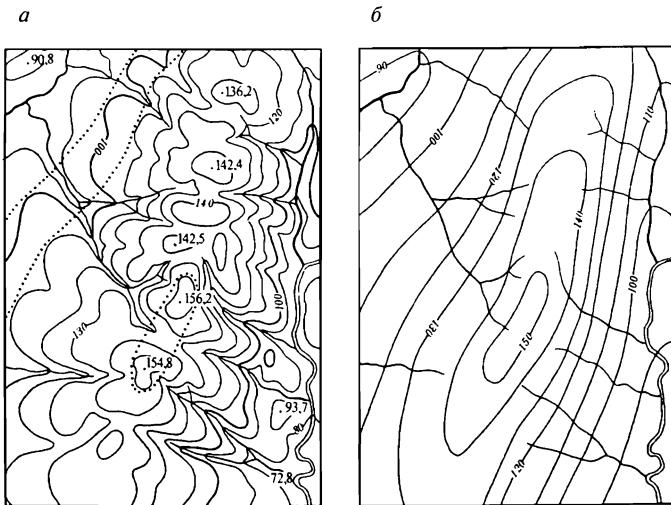


Рис. 18.6. Схематизация. Преобразование карты современного рельефа в карту морфоизогипс:

а — современный рельеф; *б* — восстановленный «первичный» рельеф; точечным пунктиром показано обобщение некоторых горизонталей.

картах хорошо читаются максимумы и минимумы распределения, их удобно коррелировать с другими изолинейными картами.

Дискретизация — обратное преобразование, имеющее целью перевод непрерывного изображения в дискретную форму. Хорошим примером может служить интерполярование по сетке точек при создании цифровых моделей по картам с изолиниями или по картограммам.

Средствами подобных преобразований часто служат **графические операторы** — сетки равномерно или неравномерно расположенных точек, геометрических ячеек, в каждой из которых производят пересчет исходных данных и получают производные показатели. Если ячейки (квадраты, кружки и др.) перекрываются по площади, то их называют **скользящими операторами**. Примеры наиболее типичных операторов показаны на рис. 18.8.

Преобразования подразделяют на однократные и многократные. В свою очередь, многократные преобразования бывают параллельными и последовательными. При параллельных преобразованиях по исходной карте *A* получают сразу несколько производных карт *A* → (*B*, *C* ... *N*). Например, по топографической карте строят карты расчленения рельефа, уклонов, экспозиции склонов и др. В других случаях карту *A* последовательно преобразуют в карту *B*, ее, в свою

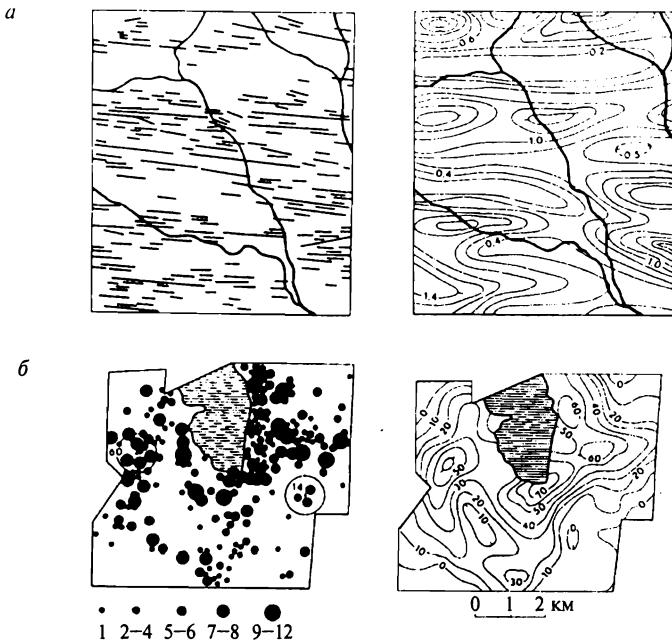


Рис. 18.7. Континуализация:

a — преобразование карты трещин широтного простирания в карту поля трещиноватости ($\text{км}/\text{км}^2$); *б* — преобразование карты размещения тетеревиных птиц в карту их плотности; значками показано число птиц, а на изолинейной карте — их плотность на 1 км^2 .

очередь, — в карту *C*, и так далее: *A* → *B* → *C* → ... → *N*. Допустим, по карте рельефа строят сперва карту глубины расчленения, затем последовательно — производные карты интенсивности смыва, эрозионной опасности, почвозащитных мероприятий и т.п. При изучении структуры сложных явлений часто применяют *древовидные преобразования*, сочетая параллельные и последовательные варианты.

18.3. Изучение взаимосвязей

Анализ и количественная оценка внутренних и внешних связей и взаимозависимостей между геосистемами, их подсистемами и отдельными компонентами — одна из центральных задач в науках о Земле. В их решении картографическому методу принадлежит коронная роль благодаря поистине неисчерпаемому разнообразию карт всевозможной тематики. По ним удобно оценивать изменчивость связей в пространстве, выделять основные и

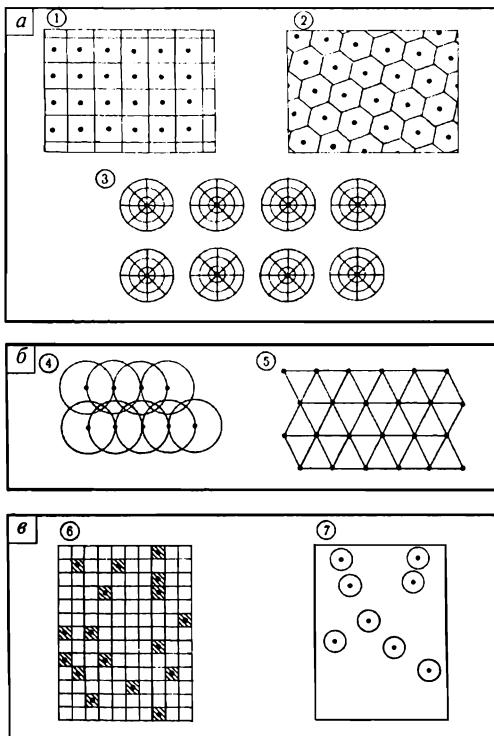


Рис. 18.8. Операторы (сетки и палетки), применяемые для преобразования картографического изображения:

a — регулярные неперекрывающиеся операторы: 1 — квадратная сетка; 2 — гексагональная сетка; 3 — радиально-концентрическая палетка; *b* — регулярные перекрывающиеся (скользящие) операторы: 4 — скользящие кружки; 5 — перекрывающиеся шестиугольники; *c* — нерегулярные операторы: 6 — случайно выбранные квадраты; 7 — избирательно взятые кружки.

второстепенные зависимости, а также выполнять индикационные исследования, т.е. предсказывать размещение одних (индицируемых) явлений по другим (индикаторам).

Для изучения взаимосвязей используют широкий арсенал технических приемов. Самые простые среди них — визуальный анализ и описание взаимосвязей. Из графических приемов эффективно совмещение контуров анализируемых явлений на общей основе — **графический оверлей**, в результате чего выявляют совпадающие, частично совпадающие и совсем несовпадающие контуры. Они трактуются как отражение взаимосвязей различной силы.

Многие зависимости наглядно видны на комплексных профлях и разрезах, на совмещенных розах-диаграммах (см. рис. 17.6 и

17.7), составленных по сериям карт, а также на блок-диаграммах и метахронных диаграммах.

Конечно, наилучшие возможности для изучения и количественной оценки взаимосвязей явлений предоставляет аппарат теории корреляции и информационный анализ: коэффициенты корреляции, показатели взаимного соответствия и др. (см. раздел 17.7).

Следует иметь в виду одну важную особенность картографического метода исследования.

При сравнении карт связь явлений всегда проявляется через соответствие картографических изображений.

Однако предположение о том, что чем больше степень совпадения контуров или сходство рисунка изолиний, тем сильнее зависимость между явлениями, не всегда справедливо. Случается, что пространственное соответствие можно наблюдать и между явлениями, не зависимыми или очень слабо зависимыми друг от друга. Например, на картах горных территорий часто бросается в глаза согласованность рисунка изолиний самых разных явлений, например распределения температур и осадков, созревания сельскохозяйственных культур, плотности населения и т.п. Формальный расчет коэффициента корреляции может привести к парадоксальным выводам, например, на рис. 18.9 показано высокое соответствие между плотностью населения и датами зацветания картофеля. Разумеется, при высокой статистической корреляции причинно-следственная связь между этими явлениями отсутствует, изолинии на обеих картах лишь повторяют изогипсы рельефа. Этот пример показывает, насколько осторожно следует подходить к содержательной интерпретации соответствия картографических образов. Только географический анализ причинно-следственных отношений позволяет окончательно судить о реальных зависимостях между явлениями.

При исследовании геосистем важнейший момент составляет прослеживание изменения взаимосвязей по территории, от места к месту, выявление зон, где связи сильны и где они ослабеваются или совсем отсутствуют. Для этого создают специальные **карты взаимосвязей**, отражающие их пространственное варьирование. В зависимости от способа построения получают разные типы таких карт:

- **карты районирования по степени взаимного соответствия**, составляемые путем графического оверлея и оконтуривания районов полного и частичного соответствий;
- **картограммы взаимосвязей**, где показатели корреляции рассчитаны по единицам территориального деления, обычно по административным районам;

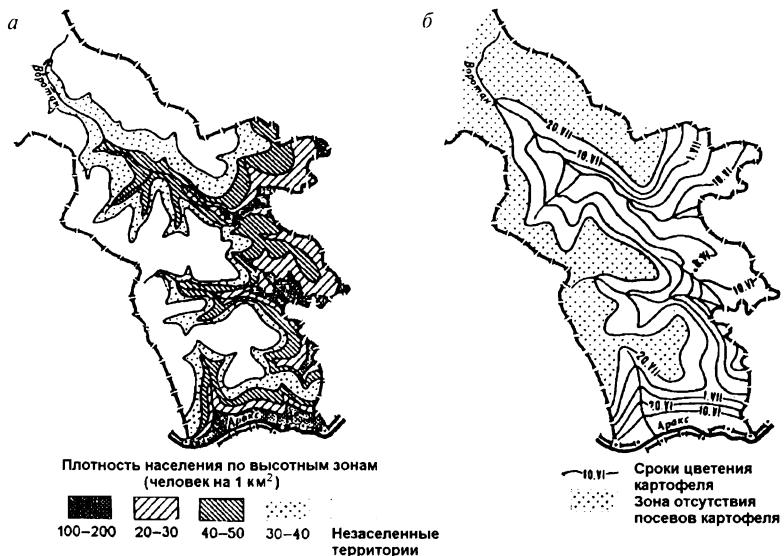


Рис. 18.9. Сходство картографических изображений при отсутствии причинной связи между явлениями (Южная Армения):

a — плотность сельского населения; *б* — цветение картофеля.

- **карты изокоррелят**, на которых проведены изолинии равных коэффициентов корреляции по данным, вычисленным в ячейках регулярной или нерегулярной сетки;
- **карты энтропии контуров**, на которых взаимное соответствие явлений оценивается с помощью показателя энтропии для каждого отдельного контура, ареала, ландшафтного выдела, водосборного бассейна.

Чем подробнее и детальнее показано варьирование взаимосвязей от места к месту, тем интереснее карта для пространственного анализа. Например, представленная на рис. 18.10 карта изокоррелят значительно детальнее, чем картограмма характеризует взаимное соответствие густоты речной сети и годового стока на территории Азербайджана. Видны территории, где связь высока (горные районы Большого и Малого Кавказа) и где она практически отсутствует (Кура-Араксинская низменность). При рассмотрении любой из этих двух карт становится ясно, насколько бесполезен с географической точки зрения расчет единого коэффициента корреляции для всей территории республики: в этом случае оказались бы смешаны высокие и низкие корреляции, а их пространственная дифференциация осталась бы нераскрытой.

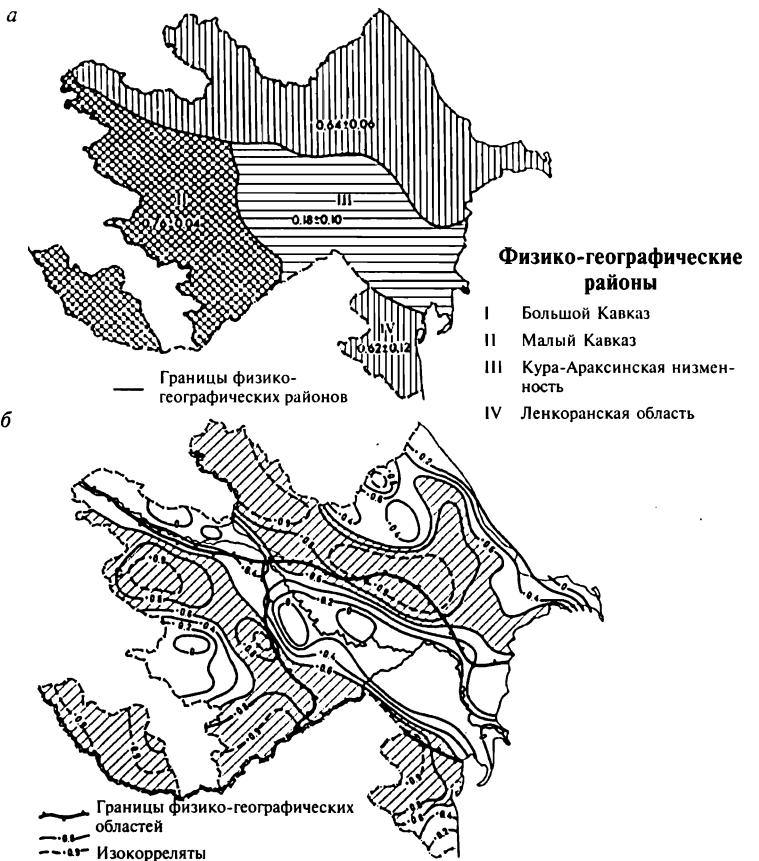


Рис. 18.10. Корреляционные карты, отражающие связь между густотой речной сети и средним годовым стоком (Азербайджан):

а — картограмма корреляций, составленная по физико-географическим районам; *б* — карта изокоррелят (линий равных корреляций); заштрихованы области высоких положительных корреляций.

18.4. Изучение динамики

Для изучения динамики явлений и процессов, т.е. их возникновения, развития, изменения во времени и перемещения в пространстве, используют разновременные карты, на которых одни и те же объекты изображены в разные моменты времени. К разновременным относятся карты, составленные и изданные в разные годы (например, старые и современные топографические карты), либо карты, составленные одновременно, но фиксирующие разные момен-

ты времени (помесечные карты температур), а также карты-реконструкции (палеогеографические, историко-географические и т. п.).

Сравнивая карты, на которых явления представлены в моменты времени t_1 , t_2 , , t_n , можно выявить изменения, произошедшие за любой промежуток Δt , и картометрически оценить приращения расстояний, площадей, объемов ($\pm \Delta s$, $\pm \Delta p$, $\pm \Delta v$ и т. д.). По разновременным картам устанавливают не только величины изменений, но и их направления, оцениваемые векторами, и среднюю скорость. Во многом анализ разновременных карт похож на повторные инструментальные съемки местности. А всяким повторным наблюдениям присущи два допущения: во-первых, за величину всех перемещений принимается алгебраическая сумма всех перемещений за анализируемый промежуток времени, а во-вторых, скорость изменений принимается постоянной без резких ускорений или замедлений.

Очень ценными документами для анализа естественной и антропогенной (техногенной) динамики геосистем служат старые топографические карты и планы. В России государственные топографические съемки были начаты петровскими геодезистами в 1720 г., а в 1765 г. начались работы по генеральному межеванию «земель всей империи». Они охватили почти всю европейскую часть страны. Сегодня сравнение этих карт с современными топографическими картами позволяет получить точные сведения об изменениях всех компонентов ландшафта, развитии сети дорог и населенных пунктов. Многие европейские государства также располагают старыми картами высокой точности, отражающими облик местности, начиная с эпохи Средневековья.

По разновременным картам изучают изменения разных типов:

- медленные изменения (например, тектонические движения, смещения береговых линий или русел рек), для выявления которых необходимы карты, разделенные большими промежутками времени (рис. 18.11);

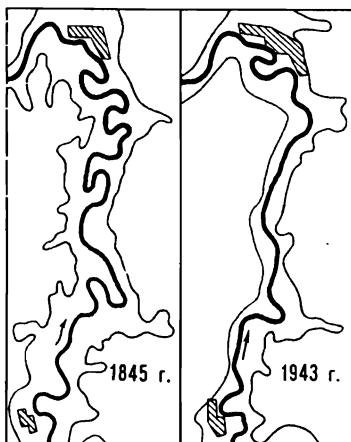


Рис. 18.11. Изменение извилистости русла р. Ай в Башкирии почти за сто лет, обнаруженнное при сопоставлении старой одноверстной карты (1845) и современной топографической карты масштаба 1:50 000 (1943). Карты приведены к одному масштабу

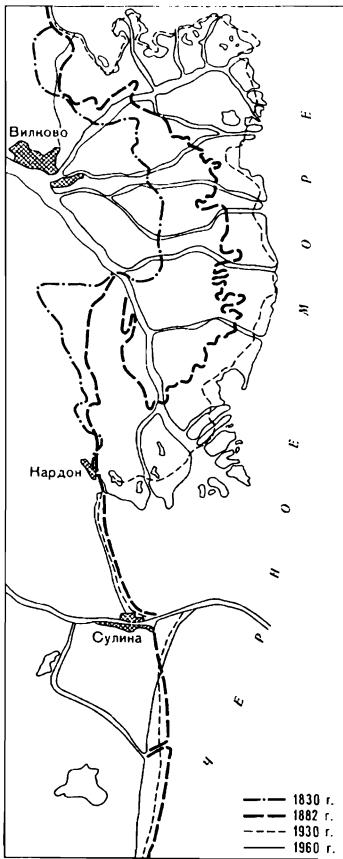


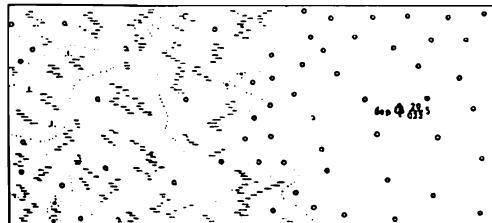
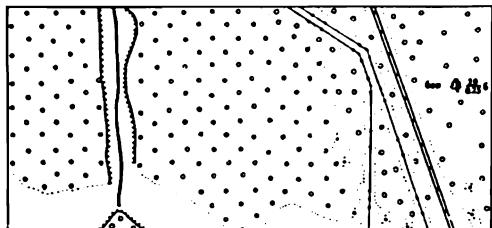
Рис. 18.12. Прирост дельты р. Дунай по данным топографических съемок, выполненных в разные годы

- ◆ быстрые изменения (смена синоптической обстановки, экологической ситуации и т.п.), анализ которых можно проводить только по сериям карт, разделенным малыми временными интервалами;
- ◆ периодические и циклические изменения (сезонные, фенологические явления и др.) — в этом случае привлекают разновременные карты, отражающие характерные фазы развития явления или процесса;
- ◆ эпизодические и катастрофические изменения или замещения (землетрясения, сход лавин, появление гарей на месте лесов) — для их изучения необходимы карты, фиксирующие моменты до и после наступления явления.

Результаты сравнения чаще всего представляют, просто совмещая контуры явлений на разные даты. Так, например, составлена карта прироста дельты Дуная за 130 лет (рис. 18.12). По ней удобно выполнять картометрические определения, подсчитывать величину и среднюю скорость прироста дельты и др.

Другой способ отображения динамики — составление карт разности состояния явления на разные даты. Так можно показать, например, прирост населения по районам или изменение урожайности сельскохозяйственных культур на посевных площадях.

Один из самых наглядных способов представления результатов анализа разновременных источников — составление **карт ареалов изменения явлений**. Это достигается путем графического оверлея, т.е. совмещения двух карт (прошлого и современного состояния) на общей основе. На рис. 18.13 показаны две разновременные карты: на первой отражен природный ландшафт, а на второй — тот же ландшафт через 25 лет, подвергшийся значительному антропогенному воздействию. Легенда карты ареалов изменений дана в мат-

a*б**в**г*

	1	2	3	4	5
1					
Лес					
Лес заболоченный					
Поросли					
Поросль заболоченная					
Болото моховое					
Болото с карпиковым лесом					

Дороги и линии электропередачи

Рис. 18.13. Составление карты изменения ландшафтов на основе сопоставления разновременных карт:

а — природный ландшафт; *б* — антропогенно измененный ландшафт; *в* — антропогенная трансформация ландшафта за 25 лет; *г* — табличная легенда, где цифрами обозначены номера контуров и их трансформация.

ричной форме, она характеризует смену состояния каждого ландшафта или его сохранность. Такая карта удобна для количественной оценки трансформации ландшафтов и степени хозяйственного освоения территории.

18.5. Картографические прогнозы

Сравнение карт разной тематики и разновременных позволяет перейти к прогнозам на основе выявленных взаимосвязей и тенденций развития явлений.

В истории картографии известны замечательные случаи, когда картографические прогнозы приводили к открытиям неизвестных земель. Так, офицер российского флота Н. Г. Шиллинг, анализируя по картам движение арктических льдов, высказал в 1865 г. предположение о существовании неизвестного архипелага, который вскоре был открыт австрийцами и получил название Земли Франца-Иосифа. А в 1924 г. полярный исследователь и океанограф В. Ю. Визе также на основе картографического анализа предсказал открытие острова, который через шесть лет был нанесен на карту экспедицией на ледоколе «Седов» и назван именем Визе. Впоследствии океанолог Вс. Березкин, составив карту динамических течений в Карском море, предсказал открытие островов Уединения и Ушакова. Все эти удивительные прогнозы были сделаны по картам, в тиши рабочих кабинетов, что называется, «на кончике пера».

В науках о Земле и обществе прогноз понимается по-разному. Географы и экологи обычно трактуют его как предвидение будущих ситуаций, геологи — как предсказание неизвестных структур и месторождений полезных ископаемых, а экономисты и социологи — как выявление тенденций развития. Картографический метод сближает эти подходы. *Прогноз по картам рассматривается как изучение явлений и процессов, недоступных современному непосредственному исследованию.* Это означает, что прогнозирование не ограничивается гипотезами о развитии явлений или процессов в будущем. Можно прогнозировать и современные, но еще не известные явления, например нефтегазоносность территории или состояние недр Марса. Существенно лишь то, что предсказываемое явление недоступно прямому изучению в настоящее время.

В основе прогноза лежат *картографические экстраполяции*, понимаемые в широком смысле как распространение закономерностей, полученных в ходе картографического анализа какого-либо явления, на неизученную часть этого явления, на другую территорию и (или) на будущее время. Картографические экстраполяции,

как и любые другие (математические, логические), не универсальны. Их достоинство в том, что они хорошо приспособлены для прогнозирования и пространственных, и временных закономерностей. В практике прогнозирования по картам широко применяют также известные в географии методы аналогий, индикации, экспертивные оценки, расчет статистических регрессий и др.

Существуют три вида прогнозов по картам:

- ◆ прогноз во времени, основанный на экстраполяции динамических тенденций, выявленных по разновременным картам;
- ◆ прогноз в пространстве, опирающийся на взаимосвязи и аналогии, установленные по картам разной тематики;
- ◆ пространственно-временной прогноз, сочетающий оба названные выше вида прогноза и позволяющий предсказать тенденции развития и эволюции явления в прогнозируемом пространстве.

При картографической экстраполяции особое значение приобретают карты фоновых поверхностей (см. раздел 18.2). С их помощью можно предсказать главные, определяющие, фоновые черты явления, не вдаваясь в детали, частности и возможные случайные отклонения. Карты фоновых поверхностей в равной мере пригодны для прогноза во времени и в пространстве. Так, имея серию фоновых поверхностей ФП-А, ФП-В ... ФП-Н, можно с помощью регрессионных моделей экстраполировать поверхность ФП-Н+Q, где N+Q — прогнозируемая поверхность (если дается прогноз в пространстве) или прогнозируемое состояние (если речь идет о прогнозе во времени). Кроме того, модели фоновых поверхностей применимы и для интерполяции. По серии карт ФП-А, ФП-В ... ФП-Н можно рассчитать поверхность ФП-К, где значение K находится в интервале; A < K < N.

Географические прогнозы во времени классифицируют по упреждению или заблаговременности. Различают прогнозы долгосрочные (несколько десятилетий), среднесрочные (10–15 лет), краткосрочные (три–пять лет) и сверхкраткосрочные (менее 1 года). Это деление, однако, достаточно условно. Многое зависит от природы самого явления. Скажем, прогноз погоды или урожайности на год вперед — это долгосрочный прогноз, а для эрозионных процессов или неотектонических движений и 10–20 лет — короткий срок.

Достоверность прогнозных карт зависит от заблаговременности и дальности экстраполяции, от характера самого явления, его стабильности, подвижности, цикличности, от достоверности и полноты исходных карт, а также от устойчивости выявленных тенденций, тесноты взаимосвязей, что во многом определяется са-

мой методикой прогнозирования. В зависимости от степени достоверности прогнозные карты подразделяют на карты предварительного, вероятного прогноза и весьма вероятного прогноза, а также карты перспективного расчета.

18.6. О надежности исследований по картам

Надежность картографического метода — это его способность обеспечивать верное решение поставленной задачи.

Иными словами, чем ближе к истине полученный результат, тем надежнее исследование. Оценка надежности — довольно сложная и часто неопределенная задача, поскольку погрешность результата зависит от многих причин, из которых одни определяют, пользуясь методами теории ошибок, картометрии и математической статистики, а другие не имеют точных оценок, и судить о них можно лишь в зависимости от навыка, опыта, научной зрелости исследователя и других субъективных факторов.

Многообразие научных и практических задач, решаемых с помощью картографического метода исследования, всякий раз требует особого подхода к оценке надежности, поэтому универсальные критерии вряд ли применимы. Тем не менее можно указать причины и основные *источники ошибок*:

- ◆ **концептуальные** — неточность, неполнота и другие недостатки исходных концепций, неточность интерпретации результатов;
- ◆ **коммуникационные** — ошибки исполнителей, непонимание или неправильное восприятие мыслей, идей, нечеткость формулировок задания, выводов;
- ◆ **географические** — неопределенность или условность пространственных границ и временных пределов самих объектов, изучаемых по картам, приближенные представления о тенденциях их изменения во времени и пространстве и т.п.;
- ◆ **картографические** — неточность карт, по которым ведутся исследования, их неполнота, устарелость;
- ◆ **технические** — погрешности измерений, несовершенство инструментов и оборудования, алгоритмов и программ, незащищенность баз данных.

Многие неточности и ошибки неизбежны, но исследователь всегда должен пытаться учесть их. Важно помнить, что ошибки и неточности появляются на всех этапах исследования — при поста-

новке задач, подготовительных работах, в процессе проведения самого исследования и на заключительном этапе интерпретации результатов.

По точности получаемых результатов все исследования по картам делят на три группы.

Точные исследования, при которых измерения и вычисления выполняют с максимально возможной точностью. При этом стараются тщательно учесть и исключить все ошибки, проводят неоднократные контрольные измерения и независимые вычисления. Например, при точных исследованиях погрешности измерения длин и площадей по картам не должны превышать 1%, а углов — 1°.

Исследования средней точности, когда по условиям работы принимается, что ошибка результата не должна превышать определенного допустимого предела. Тогда погрешности, которые меньше заданной точности, вообще не учитываются, что снижает трудоемкость и сроки работ. Заметим, что избыточная точность, не оправданная практическими целями исследования, — это серьезный методический просчет. Погрешности определения длин и площадей при измерениях средней точности доходят до 3–5 %, а углов — до 3°. В географических исследованиях, как показывает опыт, такой уровень точности оказывается вполне приемлемым.

Приближенные исследования, выполняемые с невысокой точностью, обычно нужны для предварительных оценок и прикидок. Их проводят без использования точных инструментов, часто визуальным путем. Ошибки измерения длин и площадей при этом составляют 6–10%, а углов — до 8°. Приближенные определения позволяют правильно спланировать дальнейшие, более точные исследования.



Глава 19

Картография и геоинформатика

19.1. Геоинформатика — наука, технология, производство

Как уже было сказано, геоинформатика существует в трех ипостасях — как наука, техника и производство, и это достаточно типичная ситуация в условиях научно-технического прогресса, сближающего науку и производство. Это триединство: наука — технология — производство — является одним из факторов, интегрирующим картографию и геоинформатику.

Геоинформатика как научная дисциплина изучает природные и социально-экономические геосистемы посредством компьютерного моделирования на основе баз данных и баз знаний.

Вместе с картографией и другими науками о Земле геоинформатика исследует процессы и явления, происходящие в геосистемах, но пользуется для этого своими средствами и методами. Главными из них являются компьютерное моделирование и геоинформационное картографирование.

Основные цели геоинформатики как науки — это *управление геосистемами* в широком понимании, включая их инвентаризацию, оценку, прогнозирование, оптимизацию и т.п. Для картографии особенно важен заложенный в геоинформатике комплексный подход к изучаемым явлениям и ее проблемная ориентация. В структуре геоинформатики различаются такие разделы, как теория геосистемного моделирования, методы пространственного анализа и прикладная геоинформатика.

С другой стороны, геоинформатика — это технология сбора, хранения, преобразования, отображения и распространения

пространственно-координированных данных. ГИС-технологии обеспечивают анализ геоинформации и принятие решений.

Наконец, геоинформатика как производство (геоинформационная индустрия) — это изготовление аппаратуры, создание коммерческих программных ГИС-пакетов, баз данных, систем управления, компьютерных систем. К этой сфере примыкают формирование ГИС-инфраструктуры и организация маркетинга.

Картография и геоинформатика взаимодействуют по многим направлениям. Они объединены организационно, поскольку государственные картографические службы и частные фирмы занимаются одновременно и геоинформационной деятельностью. Сформировалось особое направление высшего геоинформационно-картографического образования.

Единство двух отраслей науки и техники определяется следующими факторами:

- общегеографические и тематические карты — главный источник пространственной информации о природе, хозяйстве, социальной сфере, экологической обстановке;
- системы координат и разграфка, принятые в картографии, служат основой для географической локализации всех данных в ГИС;
- карты — основное средство интерпретации и организации данных дистанционного зондирования и любой другой информации, поступающей, обрабатываемой и хранимой в ГИС;
- геоинформационные технологии, используемые для изучения пространственно-временной структуры, связей и динамики геосистем, в основном опираются на методы картографического анализа и математико-картографического моделирования;
- картографические изображения — самая целесообразная форма представления геоинформации потребителям, а составление карт — одна из основных функций ГИС.

Существуют разные точки зрения на взаимоотношения картографии, геоинформатики и тесно сопряженного с ними дистанционного зондирования. Одни исследователи полагают, что началом всего является дистанционное зондирование, на него опираются геоинформатика и ГИС и далее происходит выход на картографию. Другие придерживаются мнения, что дистанционное зондирование и ГИС предстают как подсистемы, входящие в систему картографии. Третьи, напротив, рассматривают картографию и дистанционное зондирование как подсистемы, входящие в геоинформатику и ГИС.

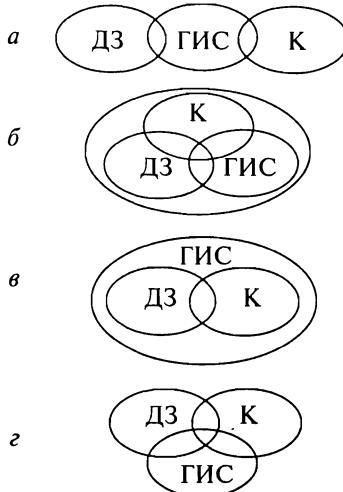


Рис. 19.1. Модели соотношения картографии (К), дистанционного зондирования (ДЗ) и геоинформационных систем (ГИС):
 а — линейная модель; б — доминирование картографии; в — доминирование геоинформационных систем; г — модель тройного взаимодействия.

Наиболее реалистичной признается модель взаимодействия, в которой ни одна из сфер не является доминирующей (рис. 19.1г). Они перекрываются и тесно взаимодействуют между собой в процессе получения, обработки и анализа пространственной информации.

19.2. Географические информационные системы

В конце XX в. благодаря активной автоматизации и компьютеризации картография стала держательницей и распорядительницей огромных массивов информации о важнейших аспектах существования, взаимодействия и функционирования природы и общества. Информатизация проникла во все сферы науки и практики — от школьного образования до высокой государственной политики.

В науках о Земле на базе информационных технологий созданы **географические информационные системы (ГИС)** — особые аппаратно-программные комплексы, обеспечивающие сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-ко-

ординированных данных. Одна из основных функций ГИС — создание и использование компьютерных и электронных карт, атласов и других картографических произведений.

Первые ГИС были созданы в Канаде, США и Швеции для изучения природных ресурсов в середине 60-х годов, а сейчас в промышленно развитых странах существуют тысячи ГИС, используемых в экономике, политике, экологии, управлении и охране природных ресурсов, кадастре, науке и образовании и т. д. Они интегрируют картографическую информацию, данные дистанционного зондирования и экологического мониторинга, статистики и переписи, гидрометеорологические наблюдения, экспедиционные материалы, результаты бурения и др.

В создании ГИС участвуют многие международные организации (ООН, ЮНЕСКО, Программа по окружающей среде и др.), правительственные учреждения, министерства и ведомства, картографические, геологические и земельные службы, частные фирмы, научно-исследовательские институты и университеты. На разработку ГИС затрачиваются значительные финансовые средства, в деле участвуют целые отрасли промышленности, создается разветвленная геоинформационная инфраструктура. Во многих странах образованы национальные и региональные органы, в задачи которых входит развитие ГИС и автоматизированного картографирования, а также определение государственной политики в области геоинформатики.

В государственных программах России большое внимание уделяется развитию геоинформационных технологий для картографирования, а также созданию ГИС разного ранга и назначения для целей управления. В крупнейших городах России — Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Новосибирске, Иркутске и Хабаровске — созданы центры геоинформации. К ним привязывают местные ГИС и центры сбора аэрокосмических данных. В единую ГИС-инфраструктуру России постепенно включают базы и банки данных научных институтов и университетов.

Принято различать следующие территориальные уровни ГИС и соответствующие им масштабы (табл. 19.1).

ГИС подразделяют и по проблемной ориентации (тематике). Созданы специализированные земельные информационные системы (ЗИС), кадастровые (КИС), экологические (ЭГИС), учебные, морские и многие иные ГИС. Одни из наиболее распространенных в географии — ГИС ресурсного типа. Они создаются на основе обширных и разнообразных по тематике информационных массивов и предназначены для инвентаризации, оценки, охраны

Таблица 19.1

Территориальные уровни ГИС

Вид ГИС	Охват территории	Масштабы
Глобальные	$5 \times 10^8 \text{ км}^2$	1:1 000 000–1:100 000 000
Национальные	$10^4\text{--}10^7 \text{ км}^2$	1:1 000 000–1:10 000 000
Региональные	$10^3\text{--}10^5 \text{ км}^2$	1:100 000–1:2 500 000
Муниципальные	10^3 км^2	1:1 000–1:50 000
Локальные (заповедники, национальные парки и др.)	$10^2\text{--}10^3 \text{ км}^2$	1:1 000–1:100 000

и рационального использования ресурсов, прогноза результатов их эксплуатации.

19.3. Структура и подсистемы ГИС

К обязательным признакам ГИС относятся:

- географическая (пространственная) привязка данных;
- генерирование новой информации на основе синтеза имеющихся данных;
- отражение пространственно-временных связей объектов;
- обеспечение принятия решений;
- возможность оперативного обновления баз данных за счет вновь поступающей информации.

Структуру ГИС обычно представляют как набор информационных слоев (рис. 19.2). К примеру, самый первый базовый слой содержит данные о рельефе, затем следуют слои гидрографии, дорожной сети, населенных пунктов, почв, растительного покрова, распространения загрязняющих веществ и т.д. Условно эти слои можно рассматривать в виде «этажерки», на каждой полочке которой хранится карта или цифровая информация по определенной теме.

В процессе решения поставленных задач слои анализируют по отдельности или совместно в разных комбинациях, выполняют их взаимное наложение (**оверлей**) и районирование, рассчитывают корреляции и т.п. Скажем, по данным о рельефе можно построить производный слой углов наклона местности, по данным о дорожной сети и населенных пунктах — рассчитать степень обеспеченности территории дорожной сетью и сформировать новый слой.

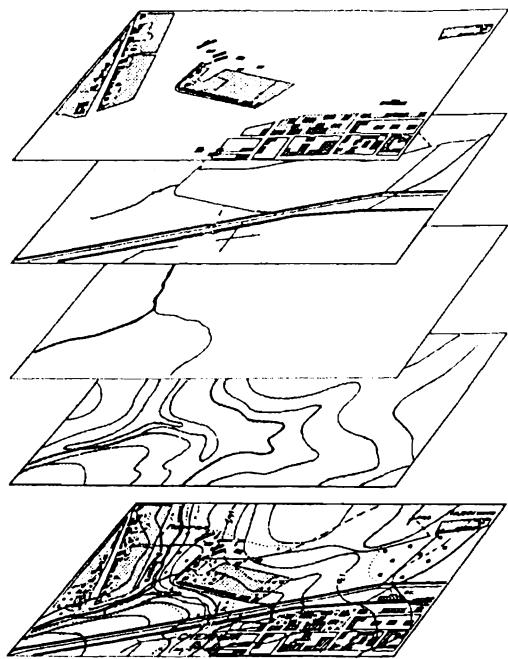


Рис. 19.2. Принцип расположения информационных слоев в географической информационной системе. Внизу — совмещение слоев

На рис. 19.3 представлено изображение на экране, показывающее в качестве примера тематику разделов ГИС «Черное море» — международной ГИС, созданной для обеспечения принятия решений по охране ресурсов Черноморского бассейна. Нажатие кнопок меню на экране вызывает соответствующий тематический раздел (геология, физическая океанография, рыбные ресурсы и т.п.). Затем с помощью меню в этом разделе выбирают интересующие карты и анализируют их порознь или совместно, сопоставляют друг с другом, вычисляют количественные параметры в любой точке акватории. Можно получать данные и для какого-либо одного заданного пункта по всем слоям сразу. Кроме того, есть возможность составлять производные слои, например вычислять температурные градиенты или составлять корреляционные карты. На рис. 19.4 проиллюстрирован расчет скользящего показателя связи по двум картам Черного моря: соленость и температура поверхностного слоя для одного и того же срока (март). В результате построена карта изокоррелят (принцип ее составления рассмотрен в разделе 3). На карте видны поля положительных корреляций в западной и сев-

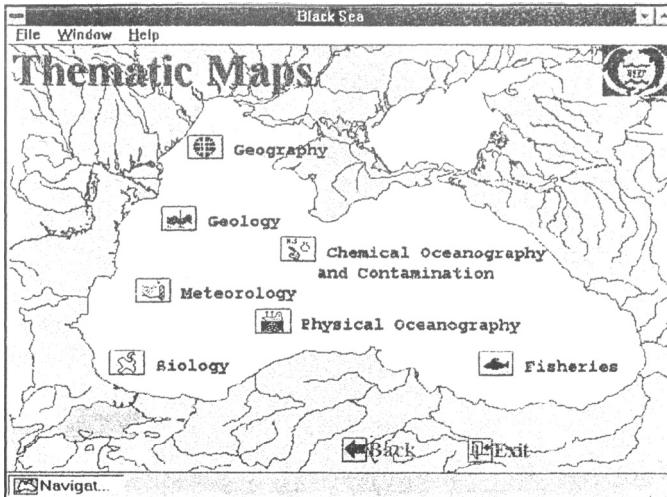


Рис. 19.3. Экран «Тематические карты» ГИС—«Черное море»

ро-западной части акватории и значительные отрицательные корреляции — в восточной части.

При создании ГИС главное внимание всегда уделяют выбору географической основы и *базовой карты*, которая служит каркасом для последующей привязки, совмещения и координирования всех данных, поступающих в ГИС, для взаимного согласования информационных слоев и последующего анализа с применением оверлея. В зависимости от тематики и проблемной ориентации ГИС в качестве базовых могут быть избраны следующие основы:

- ◆ карты административно-территориального деления;
- ◆ топографические и общегеографические карты;
- ◆ кадастровые карты и планы;
- ◆ фотокарты и фотопортреты местности;
- ◆ ландшафтные карты;
- ◆ карты природного районирования и схемы природных контуров;
- ◆ карты использования земель.

Возможны и комбинации указанных основ, например ландшафтных карт с топографическими или фотокарт с картами использования земель и т.п. В каждом конкретном случае выбор и дополнительная подготовка базовой карты (например, ее разгрузка или нанесение дополнительной информации) составляют центральную задачу этапа географо-картографического обоснования ГИС.

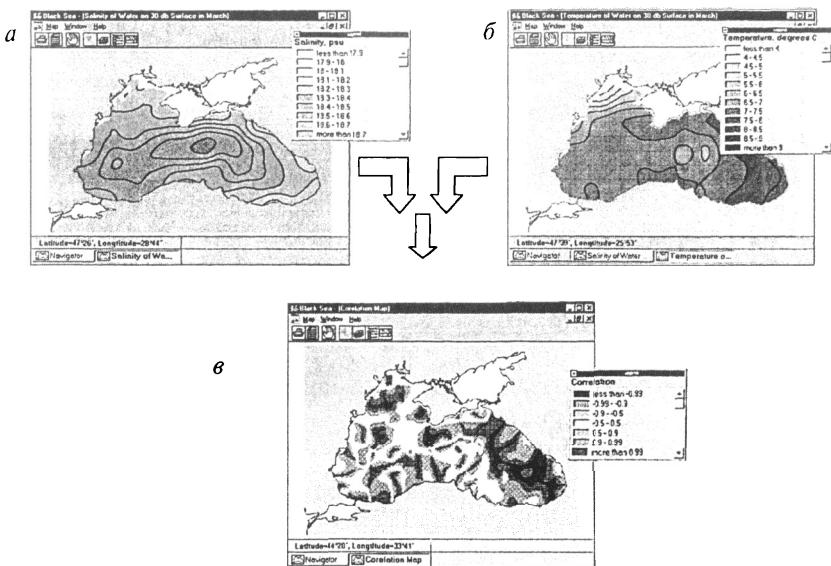


Рис. 19.4. Картографирование пространственных корреляций с помощью ГИС:

а и б — исходные карты солености и температуры поверхностных вод Черного моря; в — карта изокоррелят.

Сердцевину всякой ГИС составляет *автоматизированная картографическая система (АКС) — комплекс приборов и программных средств, обеспечивающих создание и использование карт*. АКС, как и ГИС в целом, состоит из ряда подсистем, важнейшими из которых являются подсистемы ввода, обработки и вывода информации (рис. 19.5).

Подсистема ввода информации — это устройства для преобразования пространственной информации в цифровую форму и ввода ее в память компьютера или в базы данных. Для цифрования применяют *цифрователи* (дигитайзеры) и *сканеры*. С помощью цифрователей на исходной карте прослеживают и обводят контуры и другие графические обозначения, а в память компьютера при этом поступают текущие координаты этих контуров, линий или отдельных точек в цифровой форме. Сам процесс прослеживания оператор выполняет вручную, с чем связаны большая трудоемкость работ и возникновение ошибок за счет обвода линий. Сканеры же осуществляют автоматическое считывание информации последовательно по всему полю карты, строка за строкой. Сама карта размещается на планшете или на барабане. Сканирование выполняется быстро и точно, но прихо-

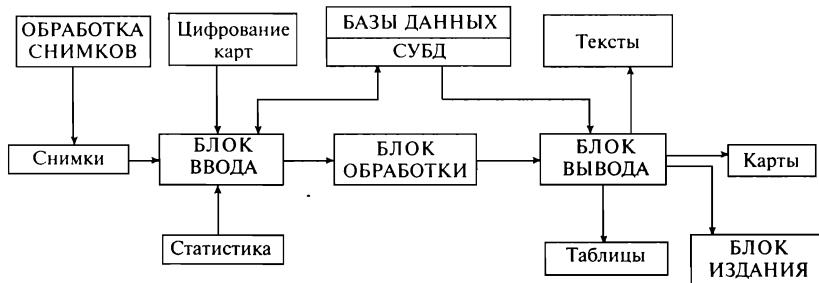


Рис. 19.5. Структура ГИС

дится дополнительно разделять (распознавать) оцифрованные элементы: реки, дороги, другие контуры и т.п.

Широко используют и способ цифрования по отсканированному изображению, выведенному на экран (цифрование по подложке) с помощью специальных программных средств и стандартной мышки.

Качественные и количественные характеристики цифруемых объектов, а также статистические данные вводят с клавиатуры компьютера.

Подсистема хранения информации представлена **базой данных (БД)**, куда поступает вся оцифрованная информация. Это упорядоченный массив цифровой информации по какой-либо теме (например, базы данных по рельефу, по населенным пунктам).

Формирование баз данных, доступ и работу с ними обеспечивает **система управления базой данных (СУБД)**, которая позволяет быстро находить требуемую информацию и проводить ее дальнейшую обработку. БД хранятся на магнитных носителях — дисках (*Hard Disk*), дискетах (*Floppy Disk*), компакт-дисках постоянной памяти (*CD-ROM*) и перезаписываемых (*CD-RW*), оптических и *ZIP*-дискетах и т.п.

Если базы данных размещены на нескольких компьютерах (например, в разных учреждениях или даже в разных городах и странах), то их называют **распределенными базами данных**. Это удобно, так как каждая организация формирует свой массив, следит за ним и поддерживает на уровне современности. Совокупности баз данных и средств управления ими образуют **банки данных**. Распределенные базы и банки данных соединяют компьютерными сетями, и доступ к ним (запросы, поиск, чтение, обновление) осуществляется под единым управлением.

Подсистема обработки информации состоит из самого компьютера, системы управления и программного обеспечения. Созда-

ны сотни разнообразных специализированных программ (пакетов программ), которые позволяют выбирать нужную проекцию, приемы генерализации и способы изображения, строить карты, со-вмещать их друг с другом, визуализировать и выводить на печать. Программные комплексы способны выполнять и более сложные работы, проводить анализ территории, дешифрировать снимки и классифицировать картографируемые объекты, моделировать процессы, сопоставлять, оценивать альтернативные варианты и выбирать оптимальный путь решения. А современные «интеллектуальные» программы моделируют даже некоторые процессы человеческого мышления.

Большая часть подсистем обработки информации работает в диалоговом (интерактивном режиме), в ходе которого идет непосредственный двусторонний обмен информацией между картографом и компьютером.

Подсистема вывода (выдачи) информации — комплекс устройств для визуализации обработанной информации в картографической форме. Это **экраны (дисплеи)**, **печатывающие устройства (принтеры)** различной конструкции, **чертежные автоматы (плоттеры)** и др. С их помощью быстро выводят результаты картографирования и варианты решений в той форме, которая удобна пользователю. Это могут быть не только карты, но и тексты, графики, трехмерные модели, таблицы, однако если речь идет о пространственной информации, то чаще всего онадается в картографической форме, наиболее привычной и легко обозримой.

Все подсистемы, входящие в автоматизированные картографические системы, входят также и в ГИС. В состав картографических ГИС производственного назначения включают еще и **подсистему издания карт**, которая позволяет изготавливать печатные формы и печатать тиражи карт. Если тираж карт небольшой, что обычно при выполнении научных исследований, то используют настольные картографические издательские системы.

ГИС, ориентированные на работу с аэрокосмической информацией, включают специализированную **подсистему обработки изображений**. В этом случае программное обеспечение позволяет выполнять различные операции со снимками: проводить их коррекцию, преобразование, улучшение, автоматическое распознавание и дешифрирование изображенных объектов, классификацию и др.

Особую подсистему в высокоразвитых ГИС может составлять **база знаний**, т.е. совокупность формализованных знаний, логических правил и программных средств для решения задач определенного типа (например, для проведения границ или районирования

территории). Базы знаний помогают ставить диагноз состояния геосистем, предлагать варианты решения проблемных ситуаций, давать прогноз развития. Можно считать, что в базах знаний реализуются некоторые принципы искусственного интеллекта.

19.4. Картографические базы и банки данных

Как было показано, важнейший элемент структуры ГИС образуют цифровые базы данных, которые служат информационной моделью некоторой предметной области или территории. Особо выделяют БД, предназначенные для нужд картографии.

Картографическая база данных (КБД) — это совокупность (массив) взаимосвязанных картографических данных по какой-либо предметной области и общих правил описания, хранения и манипулирования данными. Основной составной частью КБД являются цифровые карты (см. раздел 1.7)

Совокупность КБД по одной или нескольким тематическим областям, а также системы управления базами данных (СУКБД) и пакет прикладных программ образуют **картографический банк данных** (или **банк цифровых карт**).

Состав КБД, способ представления данных и их отображение (так же, как и БД ГИС) определяются:

- проблемной ориентацией;
- наличием источников пространственной информации;
- используемыми техническими и программными средствами.

Помимо традиционных источников (см. главу 10), при проектировании КБД используют данные, уже представленные в цифровой форме. В России, например, имеются цифровые топографические карты в масштабах 1:200 000 и 1:1 000 000. Еще один тип источников — это цифровые **данные географической привязки**: базовые карты, файлы границ, координатные данные, получаемые системами спутникового позиционирования.

При использовании цифровых данных необходима дополнительная информация — **метаданные**, т.е. «данные о данных», содержащие сведения о точности, формате, источниках, времени получения и обновления, взаимосвязях, отношениях данных и т.п., об их соответствии принятым стандартам. К сожалению, подобная информация не всегда доступна, и часто это ведет к неправильной трактовке данных, ложным представлениям об их точности.

Географические данные о пространственных объектах могут быть представлены в разных видах: изображения, тексты, координаты и др. Совокупность цифровых данных о них образует множество пространственных данных и составляет содержание баз географических данных.

База географических данных должна отвечать следующим основным требованиям:

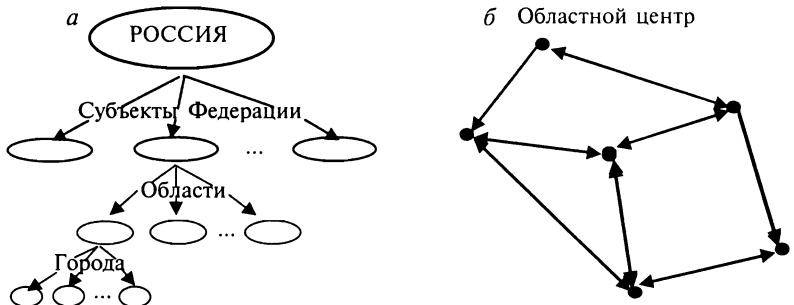
- ◆ согласованность по времени — хранящиеся в ней данные должны соответствовать определенному времени, быть актуальными;
- ◆ полнота — достаточная подробность для решения поставленной задачи;
- ◆ позиционная точность и полная совместимость с другими данными, которые могут добавляться в нее;
- ◆ содержательная достоверность — правильное отражение характерных свойств (признаков) объектов;
- ◆ простота обновления;
- ◆ доступность для пользователей.

Проектирование базы данных предусматривает выявление географических объектов и явлений и последующее адекватное представление данных о них. В процессе проектирования БД выделяют три основных уровня: *концептуальный, логический и физический*.

Концептуальный уровень состоит в выборе концептуальной модели географических данных и включает: определение и описание рассматриваемых объектов; установление способа их представления в базе данных, размерности и реально существующих взаимосвязей.

Логический уровень включает разработку логической структуры элементов базы данных в соответствии с СУБД, используемой в программном обеспечении. Он определяется имеющимися программными средствами и практически не зависит от технического обеспечения. При этом учитывают три взаимосвязанные компоненты СУБД: командный язык для выполнения требуемых операций с данными (ввод, вывод, модификация); интерпретирующая система (или компилятор) для обработки команд и перевода их на машинный язык; интерфейс пользователя для формирования запросов к БД и выборки нужных данных.

Физический уровень связан с аппаратными и программными средствами. На этом уровне определяются объемы хранимой в БД информации и необходимые объемы оперативной и долговременной памяти компьютера, рассматривается структурирование файлов на диске или других носителях информации для обеспечения программного доступа к ним.



Город	Численность населения	X-координата	Y-координата	Страна
Вена	1 875 000	16,320990	48,202120	Австрия
Лондон	11 100 000	-0,177998	51,487910	Великобритания
Амстердам	1 860 000	4,894833	52,373040	Нидерланды
Осло	720 000	10,712310	59,937930	Норвегия
Москва	13 100 000	37,938250	55,764230	Россия
Вашингтон	3 221 400	-76,953830	38,890910	США

Рис. 19.6. Модели баз данных:

а — иерархическая; б — сетевая; в — реляционная

Наиболее распространенными логическими структурами-моделями БД и СУБД — являются *иерархическая, сетевая, реляционная*.

В *иерархической модели* (рис. 19.6а) записи данных образуют древовидную структуру, причем каждая запись связана только с одной записью более высокого уровня. Доступ к любой записи осуществляется по строго определенным «веткам» и «узлам» дерева. Такие модели хорошо подходят для задач с явно выраженной иерархической структурой информации и запросов. Они не отличаются быстродействием, трудномодифицируемы, но эффективны с точки зрения организации машинной памяти.

В *сетевой модели* (рис. 19.6б) запись в каждом узле сети может быть связана с несколькими другими узлами. Кроме того, записи содержат указатели, определяющие местоположение других записей, связанных с ними. Такие модели трудно редактировать, например удалять записи, но они хорошо работают при решении сетевых, коммуникационных задач.

Реляционные модели наиболее популярны. Они имеют табличную структуру (рис. 19.6в): строки таблицы соответствуют одной

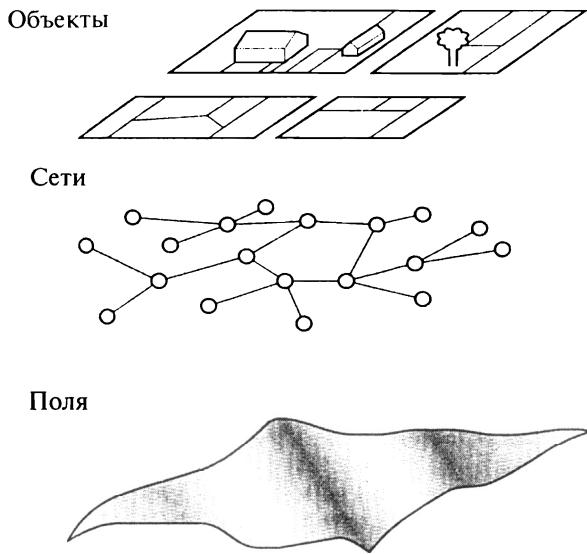


Рис. 19.7. Концептуальные модели пространственной информации

записи информации об объекте, а столбцы (поля) — однотипным характеристикам всех объектов. Используя индексацию записей, можно существенно сократить время поиска информации и время запроса к данным. Эти модели свободны от всех ограничений, связанных с организацией хранения данных и спецификой запоминающих устройств.

19.5. Представление информации в базах данных

База данных является моделью действительности в том смысле, что она представляет некоторые реальные явления или их аппроксимации. Различают три *концептуальные модели* пространственной информации, основанные на разных способах представления реальности (рис. 19.7):

- **объектно-ориентированное** представление — показывает все пространство (без пробелов) дискретно в виде отдельных объектов;
- **линейно-узловое, или сетевое,** или **сетевое**, представление — хорошо отображает связи или пути между объектами;

- ♦ **географические поля** — отражает непрерывно распространенные переменные, которые можно оценить в любой точке пространства, как, например, высоту земной поверхности.

Эти модели хорошо коррелируют с картографическими моделями. Например, в первой модели реальность предстает в виде объектов, разделенных границами, которые характеризуют смену семантических характеристик. Традиционно такие пространственные объекты классифицируют по пространственной локализации: в точках, на линиях или площадях.

Выбор той или иной модели связан с видом ее приложений. Объектно-ориентированная модель хорошо подчеркивает индивидуальные свойства объектов, но при этом возникает проблема определения положения границы, особенно для природных объектов. Для решения транспортных задач и для оценки природных ресурсов необходимы разные модели.

Описание множеств пространственных объектов для отображения их в цифровых БД называют **моделью данных**.

Это правила преобразования реального географического разнообразия в набор дискретных объектов (дискретизация). Различают векторные и растровые модели, основанные соответственно на векторной и растровой дискретизации.

Векторная модель — цифровое представление пространственных объектов набором координатных пар, описывающих «геометрию» объекта и его пространственную локализацию.

В векторном виде обычно собирают топографические данные. Разновидностью является **векторно-топологическое представление** объектов, описывающее также их взаимное расположение (топологические отношения): «справа», «слева», «внутри», «примыкает» и т.п.

Растровая модель — цифровое представление пространственных объектов и их непрерывных изменений в виде совокупности ячеек заданного размера — раstra. Растр представляет собой матрицу элементов изображения (пикселов) с присвоенными им значениями класса объекта.

Размер раstra (разрешение) выбирают в зависимости от масштаба и сложности отображаемого объекта. В пределах одного представления изменение частоты раstra не производится из-за технических трудностей. Растровую дискретизацию часто называют сеточно-ячеистым представлением, имея в виду разные типы сеток — регулярные, треугольные и др.

В большинстве БД ГИС используют еще один способ описания пространственных объектов — ***послойный***. При этом каждый слой отражает изменения одной переменной, а способ регистрации может быть векторным или растровым.

Позиционная и семантическая информация. Пространственные данные традиционно подразделяют на две взаимосвязанные составляющие — ***позиционные*** и ***атрибутивные (семантические) данные***.

Позиционная информация описывает положение объектов (или их пространственную форму) в координатах двух- и трехмерного пространства — географических (ϕ, λ), декартовых (x, y, z).

Качественные и количественные характеристики объектов, их семантика относятся к непозиционной информации. Эта информация называется атрибутивной и представляется в текстовом или числовом виде. Почти всегда тип объекта кодируется и опознается по его атрибутивным параметрам (дорога имеет название и идентифицируется по ее классу — грунтовая, шоссе; горизонталь — по высоте и т.д.).

Часто атрибутивная информация отражает временную характеристику: момент времени, период существования объекта, скорость движения и др. Моделируемые географические объекты существуют в трех формах:

- ◆ объект в действительности;
- ◆ объект, представленный в базе данных;
- ◆ знак, показывающий объект на карте или другом геоизображении.

Предназначенный для отражения в БД (цифровой карте) объект соответствует единице картографирования. Например, если город — это объект, то его составные части уже являются не городами, а районами, кварталами и т.п. Таким образом, объект в БД — это цифровое представление всего реального объекта или его части. При создании объектов в БД по картографическим источникам нужно иметь в виду, что многие объекты, показанные на картах, абстрактны и условны: горизонталей в природе не существует, а вот дома и озера — реальные объекты.

Объекты в БД объединяют в группы по типам — они имеют одинаковую форму хранения и представления, например дороги, реки, высоты. Тем самым обеспечивается основа для формирования общих атрибутов типов.

Классификация элементов базы данных основана на их пространственной размерности:

- ◆ ***точка*** — объект, имеющий положение в пространстве, но не имеющий длины (0-мерный объект);

- ◆ **линия** — объект, имеющий длину, он состоит из двух и более точечных объектов (одномерный объект);
- ◆ **полигон** — объект, имеющий длину и ширину, он ограничен, по крайней мере, тремя линейными объектами (отрезками) (двумерный объект);
- ◆ **объемная фигура** — объект, имеющий длину, ширину и высоту (глубину), он ограничен не менее чем четырьмя полигональными объектами (трехмерный объект).

Такие объекты-коды (примитивы) хорошо отражают тип пространственной локализации объектов. Их объединяют в классы (например, множество точек, представляющих города) или группируют в слои, именуемые также покрытиями или темами (например, слой «Земельные угодья»).

Известно, что одни и те же географические явления представляют в разных масштабах и с разной точностью, поэтому и БД часто содержат множественные представления одних и тех же явлений, что неэкономно. Но избежать этого пока не удается, ибо переходы в базах данных от одного масштаба к другому еще недостаточно разработаны.

19.6. Организация и форматы данных. Преобразование форматов

Для хранения данных применяют векторный и растровый форматы.

В векторном формате пространственные объекты представлены точками, линиями и полигонами. Позиционная составляющая обычно хранится в одном файле в виде индексированных записей, состоящих из набора пар (троек) координат, число которых соответствует типу объекта: 1 — для точки, n — для линии или полигона. Индекс кодирует объект (соответственно, точечный, линейный или полигональный). Чтобы отличить линии от полигонов, их кодируют разными индексами, либо для полигонов повторяют в последней записи координаты первой точки.

Значения атрибутов упорядочивают в виде таблиц. В реляционных моделях БД каждая клетка таблицы содержит значение одного из признаков определенного объекта.

В растровом формате позиционные данные и атрибуты хранят в одном файле. Записи в нем организованы по строкам или столбцам растра, номера которых кодируют систему координат,

а каждое число в записи кодирует уникальное значение атрибута, относящегося к одной ячейке раstra (пикселу).

Растровые базы данных привлекают простотой организации, быстротой многих операций. Для определения взаимного положения объектов требуется лишь сравнить содержание соответствующих ячеек раstra в разных слоях БД с применением простейших операторов. Растровые системы особенно привлекательны для обработки данных дистанционного зондирования, представленных в пиксельной форме, а также при представлении высот рельефа. Растровый файл легко получить путем сканирования фотоотпечатков или бумажных карт. С другой стороны, растр не всегда эффективен для хранения данных и во многих случаях ведет к потере детальности.

Векторные системы используют меньший объем памяти по сравнению с растровыми, но представление объектов только парами координат существенно удлиняет время обработки данных, например при наложении полигонов и нахождении точек их пересечения.

Хорошие результаты дает использование систем, в которых растровый и векторный анализ реализуются параллельно с использованием функций преобразования (конвертирования) форматов. Такие системы позволяют, например, совместить векторные карты со снимками для уточнения дешифрирования и последующей корректировки карт.

Использование векторных и растровых источников данных связано со **стандартами представления данных** в файлах. Некоторые стандарты приняты на государственном уровне, другие определяются разработчиками как внутренние форматы. Обилие таких форматов и уже накопленных данных делает чрезвычайно важной проблему разработки специальных **обменных форматов данных** и способов их конвертирования.

Графические форматы, используемые как обменные в разных ГИС- и графических пакетах программ, также делятся на векторные (например, *DXF* — формат пакета *AutoCad* и данных *CAPR* или *MIF/MID* — обменный формат пакета *MapInfo*) и растровые (например, *BMP*, *TIFF*, *JPEG* — форматы известных графических пакетов).

Ограничения, накладываемые различными форматами данных, можно снизить за счет использования программных процедур и взаимного **преобразования форматов данных — конвертирования**.

Векторное представление точек, линий или контуров (пары координат) преобразуется в растровый формат с применением операции векторно-растрового преобразования, или *растеризации*. Оцифрованная в векторной форме граница области фиксирует

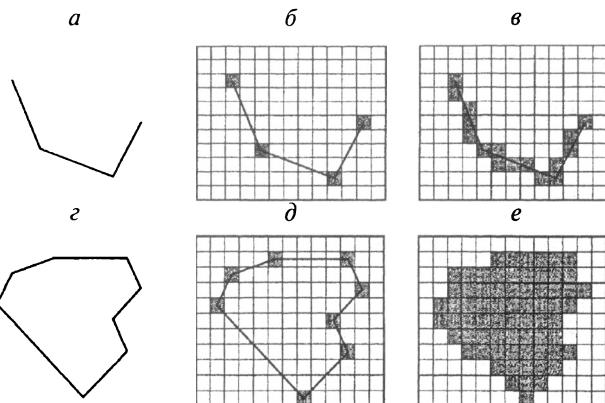


Рис. 19.8. Растеризация линейных (*а, б, в*) и полигональных (*г, д, е*) объектов

линии контура как отрезки прямых. При векторно-растровом преобразовании определяют размер ячейки растра (сетки, как бы накладываемой на векторное изображение) — шаг растеризации, и далее по координатам точек программа определяет положение ячеек, приписывая им значения в зависимости от того, куда они попадают — внутрь контура или на его границу (рис. 19.8).

Противоположное, растрово-векторное преобразование, или **векторизацию**, применяют, чтобы «извлечь» объекты из сканированного изображения. Например, в растровом представлении изображению дороги соответствуют значения в каждой строке растра, которые она пересекает. Если размер пикселя составляет 25 мкм (0,025 мм), то линия толщиной 0,5 мм передается полосой в 20 элементов растра. Основные операции при векторизации — отслеживание линий и их уточнение. При этом необходимо, чтобы линия была отчетлива, на документе не должно быть мешающих надписей, пятен, пыли и т.п. Векторизацию облегчает предварительная подготовка документа, например использование специальных цветных чернил для определенных объектов. Сканирование менее трудоемко, но необходимость последующей векторизации увеличивает расходы практически до уровня ручного цифрования.

19.7. Оценка качества данных

Качество данных и их точность чрезвычайно важны при создании баз и банков данных цифровых карт. Необходимо каждый раз рассматривать два вопроса:

- насколько правильно представляемые в БД цифровые структуры отражают реальность;
- насколько точно алгоритмы позволяют рассчитать истинные значения координат, характеристики, взаимосвязи реальных объектов.

Показатели качества данных установлены стандартами. Основные из них: позиционная точность и точность атрибутов, а также логическая непротиворечивость, полнота, происхождение, относящиеся к базе данных в целом.

Позиционная точность определяется как величина отклонения измеренных координат от их истинного значения.

Точность координат по-разному определяют в растровом и векторном представлении. Точность раstra зависит от размера его ячеек. Во избежание потери информации можно уменьшать ячейки, но следует оценить, что будет представлять выбранная ячейка в данном масштабе. Обычно точность привязки составляет $\frac{1}{2}$ ширины и высоты ячейки.

В векторном формате координаты можно кодировать с любой степенью точности; она ограничена лишь возможностями внутреннего представления координат в памяти компьютера. Обычно для этого используют 8 или 16 десятичных знаков (одинарная или двойная точность), что соответствует ограничению по точности соответственно до $1/10^8$ и $1/10^{16}$ измерения на местности. Но лишь некоторые классы данных соответствуют столь высокой точности векторного представления, контуры немногих природных объектов можно представить в виде четких линий. Обычно на карте толщина линии отражает неопределенность положения объекта, поэтому тонкие линии в векторном формате дают ложное ощущение точности. В растровом формате эта неопределенность автоматически выражается размером ячейки, что и дает действительное представление о точности.

Для проверки позиционной точности нужно использовать независимый, более точный источник, например карту более крупного масштаба, данные спутникового позиционирования, первичные данные съемки. Можно использовать и внутренние признаки: отсутствие незамкнутых полигонов, линий, проходящих выше или ниже узловых точек, и т.п.

Точность атрибутов определяется их близостью к истинным характеристикам объекта (на данный момент времени).

В зависимости от характера данных точность атрибутов может быть проанализирована разными способами. Для непрерывных атрибутов, моделирующих поверхности (например, ЦМР), оцени-

Таблица 19.2

Матрица классификации

Класс на местности	Класс в БД				Всего
	A	B	C	D	
A	12	7	3	3	25
B	3	10	3	2	18
C	3	5	15	1	24
D	4	4	4	21	33
Всего	22	26	25	27	100

вается погрешность измерений по этой модели. Для объектов, выделяемых в результате классификации, точность атрибутов выражается в оценках соответствия, определенности или правдоподобия. Наиболее сложны случаи, когда объекты представлены сочетаниями их атрибутов. Тогда оценку точности полезно выполнить, составив матрицу ошибок классификации. Для этого нужно выбрать ряд контрольных точек, определить в них класс по базе данных (результаты классификации) и истинное значение класса на местности и заполнить матрицу соответствия. В идеале все точки должны располагаться на диагонали матрицы. В табл. 19.2 приведен пример для 100 точек наблюдения. Видны ошибки отнесения некоторых точек при классификации к «чужим» классам.

Типы ошибок весьма разнообразны, поскольку каждый этап создания БД чреват теми или иными ошибками.

Картографические источники несвободны от погрешностей, и при цифровании они автоматически переносятся в базу данных. Это погрешности генерализации, несовмещения на границах листов, неточности проведения контуров, ошибки классификации. Те же неточности проявляются при дешифрировании аэро- и космических снимков. Многие ошибки обусловлены особенностями ручного ввода цифровых данных, который весьма утомителен, поэтому трудно долго сохранять высокое качество работы.

На весь набор данных влияют:

- ошибки регистрации, определения контрольных точек и преобразования координат, особенно когда неизвестна проекция исходного документа;
- ошибки обработки данных, неправильный логический подход, погрешности генерализации и интерпретации;
- математические ошибки;

- ◆ потеря точности представления из-за неточности вычислений;
- ◆ перевод векторных данных в растровый формат.

В БД обычно используют данные из разных источников с разной степенью точности, поэтому итоговая точность может оказаться очень низкой. В этом случае важна общая оценка пригодности полученной карты, а не сама точность совмещаемых атрибутов. Для некоторых типов операций эта оценка определяется точностью наименее точного слоя БД.

Часто возникают признаки искусственных ошибок (артефакты) – это нежелательные последствия применения высокоточных процедур для обработки данных невысокой точности.

Наиболее надежный способ оценки качества БД, особенно при их многократном и многопользовательском применении — хранение информации о точности в самой БД в виде метаданных.



Глава 20

Геоинформационное картографирование

20.1. Программно управляемое картографирование

Геоинформационное картографирование (ГК) — это программно управляемое создание и использование карт на основе ГИС и баз картографических данных и знаний. Суть ГК составляет информационно-картографическое моделирование геосистем.

Геоинформационное картографирование может быть *отраслевым и комплексным, аналитическим и синтетическим*. В соответствии с принятыми классификациями выделяют виды и типы картографирования (например, социально-экономическое, экологическое или инвентаризационное, оценочное геоинформационное картографирование и т.п.).

Данное направление сформировалось не вдруг и не на пустом месте. Оно интегрировало ряд направлений картографии, подняв их на более высокий технологический уровень. Его истоки прослеживаются в комплексном, потом в синтетическом и оценочно-прогнозном картографировании. Следующим шагом стало развитие системного картографирования, при котором внимание сосредоточивается на целостном отображении геосистем и их элементов (подгеосистем), иерархии, взаимосвязей, динамики, функционирования. Это потребовало основательной опоры на математические методы и автоматизированные технологии, а отсюда был уже один шаг до создания автоматических картографических систем (АКС) и ГИС. Иначе говоря, геоинформационное картографирование возникло и развивается как прямое продолжение комплексного, синтетического и далее — системного картографирования в новой геоинформационной среде.

Среди характерных черт этого вида картографирования наиболее важны следующие:

- ◆ высокая степень автоматизации, опора на базы цифровых картографических данных и базы географических (геологических, экологических и др.) знаний;
- ◆ системный подход к отображению и анализу геосистем;
- ◆ интерактивность картографирования, тесное сочетание методов создания и использования карт;
- ◆ оперативность, приближающаяся к реальному времени, в том числе с широким использованием данных дистанционного зондирования;
- ◆ многовариантность, допускающая разностороннюю оценку ситуаций и спектр альтернативных решений;
- ◆ многосредность (мультимедийность), позволяющая сочетать иконические, текстовые, звуковые отображения;
- ◆ применение компьютерного дизайна и новых графических изобразительных средств;
- ◆ создание изображений новых видов и типов (электронных карт, трехмерных компьютерных моделей и анимаций и др.);
- ◆ преимущественно проблемно-практическая ориентация картографирования, нацеленная на обеспечение принятия решений.

Геоинформационное картографирование — программно-управляемое картографирование. Оно аккумулирует достижения дистанционного зондирования, космического картографирования, картографического метода исследования и математико-картографического моделирования. В конце XX в. геоинформационное картографирование стало одним из магистральных направлений развития картографической науки и производства.

20.2. Методы геоинформационного картографирования

Методы геоинформационного картографирования включают преобразование информации в заданную систему координат, автоматизированный анализ, классификацию и генерализацию, математико-карографическое моделирование и автоматизированное построение картографического изображения.

Преобразование систем координат. Для совместного использования или сопоставления данных необходимо, чтобы все они были

представлены в одной системе координат. Например, растровые данные различных источников могут иметь разный размер элементов, ориентацию, положение, проекцию. В случае их совместного использования необходима интерполяция информации из одной системы элементов раstra в другую.

Для представления данных в одной системе используют процедуры аналитического трансформирования систем координат и масштабов.

При трансформировании возникают две ситуации.

1. Параметры картографических проекций известны. В этом случае процедуру перехода из одной проекции в другую осуществляют аналитически, и для распространенных проекций во многих ГИС-пакетах имеются соответствующие стандартные программы.

Преобразование географических координат в прямоугольные сетки в большинстве случаев также можно выполнить по соответствующим формулам. В ряде случаев они относительно просты, особенно когда поверхность Земли предполагается сферической. Задача решается геометрически, путем установления связи между парами прямоугольных координат и постоянными для данного листа карты параметрами ее проекции.

2. Параметры проекций неизвестны или неопределенны. Нередко при создании баз данных исходную информацию берут с карт, составленных в неизвестных проекциях. В этих случаях для трансформирования используют так называемый **«метод резинового листа»** (*rubber sheet*), основанный на полиномиальной аппроксимации, когда предполагается, что неопределенная и известная проекции могут быть заданы набором соответствующих контрольных точек на обеих картах, представленных в разных системах.

Важное приложение этого метода связано с регистрацией спутниковых изображений, когда геометрию проектирования земной поверхности в систему координат космического изображения невозможно определить. Если речь идет об аффинных преобразованиях (параллельный перенос, изменение масштаба, поворот, зеркальное отражение или их сочетание), то их выполняют с помощью полиномов первой степени:

$$u = a_1 + a_2x + a_3y,$$

$$v = b_1 + b_2x + b_3y,$$

где x, y — положение объекта до преобразования (в старой координатной системе), u, v — после преобразования (в новой координатной системе). Коэффициенты a_i и b_i находят методом наименьших квадратов, используя координаты контрольных точек.

Величина среднеквадратических отклонений координат контрольных точек дает оценку точности преобразования. Число опорных точек (n) должно удовлетворять соотношению $n \geq (m + 1)(m + 2)/2$, где m — степень полинома. Для повышения точности задают большее число опорных точек и большую степень полиномов.

Классификация объектов по их атрибутам. Методы классификации пространственных данных, применяемые в географии и картографии, различают по типу и числу используемых показателей (атрибутов).

Один из способов классификации — группировка значений выбранного атрибута. Он часто применяется при создании тематических карт, построении картограмм и картодиаграмм, проектировании шкал, выборе размеров значков или диаграмм.

Для того чтобы отразить действительное географическое распределение картографируемого показателя, границы групп определяют по характерным точкам статистического ряда (гистограммы) измерений атрибута. Существует пять подходов к группировке:

- **способ естественных интервалов**, при котором устанавливают заданное число классов (не проверяя их по качеству), определяя границы интервалов изменения их атрибутов непосредственно по столбчатым гистограммам;
- **способ равных классов**, когда ставят условие, чтобы каждый класс содержал одинаковое число объектов — равновеликие классы (однако при небольшом числе объектов результаты получаются, как правило, неудовлетворительными);
- **способ равных интервалов** предполагает, что весь диапазон значений показателей разделен на равные по размеру интервалы;
- **способ равных площадей**, используемый при классификации полигональных объектов, а атрибутом является значение площади; в этом случае разбиение статистического ряда измененных площадей производят так, чтобы общая площадь полигонов в каждом классе была приблизительно одинакова;
- **способ стандартных отклонений**, при котором определяют дисперсию D распределения показателя и стандартное отклонение $D = \sqrt{\sigma}$, а границы классов устанавливают с шагом $0,25D$, $0,5D$, D и $3D$ по обе стороны от вычисленного среднего значения атрибута.

Получение интегральных показателей. При синтетическом картографировании применяют методы классификации и интегрирования (синтеза) показателей, которые можно разделить на две группы:

- Многопараметрические классификации (кластеризация)** на основе заранее известной принадлежности объектов к разным классам, когда для идентификации объекта анализируют весь набор его характерных признаков и в результате формируют один показатель типа (или номер) класса. Эти методы пока не очень распространены в силу сложности формализации географических показателей, но они широко используются в тематическом дешифрировании аэро- и космических снимков.
- Многомерный статистический анализ** — в первую очередь, **факторный и компонентный анализы**. Они основаны на выявлении главных интегральных характеристик (факторов, компонент) путем построения линейных комбинаций исходных признаков, отражающих структуру географических комплексов. Интегральные характеристики позволяют описать главные особенности изучаемых комплексов меньшим числом показателей с минимальными потерями информации. При этом предполагают, что измеренные признаки имеют корреляционные связи.

Методы факторного и компонентного анализа формально схожи: оба основаны на анализе матрицы корреляций. Однако если для определения ведущих факторов, весов и остатков используют вероятностные законы, то в компонентном анализе рассматривают признаки как координаты в некоторой прямоугольной системе и осуществляют линейное ортогональное преобразование этой системы с тем, чтобы в новой системе исключить или уменьшить

корреляцию признаков (компонент). Такое преобразование позволяет увеличить дисперсию (разброс) значений признаков и отбросить те, которые имеют минимальную дисперсию, что облегчает выделение классов. На графике (рис. 20.1) видно, что для разделения классов достаточно значений компоненты Y_1 .

Методы факторного и компонентного анализа часто применяют при составлении карт районирования. Факторный анализ предпочтителен, когда хотят выделить районы, однородные

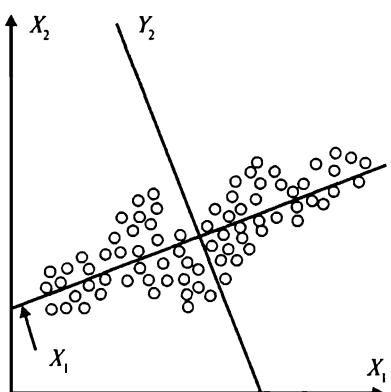


Рис. 20.1. Метод главных компонент

по всему комплексу показателей, на основе построения их линейных комбинаций — факторов. Компонентный анализ более удобен при дифференциации территории на основе ведущих признаков с учетом их взаимосвязей, например при районировании территории по ведущим морфометрическим показателям рельефа (высота, углы наклона и т.п.).

Пространственное моделирование и пространственная интерполяция. Для создания моделей пространственного распределения природных и социально-экономических явлений на основе дискретно заданной информации применяют разные способы их представления в виде физических (реальных) и абстрактных поверхностей. И в том и в другом случае используют методы пространственной интерполяции.

Когда пространственные данные имеются в избытке, разные методы интерполяции дают близкие результаты. Другое дело, когда их мало или они неравномерно распределены по территории. Тогда разные методы или параметры моделирования могут давать несопоставимые результаты, особенно если они основаны на статистических подходах.

Существуют разные способы цифрового представления непрерывных физических поверхностей с использованием конечного количества данных. Наиболее распространено их применение при создании **цифровых моделей рельефа (ЦМР)**. Обычно понятие ЦМР связывают с регулярной сетью высотных отметок. Самые важные параметры — их горизонтальное и вертикальное разрешение. Они определяются масштабом и характеризуют точность высот и других свойств ЦМР.

Абстрактные поверхности отражают вариации какого-либо расчетного показателя, например плотности населения, лесистости, заболоченности территории и т.п. Как правило, такие поверхности строят по статистическим данным, рассчитанным в пунктах (статистические поверхности).

Задача интерполяции заключается в том, чтобы построить по имеющимся данным функцию $F(x, y)$, задав алгоритм ее вычисления в любой точке области. Результаты моделирования обычно представляют в виде растрового файла, который отображают в виде изолинейной карты. При моделировании абстрактных поверхностей интерполяция чаще осуществляется по ячейкам (площадям, полигонам), в пределах которых расчетный показатель считается постоянным. Выбор способа интерполяции зависит от способа представления исходных данных, и всегда необходима его оценка с точки зрения достоверности получаемых результатов.

Способы построения ЦМР в зависимости от форм представления исходных данных делят обычно на три группы:

- ◆ с регулярным расположением точек в узлах прямоугольных или треугольных сеток;
- ◆ с полурегулярным представлением точек вдоль структурных линий, профилей, изолиний;
- ◆ с нерегулярным расположением — по центрам площадей, локальным точкам, треугольным и случайным сеткам.

В большинстве случаев исходные данные для ЦМР получают путем преобразования горизонталей. Дополнительно данные о высотах берут из геодезических каталогов, материалов полевых съемок или набирают по стереопарам снимков в ходе их ручной или автоматизированной фотограмметрической обработки.

Если созданная сеть точек является прямоугольной и регулярной, то при подходящем шаге сетки ее можно рассматривать как ЦМР всей поверхности. Однако чаще приходится сгущать сети, для чего используют простые с точки зрения программирования методы интерполяции по соседним узлам сетки. Регулярная сетка удобна для вычислений, но она с одинаковой дискретностью представляет и плавные, и резкие формы рельефа, что может привести к искажениям ЦМР.

Во многих ГИС-пакетах, программах автоматизированного картографирования и построения горизонталей широко используют модель треугольной нерегулярной сети (TIN). В TIN-моделях нерегулярная сеть точек размещается с учетом особенностей территории (больше точек в районах со сложным пересеченым рельефом, меньше — на ровной местности). Выбранные точки соединяют линиями, образующими треугольники, и выполняют интерполяцию **методом триангуляции**.

Для особого случая использования TIN — **триангуляции Делоне** — строят наименьший многоугольник, включающий все узловые точки, и разбивают его на участки с одной узловой точкой, проводя границы через середины отрезков, соединяющих соседние точки, перпендикулярно к ним. Тогда границы образуют множество многоугольников, называемых полигонами Тиссена (областями Вороного, Дирихле) (рис. 20.2), а лежащие в них точки — вершины сети треугольников. Существует несколько способов их соединения в треугольники. Например, попарно соединяют только узловые точки, принадлежащие смежным полигонам Тиссена. Создавать треугольники начинают, двигаясь от внешней границы полигонов внутрь, вплоть до завершения построения сети.

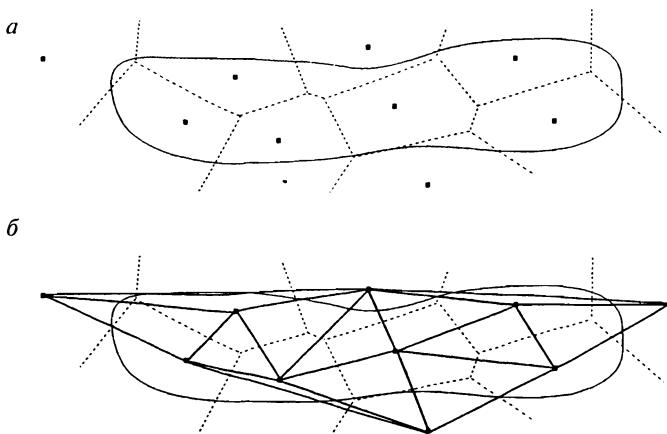


Рис. 20.2. Полигоны Тиссена (а) и триангуляция Делоне (б)

Основное преимущество TIN-моделей состоит в том, что стороны треугольников можно совместить со структурными линиями рельефа — осями водоразделов и тальвегами, поэтому иногда при триангуляции в качестве сторон вводят «характерные линии». Такой подход используется в некоторых программах, например в модуле TIN системы *ARC/INFO*.

В ГИС-пакетах обычно предлагается несколько методов интерполяции, из которых пользователь экспериментально выбирает наиболее подходящий для моделируемой поверхности и существующего набора точек. Разные методы интерполяции имеют свои особенности.

При **интерполяции по дискретно расположенным точкам** задают ряд точек (узлов интерполяции), положение которых и значения характеристик известны, и необходимо определить характеристики других точек, для которых известно только положение. При этом различают методы глобальной и локальной интерполяции и среди них точные и аппроксимирующие.

При **глобальной интерполяции** для всей территории используют единую функцию вычисления: $z = F(x, y)$. В этом случае изменение одного значения (x, y) на входе сказывается на всей результирующей ЦМР. При **локальной интерполяции** многократно применяют алгоритм вычисления для отдельных выборок из общего множества точек, как правило, близко расположенных. Тогда изменение выбора точек сказывается лишь на небольших участках. Алгоритмы глобальной интерполяции дают сглаженные поверхности без резких перепадов; их применяют, когда предположительно известна

форма поверхности, ее тренд. При включении в локальную интерполяцию большой доли общего набора данных она, по сути, становится глобальной.

Точные методы интерполяции воспроизводят данные в контрольных точках (узлах), и поверхность проходит через все точки с известными значениями.

Аппроксимационные методы интерполяции применяют в тех случаях, когда имеется неопределенность в отношении данных; в их основе лежит соображение о возможном наличии случайных отклонений и ошибок. Сглаживание за счет аппроксимации позволяет уменьшить влияние этих ошибок.

Аппроксимирующая функция $z \approx F(x, y)$ обычно отыскивается в виде полиномов заданной степени m вида:

$$z = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m a_{ij} x^i y^j,$$

где z — картографируемый показатель, a_{ij} — коэффициенты полинома, x, y — координаты точек сети (см. раздел 17.7).

Еще один метод — **анализ соседства**, в котором все значения моделируемых характеристик принимают равными значениям в ближайшей известной точке. В результате возникают полигоны Тессена с резкой сменой значений на границах. Такой метод подходит для номинальных данных.

При **сплайн-интерполяции** (от англ. *spline* — упругая рейка) используют кусочно-полиномиальные функции для построения плоских кривых по опорным точкам. Коэффициенты полиномов на каждом отрезке кривой находят из условия равенства значений функции опорным значениям и совпадения первых и вторых производных на концах отрезков. Множество кривых в конечном итоге образуют поверхность с непрерывными первой и второй производными, что обеспечивает непрерывность высот, уклонов, кривизны. Метод широко используют в программах интерполяции поверхностей и при сглаживании изолиний.

Методы скользящего среднего и среднего взвешенного по расстоянию широко используют для моделирования плавно меняющихся поверхностей. Интерполированные значения отражают среднее значение для n известных точек либо среднее, полученное по интерполируемым точкам, и в общем случае могут быть представлены в виде:

$$z = \sum_{j=1}^n w_j z_j / \sum_{j=1}^n w_j,$$

где — w некоторая функция расстояния d , например: $w = 1/d^2$ или $w = e^{-d}$. Обычно выбирают заданное число ближайших точек либо точки, лежащие в окрестности заданного радиуса. Метод дает хорошие результаты в случае плотно расположенных контрольных точек.

Для интерполяции физических поверхностей, особенно при нерегулярно расположенных данных, используют *геостатистическую интерполяцию*, известную как *кригинг*¹. В основе метода лежат свойства пространственной коррелированности географических данных, определение закономерностей разброса (дисперсии) значений моделируемого показателя между точками в пространстве и подчеркивание пространственных вариаций с помощью весовых коэффициентов. Сами вариации подразделяют на три компоненты: 1) детерминированную (общий тренд); 2) пространственно автокоррелированную, зависящую от соседних значений данных; 3) некоррелированный шум².

Интерполяция по ареалам применяется при районировании территории, она заключается в переносе данных с известного ключевого набора ареалов на другой, вновь образуемый набор (целевой). Если целевые ареалы представляют собой группировку ключевых ареалов, сделать это просто. Трудности возникают, когда границы целевых ареалов не связаны с исходными ключевыми. Например, имеются данные о численности населения для некоторых районов с заданными границами, и их нужно распространить на новую сетку районирования, границы которой в общем не совпадают с первой. В одном из способов рассчитывают для каждого исходного района (ключевого ареала) плотность населения и присваивают полученное значение «центральной» точке. Далее строят регулярную сетку и интерполируют эти значения, а для каждой ячейки сети определяют численность населения путем умножения интерполированной плотности на площадь ячейки. Полученную сетку накладывают на карту с целевыми ареалами и рассчитывают численность населения каждого из них как сумму значений ячеек сетки, попавших в его границы. Однако попытка создать непрерывную поверхность с помощью интерполяции по данным, приуроченным только к точкам, приводит к неправильным результатам.

Пространственные модели поверхности, в том числе ЦМР, находят самое широкое применение при географическом анализе. Их

¹ Разработан Д. С. Кригом как способ интерполяции данных в горной индустрии.

² Процедуры кригинга подробнее изложены в пособии И. К. Лурье. Основы геоинформационного картографирования. М.: Изд-во МГУ, 2000.



Рис. 20.3. Кодирование направлений просмотра скользящего окна

используют для определения морфометрических характеристик рельефа, моделирования гидрологических процессов, оценки эрозионной устойчивости почв, расчета прихода солнечной энергии или распространения лесных пожаров. ЦМР применяют для построения изолинейных карт и трехмерных изображений, моделирования гипсометрических слоев и аналитической отмывки рельефа.

Расчет морфометрических характеристик рельефа выполняют посредством просмотра ЦМР скользящим окном размером $n \times n$ пикселов. Порядок просмотра в алгоритмах задают двумя способами, используя четыре или восемь возможных направлений (вверх, вниз, вправо, влево либо добавляя еще четыре диагональных направления в квадратной ячейке) (рис. 20.3). В обоих случаях направления просмотра нумеруют по часовой стрелке от одного до четырех (восьми), начиная с направления вверх.

Картографирование углов наклона рельефа. Углом наклона рельефа местности называется линейный угол двугранного угла между касательной к поверхности плоскостью и горизонтальной плоскостью. Для вычисления углов наклона методом скользящего окна используют конечные разности, позволяющие найти максимум перепада высот z в окне (градиент). Градиент z в направлении оси x в точке i, j находят из уравнения:

$$\frac{\Delta z}{\Delta x} = \max[(z_{i+1,j} - z_{i-1,j})/2]/\Delta x.$$

Тангенс угла наклона поверхности по четырем соседним точкам получают как

$$\tan \alpha = [(\Delta z / \Delta x)^2 + (\Delta z / \Delta y)^2]^{1/2},$$

а экспозицию Exp — $\operatorname{tg} Exp = -(\Delta z / \Delta y) / (\Delta z / \Delta x)$.

Аналогичные соотношения строят для получения значений плановой K_{pl} и профильной кривизны K_{pr} .

Стандартные программы определения характеристик рельефа по растровой ЦМР позволяют вычислять их значения для каждого пикселя и строить растровые изображения, уточняя их с учетом типов рельефа. Для этого обычно объединяют полученные показатели углов наклона в полигоны с заранее заданным диапазоном (например, 3–4°, 4–5° и т.д.), а все экспозиции показывают как азимуты направления (например, 0 — север, 45 — северо-восток, 90 — восток и т.д.).

20.3 Электронные атласы

Создание капитальных атласов растягивается, как известно, на долгие сроки, и главной проблемой становится их устаревание, нередко еще в процессе подготовки. Методы геоинформационного картографирования позволяют значительно сократить сроки составления атласов.

Электронный атлас — это картографическое произведение, функционально подобное электронным картам, сопровождаемое программным обеспечением типа картографических браузеров (картографических визуализаторов).

Помимо картографических изображений, электронные атласы включают текстовые комментарии, табличные данные (таблицы атрибутов), а также мультимедийные изображения — анимации, видеофильмы и звуковое сопровождение. Электронные атласы — это удачная альтернатива бумажным. Они содержат карты высокого качества, имеют дружественный интерфейс и обычно снабжены хорошими справочно-поисковыми системами.

Электронные атласы распространяются на компакт-дисках (CD-ROM). Издание и распространение электронных атласов менее дорогое по сравнению с бумажными, что позволяет обеспечить организации разных типов, в том числе школы, качественным набором картографических материалов для разностороннего использования.

Существует несколько типов электронных атласов:

- ◆ атласы только для визуального просмотра («перелистывания»), так называемые **«выюерные атласы»**;
- ◆ **«интерактивные атласы»**, в которых предусмотрена возможность изменять оформление, способы изображения и даже классификации картографируемых явлений, увеличивать и уменьшать (масштабировать) изображение, получать бумажные копии карт;

- ◆ «аналитические атласы», позволяющие комбинировать и со-
поставлять карты, проводить их количественный анализ и
оценку, выполнять оверлей, определять пространственные
корреляции, — по существу, это **ГИС-атласы**;
- ◆ атласы, размещенные в компьютерных телекоммуникаци-
онных сетях, например **Интернет-атласы** (см. раздел 21.3). В
их структуре кроме карт и интерактивных средств обяза-
тельно присутствуют еще и средства поиска дополнитель-
ной информации и карт в сети.

Карты комплексных электронных атласов содержат разные виды информационных слоев:

- ◆ многофункциональные базовые слои, используемые для мно-
гих карт;
- ◆ аналитические и синтетические слои по конкретной тема-
тике;
- ◆ оперативно обновляемые тематические слои.

Все они могут входить в содержание разных карт атласа, скажем, базовый слой «геологическое строение» можно использовать не только для собственно геологической карты, но с той или иной генерализацией — для карт полезных ископаемых, гидрогеологи-
ческой, инженерно-геологической, геоэкологической и др. Ком-
бинирование слоев существенно упрощает трудоемкие процессы
составления и взаимного согласования карт.

В большинстве стран созданы национальные электронные ат-
ласы. Как правило, они базируются на многотомных бумажных
атласах, например, атлас Швеции включает 17 томов, Нидер-
ландов — 20 томов, Финляндии — 25 выпусков, Испании — 40 вы-
пусков. Однако электронные атласы не всегда повторяют свои бу-
мажные прототипы именно в силу текущего обновления карт,
появления новых сюжетов и даже частичного изменения струк-
туры.

Проект разрабатываемого Национального атласа России преду-
матривает создание наряду с традиционным многотомным печат-
ным изданием еще двух версий: 1) электронная (упрощенная) на
дискетах и компакт-дисках, которая рассматривается одновремен-
но с традиционной бумажной версией и может быть впоследствии
дополнена видео- и аудиоинформацией, анимациями и текстом;
2) ГИС-версия, также расширяемая с помощью мультимедиа и
включающая базы данных и программную ГИС-оболочку.

20.4. Автоматизированная генерализация

В стремлении автоматизировать процедуры картографической генерализации, которое отмечалось уже на первых этапах компьютеризации, всегда различают две стороны процесса: *семантическую и геометрическую*.

Генерализация качественных характеристик происходит путем обобщения классификационных признаков объектов и объединения позиций в легенде с учетом иерархической структуры явления. Это выполняется в автоматическом режиме с помощью одно- и многопараметрических классификаций. Наиболее просто реализуется цензовый отбор объектов.

Требования картографической генерализации накладывают жесткие ограничения на автоматизацию геометрической (пространственной) составляющей. Здесь не годятся методы формального (механического) сглаживания очертаний. Автоматическое распознавание иерархии геометрических структур составляет основную задачу компьютерного распознавания образов, далекую от решения в общем случае.

Автоматизация обобщения данных различна в зависимости от способа их представления — *растрового или векторного*. При генерализации растровых данных их значения пересчитываются с учетом соседних пикселов. Алгоритмы оперируют одновременно с количественными и качественными характеристиками статистических или атрибутивных данных. Значительно сложнее пространственная генерализация векторных данных.

При *генерализации линий* происходит геометрическое манипулирование с цепочками координатных пар (x, y). Компьютерные операции по содержанию совпадают с традиционными процедурами картографической генерализации.

Упрощение — операции, позволяющие исключить лишние координатные пары, исходя из заданного геометрического критерия (например, расстояния между точками или смещения от центральной линии).

Сглаживание — обеспечивает сдвиг координатных пар для устранения мелких извилин и сохранения только наиболее крупных изгибов линии. Как правило, сглаживание оцифрованной линии используют для уменьшения погрешностей кодирования, считая, что это качественно улучшает такую линию.

Смещение объектов — осуществляет сдвиг объектов, чтобы при уменьшении масштаба избежать их слияния или наложения; большинство алгоритмов перемещения объектов в векторном формате ориентировано на интерактивный режим.

Корректировка (утрирование) — в уже упрощенный набор данных снова вводятся некоторые детали (например, для подчеркивания особенности побережья); один из способов предполагает расчленение линии путем введения дополнительных точек для достижения сходства с оригиналом.

Слияние — объединение двух соседних объектов при уменьшении масштаба, например, параллельные линейные объекты (контуры леса и дороги) в мелком масштабе могут сливаться.

Алгоритмы упрощения линий отличаются критериями выбора точек.

Алгоритм независимых точек очень прост и никак не учитывает топологические связи с другими координатными парами: отбрасывается либо каждая n -ная точка (например, третья, десятая), либо случайно отбирается $1/n$ часть набора координатных пар.

Алгоритмы локальной обработки обеспечивают исключение координатных пар с учетом положения соседних точек, определяемого следующими критериями:

- евклидово расстояние между точками (длина отрезка оцифрованной линии);
- изменение углов между соседними отрезками линии;
- комбинацию первых двух критериев.

Существуют различные расширения алгоритмов локальной обработки. В них поиск осуществляют не только среди соседних точек, а оценивают и отрезки линии. Размах поиска определяется многими критериями, в том числе сложностью линий, густотой координатных пар, начальной точкой поиска.

Использование теории фракталов. Упрощение и сглаживание, несомненно, улучшают общий вид линии, но при этом учитывают лишь геометрию линии, не обращая внимания на географические особенности. Для некоторых объектов (дороги, меандрирующие реки) такие методы вполне пригодны, однако при этом остается много неучтенных и просто пропущенных природных особенностей.

Исследователями замечено, что многие географические объекты — побережья морей и океанов, реки, государственные границы там, где они проведены по природным контурам, — обладают фрактальными свойствами **самоподобия** (см. раздел 9.6). Разработаны алгоритмы, позволившие использовать фрактальные свойства для генерализации линейных объектов. Оптимальен такой способ генерализации, при котором сохраняется фрактальная размерность линии, например, посредством дополнения деталями оцифрованных или уже генерализованных линий при увеличении масштаба

или недостатке цифровых данных. Примером служит упомянутое выше утрирование деталей линий.

Г. Даттон (1981) применил концепцию самоподобия для совершенствования вида оцифрованных линий, добавляя угловатость, соответствующую повышению разрешения, с тем, чтобы сохранить фрактальную размерность оригинальной линии. Для этого точки оцифрованной линии, начиная от первой, перемещают так, чтобы угол, образованный соседними отрезками, принял заданное значение, а его вершина сместилась на половину расстояния между соседними точками. Значение угла подбирают так, чтобы пропорции между соседними отрезками обеспечивали локальное самоподобие и извилистость фрактализованной линии. Таким образом, в жертву приносится геометрическая точность линии, но сохраняется ее географическое подобие.

20.5. Компьютерная обработка снимков

Системы обработки данных дистанционного зондирования включают те же основные подсистемы, что и ГИС: ввод, хранение, обработка и представление результатов. Цифровые снимки, как правило, многозональные, получают со спутника сразу в виде, пригодном для ввода в компьютер, в растровом формате. Значение каждой растровой ячейки — кодированная спектральная яркость. Коды для каждой спектральной зоны меняются в диапазоне от 0 до 255. Значение 0 соответствует объекту, который воспринимается как абсолютно черный в этой зоне, 255 — как белый, промежуточные значения — различные оттенки серого цвета.

Фотографические аэро- и космические снимки переводят в цифровую форму путем сканирования. Фотографическую плотность снимка (лучше негатива) можно кодировать 64 млн цветов, но это вовсе не увеличивает информацию, содержащуюся в снимке, а приводит лишь к необходимости хранить и обрабатывать огромные массивы цифровых данных. Гораздо важнее правильно выбрать разрешение сканирования так, чтобы оно соответствовало разрешению фотоснимка, как правило, очень высокому, либо масштабу создаваемой карты.

Методы цифровой обработки снимков подразделяют на две группы, предназначенные для решения следующих задач:

- ◆ обеспечение яркостной и геометрической коррекции снимков;
- ◆ автоматизированная классификация объектов с использованием априорной информации о выделяемых классах или без нее.

Преобразования снимков необходимы для облегчения, повышения объективности и достоверности визуального дешифрирования, устранения яркостных или геометрических искажений, трансформирования изображения в заданную систему координат и подготовки к последующему дешифрированию и картографированию.

Яркостные преобразования предусматривают: квантование диапазона спектральных яркостей снимка (аналог шкалирования); цветной синтез и цветокодирование, выделение контуров заданной контрастности, фильтрацию значений яркости (сглаживание) и др. приемы. Такие процедуры есть во многих растровых ГИС-пакетах (*Erdas*, *Idrisi* и др.).

Геометрические преобразования снимков и их трансформирование в заданную систему координат выполняют по тем же алгоритмам, что и для картографических изображений (см. раздел 20.2).

Дешифровочными признаками географических объектов служат тон, цвет, размер, форма, текстура, рисунок, тень, местоположение, связь с другими элементами. При автоматизированном дешифрировании учитывают обычно лишь несколько признаков: тон, цвет, размер, при этом подразделяя их на яркостные, геометрические и комплексные.

Яркостные признаки являются основными и в большинстве случаев единственными. При обработке многозональных снимков они наиболее удобны, так как каждая точка просматриваемого изображения получает многомерную числовую характеристику — набор спектральных признаков. Известно, что разные природные объекты обладают специфическими спектральными характеристиками, связанными с их отражательной способностью. Однако эти признаки не вполне надежны. Яркость искажается при фотообработке, зависит от освещенности объекта, т. е. высоты Солнца, времени суток и года, свойств атмосферы, угла поля зрения съемочной системы, рельефа местности и т. п. Это ведет к неоднозначному соответствуанию объекта и его яркостных признаков, что в конечном счете снижает достоверность дешифрирования. Кроме того, спектральные признаки разных объектов могут частично совпадать и перекрываться.

Геометрические признаки — это форма (линейная, плоская, объемная), размер, топологические свойства объектов (например, связность, число промежутков). Геометрические признаки используют значительно реже яркостных, так как их довольно трудно формализовать.

Комплексные признаки — это специфическое сочетание яркостных и геометрических признаков, определяющее структуру (текстуру) изображенных на снимке объектов. Они наиболее эффективны и устойчивы, хотя и трудноформализуемы. Косвенно их ис-

пользуют в алгоритмах контролируемой классификации, осуществляющей по эталонам (тестовым участкам).

Классификация объектов лежит в основе автоматизированного дешифрирования снимков. При этом исходит из того, что каждому пикселу многозонального снимка соответствует набор значений спектральных признаков или вектор в спектральном пространстве, размерность которого равна числу съемочных зон. Тогда процесс классификации сводится к распределению всех элементов растра по классам в соответствии с отражательной способностью (значением спектральной яркости) каждого объекта в одной или нескольких зонах спектра, например типов растительности или категорий использования земель.

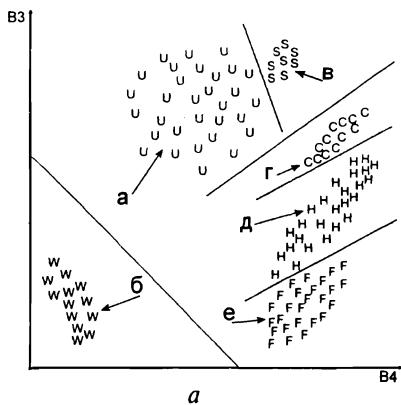
Трудности классификации связаны, прежде всего, с изменчивостью признаков — отражательная способность меняется в зависимости от времени суток, сезона и т.д. Часто классификация бывает неопределенной, поскольку элементы растра могут принадлежать сразу к нескольким классам — это так называемые «смешанные элементы». Но в процессе классификации неопределенность игнорируется, и каждый элемент помещается в один из классов.

Классификация опирается на математическую теорию **распознавания образов**. Согласно ей, пространство признаков нужно разделить на замкнутые области с признаками, характерными для одного из классов, и затем отнести каждый пиксель к тому классу, в область которого попал его вектор признаков.

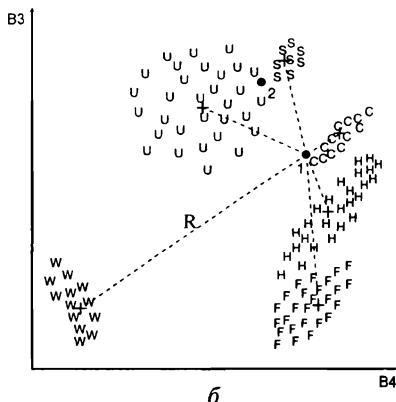
Границы получаемых областей называют решающими (разделяющими) границами, а сами области — областями решения. Способ отнесения пикселов снимка к областям решения (классам объектов) определяет так называемое решающее правило — правило классификации, которое обеспечивает соответствующий алгоритм. Правило классификации обычно формируют на основе признаков типичных объектов, принадлежность которых к данному классу заранее установлена, например на тестовых участках.

Алгоритмы подразделяют на два типа: алгоритмы контролируемой и неконтролируемой классификаций. При контролируемой классификации правила перехода от показателей спектральной яркости к классам объектов вырабатывают на «учебном» (тестовом, эталонном) участке, а затем автоматически применяют и на остальной части снимка. Эти алгоритмы иногда называют «классификацией с обучением».

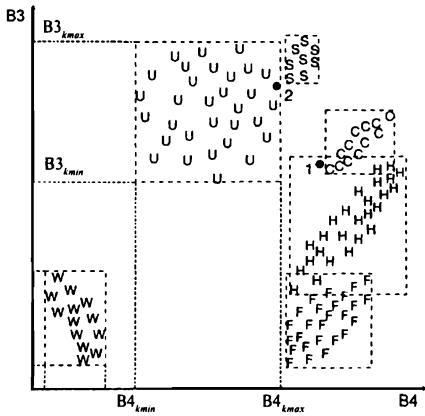
Контролируемую классификацию реализуют с помощью алгоритмов, использующих разные способы учета спектральных характеристик эталонных объектов:



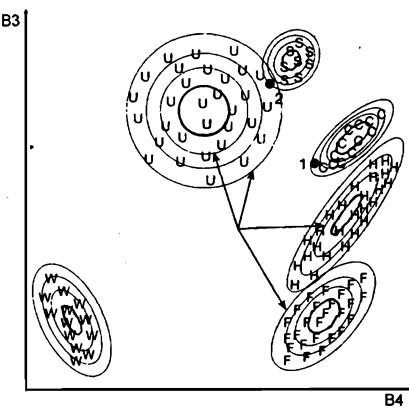
a



б



в



г

Рис. 20.4. Методы классификации (буквами обозначены разные классы объектов, 1 и 2 — точки произвольных измерений признаков):

а — построение дискриминантной функции; *б* — метод минимального расстояния R ; *в* — метод параллелепипеда, на примере одного класса показаны области изменения его яркостных признаков от min до max ; *г* — метод максимального правдоподобия, показаны контуры обучающих выборок и области равновероятного отнесения к ним измеряемых значений.

- **дискриминантные функции**, которые в простейшем случае представляют собой линии, разделяющие объекты на классы, если они не пересекаются в пространстве признаков (рис. 20.4*а*);
- **минимальные расстояния**, когда классифицируемые объекты относят к тому или иному классу, вычисляя евклидово

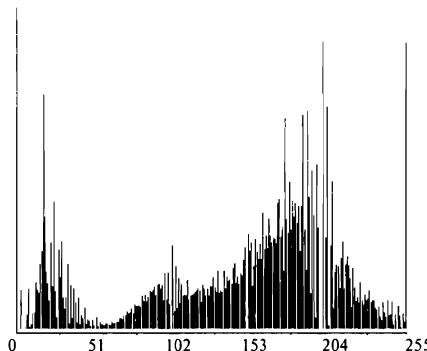


Рис. 20.5. Гистограмма распределения значений яркости изображения в одной из зон

расстояние в пространстве признаков между проверяемыми и эталонными пикселями и относя каждый пиксель к тому классу, до эталона которого это расстояние минимально (рис. 20.4б);

- ◆ **алгоритм параллелепипеда**, когда в признаковом пространстве выделяют замкнутые прямоугольные области, границы которых задают на основе анализа гистограмм распределения спектральных яркостей эталонных объектов в двух, трех или более зонах спектра (рис. 20.5). Каждый пиксель снимка относят к тому классу, в чей параллелепипед он попадает по своим значениям яркости (рис. 20.4в);
- ◆ **метод максимального правдоподобия**, основанный на статистических оценках характеристик классов объектов.

Наиболее часто применяемый способ классификации — **метод максимального правдоподобия**. При его реализации для каждого дешифрируемого класса объектов нужно определить две функции условной вероятности, связанные формулой Байеса: $P(X / A_i)$ — правдоподобие класса объектов A_i при данном векторе признаков X и $P(A_i / X)$ — вероятность отнесения пикселов с их вектором признаков X к классу A_i . Первая функция отражает различия в яркостях объектов разных классов, и ее параметры находят путем вычисления статистических характеристик распределения яркостей пикселов в пределах эталонных объектов на снимке — *построения обучающих выборок* (рис. 20.4г). Процедура классификации относит каждый пиксель с измеренным X к тому объекту, для которого правдоподобие максимально, т.е., согласно Байесову решающему правилу, нахождение объекта в заданной области признакового пространства статистически наиболее правдоподобно (отсюда и название «метод максимального правдоподобия»).

Алгоритмы неконтролируемой классификации реализуют часто применяемые в исследованиях многопараметрически определенных объектов **методы кластеризации**, основанные на так называемых **пороговых процедурах**. В них предполагается, что первоначальная информация о природных различиях объектов, зафиксированная в спектральных яркостях, достаточна для разделения классов, и поэтому можно обойтись без эталонов.

В общем случае при пороговой классификации сравнивают значения яркости двух соседних пикселов снимка. Если их разница превышает некоторую, заранее заданную величину d (порог), то считается, что эти пиксели принадлежат разным объектам и между пикселями проходит разделяющая граница. При таком способе классификации точность обычно невысока, тем не менее, при отсутствии априорной информации выполнение этой процедуры целесообразно.

Алгоритмы кластеризации осуществляют объединение пикселов с близкими значениями яркости в группы — кластеры и позволяют вычислить средневзвешенные значения яркостей всех пикселов, вошедших в кластер, которые определяют положение центра кластера в пространстве признаков. Простейшей мерой близости пикселов является евклидово расстояние.

Компьютерную обработку снимков выполняют построчно с повторением проверки условия для всех элементов строки и в конечном итоге — всего снимка. В результате создается карта кластеризации, а также массив спектральных координат центров кластеров с известным числом пикселов в каждом из них. Дешифровщик, используя карту кластеризации, а также дополнительную информацию, может оценить соответствие кластеров классам объектов и принять решение об их объединении в нужные тематические группы (выделы).

Существуют различные модификации алгоритмов кластеризации, отличающиеся в основном способом приближения выделяемых кластеров к классам путем дополнительных проверок «качества» получаемых кластеров. При этом оценивают расстояние между центрами кластеров (при небольшом расстоянии повышается вероятность пересечения кластеров и возникает необходимость их объединения) и разброс пикселов в кластерах (большая дисперсия яркости пикселя относительно центра кластера отражает случайность его попадания в данный «рыхлый» кластер, который, скорее всего, должен быть разделен). Оценки выполняются итерационно с последовательным уточнением характеристик кластеров. На таких оценках основан известный алгоритм *ISODATA*, который используется во многих растровых ГИС-пакетах.

В состав программного обеспечения автоматизированной обработки аэрокосмических снимков обычно входят несколько алгоритмов контролируемой и неконтролируемой классификации. Применение того или иного алгоритма определяется наличием априорной информации, качеством самого снимка, решаемой задачей, опытом и интуицией дешифровщика.

Мониторинг и картографирование изменений в природе, хождении и их взаимодействии связаны с *составлением карт динамики*. Компьютерная реализация этих методов главным образом направлена на обеспечение точного пространственного совмещения разновременных карт, аэро- и космических снимков для извлечения динамической информации.

Прежде всего, необходимо определить классы динамических объектов и их временной интервал (сезон, год и т.п.). Приведение снимков (или карт и снимков) к геометрически идентичному виду осуществляют методами, описанными в разделе 20.2, стремясь к тому, чтобы среднеквадратическая ошибка трансформирования не превышала 0,5 пикселя.

Обеспечить спектральную идентичность снимков крайне трудно из-за разнообразия определяющих ее параметров. Яркостная коррекция позволяет делать разновременные снимки максимально сравнимыми при условии, что сезонные различия минимальны, а облачность отсутствует.

Подходящие алгоритмические процедуры выявления и картографирования изменений основаны на методах контролируемой, неконтролируемой или гибридной классификации и оверлейных ГИС-технологиях. Для оценки точности полученных результатов строят «матрицы динамики» классов объектов, аналогичные матрицам классификации (см. табл. 19.2). Наиболее часто применяют следующие операции:

- ◆ **создание композиций разновременных снимков** за два срока и выделение изменившихся и неизменившихся кластеров пикселов;
- ◆ **использование алгебры изображений** — вычитание, синтез или вычисление отношений соответствующих зон (после их приведения к единой системе координат и размеру);
- ◆ **сопоставление результатов классификации разновременных снимков**, полученных путем автоматизированного дешифрирования нужных объектов на геометрически совмещенных снимках;
- ◆ **применение бинарных масок** — специально создаваемых изображений, содержащих только 0 и 1, которые применяют для маскирования неизменившихся или не интересующих

десифровщика объектов, что позволяет выделить изменения;

- ◆ ***использование карт как источников данных за первую дату***, когда результаты съемки сравнивают с картой, составленной на более ранний срок. В этом случае карту сканируют, снимок трансформируют в проекцию карты, выполняют его классификацию, а далее применяют для карты и классифицированного снимка описанные выше операции;
- ◆ ***ручное цифрование классов изменений по экрану*** — выделение контуров площадных объектов на разновременных картах классификации или снимках высокого разрешения способом так называемого цифрования по растровой подложке, с последующим совмещением полученных векторных карт на одной основе.

Развитие геоинформационных технологий ведет к попыткам разработать мониторинговые системы, работающие с минимальным участием человека. Они опираются на создание экспертных систем и баз знаний.



Глава 21

Картография и телекоммуникация

21.1. Телекоммуникационные сети

В 90-е годы XX в. стремительно развивающийся научно-технический прогресс привел к появлению новых средств коммуникации — глобальных компьютерных сетей, по которым с высокой скоростью движутся потоки цифровой информации, в том числе картографической.

Самая разветвленная и мощная планетарная компьютерная сеть Интернет (*Internet*) — в короткий срок стала эффективным средством безбумажной передачи информации. Начало ее разработки относится к 50-м годам XX в., когда США создали сеть *ARPANET* — прообраз Интернета — для оповещения о возможной ядерной атаке. Вскоре эта сеть была поставлена на службу научному сообществу и коммерческим фирмам. А уже к началу 90-х годов Интернет превратился в «информационную супермагистраль», которая включала в себя около 5 тыс. сетей и свыше 700 тыс. компьютеров в 40 странах.

Развитию сети в решающей мере способствовала разработка **протокола TCP/IP** (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), т.е. **особых системы согласованных правил и способов передачи файлов между компьютерами**. Все компьютеры, входящие в сеть, равноправны, что обеспечивает особую устойчивость системы и возможность практически неограниченного ее расширения.

В настоящее время сеть Интернет — основной канал международного общения, универсальное средство передачи коммерческой, научной и учебной информации.

Важная особенность компьютерной сети Интернет состоит в том, что она является, с одной стороны, высокоскоростной и эффективной транспортной средой, а с другой — совокупностью

распределенных информационных ресурсов. С ее помощью реализуются услуги электронной почты, доступ к удаленным базам данных, различным научным документам, в том числе к картам и снимкам, электронным каталогам и библиотекам.

Специалисты в области наук о Земле и обществе, картографы и геоинформатики, будь то отдельные исследователи или организации, имеют возможность, пользуясь Интернетом, реализовать «три желания»:

- ◆ наладить оперативную передачу сообщений и изображений;
- ◆ получить доступ к глобальным геоинформационным ресурсам;
- ◆ ввести массивы собственных данных в международный оборот, заинтересовывая ими потенциальных партнеров и клиентов.

Общественный спрос на средства быстрого распространения географической информации, карт, данных дистанционного зондирования очень высок. Использование компьютеров в сетях телекоммуникации (появился особый термин — **«сетевой компьютеринг»**) называют иногда пятой информационной революцией, имея в виду, что первые четыре были связаны с изобретением печатного станка, телефона, радиосвязи и персональных компьютеров. Коммуникация перестала зависеть от расстояний, пространственная информация циркулирует в сетях практически в режиме реального времени. Это заметно изменило стиль управления, характер научной и производственной картографической деятельности.

Произошло органическое соединение ГИС, геоинформационного картографирования и сетей телекоммуникации, развитие одной технологии повлекло новые разработки и решения в другой. Сформировалось глобальное геоинформационное пространство, т.е. среда, в которой функционируют цифровая геоинформация и изображения разных видов и назначения.

Глобальная компьютерная сеть безостановочно расширяется. По некоторым оценкам, к концу тысячелетия число компьютеров, подключенных к Интернету, достигло 300 млн. Рост идет стихийно и неограниченно, и это создает трудности при ориентировании в сети, отыскании в ней необходимых сведений.

Кроме глобальной существуют и другие сети: региональные (например, геонаучные сети для стран Европы) и локальные (сеть Новосибирского академгородка, Московского университета), специализированные, ведомственные или корпоративные сети (земельные, учебные, академические и т.п.). Эти последние называют **Инtranет**, и они, как правило, имеют выход в Интернет.

21.2. «Всемирная паутина»

Первые опыты использования компьютерных сетей быстро привели к выводу, что обилие обращающихся в них карт и других изображений — это не только благо, но и большая проблема для пользователя. Информация захлестывает его, в ней трудно ориентироваться и найти то, что нужно, графические документы избыточны и не всегда упорядочены. Поэтому важнейшей проблемой сразу стала разработка способов организации информационных массивов и создание **навигаторов** — программных средств, позволяющих ориентироваться и передвигаться в электронной сети по логически связанным путям в поисках требуемой информации.

«Всемирная паутина» — точный перевод английского словосочетания *World Wide Web* (WWW, 3W или Web) — название системы, обеспечивающей поиск и обмен информацией в компьютерных сетях. Она была создана в 1989 г. для упрощения компьютерного обмена научными сведениями и вскоре широко распространилась в Интернете. С 1993 г. Веб стала основным средством сетевого компьютеринга, в том числе поиска и передачи изображений.

На самом деле Веб — не только система, но и способ получения и доставки необходимой информации, протокол поиска и передачи данных. Она опирается на язык HTML (*HyperText Markup Language* — язык гипертекстовой разметки), который позволяет удобно кодировать текстовые файлы. Благодаря этому любой элемент одного документа можно связать с другими документами, что обеспечивает достаточно простое передвижение — «навигацию» — по системе логических связей в Интернете. Иными словами, с помощью Веб согласуют коды и адреса поставщиков и пользователей услугами электронных сетей. Благодаря этому HTML используется не только в Интернете, но и в других сетях, и на компакт-дисках (CD-ROM).

Кроме единого гипертекстового языка HTML, Веб использует еще и единый протокол обмена гипертекстами — HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) и общий интерфейс. Таким образом, Веб является общедоступной системой, пригодной для любых компьютерных систем и не зависящей от программного обеспечения.

Работа с Веб напоминает работу с энциклопедией, тексты снабжены системой перекрестных ссылок к тем или иным выделенным словам. Это позволяет отыскивать дополнительные сведения в другом месте, достаточно лишь нажать клавишу, чтобы перейти от выделенного слова к другому документу. Все это обеспечивает удобство и скорость поиска нужной информации. Язык HTML быстро

развивается, в него инкорпорируются другие языковые средства, появляются новые версии. Образ «всемирной паутины» оказался довольно удачным, карты словно вплетены в сеть линий связи, опутывающих Земной шар.

21.3. Карты и атласы в компьютерных сетях

Все карты, атласы, аэро- и космические снимки, обращающиеся в Интернете, подразделяются на четыре большие группы:

- статичные изображения — карты, атласы, снимки, полученные путем цифрования и сканирования или поступившие в цифровом формате;
- интерактивные изображения, составляемые и обновляемые по запросам пользователей;
- картографические анимации, фильмы, мультимедийные продукты, виртуальные модели;
- карты, атласы, снимки в ГИС.

Размещение, т.е. *публикация карт и атласов в Интернете* оказалось более простым и дешевым делом, чем их полиграфическое издание. Оно к тому же не требует дополнительных затрат на распространение продукции (перевозка, продажа и др.). В этом одна из причин превращения Интернета в важный канал картографической коммуникации, даже несмотря на то, что преобразование в цифровую форму и последующее воспроизведение карт несколько понижает их качество.

Число карт и атласов, существующих в Интернете, исчисляется сотнями тысяч. Одна только Международная служба погоды регулярно посыпает в Интернет метеорологические фотокарты разных районов планеты, каждые 15 минут обновляя их по космическим данным. Существует целая телекоммуникационная индустрия создания карт погоды. Ряд серверов содержат тематические карты населения, транспорта, климата, растительности, ландшафтов и др. Для вызова их на экран достаточно указать тематику карты и название региона, интересующего пользователя.

Наибольшим спросом в Интернете пользуются следующие группы карт:

- обзорные справочные карты;
- карты погоды, опасных атмосферных явлений (ураганов, циклонов), наводнений и т.п.;
- карты состояния окружающей среды и природных катастроф;

- карты транспорта, навигационные, условий проезда по дорогам;
- карты туристические, отдыха, путешествий;
- карты текущих политических событий, горячих точек планеты и др.;
- учебные карты и атласы.

Особый интерес представляет публикация в электронных сетях национальных атласов. Это обеспечивает оперативное и, главное, экономичное обновление карт по мере поступления новой информации, например от государственной статистической или земельной службы. Тем самым осуществляется постоянное «дежурство» по атласу или своеобразный мониторинг. По существу, формируются **национальные атласные информационные системы**, которые могут использовать учреждения и частные лица. Такие системы созданы во многих странах мира.

Приходится, однако, принимать во внимание, что растровые и векторные картографические изображения образуют огромные массивы цифровой информации, на их передачу затрачивается очень много времени. Приемные каналы среднего пользователя не всегда соответствуют огромности информационных ресурсов, содержащихся в Интернете. Для упрощения процесса обновления картографической информации создают так называемые **гибридные атласы**, когда фундаментальные базовые карты хранятся в Интернете постоянно, а быстроменяющиеся изображения оперативно пересоставляются. Например, в атласе периодически актуализируются социально-экономические карты и метаданные, описывающие вновь поступившую информацию.

В Интернет попадают не только национальные атласы. На картографических серверах размещают справочные региональные, городские, туристские, учебные электронные атласы и др. Есть атласы, пользуясь которыми читатель может самостоятельно выбирать масштабы и способы картографического изображения, создавая по одним и тем же данным несколько вариантов карт. Число атласов разного типа и назначения, размещенных в Интернете, уже с трудом поддается учету.

21.4. Картографирование в Интернете

Картографирование в Интернете, или, точнее, с помощью Интернета, имеет три аспекта:

- получение информации для составления карт;
- сам процесс интерактивного картографирования;
- презентация картографических произведений.

Следует иметь в виду и еще один важный момент. Коммуникация в компьютерных сетях обеспечивает налаживание тесных контактов между картографическими учреждениями, фирмами, отдельными лицами для обмена опытом. Появляется возможность быстро получать сведения о новейшей электронной продукции, о программных средствах для картографирования и т.д. Составитель может «перекачать» эту информацию в свой компьютер и использовать в качестве источника. Картографы—пользователи Интернета имеют возможность оперативно участвовать в обсуждении актуальных профессиональных проблем, регулярно отыскивать необходимые картографические сведения на справочных серверах и в базах метаданных.

Возможности интерактивного составления карт в Интернете весьма разнообразны. Один из самых доступных вариантов — создание картограмм и картодиаграмм по статистическим данным (с этого начиналась вся автоматизированная картография). Это своеобразная **«интерактивная композиция карт»**, которая не предполагает какой-либо сложной обработки исходной информации. Достаточно иметь базы цифровых статистических данных и картографическую основу с сеткой административных районов.

Более сложные тематические карты требуют обращения в Веб для целенаправленного поиска источников, подбора слоев, их последующего совмещения и комбинирования, управления разными базами данных, выполнения процедур генерализации и классификации, выбора способов изображения и т.п., включая оформление страницы в Интернете.

Новые технологии позволяют разнообразить способы изображения, менять стили оформления карт, использовать эффекты машинной графики и компьютерного дизайна, применять анимации и средства мультимедиа. Настольные электронные издательские картографические системы высокого разрешения оперативно размещают составленные карты в нужном пользователю количестве экземпляров.

Все эти процедуры и технологии обозначаются терминами **Интернет-картографирование** и **Веб-картографирование**. Правомерно говорить и об интерактивном **Интернет-использовании карт**, включая картометрирование, морфометрический и математико-статистический анализ, изучение структуры, взаимосвязей, способов районирования по комплексу показателей и — что особенно эффективно в Интернете — изучение динамики по наборам разновременных карт и снимков.

Один из способов Веб-картографирования — это создание виртуальных картографических произведений (см. раздел 22.4) на осно-

ве содержащихся в компьютерной сети карт и отдельных картографических слоев, снимков, анимаций, других изображений, статистических данных и т.п. Виртуальные карты и атласы можно анализировать в сети так же, как обычные, действовать на их основе, моделировать ситуации, проигрывать какие-либо задачи и принимать решения. Они имеют разный пространственный охват — от обзорного глобального до регионального и локального.

Поиск в Интернете картографических источников осуществляют разными путями:

- ◆ «графический», или точнее, «картографический», путь, когда на экран выводится карта мира и пользователь последовательно указывает интересующий его континент, затем страну, регион, город и т.п.;
- ◆ «тематический» вариант, при котором информационные ресурсы сгруппированы по видам и темам, так что можно, например, вызвать снимки, анимации либо исторические, туристские, дорожные карты;
- ◆ «текстовой» путь, когда пользователь осуществляет быструю навигацию по интересующей его области с помощью текстового меню;
- ◆ «поисковый» путь, т.е. поиск нужного изображения с помощью ключевых слов;
- ◆ «газетир», который предоставляет пользователю полные списки документов по каждому континенту или региону.

Предоставляя новые возможности для картографирования, компьютерные сети сами нуждаются в картографическом отображении.

Картографирование сетей телекоммуникации — особое направление тематической картографии, которое охватывает разные аспекты размещения, оценки состояния и перспектив развития сетей.

Карты телекоммуникационных сетей показывают положение каналов и центров связи, сетевую инфраструктуру в целом, объемы информации, проходящей в единицу времени, степень и динамику загрузки по месяцам, неделям, дням и т.п. Особое направление — картографирование взаимодействия сетей со средой, в которой они функционируют, показ региональных различий в плотности сетей, обеспечении коллективных и индивидуальных пользователей услугами телекоммуникации. Наконец, карты способствуют прогнозированию и планированию территориального развития сетей, оптимизации их функционирования.

21.5. Интернет-ГИС

Широкая экспансия Интернета значительно изменила ГИС-технологии. Здесь обнаружилась любопытная диалектика. Вначале развитие ГИС закономерно привело к сетевым технологиям. Они, как было показано выше (см. раздел 19.2), позволили интегрировать многие источники информации, обновлять их в оперативном режиме, а главное — пользоваться распределенными базами данных. Но затем оказалось, что одиночные ГИС, создаваемые отдельными лицами (или коллективами исследователей), становятся малоэффективными, если они не интегрированы в компьютерные сети.

Во всяком случае по мере развития *Интернет все более отчетливо приобретает черты глобальной ГИС*. В самом деле, всемирная компьютерная сеть, подобно огромной ГИС, обеспечивает сбор и хранение данных, доступ к ним клиентов, передачу и обмен информацией, ее программную обработку и анализ, а в итоге — представление результатов (часто — новых карт) широкому кругу пользователей.

Сочетание ГИС и Интернет-технологий позволяет исследователю отыскивать нужные ему карты и далее работать с ними в интерактивном режиме, как с обычными настольными ГИС. Такой процесс реализуют двумя способами: либо «обучают» Веб-сервер, на котором располагаются интерактивные карты, основным функциям ГИС, либо создают специализированное программное обеспечение, поддерживающее функции настольной ГИС. В этом случае Веб-сервер обеспечивает только коммуникацию.

Сходство геоинформационных и сетевых технологий привело к их соединению, созданию Интернет-ГИС и формированию интегральной сетевой геоинформационной среды.

Интернет-ГИС — это геотелематическая система, использующая телекоммуникационные сети как средство передачи информации, доступа к удаленным базам данных и программным модулям для анализа, принятия решений и презентации результатов, включая карты.

Интернет-ГИС воспринимает и воспроизводит в расширенном виде все функции обычных ГИС, а к тому же обеспечивает доступ и обмен прикладными программами. Таким образом, исследователи получают возможность пользоваться программным обеспечением, которое необязательно инсталлировано в их персональных компьютерах. При этом Интернет-ГИС обеспечивает распределенность пространственных данных и средств анализа, которые могут

быть размещены в разных точках сети, оперативное обновление информации и программного обеспечения.

Интернет-ГИС реализуют две технологии картографирования. В первом варианте карты полностью создаются на удаленном сервере по запросу пользователя и затем передаются ему. Во втором — к пользователю поступают лишь файлы исходных данных, и он самостоятельно выполняет их обработку и составление карт в интерактивном режиме. Обе технологии предполагают достаточно высокую картографическую культуру пользователей в сочетании с хорошим знанием возможностей электронных сетей.

Виды и варианты пользовательских Интернет-ГИС весьма разнообразны по назначению и функциям. Одни из них позволяют только находить, визуализировать и обрабатывать необходимую информацию, другие, кроме того, осуществляют оперативное слежение за ресурсами пространственными данными, а третьи, наиболее развитые системы, обеспечивают еще и обмен данными с другими серверами.

Функционирование картографических Интернет-ГИС потребовало определенной перестройки системы хранения цифровой информации, большей ее концентрации, централизации фондов и совершенствования системы доступа для максимального количества пользователей. Ряд стран создают государственные библиотеки цифровых данных, располагающие миллионами единиц хранения аэро- и космических снимков. В таких библиотеках содержат доступные всем клиентам компьютерной сети описания (метаданные) различных фондов и коллекций цифровой геоинформации. Доступ к таким базам данных ограничен, он открыт только для зарегистрированных государственных ведомств и лиц, владеющих соответствующими паролями.

Многие страны объединяют усилия для создания единых региональных инфраструктур пространственных данных. Так поступили западно-европейские государства, страны Азии и Тихого океана. Идеи формирования подобной инфраструктуры прорабатывают и картографо-геодезические службы стран СНГ, ощущающие необходимость сотрудничества в этой сфере.

21.6. Перспективы взаимодействия

Геоинформация составляет обширную часть информации, жизненно необходимой современному обществу. Экономика, культура, наука и образование, средства массовой информации, эколо-

гическая обстановка, внутренняя, внешняя политика и оборона, а в конечном счете — роль страны в мировом сообществе во многом зависят от качества и доступности геоинформации. Поэтому разработка средств и методов передачи геоинформации является одним из приоритетных научных направлений.

Соединение картографии, ГИС-технологий и телекоммуникационных сетей закономерно ведет к формированию особого научного направления — геотелекоммуникации, как дисциплины, изучающей обращение геоинформации в компьютерных сетях. При этом взаимодействие происходит по двум главным направлениям:

- ◆ использование телекоммуникационных сетей (Интернета и др.) как средства распространения картографической информации;
- ◆ развитие телекоммуникационного картографирования как особого направления картографии, опирающегося на ГИС- и Интернет-технологии.

Развитие первого направления предполагает решение технических и организационных проблем, и прежде всего повышение пропускной способности и расширение каналов связи, совершенствование средств навигации в сетях и упрощение интерфейса. Для второго направления необходима разработка теории картографического моделирования в компьютерных сетях, средств и языка представления геоинформации, новых методов пространственно-временного анализа, способов визуализации. Таким образом, в первом случае внимание акцентируется на технических и технологических аспектах, а во втором — на проблемах методологического характера.



Глава 22

Геоизображения

22.1. Понятие и определение

Никогда прежде ученые и практики, работающие в области наук о Земле и обществе, не имели дела с таким обилием карт самого разного назначения и тематики, а кроме того, аэро- и космических снимков, трехмерных моделей, электронных карт, анимаций и иных экраных изображений. Прогресс геоинформационного картографирования, дистанционного зондирования и средств телекоммуникации привел к тому, что карты традиционного типа перестали быть единственным и безраздельным средством познания окружающего мира. Съемки в любых масштабах и диапазонах, с различным пространственным охватом и разрешением ведутся на земле и под землей, на поверхности океанов и под водой, с воздуха и из космоса.

Все множество карт, снимков и других подобных моделей можно обозначить общим термином — «**геоизображения**».

Геоизображение — любая пространственно-временная, масштабная, генерализованная модель земных (планетных) объектов или процессов, представленная в графической образной форме.

В этой формулировке отмечены главные свойства, присущие всем геоизображениям (масштаб, генерализованность, наличие графических образов), и указана их специфика — это изображения Земли и планет¹.

Геоизображения представляют недра Земли и ее поверхность, океаны и атмосферу, педосферу, социально-экономическую сферу и области их взаимодействия.

¹ Слово «гео» применительно к другим планетам вполне правомерно, поскольку в планетологии давно принято заменить термины «селенография», «сelenология», «ареология» и «ареография» и т.п. более удобными и простыми названиями: геология и география Луны, геология и география Марса, Венеры и др.

22.2. Виды геоизображений

Геоизображения подразделяют на три класса:

- **плоские, или двумерные**, — карты, планы, анаморфозы, фотоснимки, фотопланы, телевизионные, сканерные, радиолокационные и другие дистанционные изображения;
- **объемные, или трехмерные**, — аналифи, рельефные и физиографические карты, стереоскопические, блоковые, голограммические модели;
- **динамические трех- и четырехмерные** — анимации, картографические, стереокартографические фильмы, киноатласы, виртуальные изображения и т.п.

Основные виды карт, аэро- и космические снимки, другие пространственные модели были рассмотрены выше (см. главы 1 и 14). Многие из них давно вошли в практику, другие появились сравнительно недавно, третьи — находятся еще в стадии экспериментальной разработки, как, например, голограммические геоизображения. Новые компьютерные технологии постоянно порождают новые и новые геоизображения, наилучшим образом удовлетворяющие требованиям усложняющихся научных исследований и практических приложений.

В пределах каждого вида есть десятки разновидностей: карты всевозможной тематики, снимки в разных диапазонах, блок-диаграммы в любых проекциях и ракурсах. Но кроме того, существует еще множество **комбинированных геоизображений**, сочетающих в себе свойства разных моделей. Таковы, например, комбинации карт и снимков: фотокарты, ортофотокарты, космокарты. Обычно это полиграфические оттиски с аэро- или космических фотопланов, в которые впечатаны координатные сетки и рамка, картографические обозначения и надписи (см. разделы 1.7 и 16.4). Широко известны топографические и тематические фотокарты: космотектонические, космофотогеоботанические и т.д. Они удобны для проектно-изыскательских работ, геологической разведки, сельскохозяйственного освоения земель и т.д. Применяют и упрощенные монтажи космических снимков с нанесенной на них координатной сеткой, так называемые «иконокарты», оперативно составляемые в крупных масштабах на малоизученные территории.

К комбинированным изображениям принадлежат и фототелевизионные снимки, в которых преимущества четких и малоискаженных фотографий сочетаются с оперативностью телевизионного способа их передачи на Землю. Есть много примеров сочетания и синтезирования телевизионных и сканерных, сканерных и ра-

диолокационных изображений. К комбинированным трехмерным геоизображениям можно отнести дисплейные стереомодели и анаглифы. Взгляд на них через специальные очки создает полную иллюзию объемного изображения. Разработаны методы построения цифровых голограмм, в том числе и метахронных. Динамическое виртуальное изображение (см. раздел 22.4), совмещающее трехмерную модель рельефа, фотоизображение ландшафта и компьютерную анимацию, — один из наиболее ярких примеров многомерного комбинированного геоизображения.

Такие сложные комбинированные модели, сочетающие в себе разные свойства, можно назвать *гипергеоизображениями* (или для краткости — *гиперизображениями*).

В разных комбинациях они синтезируют геометрические, яркостные, динамические, стереоскопические свойства. Кроме виртуальных моделей можно назвать и статичные «пейзажные карты» — особые трехмерные изображения, в которых реалистическая наглядность художественных пейзажей соединяется с точностью блок-диаграмм, и цветокодированные космофотокарты, охватывающие всю планету или крупные ее регионы, и многие другие. Гиперизображения — это почти всегда программно управляемые модели, конструируя которые можно задавать те или иные свойства и изменять их по мере необходимости.

22.3. Картографические анимации

В научных и практических исследованиях важным и даже решающим условием выполнения задачи часто становится оперативное изготовление картографических произведений и доставка их потребителям. Огромную роль в этом играет аэрокосмическое зондирование и осуществляемый с его помощью мониторинг (см. раздел 16.7). Оперативно создаваемые карты предназначены для решения широкого спектра проблем, прежде всего, для предупреждения (сигнализации) о неблагоприятных или опасных процессах, слежения за их развитием, составления рекомендаций и прогнозов, выбора вариантов контроля, стабилизации или изменения хода процесса в самых разных сферах — от экологических ситуаций до политических событий.

Суть *оперативного картографирования* составляет создание и использование карт в реальном или близком к реальному масштабу времени с целью быстрого (своевременного) информирования пользователей и воздействия на ход процесса. Реальный масштаб времени характеризует скорость создания-использования карт, т.е.

темп, обеспечивающий немедленную обработку поступающей информации, ее картографическую визуализацию для оценки, мониторинга и контроля процессов и явлений, изменяющихся в том же темпе.

Принято различать оперативные карты двух типов: одни расчитаны на долговременное последующее использование и анализ (например, карты итогов голосования избирателей), а другие — на кратковременное применение для незамедлительной оценки какой-либо ситуации (например, карты стадий созревания сельскохозяйственных посевов).

В традиционной картографии известны три способа отражения динамики явлений и процессов, их возникновения, развития, изменений во времени и перемещения в пространстве (см. разделы 5.15 и 12.4):

- показ динамики на одной карте с помощью стрелок или лент движения, «нарастающих» знаков и диаграмм; расширяющихся ареалов, изолиний скоростей изменения явлений и т.п.;
- показ динамики с помощью серий разновременных карт, снимков, фотокарт, блок-диаграмм и др., фиксирующих состояния объектов в разные моменты (периоды) времени;
- составление карт изменения состояний явления, когда показывается не сама динамика, а лишь результаты произошедших изменений (ареалы изменений).

Возможности отображения динамики геосистем существенно возрастают с внедрением в практику картографических анимаций — особых динамических последовательностей карт-кадров, создающих при демонстрации эффект движения. Анимации прочно вошли в повседневную жизнь, они стали столь же привычными, как космические снимки и электронные карты. Хорошо известным примером могут служить телевизионные карты прогноза погоды, на которых видны перемещения фронтов, областей высокого и низкого давления, атмосферные осадки.

Исходными данными для создания анимации служат, прежде всего, материалы аэрокосмической съемки, непосредственные наблюдения и замеры, статистические данные, результаты опросов, переписей, референдумов, кадастровая информация. Анимации позволяют отразить не только структуру, но и существование явлений и процессов, происходящих в земной коре, атмосфере, гидросфере, биосфере и, что еще более важно, в зонах их контакта и взаимодействия. Кроме того, они являются эффективным средством визуализации результатов мониторинга. Разработано множество тех-

нологий и методик получения движущихся изображений. Созданы особые компьютерные программы, которые содержат модули, обеспечивающие самые разные варианты и комбинации картографических анимаций:

- ◆ перемещение всей карты по экрану;
- ◆ мультипикационные последовательности карт-кадров или трехмерных изображений;
- ◆ изменение скорости демонстрации, покадровый просмотр, возврат к избранному кадру, обратная последовательность;
- ◆ перемещение отдельных элементов содержания (объектов, знаков) по карте;
- ◆ изменение вида элементов содержания (объектов, знаков), их размеров, ориентации, мигание знаков и др.;
- ◆ варьирование окраски (пульсация и дефилирование), изменение интенсивности, создание эффекта вибрации цвета;
- ◆ изменение освещенности или фона, «подсвечивание» и «затенение» отдельных участков карты;
- ◆ панорамирование, изменение проекции и перспективы (точки обзора, ракурса, наклона), вращение трехмерных изображений;
- ◆ масштабирование (зуммирование) изображения или его части, использование эффекта «наплыва» или удаления объекта;
- ◆ создание эффекта движения над картой («облет» территории), в том числе с разной скоростью.

Анимации можно демонстрировать с нормальной (24 кадра в секунду), ускоренной или замедленной скоростью. Отсюда возникают совершенно новые для картографии проблемы временной генерализации, выбора изобразительных средств, изучения принципов восприятия читателями движущихся карт и т.п.

Динамические изображения добавляют традиционным статичным картам столь необходимый исследователям временной аспект. В связи с этим оправдано введение понятия **масштаба времени** (или временного масштаба). В этом смысле можно говорить о медленно-, средне- и быстромасштабных изображениях, приняв следующие соотношения:

- 1:86 000 — одна секунда демонстрации анимационной карты соответствует (округленно) одним суткам;
- 1:600 000 — в одной секунде — одна неделя;
- 1:2 500 000 — в одной секунде — один месяц;
- 1:31 500 000 — в одной секунде — один год.

22.4. Виртуальное картографирование

Дальнейшее развитие анимационных технологий привело к созданию изображений, сочетающих свойства карты, перспективного снимка, блок-диаграммы и компьютерной анимации. Такие изображения получили название виртуальных (от лат. *virtualis* — возможный, потенциальный). Этот термин имеет несколько смысловых оттенков: возможный, потенциальный, не существующий, но способный возникнуть при определенных условиях, временный или непродолжительно существующий, а главное — не реальный, но такой же, как реальный, неотличимый от реального. В машинной графике визуализация виртуальной реальности предполагает, прежде всего, применение эффектов трехмерности и анимации. Именно они создают иллюзию присутствия в реальном пространстве и возможности интерактивного взаимодействия с ним.

В картографии **виртуальные модели** понимаются как изображения реальных или мысленных объектов, формируемые и существующие в программно-управляемой среде. Как любое картографическое изображение, они имеют проекцию, масштаб и обладают генерализованностью. Сама же **виртуальная реальность** — это интерактивная технология, позволяющая воспроизводить реальные и (или) мысленные объекты, их связи и отношения в программно-управляемой среде.

Считается, что отказ от условных знаков, стремление придать виртуальным изображениям «натуральность», объемность, естественную окраску и освещение создает иллюзию реального существования объекта. Тем самым ускоряется процесс коммуникации и повышается эффективность передачи пространственной информации.

Технологии создания виртуальных изображений моногородны. Обычно вначале по топографической карте, аэро- или космическому снимку создается цифровая модель, затем — трехмерное изображение местности. Его окрашивают в цвета гипсометрической шкалы либо совмещают с фотоизображением ландшафта и далее используют как реальную модель.

Одна из наиболее распространенных виртуальных операций — облет полученного изображения. Специальные программные модули обеспечивают управление полетом: движение по избранному направлению, повороты, развороты и изменение скорости, показ перспективы. С помощью клавиатуры и джойстика (манипулятора в форме рукоятки с кнопками) можно выдерживать полет на заданной высоте, с установленной скоростью, над точками с заранее избранными координатами. Кроме того, предусмотрена возможность выбо-

ра состояния неба (облачности), тумана, условий освещения местности, высоты Солнца, времени дня, введения эффектов дождя или снегопада и т.п. Модули редактирования позволяют дополнительно наносить новое тематическое содержание, менять текстуру местности, использовать цветные сетки и подложки, размещать надписи, выбирая размер и цвет шрифтов, добавлять тексты и даже звуки.

Крупномасштабные тематические виртуальные изображения дают довольно подробное представление о рельефе и ландшафте, геологическом строении, водных объектах, растительном покрове, городах, путях сообщения и т.п. Возможность интеграции разной тематической информации в единой модели — одно из главных достоинств виртуального изображения. Пролетая и «зависая» над горами, можно, например, детально рассмотреть террасированность их склонов, провести морфометрические измерения, определить характер эрозионных и оползневых процессов, а двигаясь над городскими территориями — оценить особенности застройки и распределение зеленых массивов, спроектировать размещение новых зданий и транспортных магистралей.

При виртуальном моделировании часто используют многоуровневую аппроксимацию. По одной и той же цифровой модели рельефа, ландшафта или растительного покрова выполняют несколько аппроксимаций с разными уровнями детальности. Это позволяет не ограничиваться увеличением или уменьшением масштаба, а переходить при необходимости на иной уровень детальности. Так возникает своеобразная **мультиуровневая генерализация**.

Наибольшее применение виртуальные изображения имеют при решении таких практических задач, как, например, мониторинг районов природного риска, строительство зданий и автострад, прокладка трубопроводов, оценка загрязнения среды и распространения шумов от аэропортов и т.п. Возможно использование тех же технологий в научных и учебных целях, например для создания средне- и мелкомасштабных виртуальных изображений, в том числе глобусов, показывающих, скажем, природную зональность земного шара, ход климатических процессов, сезонные изменения растительного покрова и ландшафта, миграции населения, движение транспортных потоков и т.д. Сюжеты виртуальных тематических карт столь же разнообразны, как и в традиционном картографировании.

22.5. Классификация геоизображений

Для того чтобы ориентироваться во всем многообразии геоизображений, необходимы их упорядочение и группировка, позволяющие охватить все их множество, найти место для простых,

производных и комбинированных вариантов. Кроме того, важно, чтобы система классификации оставляла возможность для пополнения и расширения по мере появления новых видов геоизображений, что происходит постоянно.

Классификация геоизображений должна не только группировать их и содержать наиболее полный перечень, но — главное — предсказывать возможность появления новых видов и типов геоизображений с теми или иными свойствами. В этом состоит важная программирующая роль всякой классификации и систематизации. Во многом здесь следует опереться на опыт картографических классификаций, поскольку именно они разработаны наиболее подробно (см. разделы 1.4–1.6 и главу 12).

Возможны разные подходы к классификации геоизображений, поскольку они обладают многими общими свойствами и одновременно существенными различиями. Прежде всего, геоизображения подразделяют по способу их получения:

- ◆ **съемки** — т.е. комплекс натурных инструментальных наблюдений и регистраций (наземных, подземных, водных, подводных, аэро- и космических) с целью получения первичных геоизображений;
- ◆ **лабораторное создание** — операции по обработке и преобразованию (коррекции, обобщению, монтированию и т.п.) первичных съемочных материалов для получения производных геоизображений;
- ◆ **конструирование** — выполнение аналитических, фотомеханических или компьютерных процедур для создания реальных или абстрактных геоизображений с заданными свойствами.

Можно подразделять все геоизображения по тематике или содержанию, как это принято для карт, но тогда перечень оказывается практически неисчерпаемым, ведь карты и снимки отражают все явления природы и многие социально-экономические сюжеты, а снимки в инфракрасном и радиоволновом диапазонах способны передать даже те физические свойства объектов, которые не видны или не воспринимаемы человеком. Поэтому от классификации геоизображений по содержанию придется отказаться ввиду невозможности объять необъятное.

Есть и другие основания для классификации. Например, по уровню генерализованности, по длительности использования (скажем, долговременные, оперативные, мгновенные и т.д.). Космические снимки различают по технологии получения, спектральному разрешению, масштабу, обзорности, повторяемости съем-

Таблица 22.1

Классификация геоизображений

Статические		Динамические	
2-мерные	3-мерные		4-мерные
Плоские	Объемные	Плоские	Объемные
Карты, снимки, планы, фотокарты, электронные карты, синтезированные изображения	Анаглифы, блок-диаграммы, рельефные модели, голограммы	Кинофильмы, анимации, слайд-фильмы, ЭВМ-фильмы, многовременные снимки, метахронные блок-диаграммы, киноатласы	Стереофильмы, стереоанимации, киноголограммы, динамические блок-диаграммы, динамические голограммы, виртуальные изображения

ки, а кроме того, применяют многопараметрическую классификацию по комплексу показателей.

В табл. 22.1. приводится одна из классификаций геоизображений по двум важным признакам: статичности-динамичности и размерности.

Есть еще одна классификация, которая подразделяет геоизображения на типы: аналитический, комплексный и синтетический (см. также разделы 12.1–12.3), включая и комбинированные варианты — аналитико-синтетический и комплексно-синтетический.

Аналитические геоизображения избирательно характеризуют какое-либо явление или процесс, отдельные их свойства вне связи с другими явлениями или свойствами. Таковы, например, аналитические карты, отличающиеся высокой избирательностью, и снимки, полученные в узких зональных диапазонах, хотя степень аналитичности (избирательности) снимков существенно иная.

Комплексные геоизображения совмещают показ нескольких элементов или явлений близкой тематики. Совмещение двух, а иной раз трех-четырех показателей позволяет читателю самому их сопоставить и оценить закономерности размещения одного явления относительно другого. Примером могут служить электронные навигационные карты: на них совмещают батиметрическое изображение, данные навигационной обстановки и текущей радиолокации.

Синтетические геоизображения отражают сложные явления вместе с их свойствами и взаимосвязями как единое целое. Они не содержат поэлементных характеристик, зато дают представление о

геосистемах в целом. Имеется определенная и весьма значительная аналогия между синтетическими картами и синтезированными снимками, когда два, три или более зональных негатива одной и той же местности, каждый из которых получен в достаточно узкой зоне спектра, интегрируются с целью получения синтезированного цветного изображения. Подбирая светофильтры и комбинируя исходные негативы, исследователь вмешивается в процесс синтеза, меняет оттенки, повышает «вес» какой-либо составляющей, добиваясь четкого выделения интересующих его объектов, скажем смешанных лесов, увлажненных ландшафтов или застроенных территорий.

Существуют еще и комбинированные аналитико-синтетические и комплексно-синтетические изображения. Все фотокарты, космофотокарты, космофотогеологические и другие геоизображения, совмещающие фотографическое изображения местности со знаковыми обозначениями отдельных ее элементов, можно рассматривать как комплексные или комплексно-синтетические модели.

Появление все новых и новых видов и типов геоизображений, их почти безграничное разнообразие позволяет в каждом конкретном случае выбрать оптимальные сочетания так, чтобы свойства разных пространственно-временных моделей дополняли друг друга. Таким образом, множественность геоизображений обеспечивает всестороннее изучение сложных многомерных геосистем, выявление их структуры, иерархии, динамики.

22.6. Система геоизображений

Анализ свойств геоизображений показывает, что между различными их видами часто нет резких границ, они как бы образуют единый ряд. Например, нет принципиальных различий между обычными и электронными картами, хотя на последних могут перемещаться знаки и изменяться цвета. А от электронных карт уже один шаг до анимаций. Точно так же существует плавный переход от карт и фотокарт к снимкам. При этом постепенно как бы ослабевают одни свойства и появляются другие. Например, при переходе от карт к снимкам нарастают свойства «копийности» или «снимковости». А при переходе от снимков к стереомоделям, фотоблок-диаграммам и потом к рельефным картам проявляется трехмерность и объемность геоизображений.

Условно систему геоизображений можно представить в виде круговой диаграммы (рис. 22.1), которая передает достаточно плавные изменения свойств, постепенные взаимные переходы. На рисун-

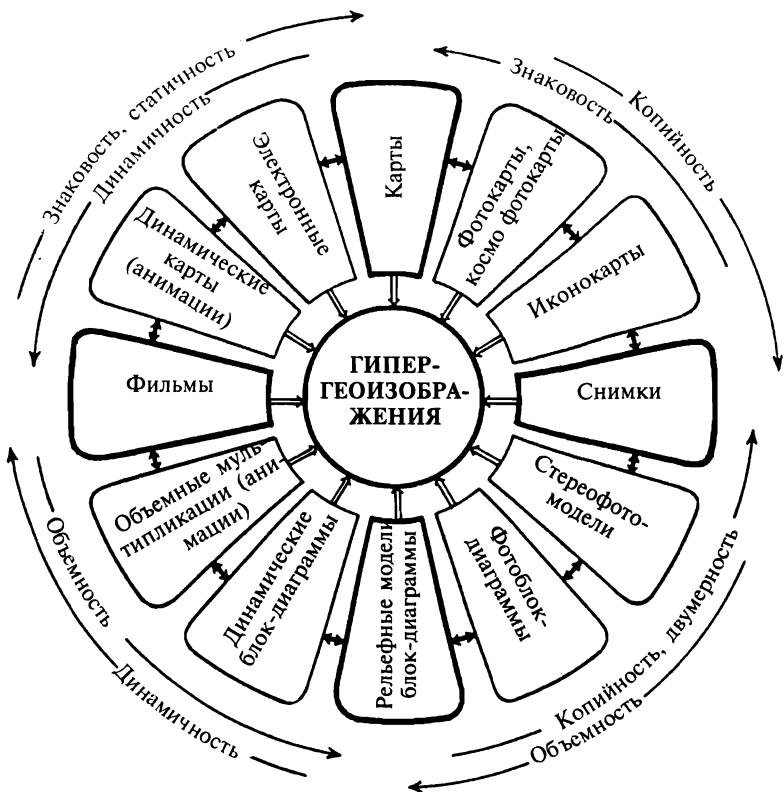


Рис. 22.1. Схематическое представление системы геоизображений

ке показаны, конечно, далеко не все сектора-лепестки. Так, между картами и снимками можно разместить еще перспективные карты, фотопланы и фотопортреты местности. Плоский график не способен передать все многообразие взаимных переходов и комбинаций, это лишь одна из моделей системы геоизображений, отражающая постепенность изменения форм и свойств графической визуализации.

Центральную часть диаграммы занимают наиболее сложные графические модели, в разной степени синтезирующие свойства карт, снимков, объемных и динамических изображений. Это упоминавшиеся выше гипергеоизображения. С развитием компьютерных технологий становится вполне реальным конструирование гипергеоизображений с заданными свойствами, например с заранее рассчитанным освещением и распределением теней и т.п.

Ярким примером гипергеоизображений служат модели, получаемые в процессе глобального мониторинга. Полосы космичес-

кой съемки, виток за витком покрывающей Земной шар, соединяют («сшивают»), проводят их яркостную и геометрическую коррекцию, затем трансформируют в заданную проекцию для карт мира, окрашивают в условные цвета и придают свойства стереоскопичности. В итоге полученная модель обладает точностью карты, подробностью снимка и наглядностью стереомодели. К тому же такая электронная карта-снимок программно управляема, и по мере поступления новых данных она обновляется в режиме реального времени, т.е. приобретает черты компьютерной анимации.

Прогресс в области совершенствования системы геоизображений так же бесконечен, как и в любой другой сфере творческого поиска. Возникают новые задачи, связанные с выбором оптимальных диапазонов космической съемки, наиболее выгодных картографических проекций, новых изобразительных средств, способов генерализации, с учетом особенностей зрительного восприятия динамических изображений и т.п.

22.7. Графические образы

Графический образ — это то, что роднит все геоизображения и объединяет их в систему. Этот хорошо известный, хотя и трудно-определимый феномен является эффективным средством моделирования и коммуникации, он легко постигается человеком в чувственном опыте, но чрезвычайно сложен для формализации.

В философии и гносеологии образ понимается как результат отражательной (познавательной) деятельности человека. При чувственном познании образдается в ощущениях, представлениях, а в процессе мышления — в форме понятий, суждений, умозаключений. Материальной же формой воплощения образа служат различные знаковые и копийные модели. В русском языке слово «образ» означает не только идеальную форму отражения объектов в человеческом сознании («идеальный образ» в философской трактовке), но еще и вид, облик, наглядное представление об объекте, его внешность, фигуру, очертание, подобие объекта и его изображение. В такой трактовке «образ» почти синонимичен «изображению», более того, в русском языке это однокоренные слова, а в английском и французском — понятия «образ», «изображение», «отображение» вообще обозначаются одним словом — *image*.

В математике образом некоего элемента *a* считается элемент *b*, в который данный элемент *a* отображается. При этом *a* называют прообразом элемента *b*. Иногда функции многих переменных тоже

интерпретируются как образ *n*-мерного пространства. В задачах распознавания образов речь идет о выделении некоторой обобщенной характеристики, объединяющей совокупность объектов в заданный класс-образ.

По-видимому, математический подход дает ключ к пониманию графического образа как некоторого характерного рисунка, конфигурации, структуры, запечатлевшей реально существующие природные или социально-экономические объекты. Впрочем, рисунок геоизображения может передавать и абстрактные структуры, теоретические построения, концептуальные модели.

Иначе говоря, **графический образ на геоизображении** — это структура, которая отображает реальную или абстрактную геоструктуру (геосистему), являющуюся ее прообразом. Это, модель (знаковая или иконическая), дающая вид, очертание, подобие геосистемы, изображение ее.

Географы, геологи, почвоведы и другие специалисты в области наук о Земле подчеркивают, что форма, морфология геосистемы непосредственно связаны с ее генезисом, а сама структура графического образа отражает качественные и количественные характеристики объекта. Графический образ всегда заключает в себе такую пространственную информацию, которую трудно адекватно воспроизвести в вербальной или цифровой форме.

Изучение роли графических образов в мышлении, и особенно в формировании пространственных знаний и представлений, стало предметом многих психологических и психофизических исследований в картографии. Картографический образ трактуется как пространственная знаковая структура (комбинация, композиция), воспринимаемая читателем или читающим устройством.

Картографические образы создаются известными в картографии графическими средствами: формой знаков, их величиной, ориентировкой, цветом, оттенками цвета, внутренней структурой. Аналогично этому на снимках графический (фотографический) образ создается за счет формы, структуры, текстуры изображения, его цвета и тона. Но не только знаки и графические изобразительные средства формируют графический образ, огромную роль играет **пространственная комбинация знаков**, их взаимное расположение, размещение относительно пространственных координат, взаимная упорядоченность, объединение или наложение и другие отношения. По словам А. Ф. Асланиашвили, «функцию отображения пространства картографический знак выполняет своей «игрой», своим пространственным «поведением». Без этой «игры» знак ничего не отображает, кроме самого себя.

Всякий графический образ обладает свойствами (рисунком), отличными от свойств (рисунка) сформировавших его отдельных знаков. Читатели карт, снимков и производных от них геоизображений сравнительно легко ориентируются в тысячах образов, умело выбирая из множества знаковых комбинаций именно те, которые наполнены нужным содержанием, при этом отбрасывая и исключая из рассмотрения заведомо пустые, бессмысленные комбинации.

Важно отметить, что все графические образы, существующие на картах и других геоизображениях, не есть нечто абстрактное или умозрительное. Пространственные графические комбинации можно оценить картометрически и представить в количественном выражении, указав направления, расстояния, площади, объемы и т.п. Это, в частности, обеспечивает возможность математического моделирования геоизображений, а на более высоком уровне — автоматического распознавания графических образов.

Представления о графических образах получили наибольшее развитие в картографии. Она оказалась наиболее продвинутой в этом отношении, поскольку картосоставление всегда нацелено именно на оптимизацию картографических образов, а использование карт — на их выявление (распознавание, преобразование) и анализ. С этим непосредственно связано понимание сущности картографической информации. Теоретические исследования показали, что картографическая информация есть результат взаимодействия картографических образов и читателя карты.

Таким образом, картографическая информация — это не нагрузка карты, не количество знаков, не вероятность их появления или степень разнообразия, а результат восприятия картографических образов. Более того, информация возникает лишь в системе «карта — читатель карты» или «карта — распознающее устройство». Это можно представить в виде выражения: **«КЗ — КО — КИ»**, т.е. картографические знаки (**КЗ**) формируют пространственные картографические образы (**КО**), а те, в свою очередь, служат источником картографической информации (**КИ**).

22.8. Понятие о распознавании графических образов

Графический образ на карте или снимке — это не мысленная, идеальная конструкция, а именно рисунок, узор, модель. **Распознавание образов** означает опознавание, различение именно графических рисунков, узоров на геоизображениях.

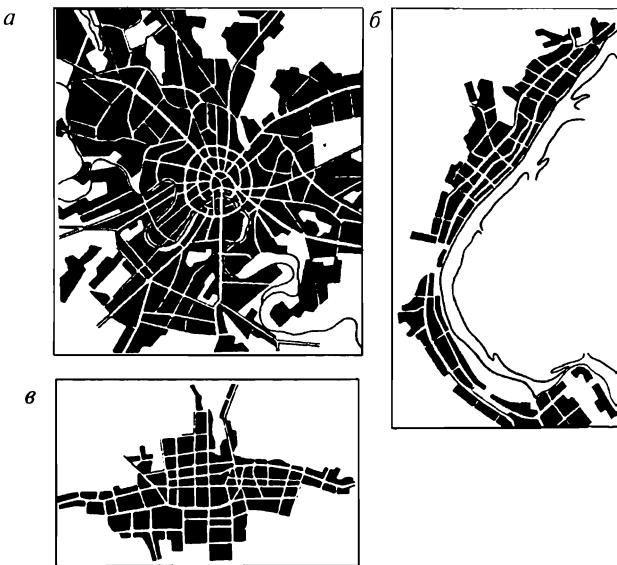


Рис. 22.2. Графические образы городов:
а — Москва; б — Волгоград; в — Бишкек.

Многолетний опыт использования карт, снимков и других геоизображений свидетельствует о том, что графические образы — основной источник информации.

По существу, использование карт, дешифрирование снимков, анализ экранных изображений — это всегда распознавание и анализ графических образов, их измерение, преобразование, сопоставление и т.п.

На рис. 22.2 весьма скучными графическими средствами даны изображения трех городов. Изобразительные средства одинаковы, но графические образы различны. Любой, даже малоискушенный читатель легко отличит радиально-концентрическую планировку Москвы с ярко выраженным старым центром, кольцевыми магистралями и обширными новыми окраинами от прямоугольных упорядоченных кварталов нового города — Бишкека, возведенного по единому плану, и от характерной узкой и протяженной полосы застройки Волгограда, расположенного на берегу крупнейшей реки и всем своим обликом связанного с ней.

Графические образы, пространственные структуры, конфигурации городов на приведенном рисунке чрезвычайно информа-

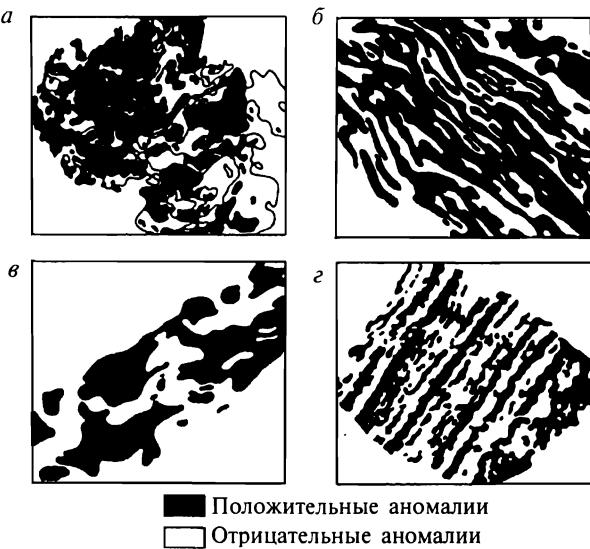


Рис. 22.3. Графические образы («скелетные карты») магнитных полей:
 а — районы щитов и платформ; б — океаническое ложе («зебровая структура»); в — области перехода от материков к океанам; г — зоны рифтов.

тивны. В них отражены географическое положение, рельеф местности и ландшафт, запечатлена история развития городов, их функциональные типы, они содержат скрытую информацию об условиях жизни в городах и особенностях городской среды. Все это опытный исследователь определит, анализируя графические образы и ассоциативно привлекая весь арсенал своих историко-географических познаний. Сами графические образы наталкивают его на это, они характерны, узнаваемы и именно поэтому высоко информативны.

Специалисты в области наук о Земле часто намерено схематизируют геоизображения, стремясь получить простой и четкий графический образ, обнаруживающий пространственную структуру изучаемого объекта, чтобы таким путем лучше понять их генезис. Типичным примером такого рода служат исследования геофизических полей. Как правило, для понимания строения земной коры важны не столько абсолютные значения геофизических аномалий, сколько их характерные конфигурации. Они являются диагностическим признаком, указывающим на генезис или этап развития той или иной области на земном шаре. На рис. 22.3 представлены так называемые «скелетные карты» магнитных полей. Видно, на-

сколько хорошо различаются расплывчатые пятнистые контуры аномалий в пределах древних щитов и платформ, четко ориентированные структуры океанического ложа или рифтовых зон, области переходов от материков к океанам.

Приведенные примеры, число которых можно было бы много-кратно умножить, хорошо иллюстрируют тезис о том, что информация, которую дает всякое геоизображение, есть результат восприятия и анализа графических образов. Их распознавание всегда сводится к установлению соответствия между конкретными объектами и элементами некоторого признакового пространства, характеризующего весь класс объектов. В общей теории распознавания образов речь идет о системе *решающих правил*, позволяющих на основе некоторого априорного набора признаков (номинальных, метрических, вероятностных, структурно-топологических и др.) отнести данный графический образ к тому или иному классу (эталону), индицирующему некоторое явление или процесс.

Надежное распознавание объектов с помощью формализованного набора признаков возможно лишь при условии, что множества признаков в пределах данного признакового пространства не пересекаются. Скажем, такие линейные элементы, как реки, горизontали, дороги, границы и др., визуально легко распознаются

Таблица 22.2

Распознавание линейных картографических изображений
(по Ю. В. Свентэку, 1982)

Свойства	Классы изображений			
	Изолинии	Речная сеть	Дорожная сеть	Границы
Наличие разомкнутых линий				
Отсутствие узлов				
Наличие 3-лучевых узлов				
Наличие 4-лучевых узлов				
Наличие более сложных узлов				

Примечание. Закрашенные клетки означают наличие признака.

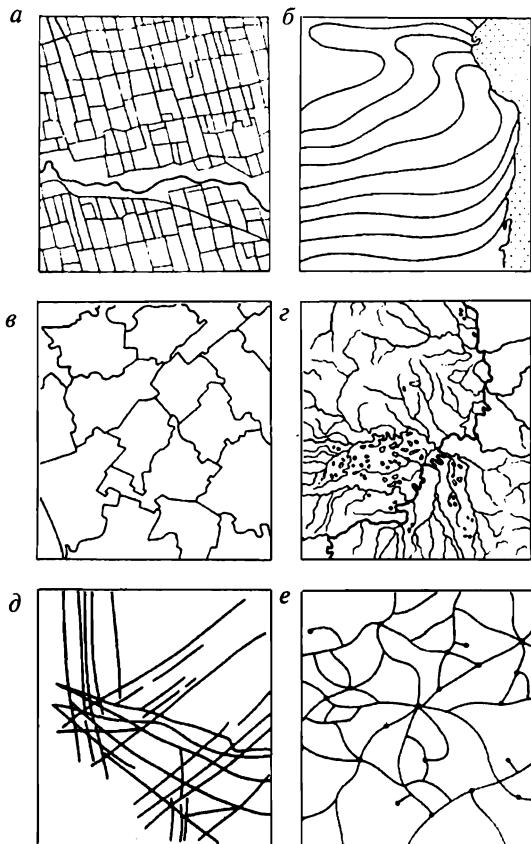


Рис. 22.4. Конфигурации некоторых линейных элементов на картах:

а — границы земельных угодий; *б* — изолинии; *в* — административные границы; *г* — гидросеть; *д* — тектонические трещины; *е* — сеть автодорог.

вне зависимости от масштаба, проекции и ориентации объектов. Для этого достаточно учесть самые общие топологические свойства изображений, такие, как наличие или отсутствие замкнутости, сочленений и пересечений (узлов). Принцип распознавания линейных изображений по сочетаниям их топологических свойств иллюстрирует табл. 22.2.

На рис. 22.4 хорошо видно, что признаки класса «изолинии» не пересекаются с признаками класса «гидросеть». Но вот гидросеть и дорожная сеть пересекаются по некоторым общим признакам: и те и другие имеют ветвистые конфигурации и узлы (слияния). Различия между такими графическими образами очень подвижны, размыты, встречается много пограничных конфигураций, переход-

ных от одного класса к другому. Не только автоматические распознавающие системы не всегда способны различить их, но даже весьма опытные исследователи в ходе дешифрирования снимков часто затрудняются отнести конкретный графический образ к тому или иному типу.

Сложности заключены не в одних лишь ограниченных возможностях распознающих устройств, а и в отсутствии четких граней между близкими конфигурациями, в наличии множества пограничных, переходных от одного класса к другому графических образов. Опыт показывает, что формализованное распознавание графических образов остается чрезвычайно сложной проблемой, поскольку речь идет о **классификации конфигураций**, об их аналитическом описании. Вряд ли в ближайшем будущем можно надеяться на полную автоматизацию процесса распознавания графических образов. Скорее всего, решение следует искать в интерактивных человеко-машинных процедурах, соединяющих достоинства алгоритмического и эвристического подходов, возможности автоматики и образное мышление ученого.

В картографии и дистанционном зондировании накоплен немалый опыт распознавания и дешифрирования геоизображений. Всегда при этом вначале требуется определить параметры образов, избрать основания для их классификации, а затем выбрать наиболее информативные признаки. Далее необходимо обратиться к системам решающих правил, позволяющим относить каждый исследуемый образ к тому или иному классу. Обычно опытный исследователь более или менее успешно справляется с задачами такого рода.

В перспективе автоматизированное распознавание графических образов на геоизображениях должно опираться на следующие элементы:

- ◆ каталоги (банки) характерных и четко различимых эталонов графических образов природных и социально-экономических явлений;
- ◆ формализованные описания графических образов, их структуры и признаков;
- ◆ объективные меры сходства-различия графических образов с эталонами и между собой (картометрические, морфометрические, фотометрические, вероятностно-статистические и др.);
- ◆ решающие правила интерактивной (человеко-машинной) классификации графических образов.



Глава 23

Геоиконика

23.1. Единая теория геоизображений

Множество видов графических пространственно-временных моделей, многообразие методов работы с ними и сфер применения требуют формирования единой теории геоизображений. Существует ряд факторов, определяющих целесообразность создания такой теории:

- общность изучаемых (отображаемых) объектов — географических, геологических, океанологических, планетологических и др.;
- возрастающие количество и разнообразие геоизображений разных классов и видов;
- наличие общих модельных свойств;
- сходство восприятия, чтения и распознавания человеком;
- единство научно-технических приемов анализа, распознавания и преобразования;
- необходимость комплексного использования и взаимного сочетания при решении научных и практических задач.

Отраслью науки, которая занимается общими проблемами геоизображений, стала геоиконика. Начало ее формирования относится к середине 80-х годов XX в. Геоиконика (от geo + εικωνική — изображение) — синтетическая отрасль знания, изучающая общую теорию геоизображений, методы их анализа, преобразования в науке и практике. Она является частью иконики — науки об изображениях, изучающей общие свойства изображений, методы их получения, обработки и воспроизведения.

Геоиконика связывает картографию, аэрокосмическое зондирование и геоинформатику — три дисциплины, каждая из которых имеет дело с геоизображениями определенного типа: картами, снимками, электронными моделями (рис. 23.1). Она скрепляет

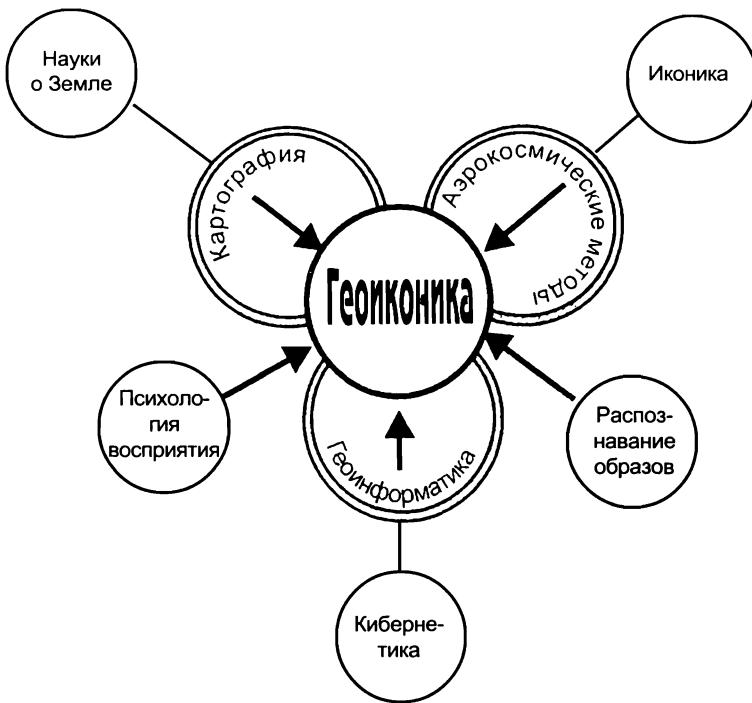


Рис. 23.1. Геоиконика в системе научных дисциплин

ет, соединяет эти дисциплины, сосредоточивая внимание на изучении общих свойств геоизображений. При этом геоиконика вбирает в себя элементы теории распознавания образов, опирается на достижения машинной графики, психологии восприятия и находится в тесном контакте с науками о Земле, планетах и смежными с ними социально-экономическими науками.

В своем современном развитии *геоиконика в самой сильной степени опирается на теорию географической картографии*, т.е. на ту дисциплину, которая более всего продвинулась в теоретическом осмыслиении геоизображений, их свойств, законов формирования, а главное — в практике их создания и использования.

Геоиконика включает в круг своих интересов теоретические проблемы системного изучения пространственно-временных моделей, оценку их информативности, взаимной совместимости, общие принципы генерализации, законы восприятия и т.п. Большое внимание уделяется методикам обработки и распознавания геоизображений, приемам количественного анализа, технологиям цифровования, преобразования, повышения качества, хранения и воспроизведения. В прикладном плане геоиконика развивает методы

интерпретации и применения геоизображений в географии, геологии и геофизике, экологии и социально-экономических науках.

Цели и задачи геоиконики таковы, что она выступает как некая надсистема, охватывающая картографию, аэрокосмическое зондирование и геоинформатику. Но диалектика развития и опора на географическую картографию постепенно ведут к тому, что геоиконика становится частью обновленной и интегрированной системы картографических дисциплин.

23.2. Масштабы пространства

Масштаб геоизображения является функцией его назначения, технических средств съемки, обеспеченности фактическим материалом. Одновременно сам он определяет наиболее существенные свойства геоизображения: от масштаба зависят пространственный охват и объем содержания геоизображения, его разрешение, подробность и геометрическая точность. Масштаб задает уровень обобщения и абстрагирования показанной информации, степень ее интеграции и генерализации, он определяет информативность геоизображения, а она в конечном счете диктует выбор направлений использования и устанавливает пределы применения карт, снимков, анимаций и т.п.

С масштабом и степенью абстрагирования напрямую связаны и эвристические качества геоизображений как средства познания окружающего мира. Мелкомасштабные геоизображения, подобно телескопу, открывают взору исследователя обширные пространства и планетарные закономерности. При этом частности не видны, а детали обобщены и сглажены.

Совсем иная картина проявляется на крупномасштабных геоизображениях. Они, словно микроскоп, показывают лишь малую часть пространства, но зато с большой подробностью, множеством деталей и микроформ. По картам и снимкам крупного масштаба прослеживаются локальные закономерности.

Классифицируя любые геоизображения по масштабам, чаще всего называют три группы: крупно-, средне- и мелкомасштабные, однако характерно, что градации, принятые для основных видов геоизображений: карт, аэро- и космических снимков, — не одинаковы. Масштабные классификации имеют прямое отношение к пространственному охвату. И особенно хорошо это проявляется на примере карт планет. Масштаб, который для большой планеты является крупным, для другой, меньшей по размерам, окажется мелким, ибо «у каждой планеты — свой метр». На Земле

Таблица 23.1

Масштабы карт планет земной группы

Планета	Масштабы карт			Масштабы планов
	мелкие	средние	крупные	
Земля	Мельче 1:1 000 000	1:1 000 000— 1:200 000	1:100 000— 1:5 000	1:2 000 и крупнее
Меркурий	Мельче 1:400 000	1:400 000— 1:80 000	1:40 000— 1:8000	1:400 и крупнее
Венера	Мельче 1:1 000 000	1:1 000 000— 1:200 000	1:100 000— 1:5 000	1:2 000 и крупнее
Марс	Мельче 1:500 000	1:500 000— 1:100 000	1:50 000— 1:1 000	1:500 и крупнее
Луна	Мельче 1:250 000	1:250 000— 1:50 000	1:25 000— 1:500	1:250 и крупнее

метр равен примерно одной десятимиллионной части $\frac{1}{4}$ длины меридиана, а значит, соотношение «метров» разных планет равно соотношению их размеров. Если экваториальный радиус Земли принять за 1, то радиус Меркурия составит 0,38; Венеры — 0,97; Марса — 0,53; Луны — 0,27. Отсюда нетрудно подсчитать, что земной карте в масштабе 1:1 000 000 соответствует (округленно) карта Меркурия в масштабе 1:400 000, Венеры — 1:1 000 000, Марса — 1:500 000, Луны — около 1:250 000. Соотношение крупно-, средне- и мелкомасштабных карт для планет земной группы представлено в табл. 23.1.

Эти соотношения полезно иметь в виду при сравнении форм рельефа планет (например, кратеров) и вообще при любых сравнительно-планетологических исследованиях.

Что касается аэрофотоснимков, то их масштабные классификации более всего связаны с высотой фотографирования: при про- чих равных условиях масштаб снимка тем мельче, чем выше поднят аэрофотоаппарат. С вертолетов съемки выполняются в основ- ном в крупных и иногда в средних масштабах, с самолетов — в средних и мелких масштабах, а с высотных самолетов получают мелкомасштабные и сверхмелкомасштабные аэрофотоснимки. При- нимая трехступенное деление, выделяют аэроснимки: крупномас- штабные — 1:5 000 и крупнее, среднемасштабные — от 1:5 000 до 1:100 000 и мелкомасштабные — мельче 1:100 000.

Масштаб космических снимков также тесно связан с высотой съемки. Так, автоматические межпланетные станции, пролетающие на расстоянии в десятки тысяч километров от Земли, дают весьма мелкомасштабные изображения видимой ее части — снимки полушария. Метеоспутники и пилотируемые космические станции, облетающие Землю на орбитах высотой до нескольких тысяч километров, предоставляют возможность получать снимки в основном в средних масштабах, охватывая отдельные континенты, океаны и крупные их части. А с орбит высотой в несколько сотен километров и с применением длиннофокусных объективов получают весьма детальные крупномасштабные изображения, покрывающие территории площадью около 100 тыс. км². Трехступенчатая классификация для космических снимков выглядит так: крупномасштабные снимки — крупнее 1:1 000 000, среднемасштабные — от 1:1 000 000 до 1:10 000 000, мелкомасштабные — от 1:10 000 000 до 1:100 000 000.

Приведенные масштабные подразделения для трех основных видов геоизображений отражают важный, хотя, впрочем, достаточно очевидный факт: карты по своей детальности и подробности занимают промежуточное положение между аэро- и космическими снимками (табл. 23.2).

Таблица 23.2
Масштабные классификации геоизображений

Геоизображения	Крупномасштабные	Среднемасштабные	Мелкомасштабные
Аэрофото-снимки	Крупнее 1:5 000	1:5 000—1:100 000	Мельче 1:100 000
Карты	1:100 000 и крупнее	1:200 000—1:1 000 000	Мельче 1:1 000 000
Космические снимки	Крупнее 1:1 000 000	1:1 000 000—1:10 000 000	Мельче 1:10 000 000

Практика применения геоизображений в науках о Земле свидетельствует о том, что каждому пространственному уровню исследования соответствует некоторый оптимальный диапазон масштабов карт и снимков. Например, мелкомасштабные геоизображения удобны для прослеживания природной зональности, изучения крупных горных систем и планетарных тектонических структур. Среднемасштабные карты и снимки пригодны для районирования регионов, анализа глобальных линеаментов и кольце-

вых структур, а по крупномасштабным картам и аэрофотоснимкам удобно изучать строение ландшафтов, микрорельеф и микроклимат территории, отдельные геологические структуры и т.п. Для основных геоизображений соотношения масштаба, охвата пространства и уровня исследования приведены в табл. 23.3.

Таблица 23.3

**Масштабы карт, аэро- и космических снимков
и основные пространственные уровни исследования**

Уровень исследования	Охват пространства, км ²	Диапазоны масштабов для		
		карт	космических снимков	аэрофотоснимков
Глобальный	10^8	1:60 000 000– 1:10 000 000	1:100 000 000– 1:20 000 000	—
Континентальный/ океанический	10^7	1:15 000 000– 1:1 000 000	1:50 000 000– 1:5 000 000	—
Региональный	10^5 – 10^6	1:2 500 000– 1:200 000	1:10 000 000– 1:1 000 000	1:100 000– 1:20 000
Субрегиональный	10^3 – 10^4	1:500 000– 1:50 000	1:2 000 000 и крупнее	1:50 000– 1:5 000
Локальный	10^2	1:100 000– 1:5000	—	1:10 000– 1:1 000
Фациальный	10 – 10^{-2}	1:10 000 и крупнее	—	1:5 000 и крупнее

На локальном уровне исследования космические снимки применяют нечасто, а на фациальном — практически не используют. Напротив, аэроснимки не применяют на глобальном уровне и крайне редко — на континентальном/океаническом уровне.

Конечно, диапазон выбора геоизображений того или иного масштаба во многом определяется их качеством (разрешение, цвет, спектральный диапазон и т.п.) и характером решаемых задач. Известно, что аэроснимки привлекаются тогда, когда ставится задача повысить детальность исследований, выявить подробности, отсутствующие на картах и космических снимках. Поэтому при исследовании всегда стараются взять снимки более крупного масштаба, чем карты. На фациальном уровне диапазоны масштабов аэроснимков и детальных карт сближаются, а далее они все больше расходятся. На субрегиональном и региональном уровнях различия масштабов весьма ощутимы.

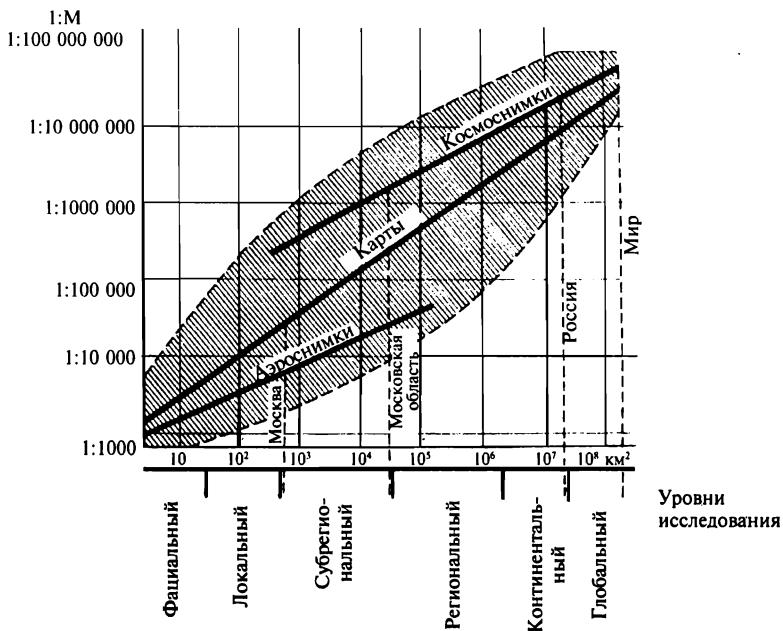


Рис. 23.2. Поле масштабов геоизображений

На рис. 23.2 представлен график, характеризующий отмеченные соотношения. На нем жирными линиями показаны главные соотношения масштабов и пространственного охвата, а заштрихованная эллипсообразная область — *поле масштабов геоизображений* — очерчивает возможные пределы колебания при выборе масштабов. График отражает ряд закономерностей:

- ◆ связь уровня исследования и масштабов геоизображений;
- ◆ целесообразные (возможные) диапазоны колебания масштабов геоизображений на разных пространственных иерархических уровнях;
- ◆ сближение масштабов карт и аэроснимков на фациальном уровне и сближение карт с космическими снимками на глобальном уровне;
- ◆ оптимальные сочетания геоизображений, их масштабную совместимость.

Например, для изучения территории России в целом наилучшим окажется сочетание карт в масштабе 1:10 000 000 и космических снимков в масштабе около 1:40 000 000, причем колебания могут находиться в интервале от 1:1 000 000 до 1:100 000 000 — это зависит от целевых установок, детальности конкретного исследования, осо-

бенностей самого изучаемого объекта, допустимой трудоемкости и других подобных факторов. Для исследования Московской области целесообразно взять карты в масштабе 1:300 000, аэроснимки — 1:30 000 и космические изображения — 1:2 500 000. При этом диапазон возможного разброса масштабов — от 1:10 000 до 1:8 000 000. Опыт показывает, что, выбирая масштаб геоизображения, пользователь интуитивно ищет компромисс между обзорностью и детальностью карты. На уровне глобальных исследований наиболее важна обзорность, а по мере движения к локальному уровню все более ценится детальность. Несмотря на приближенность этих соотношений, их полезно иметь в виду при планировании научных исследований, формировании ГИС, составлении новых карт — словом, в любых ситуациях, когда приходится сочетать разные геоизображения.

23.3. Временные диапазоны геоизображений

При использовании разновременных геоизображений важно знать их временные диапазоны, т.е. отрезки времени, которые можно отображать, изучать, моделировать с их помощью. В этом отношении практически неограничены возможности разновременных карт — обычных и электронных, компьютерных анимаций и т.п. Они способны передать динамику и эволюцию явлений за любой мыслимый отрезок времени: от часов (например, на синоптических картах) до геологических эпох (на картах палеогеографических). Карты-реконструкции и карты-прогнозы позволяют отразить ближнюю и дальнююю ретроспективу и заглянуть в отдаленное будущее.

Если же говорить не о картах-реконструкциях, а о документальных картографических материалах, с достаточной точностью фиксирующих прошлые состояния природы, населения и хозяйства, то временной диапазон сужается до двух-трех столетий. В России, например, планомерные государственные топографические съемки были выполнены петровскими геодезистами в первой половине XVIII в. Ряд государств Европы располагают достаточно точными старыми картами 300-летней давности.

Фонд аэрокосмических снимков характеризуется существенно иным диапазоном времени. Разновременные аэроснимки позволяют изучать динамику явлений в интервале от нескольких часов до нескольких десятилетий. Планомерная аэрофотосъемка территорий и акваторий началась в середине 20-х годов XX в., а для большинства районов Земли много позже. Что касается космических снимков, то, как известно, первые пробные съемки были выполнены в 60-х годах, а активное внедрение дистанционного зондирования

Таблица 23.4

Диапазоны использования разновременных геоизображений

Геоизображения	Временные диапазоны
Карты, электронные карты	Часы — 200–350 лет
Палеогеографические и прогнозные карты (обычные и электронные), компьютерные модели, анимации и т.п.	Любой временной отрезок от часов до миллионов лет
Аэрофотоснимки, фотокарты и производные от них геоизображения	Часы — 70–80 лет
Космические снимки, космофотокарты и производные геоизображения	Дни — 30–40 лет

пришлось на 70–80-е годы прошлого столетия. Сегодня разновременные космические съемки позволяют проследить эволюцию примерно за три десятилетия. При этом напомним, что повторность современных орбитальных космических съемок для ресурсных спутников типа *Landsat*, *SPOT*, «Метеор-Фрагмент» составляет около суток, для метеоспутников — несколько часов.

Таким образом, временные диапазоны для основных видов геоизображений имеют порядок, указанный в табл. 23.4.

Для динамических геоизображений оправдано ввести понятие **масштаба времени**, или, лучше сказать, **временного масштаба**. Тогда, например, 1:86 000 будет означать, что одна секунда демонстрации фильма соответствует (округленно) 1 суткам; 1:600 000 — примерно 1 с : 1 неделя; 1:2 500 000 — 1 с : 1 месяц и 1:31 500 000 — 1 с : 1 год. Таким образом, появляется возможность различать медленно-, средне- и быстромасштабные геоизображения.

Важно иметь в виду, что разные явления имеют различные **характерные интервалы пространства-времени**, в рамках которых проявляются особенности их структуры и динамики. Например, для глобальных тектонических процессов — это тысячи км² пространства и тысячелетия, для современных геоморфологических явлений — сотни км²/столетия, для гидрологических объектов — десятки км²/годы, для метеорологических и погодных явлений — сотни км²/дни и т.д.

Наличие характерных пространственно-временных соотношений для разных объектов, явлений и процессов учитывают при использовании разновременных геоизображений (см. также раз-

дел 18.4), съемках, картографировании и мониторинге. Проведение научных и практических изысканий требует выбора оптимальных *пространственно-временных уровней (диапазонов) геоизображений*, т.е. тех интервалов, в пределах которых возможные изменения проявляются наилучшим образом.

23.4 Видео- и аудиопеременные. Понятие о геосемиотике

Язык геоизображений подчинен общим законам семиотики, но имеет свои особенности. По аналогии с графическими переменными (см. раздел 5.1) полезно ввести понятие визуальных и аудиопеременных для геоизображений. При этом надо иметь в виду, что современные геоизображения синтезируют графические средства и звуковые эффекты, используемые для отображения внешней среды.

Картографические переменные включают форму, размер, ориентировку, цвет, тон (светлоту) и внутреннюю структуру знаков (см. раздел 5.4), а использование фотоизображения привносит такие графические (оптические) переменные, как яркость, текстура (зернистость, полосчатость и т.п.), контраст, цвет, тон изображения и распределение теней (см. раздел 16.3). Для трехмерных геоизображений добавляются ракурс, перспектива, пластиичность и распределение теней.

Но, пожалуй, самое эффектное средство формирования геоизображений — это динамические графические переменные, используемые в анимациях. Об арсенале динамических переменных, используемых в ходе анимационного картографирования, сказано выше (см. раздел 22.3).

В технологиях создания виртуальных геоизображений применяются такие специфические графические средства моделирования внешней среды, как освещенность или затененность всей местности и отдельных ее участков, эффекты тумана, дождя, снегопада и т.п., а также состояние земных покровов (травяной, снежный покров и др.). Совмещение дизайна объекта и внешней среды — сложная задача. Например, виртуальные модели предполагают изменение гипсометрической шкалы в условиях дымки, тумана, при весеннем солнечном освещении или при наличии снежного покрова.

Наконец, к аудиопеременным можно отнести звучание речи (чтение тестовых пояснений, подсказок) и музыкальное сопровождение (например, исполнение мелодии, создающей весеннее настроение, гимна страны и т.п.) (табл. 23.5). Для усиления эффекта реалистичности применяют аудиоклипы с записями гро-

Таблица 23.5

Видео- и аудиопеременные геоизображений

Группы	Переменные и эффекты
Картографические переменные	Форма, размер, ориентировка, цвет, светлота, внутренняя структура
Фотографические переменные	Яркость, текстура, контраст, цвет, тон, светотень
Объемные эффекты	Ракурс, перспектива, пластичность, светотень
Динамические переменные	Длительность, деформация знаков, масштабирование, панорамирование, изменение ракурса, дефилирование цвета
Эффекты внешней среды	Освещенность / затененность, атмосферные явления, структура земного покрова
Звуковые эффекты	Речь, музыка, аудиоклипы, шумы

хотя извергающегося вулкана, движения поездов, пения птиц. Впечатление приближающейся опасности (например, нарастание риска схода лавины) может создать усиление «беспокоящего» шума вместе с появлением красноватых (алармистских) тонов и «тревожным» миганием знаков. И в этом проявляется переход к мультимедийным средствам моделирования.

Таким образом, *происходит формирование геосемиотики — разделя геоиконики, в котором разрабатывается язык геоизображений*. Его отличие от традиционной картографической семиотики состоит в том, что имеется возможность представить геоизображение не только в статике, но и в динамике, и не только само по себе (изолированно), но и в конкретной окружающей среде. Эти новшества еще не вполне освоены и осмыслены, пока лишь предпринимаются попытки их систематизации и взаимного сочетания. Дальнейшее развитие геосемиотики должно обеспечить активное управление коммуникативными свойствами геоизображений.

23.5. Генерализация геоизображений

Генерализованность — неотъемлемое свойство всех геоизображений. Теория и методы картографической генерализации разрабатываются давно, подробно исследованы ее принципы, точность,

субъективные факторы и формальные критерии и т.п. (см. главу 9). Генерализация аэрокосмических геоизображений изучена хуже, и связано это с тем, что она долго не признавалась «настоящей» (по сравнению с картографической) из-за ее механического, нетворческого характера. То, что генерализация на снимках возникает как бы сама собой, повело еще и к тому, что в аэрофототопографии, а впоследствии и в космическом зондировании научному осмыслению генерализации уделялось мало внимания.

Проблемы теоретического осмысления генерализации возникли в связи с внедрением автоматики. Именно этот процесс оказался камнем преткновения из-за трудностей алгоритмизации неформальных сторон генерализации. Новые проблемы возникли с появлением динамических геоизображений. Генерализация приобрела еще одно измерение — временное.

Рассмотрение геоизображений с позиций геоиконики показывает, что картографическая генерализация не единственный «законный» вид генерализации, она существует и в других видах и вариантах.

Напомним, что **картографическая генерализация** — это отбор, обобщение, выделение главных, типических черт изображаемых на карте объектов соответственно назначению и масштабу, содержанию карты и особенностям картографируемой территории. Благодаря генерализации карта не является простой копией объекта. Она «пропускается» через голову и руки картографа и несет в себе отпечаток его представлений об объекте, знаний, научного опыта. Оперируя философскими категориями, можно сказать, что генерализованная карта — это субъективный образ объективной действительности.

Дистанционная генерализация — это геометрическое и спектральное обобщение изображения на снимках (аэро-, космических, наземных, подводных), определяемое комплексом технических факторов (методом съемки, ее высотой, спектральным диапазоном, масштабом, разрешением) и природными особенностями (характером местности, атмосферными условиями и др.).

Генерализацию данного вида называют по-разному: оптической, фотографической, космической, механической и т.п. Она возникает, прежде всего, за счет увеличения высоты, когда многие объекты становятся попросту неразличимы. Иначе говоря, с уменьшением масштаба уменьшается и разрешающая способность снимка, его свойство раздельно воспроизводить мелкие детали местности. Кроме того, чем выше поднята съемочная аппаратура, тем толще слой атмосферы, поэтому земные объекты различаются

менее четко, очертания их становятся расплывчатыми, контрасты ослабевают, а некоторые малоконтрастные объекты сливаются.

При дистанционной генерализации интегрируются (синтезируются) спектральные и геометрические характеристики объекта, а изменение детальности изображения приводит к перестройке его структуры. На космических снимках мелкого масштаба генерализация бывает настолько сильна, что становятся отчетливо видны крупные (планетарные) блоки литосферы и биосферы, проявляются границы природных зон и даже макроэлементы социально-экономической инфраструктуры.

Дистанционная генерализация — механический процесс, хотя в определенной степени его можно контролировать, например, меняя технические параметры съемки, подбирая те или иные диапазоны, чувствительные материалы и съемочную аппаратуру.

Динамическая генерализация — механическое (анимационное) обобщение изображения, позволяющее прослеживать главные, наиболее устойчивые во времени закономерности, типичные долговременные тенденции развития явлений за счет изменения скорости демонстрации фильмов и анимаций.

Принцип дистанционной генерализации, определяемый скоростью смены кадров, прост, но эффект его еще недостаточно изучен. Суть состоит в том, что при быстрой демонстрации анимации короткопериодические изменения быстро промелькнут на экране и читатель увидит лишь долговременные изменения, а при медленной демонстрации, наоборот, динамические процессы можно рассмотреть во всех подробностях. Таким образом, динамическая генерализация добавляет к картографической и дистанционной еще один — временной аспект, очень полезный для изучения структуры и динамики географического пространства.

Наконец, как особый вид, выделяется **автоматическая (логико-математическая)**, или «машинная», генерализация, которая проявляется в формализованном отборе, сглаживании и фильтрации изображения в соответствии с заданными формальными критериями.

Сглаживание упрощает очертания извилистых контуров, изолиний и расчлененных поверхностей. В зависимости от принятых параметров (сглаживающих функций, шага или окна сглаживания) можно получить линии и поверхности разной гладкости. Для тех же целей применяют аппроксимирующие функции, с помощью которых получают поверхности тренда, по сути — это то же сглаживание. Аналогичный смысл имеют и процедуры фильтрации, когда исходное изображение как бы пропускается через сито

Таблица 23.6

Генерализация геоизображений

Вид генерализации	Картографическая	Дистанционная	Динамическая	Автоматическая
Картографическая	Карты, планы			
Дистанционная	Фотокарты, космофотокарты	Аэро- и космические снимки		
Динамическая	Картографические фильмы	Серии многовременных снимков	Кинофильмы и анимации	
Автоматическая	Виртуальные карты	Синтезированные и преобразованные снимки	Картографические фильмы и анимации	Электронные карты

с ячейками (окнами) разной крупности, создавая эффект генерализации. Процесс автоматической генерализации хорошо поддается управлению, но в него трудно вводить неформальные оценки, содержательные ценностные параметры.

Итак, все геоизображения имеют ту или иную генерализацию, хотя она проявляется в разных видах и вариантах. Планы, карты и производные от них геоизображения любого масштаба подвергаются картографической генерализации, снимки — дистанционной, анимации — динамической, а компьютерно обработанные или преобразованные геоизображения — автоматической генерализации. Комбинированные геоизображения, примеры которых приведены в табл. 23.6, сочетают в себе разные виды генерализации. Скажем, фотокарты обладают и картографической, и дистанционной генерализацией, а преобразованные космические снимки — автоматической и дистанционной.

Особым комбинированным видом является итерактивная генерализация, сочетающая содержательные принципы картографической генерализации и формальные логико-математические приемы.

Таким образом, генерализация геоизображений в разных ее проявлениях касается геометрической формы объектов, их качественных и количественных особенностей, спектральных характеристик, динамических аспектов. Понимание общих ее закономерностей приближает к решению проблемы **управления генерализацией**.

геоизображений, чрезвычайно актуальной с точки зрения их использования в научных исследованиях.

Различия между формами генерализации очевидны. Если выделить главный момент в каждом из видов, то для картографической генерализации — это отбор, для дистанционной — обобщение, для динамической — сжатие во времени, для автоматической — слаживание. Наибольшей гибкостью и управляемостью отличается генерализация картографическая, а наименьшей — дистанционная.

Следует иметь в виду два важных общих свойства генерализации:

- генерализация любых геоизображений ведет не только к свертке и потере данных, но и способствует появлению качественно новой информации и закономерностей;
- последовательное повышение уровня генерализации обеспечивает проявление на геоизображениях черт все более крупных геосистем.

Следствием этого являются важные закономерности. Изучение разномасштабных геоизображений одной и той же территории становится средством исследования геосистем разного порядка, выявления их пространственной иерархии. По мере усиления генерализации на геоизображениях все отчетливее проявляются ведущие закономерности пространственного и временного распределения явлений, обнаруживаются главные, наиболее сильные и устойчивые во времени связи и свойства. Генерализация по самой сути своей способствует снятию мелких флуктуаций, освобождению изображения от случайных погрешностей и дефектов, вследствие чего главные свойства предстают как бы в очищенном виде.

23.6. Измерения по геоизображениям

Современные исследователи в области наук о Земле и смежных с ними социально-экономических наук основную часть времени проводят не в поле, а в камеральных условиях за персональным компьютером, анализируя аэро- и космические снимки, карты, профили, разрезы и другие графические документы, извлекая из них нужную информацию. Отсюда становится понятна актуальность развития методов и средств измерения по геоизображениям.

В картографии, дистанционном зондировании, фотограмметрии и в голограммии существует комплекс метрических дисциплин, обеспечивающих выполнение измерений. В геоинформатике постепенно формируется *геоинформационная система — система дисциплин, изучающих теорию, методы и средства измерений по геоизображениям*.

ниям. В нее входят дисциплины, имеющие длительную, даже многовековую историю и хорошо развитый аппарат измерений, методики, сформировавшиеся сравнительно недавно, а также те, что находятся в стадии зарождения.

В соответствии с метрикой самих геоизображений можно выделить три ветви метрических дисциплин (рис. 23.3):

- ◆ **геопланиметрия** — измерения по плоским 2-мерным геоизображениям;
- ◆ **геостереометрия** — измерения по объемным 3-мерным геоизображениям;
- ◆ **геохронометрия, или динамическая геоконометрия**, — измерения по динамическим 3- и 4-мерным геоизображениям.

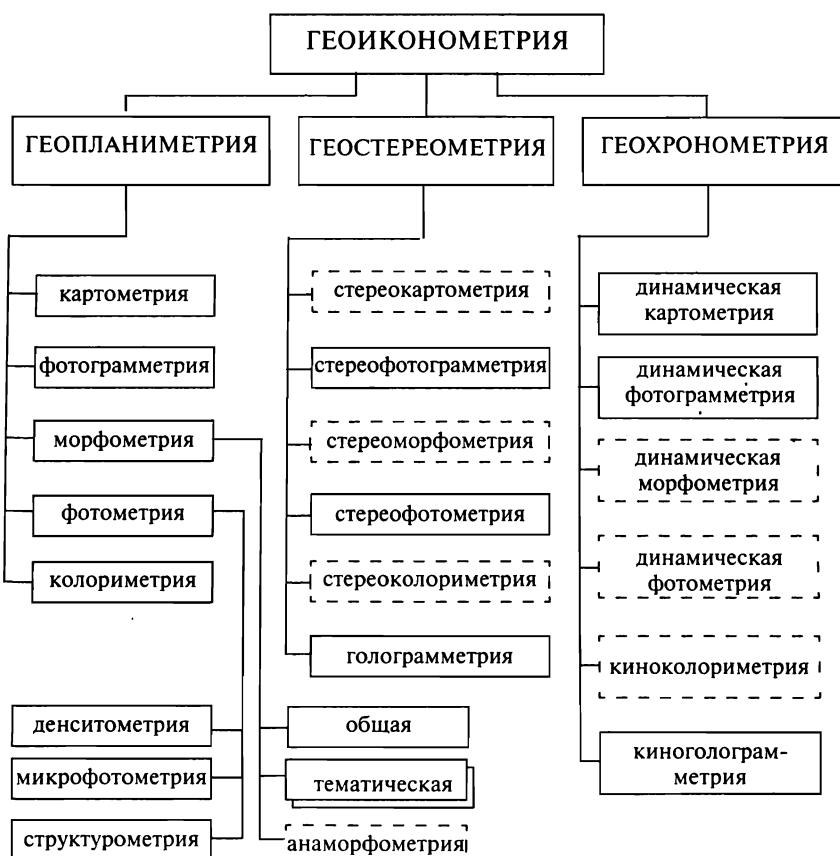


Рис. 23.3. Система геоконометрии

Пунктиром показаны только заражающиеся направления геоконометрии.

Геопланиметрия — наиболее развитая ветвь геоиконометрии — включает картометрию, фотограмметрию, морфометрию (которая в широком понимании охватывает измерения форм объектов по картам и снимкам), а также фотометрию и колориметрию, занимающиеся измерениями оптического излучения объектов и их цветовыми характеристиками.

Вторая ветвь — геостереометрия — включает те же измерительные дисциплины, но в приложении к объемным геоизображениям: стереомоделям, анаглифам, блок-диаграммам, метахронным диаграммам и голограммам. Хорошо развиты стереофотограмметрия и стереофотометрия, т.е. измерения геометрических характеристик и параметров излучения объектов по стереопарам фотоснимков на основе стереоскопического эффекта. Значительно развита и голограмметрия — измерения по голограммам, но в геоиконике она пока остается на уровне экспериментов. Появление стереокартографических и виртуальных геоизображений постепенно ведет к развитию соответствующих метрических дисциплин — стереокартометрии и стереоморфометрии.

В геохронометрию, третью ветвь геоиконометрии, входят динамическая картометрия и динамическая фотограмметрия, т.е. измерения пространственных и временных параметров по динамическим картам, разновременным снимкам, картографическим анимациям и другим динамическим геоизображениям. С расширением сферы практического использования динамических геоизображений получают развитие и такие дисциплины, как динамическая морфометрия, динамическая фотометрия, киноколорометрия.

Рассмотренная классификация систематизирует и упорядочивает известные дисциплины геоиконометрии и одновременно выполняет программирующую функцию, показывая возможные точки роста новых метрических дисциплин.

Литература¹

Учебники и учебные пособия

Берлянт А. М. Картографический метод исследования. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1988. 252 с.

Берлянт А. М. Картография. М.: Аспект Пресс, 2001, 2002. 336 с.

Берлянт А. М., Сваткова Т. Г. Практикум по картографии и картографическому черчению: Общегеографические и тематические карты и атласы. Генерализация. Использование карт: Учеб.-метод. пособие для студентов геогр. фак. гос. ун-тов. М.: Изд-во МГУ, 1991. 125 с.

Бугаевский Л. М. Математическая картография: Учебник для вузов. М., 1998. 400 с.

Востокова А. В., Кошель С. М., Ушакова Л. А. Оформление карт. Компьютерный дизайн. М.: Аспект-Пресс, 2002. 288 с.

Евтеев О. А. Проектирование и составление социально-экономических карт: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1999. 224 с.

Заруцкая И. П., Сваткова Т. Г. Проектирование и составление карт. Общегеографические карты. М.: Изд-во МГУ, 1982. 208 с.

Заруцкая И. П., Красильникова Н. В. Проектирование и составление карт. Карты природы. М.: Изд-во МГУ, 1989. 206 с.

Картография с основами топографии: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов / Под ред. Г. Ю. Грюнберга М.: Просвещение, 1991. 368 с.

Книжников Ю. Ф. Аэрокосмическое зондирование: Методология, принципы, проблемы: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1997. 129 с.

Коновалова Н. В., Капралов Е. Г. Введение в ГИС: Учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводск. ун-та, 1995. 148 с.

Кравцова В. И. Космические методы картографирования / Под ред. Ю. Ф. Книжникова М.: Изд-во МГУ, 1995. 240 с.

Курошев Г. Д. Геодезия и география: Учебник. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1999. 372 с.

Лурье И. К. Основы геоинформационного картографирования. М.: Изд. МГУ, 2000. 143 с.

Лурье И. К. Основы геоинформатики и создание ГИС. М.: ИНЭКС, 2002. 140 с.

Павлова А. А. Морские навигационные карты. Л.: Изд-во ЛГУ, 1961. 180 с.

Салищев К. А. Картография. 3-е изд. М.: Высш. школа, 1982. 272 с.

Салищев К. А. Проектирование и составление карт. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1987. 240 с.

Салищев К. А. Картоведение. 3 -е изд. М.: МГУ, 1990. 400 с.

¹ В списке представлены вузовские учебники, учебные пособия, капитальные монографии и справочники по картографии, рекомендуемые студентам в качестве дополнительной литературы.

Сваткова Т. Г. Атласная картография. М.: Аспект-Пресс, 2002. 203 с.
Серапинас Б. Б. Глобальные системы позиционирования. 3-е изд. М.: «Каталог», 2002. 106 с.

Смирнов Л. Е. Экология и картография: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1997. 152 с.

Стурман В. И. Основы экологического картографирования: Учеб. пособие. Ижевск.: Изд-во Удм. ун-та, 1995. 221 с.

Тикунов В. С. Моделирование в картографии: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1997. 405 с.

Robinson A. H., Morrison J. L., Muehrke P. C., Kimerling A. J., Guptill S. C. Elements of Cartography — 6 ed. John Wiley & Sons, INC., 1995.

Монографии

Асланикашвили А. Ф. Метакартография. Основные проблемы. Тбилиси, 1974. 125 с.

Берлянт А. М. Образ пространства: карта и информация. М.: Мысль, 1986. 240 с.

Берлянт А. М. Геоиконика. М.: Астрея, 1996. 208 с.

Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. М.: Астрея, 1997. 64 с.

Бочаров М. К. Основы теории проектирования систем картографических знаков. М.: Недра, 1966. 186 с.

Верещака Т. В. Топографические карты: научные основы содержания. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2002. 319 с.

Донцов А. В. Картографирование земель России: история, научные основы, состояние, перспективы. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999. 374 с.

Комплексные региональные атласы / Под ред. К. А. Салищева. М.: Изд-во МГУ, 1976. 638 с.

Копылова А. Д., Филин В. Н., Филатов В. П., Стефанов. С. Н. Издание карт. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1995. 253 с.

Кусов В. С. История познания земель российских. М.: Просвещение, 2002. 232 с.

Лютый А. А. Язык карты: сущность, система, функции. М.: ГЕОС, 2002; 2-е изд. 2002. 327 с.

Поспелов Е. М. Топонимика и картография. М.: Мысль, 1971. 256 с.

Постников А. В. Развитие картографии и вопросы использования старых карт. М.: Наука, 1985. 216 с.

Постников А. В. Развитие крупномасштабной картографии в России. М.: Наука, 1989. 229 с.

Сербенюк С. Н. Картография и геоинформатика — их взаимодействие. М.: Изд-во МГУ, 1990. 159 с.

Смирнов Л. Е. Трехмерное картографирование. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 104 с.

Халугин Е. И., Жалковский Е. А., Жданов Н. Д. Цифровые карты. М.: Недра, 1992. 419 с.

Чекин Л. С. Картография христианского Средневековья. VIII—XIII вв. М.: Вост. литература РАН, 1999. 336 с.

Bertin J. Semiologie graphic. Les diagrammes — les reseaux — les cartes.
Paris — La Haye, 1967.

Imhof E. Kartographische Gelandedarstellung. Berlin, 1965

Справочники

Берлянт А. М. Карта. Краткий толковый словарь. М.: Научный мир, 2003. 168 с.

Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины /
Гл. ред. А. Ф. Трешников. М.: Сов. энциклопедия, 1988. 432 с.

Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Под ред.
А. М. Берлянта и А. В. Кошкарева. М.: ГИС-Ассоциация, 1999. 204 с.

*Картографическая изученность России (топографические и темати-
ческие карты) /* Под ред. А. А. Лютого и Н. Н. Комедчикова. М.: ИГ РАН,
1999. 399 с.

*Комедчиков Н. Н., Лютый А. А., Нарских Р. С. Национальная библиогра-
фия научно-технической литературы по картографии 1959—1983 гг.* М.,
1996. Т. 1, 335 с.; 1997. Т. 2, 560 с.; 1997. Т. 3, 564 с.

Многоязычный словарь технических терминов картографии. Wiesbaden /
Germany, 1973. 574 с.

Справочник по картографии / А. М. Берлянт, А. В. Гедымин, Ю. Г. Кель-
нер и др. М.: Недра, 1988. 428 с.

Указатель терминов

- Автоматизированная генерализация** 401–403, 452, 453
— геометрическая 401
— семантическая 401
- Автоматизированная картографическая система** 373
- Авторский макет** 275
- Авторский оригинал** 276
- Авторский эскиз** 275
- Авторство в картографии** 276
- Алгебра изображений** 409
- Алгоритмы генерализации** 401–403
— корректировка 402
— локальной обработки 402
— независимых точек 402
— сглаживание 401
— слияние 402
— смешение объектов 401
— упрощение 401
— утрирование 402
- Алгоритмы классификации** 405, 406
— дискриминантные функции 406
— «классификации с обучением» 405
— контролируемой классификации 405
— максимального правдоподобия 407
— минимальные расстояния 406, 407
— неконтролируемой классификации 405
— параллелепипеда 407
- Алгоритмы кластеризации** 408
- Анаглиф** 20
- Анализ и оценка карт как источников** 265–268
- Анализ соседства** 396
- Аппроксимации** 336
- Ареалы** 111–112
— абсолютные 111
— относительные 111
— уточненные 115
- Атлас** 19, 239–252
— военный 247
— «вьюерный» 399
— ГИС-атлас 400
— дорожный 247
— интерактивный 399
— Интернет-атлас 400
— история 249–243
— книжного формата 248
— комплексный 244
— малый (карманный) 248
— миниатюрный 248
— настольного формата 248
— научно-справочный 245
— национальный 248–250
— отраслевой 244
— популярный 426
— справочный 245
— туристский 247
— узкоотраслевой 244
— учебный 245
— школьно-краеведческий 246
— электронный 399–400
- Атрибутивные данные** 381
- Аудиопеременные геоизображений** 449, 450
- Аэрогеодезическое предприятие (АГП)** 187
- Аэрокосмические исследования Земли** 302–311
— антропогенное воздействие на природную среду 311
— геоботаника 307
— география почв 307
— геология 303
— геоморфология 304
— гидрология 306
— гляциология 305
— лесное хозяйство 310
— метеорология и климатология 302
— океанология 302

- расселение 310
 - сельское хозяйство 308
 - экологические задачи 311
- Аэрокосмические съемки** 258–262
- в ближнем ИК диапазоне 258
 - в видимом диапазоне 258
 - в радиодиапазоне 259
 - в тепловом ИК диапазоне 259
 - гидролокационные 261
 - гиперспектральные 262
 - микроволновые радиометрические 261
 - многозональные 261
 - ПЗС-снимки 260
 - радиолокационные 261
 - сканерные 259
 - фотографические 259, 259
- Аэрокосмический мониторинг** 301
- Аэрокосмическое картографирование** 279–312
- история 279–284
- База знаний** 375
- База данных** 374
- Банк данных** 374
- Бинарные маски** 409
- Блок-диаграмма** 19, 135–136, 324
- Веб** 413
- Веб-картографирование** 416
- Векторизация** 384
- Вероятностная картография** 330
- Вертикальное расчленение** 334
- Видеопеременные геоизображений** 449, 450
- Виды картографирования** 28
- Виды генерализации** 171–177
- геометрическая сторона генерализация 175
 - обобщение качественных характеристик 173
 - обобщение количественных характеристик 173
 - обобщение очертаний 175
 - объединение контуров (выделов) 175
 - отбор (исключение) объектов 174
- переход от простых понятий к сложным** 173
- смещение элементов изображения** 175
- утрирование или показ объектов с преувеличением** 176–177
- Виртуальная модель** 426
- Виртуальная реальность** 426
- Виртуальное картографирование** 426, 427
- Временной диапазон геоизображений** 447–449
- «Всемирная паутина»** 413
- Вспомогательное оснащение карт** 11
- Выборка по картам** 340
- Высокая печать** 278
- Высотные отметки** 136
- Вычленение** 352
- Гармоничность картографического произведения** 268
- Генерализация линий** 401
- Географическая сетка** 44
- Географические интерполяция и экстраполяция** 293
- Географические информационные системы** 368–370
- виды 370
 - подсистема ввода информации 373
 - подсистема вывода информации 375
 - подсистема издания карт 375
 - подсистема обработки информации 374–375
 - структура 370–371
 - территориальные уровни 370
- Географические принципы генерализации** 179–180
- Географическое редактирование** 193
- Геодезическая основа карт** 41–65
- Геодезическая сеть** 49
- астрономо-геодезическая 54, 55
 - государственная 52
 - доплеровская 54
 - местная 52
 - нивелирная 53, 55

- плановая 53
 - пространственная 53
 - специальная 52
 - спутниковая 55
 - съемочная 52
 - России 52–56
 - учебная 52
- Геоид 41
- Геоизображение 421–432
- аналитическое 429
 - двумерное 422
 - динамические 422
 - классификация 427–430
 - комбинированное 422
 - комплексное 429
 - объемное 422
 - определение 421
 - плоское 422
 - синтетическое 429
 - трехмерное 422
 - четырехмерное 422
- Геоикономика 440–454
- Геоинформатика 34, 366–368
- Геоинформационное картографирование 388–410
- аналитическое 388
 - комплексное 388
 - методы 389–399
 - отраслевое 388
 - синтетическое 388
- Геоматика 35
- Геометрическая точность 177–178
- Геометрические преобразования снимков 404
- Геосемиотика 449, 450
- Геотелекоммуникация 412
- Гипергеоизображение 423
- Глобальная система позиционирования (ГСП) 57, 254
- Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) 57
- Глобальное геоинформационное пространство 412
- Глобус 18
- Глубокая печать 278
- Горизонтали 127–129
- вспомогательные 128
 - полугоризонтали 128
- Горизонтальное расчленение 334
- Государственный геодезический надзор (ГГН) 187
- Госцентр «Природа» 188
- Графические переменные 99
- видеопеременные 449
 - динамические 99
- Графический анализ карт 321–328
- Графический образ 432–434
- Графический оверлей 355
- Графический оператор 353
- Графоаналитические приемы анализа карт 328–336
- Группировка объектов по атрибутам 391
- способ естественных интервалов 391
 - способ равных интервалов 391
 - способ равных классов 391
 - способ равных площадей 391
 - способ стандартных отклонений 391
- Действия с поверхностями 327
- Детализация 352
- Дешифрирование снимков 290–293
- аэровизуальное 293
 - визуальное 291
 - индикационное 292
 - камеральное 293
 - компьютерное 291
 - ландшафтное 291
 - многозональных снимков 291
 - общегеографическое 291
 - полевое 293
 - последовательное 292
 - разновременных снимков 293
 - сопоставительное 292
 - тематическое 291
- Дешифровочные признаки 291, 404
- геометрические 404
 - динамические 293
 - комплексные 404
- Дешифровочные эталоны 293
- Динамическая генерализация 452
- Динамические знаки 120–121
- дефилирование цвета 120
 - движение стрелок 120

- мигание знаков 120
- перемещение 120
- Дисплей 375
- Дискретизация 352
- Дистанционная генерализация 451
- Долгота 44, 46
- Дополнительные данные 11
- Задание на карту** 272
- Земной шар 46–48
 - равновеликое отображение 47
 - равнопромежуточное отображение 47
 - равноугольное отображение 47
 - радиус 46
- Знаки движения 112–113
 - векторы движения 112
 - полосы (ленты) движения 112
- Значки 103
 - абстрактные геометрические 103
 - буквенные 103
 - наглядные 103
- Извилистость линий** 333
 - общая 333
 - общих очертаний 333
 - относительная 333
 - частота извилин 333
- Изготовление печатных форм 277
- Издание карт 27, 271, 276
- Издательский оригинал 276
- Измерения длин извилистых линий 329
- Измерения по геоизображениям 454–456
 - геопланиметрия 457
 - геостереометрия 457
 - геохронометрия 457
 - динамическая геоиконометрия 457
- Изображение рельефа 122–138
 - картическое 123
 - метричность 122
 - морфологическое соответствие 122
 - перспективное 123
 - пластичность 122
 - физиографическое 124
- Изоколы 72
- Изолинии 104–105
 - заложение 106
 - интервал сечения 106
- Изучение взаимосвязей по картам 354–358
- Изучение динамики по картам 358–362
- Изучение карт-аналогов 346
- Изучение картографического изображения без его преобразования 346
- Изучение структуры (по картам) 347–354
- Интегральные показатели 391
- Интерактивная композиция карт 416
- Интернет 411–413
- Интернет-атлас 22
- Интернет-ГИС 418–419
- Интернет-использование карт 416
- Интернет-карта 22
- Интернет-картографирование 416, 417
- Интерполяция 395, 396
 - аппроксимационные методы 396
 - геостатистическая 397
 - глобальная 395
 - локальная 395
 - по ареалам 397
 - по дискретным точкам 395
 - сплайн-интерполяции 396
 - точные методы 396
- Инtranет 412
- Искажения в картографических проекциях 70–73
 - длин 70
 - площадей 70
 - углов 70
 - форм 70
- Использование карт 27, 312–346
 - история 312
- Исследования по картам 346–365
- Исследования средней точности 365
- Исторический процесс в картографии 29–32
- История картографии 26

Источники ошибок 364

Источники для создания карт и атласов 253–265
— астрономо-геодезические 254–255
— гидрометеорологические наблюдения 263
— картографические 255
— материалы дистанционного зондирования 257
— натурные наблюдения и измерения 262
— текстовые 264–265
— экономико-статистические 264

Исходные геодезические даты 50

Карта 8–22, 26

— аналигическая 20
— аналитико-синтетическая 231
— аналитическая 226, 227
— анимация 22
— ареалов изменения явлений 360, 361
— базовая 372
— батиметрическая 203
— вегетационного индекса 301, 309
— взаимосвязей 232
— виртуальная 22
— генеральная 185, 204
— геоботаническая 215
— геокриологическая 214
— геологическая 212
— гипсометрическая 202–204
— демографическая 217
— динамики 231, 409
— динамические температур водной поверхности 301
— для высшей школы 200, 225
— для спортивного ориентирования 238
— животного мира 215
— земных покровов 299
— изокоррелят 357
— кадастровая 256
— климата 213
— комплексная 228, 229
— концентрации озона 300

— космофотогеологическая 298
— космофототектоническая 298
— крупномасштабная 13
— лесного хозяйства 221
— ландшафтная 215
— Международная 1:2 500 000 198
— международные общегеографические
— мелкомасштабная 13
— многоцелевого назначения 185, 237
— на микрофише 21
— населения 217
— научно-справочная 238
— обзорная 15
— обзорно-топографическая 15, 189–191
— обслуживания населения 218
— общегеографическая 15, 184–208, 255
— общественных явлений 16
— оперативная 425
— оперативная фотокарта снежного покрова 305
— определение 8
— Орографическая Мира 204
— отраслевая 227
— охотниче-промышленного хозяйства 221
— поверхностных вод 213
— политico-административная 201
— почв 214
— природы 15, 211–216
— промышленности 219
— производная 352
— путевая 204
— разновременные 358
— районирования по степени взаимного соответствия 356
— растительности 214
— рельефа 213
— рельефная 19
— рыболовства 212
— сельского хозяйства 220
— синоптическая 300
— синтетическая 229–231
— «скелетная» 436

- состояния атмосферы 299
 - специальная 18
 - специального назначения 200
 - среднемасштабная 13
 - строительства 220
 - тактильная 18
 - тематическая 15, 209–225, 255
 - топографическая 15, 188–191
 - транспарант 21
 - транспорта 222
 - туристские 238
 - туристско-краеведческие 238
 - условий жизни населения 218
 - учебная 238
 - физико-географическая 215
 - флористическая 215
 - цветового индекса 303
 - цифровая 21
 - частная 204, 227
 - чрезвычайных ситуаций 301
 - шельфа 206–208
 - школьная 199
 - эколого-географические 223, 224
 - экономических связей 222
 - экранная
 - электронная 21
 - энтропии контуров 357
 - этнографическая 217
- Картобиблиография** 27
- Картоведение** 24, 26
- Картограмма** 115
 - уточненная 115
- Картографирование** 209–211
 - в Интернете 415–417
 - геологическое 210
 - геоморфологическое 210
 - почвенное 210
 - климатическое 210
 - гидрологическое 210
 - сетей телекоммуникации 417
 - социально-экономическое 210
 - экологическое 223
 - экономико-географическое 218
- Картографическая анимация** 22
- Картографическая база данных** 377
 - проектирование 377
- Картографическая генерализация** 167–183, 451
- объектов рассеянного распространения** 183
- объектов сплошного распространения** 181–182
- объектов, локализованных в пунктах** 180
- объектов, локализованных на линиях** 181
- Картографическая информатика** 27
- Картографическая прагматика** 27, 95
- Картографическая семантика** 27, 94
- Картографическая семиотика** 27, 94–95
- Картографическая синтаксика** 27, 94
- Картографическая стилистика** 95
- Картографическая топонимика** 27, 155–157
- Картографические проекции** 69–72
 - азимутальные 76
 - внешние 77
 - гномонические 77
 - для карт материков 81
 - для карт Мира 81
 - для карт морей и океанов 83
 - для карт отдельных стран 83
 - для карт полушарий 81
 - искажения 70
 - классификация по виду нормальной сетки 74
 - классификация по характеру искажений 72
 - конические 74
 - косые 74, 77
 - многогранные 79
 - многополосные 79
 - морских и навигационных карт 83
 - ортографические 77
 - поликонические 78
 - полярные –77
 - поперечные 74, 77
 - произвольные 74
 - прямые 74, 76
 - псевдоазимутальные 79

- псевдоконические 78
- псевдоцилиндрические 78
- равновеликие 72
- равнопромежуточные 72
- с разрывами 85
- стереографические 77
- топографических карт 83
- условные 78
- цилиндрические 74
- экваториальные 77
- Картографические шрифты 161–164
 - кегль 162
- Картографический банк данных (КБД) 376
- Картографический дизайн 27, 139–153, 273
 - атласов общегеографического типа 147
 - атласов разного назначения 147–151
 - изобразительные средства 142
 - карт и атласов краеведческого и научно-популярного типа 150
 - карт разного назначения 147–151
 - научно-справочных карт и атласов 148–149
 - полутоновые средства 142
 - справочных карт 147
 - туристских карт и атласов 151
 - учебных атласов 147
 - учебных карт –147
 - факторы 143–145
 - фоновые средства 142
 - штриховые средства 142
 - этапы 145–146
- Картографический метод исследования 27, 317–319
- Картографический метод отображения 319
- Картографический образ 433
- Картографический прогноз 362–364
- Картографическое изображение 6
- Картографическое источниковедение 27
- Картография 23–40
 - взаимодействие с геоинформатикой 37–39
- географическая 32–34
- определение 23
- положение в системе наук 35–37
- связи с искусством 39–40
- структура 26
- Картографо-аэрокосмический мониторинг 301
- Картометрия 328–331
- Картодиаграмма 114
 - взаимосвязей 356
- Каталоги географических названий 160–161
- Качественный фон 107
 - цветовой 107
 - штриховой 107
- Классификация карт 12–18
 - общегеографических 15
 - по масштабу 13
 - по пространственному охвату 14
 - по содержанию
 - принципы 12–13
 - специальных 18
 - тематических 15–18
 - требования 13
- Классификация конфигураций 439
- Классификация космических снимков 258–259
 - по масштабу 258
 - по обзорности 258
 - по пространственному разрешению 258
- Кластеризация 392
- Количественный фон 108
- Комплексная картографическая инвентаризация природных ресурсов (ККИПР) 281
- Комплексные профили 322
- Компонентный анализ 392
- Компоновка карт 92, 93
- Компьютерная обработка снимков 403
- Конвертирование форматов 383
- Континуализация 352
- Координатная система 48–52
 - общеземная 48–49
 - ПЗ–90

- референцная 50
- СК-42
- ERTS 51
- WGS-84 51
- Координатные сетки** 86–88
 - географические 87
 - картографические 87
 - километровая 87
 - прямоугольных координат 87
 - сетка-указательница 88, 165
- Космофотокарта** 20
- Коэффициент парной корреляции** 341–343
- Красочная проба** 278
- Кригинг** 397
- Легенда** 6
- Лидар** 261
- Линейные знаки** 104
- Линии нулевых искажений** 72
- Логико-математическая генерализация** 452
- Локализованные диаграммы** 108–109
- Масштаб** 66–69, 442–447
 - аэроснимков 445
 - британских карт 68
 - времени 425, 448
 - геоизображения 442
 - графический 69
 - именованный 69
 - карт планет 443
 - космических снимков 445
 - линейный 69
 - общегеографических карт 67
 - пространства 442–447
 - старых русских карт 68
 - численный 67
- Масштабные классификации** 444
- Математико-картографическое моделирование** 336–345
- Математическая картография** 26, 66–93
- Математическая основа карты** 11
- «**Машинная**» генерализация 452
- Международная геодинамическая служба** 50
- Международная служба вращения Земли** 49
- Международное условное начало** 49
- Метаданные** 376
- Метахронная блок-диаграмма** 327
- Метод «резинового листа»** 390
- Метод триангуляции Делоне** 394, 395
- Мировая геодезическая система** 50
- Многомерный статистический анализ** 392
- Многопараметрическая классификация** 392
- Множественность геоизображений** 430
- Модели баз данных** 378–379
 - векторная 380
 - иерархическая 378
 - раstralная 380
 - реляционная 378
 - сетевая 378
- Морфометрические показатели** 328, 398
- Морфометрия** 328, 332–336
- Мультимедийные картографические произведения** 151–153
- Мультиуровневая генерализация** 427
 - контекстные подсказки 153
 - сценарий 153
- Наглядность обозначений** 268
- Надежность исследований по картам** 364
- Надписи на географических картах** 154–166
 - виды 154–155
 - размещение 164–165
 - термины 154
 - топонимы 154, 155
- Назначение карты** 272
- Нарезка карт** 89
- Насыщенность цвета** 102
- Национальная атласная информационная система** 415
- Номенклатура карт** 89
- Нормализация географических названий** 159–160
- Норма отбора** 175

- Обменный формат данных** 383
Обновление топографических карт
295–298
 - на фотопланах 297
 - на издательских оригиналах 298**Общая теория картографии** 26
Оверлей 370
Оперативное картографирование
300–302, 423, 424
Описания по картам 320, 321
Организация картографирования
186–188
Оригинал надписей 277
Оригинал фоновых окрасок 277
Ортофотокарта 20
Остаточная поверхность 350
Отмывка рельефа 132–134
 - аналитическая 133
 - при боковом освещении 132
 - при комбинированном освещении 132
 - при отвесном освещении 132**Оформление карт** 27
Оценка атласов 268–269
Оценка карт 265–268, 273
 - геометрической точности 267
 - математической основы 265–266
 - научной достоверности 266
 - полноты и современности 266**Оценка качества данных** 384–387

Печатание карт 277
Печатающее устройство 375
Печатная форма 278
Пиксель 260
Пиктограмма 103
План 13, 189, 204
Плоская печать 278
Плоттер 375
Плотность объектов 333
Подготовка карты к изданию 271
Позиционные данные 381
Позиционная точность 385
Показатель формы 332
Поле масштабов геоизображений
446
Полутоновой оригинал 277
Понятность обозначений 268
Представление информации в базах данных 379–382
 - векторное 401
 - географическое поле 380
 - концептуальные модели 379
 - линейно-узловое 379
 - объектно-ориентированные 379
 - растровое 401
 - сетевое 379**Преобразование картографического изображения** 346, 352–354
 - древовидное 354
 - параллельное 353
 - последовательное 353**Преобразование систем координат**
389–390
Преобразование форматов данных
382, 383
Приближенные исследования 365
Приемы математической статистики 339–344
Приемы теории информации 344, 345
Принтер 375
Программа карты 272–274
Проектирование и составление карт
26, 271
Производные карты 352
Производственно-картографическое предприятие (ПКО) 187
Пространственная интерполяция
393
Пространственная локализация объектов 382
Пространственная комбинация знаков 433
Пространственная аномалия 347, 348
Пространственное моделирование
393
Протокол TCP/IP 411
Псевдоизолинии 106–107
Публикация карт и атласов в Интернете 414

- Радиус**
- земного шара 46
 - кривизны меридиана 44
 - кривизны первого вертикала 43
 - параллели 44
 - средний 44
- Разграфка карты** 89, 90
- Различимость знаков** 268
- Разложение картографического изображения на составляющие** 346, 350–352
- Разработка содержания карты** 272
- Ранговый коэффициент корреляции** 343
- Рамки карты** 92
- Распознавание проекций** 86
- Распознавание образов** 405, 434–438
- графических 434, 434
 - решающее правило 405, 437
 - решающие границы 405
- Редактирование** 276
- Редакционно–технические отделы (РТО)** 187
- Редакционные указания** 274
- Ресурсный спутник** 282
- Референцная система координат** 50
- Референц–эллипсоид** 43
- Розы–диаграммы** 322
- Ручное цифрование по экрану** 410
- Самоподобие** 402
- Семантическая информация** 381
- «Сетевой компьютеринг» 412
- Система геоизображений** 430–432
- Система «создание — использование» карт** 318
- Система приемов анализа карт** 319, 320
- Системы тематических карт** 224, 225
- Светлота** 102
- Светотеневая пластика** 132–134
- Свойства карты** 11–12
- математический закон построения 11
 - знаковость изображения 11
 - генерализованность 11
 - системность 11
- Система геоизображений** 430–432
- Система геоиконометрии** 455
- Система спутникового позиционирования** 254
- Система управления базами данных (СУБД)** 374
- Сканер** 373
- Скользящий оператор** 353
- Содержание карт шельфа** 206–208
- подводная растительность 208
 - подводный рельеф 207
 - прибрежные сооружения 208
 - характеристики грунта 208
 - характеристики ледового режима 208
- Содержание морских карт** 205–206
- береговая линия 205
 - грунты 205
 - навигационные опасности 205, 206
 - рельеф 205
 - сооружения навигационной обстановки 206
- Содержание топографических карт** 191–196
- береговая линия морей 191
 - гидрографическая сеть 192
 - дорожная сеть 196
 - заселение 195
 - население 195
 - промышленные объекты 196
 - растительность 194
 - рельеф 193
 - сельскохозяйственные объекты 196
- Содержательное подобие** 177–179
- Создание композиций разновременных снимков** 409
- Соответствие картографических изображений** 356
- Сопоставление разновременных карт** 346
- Сопоставление результатов классификации разновременных снимков** 409
- Составительский оригинал** 276
- Составление и редактирование карт** 274–276

- Составление легенды 274
Способ штрихов 125–127
— крутизны 125
— теневых 126
Способы картографического изображения 100
Способы позиционирования 60–65
— автономный режим 61
— быстрая статика 64
— дифференциальный режим 63
— кинематика реального времени 64
— кинематическое позиционирование 64
— непрерывная кинематика
— способ «стой—иди» 64
— способ реокупации 64
— статическое позиционирование 63–64
— фазовый метод 61
Способы работы с картой 346, 347
— анализ отдельной карты 346
— анализ серий карт 346
Спутниковое позиционирование 28, 56
— подсистема наземного контроля и управления 57
— подсистема космических аппаратов 58
— подсистема аппаратуры пользователей 59
Сравнение карт разной тематики 346
Стандарт представления данных 383
Статистики 340
Сфериод 41
Схематизация 352
- Телекоммуникационные сети** 411, 412
Телекоммуникация 411
Тематическая морфометрия 335, 336
Теоретические концепции 24–26
— геоинформационная 26
— коммуникативная 25
— метакартографии 25
— модельно-познавательная 24
— познавательная 24
— языковая 25
- Теория геоизображений 440–442
Теория корреляции 341
Термины 154
Технические приемы составления 273
Типичные конфигурации 348
Топонимы 154, 155
Точечный способ 109–110
Точность атрибутов 385
Точки нулевых искажений 72
Точные исследования 365
Требования к проектируемой карте 272
- Углы наклона рельефа** 335, 398
Указания по генерализации 273
Указания по использованию источников 273
Указатель географических названий 165–166
Управление геосистемами 366
Уровенная поверхность 41
Уровни механизации и автоматизации исследований по картам 320
— визуальный анализ 320
— инструментальный анализ 320
— компьютерный анализ 320
- Условные знаки 96–99
— внemасштабные 97
— динамические 98
— линейные 98
— площадные 98
— рельефа 131–132
— статичные 98
— точечные 97
- Факторный анализ** 344, 392
Факторы генерализации 168–171
— изученность объекта 171
— качество и полнота источников 171
— масштаб карты 169
— назначение карты 168–169
— особенности картографируемого объекта (или территории) 170
— оформление карты 171
— тематика и тип карты 169–170

- Фонд космических снимков** 284–290
 - в видимом и ближнем ИК диапазоне 284–286
 - в радиодиапазоне 290
 - в тепловом ИК диапазоне 289–290
 - мировой фонд 284
 - оперативных сканерных и ПСЗ-снимков 286–289
- Фотокарты** 293
 - тематические 294
- Фотоосновы тематических карт** 294
- Фоторельеф** 134
- Фоторепродукция** 277
- Характерные интервалы пространства-времени** 448
- Художественное проектирование карты** 273
- Ценз отбора** 174
- Цифровые фотограмметрические системы** 297
- Широта** 44, 46
- Шкалы** 116–120
 - батиметрическая 131
 - безынтервальная 118
 - возрастающей насыщенности и теплоты тона 130
 - гипсометрическая 129–131, 203
 - гипсометрической окраски 130
 - затемняющаяся 130
 - интервальные 115, 117
 - непрерывные 116, 117, 118
 - неравномерная 117
 - однородных цветовых рядов 118
 - осветляющаяся 130
 - послойной окраски 106
 - равноинтервальная 117
 - равномерная 117
 - смешанных (сложных) цветовых рядов 18
 - ступенчатые 117
 - условные 117
 - условных знаков 116
 - цветовая 118–120
 - штрихов крутизны 127
- Штриховая проба** 278
- Штриховой издательский оригинал** 276
- Фоновая поверхность** 350
- Формат данных** 382–384
 - векторный 382
 - обменный 383
 - растровый 382
- Формы передачи иноязычных названий** 157–159
 - местная официальная 157
 - переводная 158
 - традиционная 158
 - транслитерация 158
 - фонетическая 157
- Фотокарта** 20
- Фрактальная размерность** 333
- Фракталы** 402
- Функциональные типы карт** 232–237
 - вероятного прогноза 236
 - весьма вероятного прогноза 236
 - инвентаризационные 233
 - индикационные 235
 - оценочные 233
 - перспективного расчета 236
 - предварительного прогноза 236
 - прогнозные 235
- Центр геоинформатики (ЦГео)** 187
- Центральный картографо-геодезический фонд (ЦКГФ)** 188
- Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэрофотосъемки и картографии (ЦНИИГАиК)** 187, 188
- Цвет на картах** 100–102
 - ахроматический 101
 - хроматический 101
- Цветовой тон** 101, 102
- Цифрователь** 373
- Цифровая обработка снимков** 403
- Цифровые карты** 21, 138
- Цифровые модели рельефа (ЦМР)** 105, 137–138, 393
 - способы построения 394

- Чертежный автомат** 375
- Чистота цвета** 102
- Экономика и организация картографического производства** 27
- Экран** 375
- Элементы базы данных** 381–382
 - точка 381
 - линия 382
 - полигон 382
 - объемная фигура 382
- Элементы карты** 9–11
- Эллипс искажений** 70–71
- Эллипсоид** 41–46
 - большая полуось 43
 - малая полуось 43
 - общеземной 43
- параметры** 44
- первый эксцентрикситет** 43
- полярное сжатие** 43
- радиус** 45
- фундаментальные параметры** 48
- Энтропия** 345
- Этапы исследования по картам** 347
- Этапы создания карт** 270–271
- Язык карты** 95–96
 - коммуникативная функция 95
 - познавательная функция 96
- Яркостные преобразования** 404
- Яркостные признаки** 404
- Яркость** 102

Оглавление

Предисловие (<i>В. А. Садовничий</i>)	5
От редактора (<i>А. М. Берлянт</i>)	6
Глава 1. КАРТА	8
1.1. Термин и определение	8
1.2. Элементы карты	9
1.3. Свойства карты	11
1.4. Принципы классификации карт	12
1.5. Классификация карт по масштабу и пространственному хвату	13
1.6. Классификация карт по содержанию	14
1.7. Другие картографические произведения	18
Глава 2. КАРТОГРАФИЯ	23
2.1. Определение	23
2.2. Теоретические концепции в картографии	24
2.3. Структура картографии	26
2.4. Исторический процесс в картографии	29
2.5. Географическая картография	32
2.6. Картография в системе наук	35
2.7. Взаимодействие картографии и геоинформатики	37
2.8. Связи картографии с искусством	39
Глава 3. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА КАРТ	41
3.1. Земной эллипсоид	41
3.2. Замена земного эллипсоида шаром	46
3.3. Координатные системы	48
3.4. Геодезические сети России	52
3.5. Спутниковое позиционирование	56
3.6. Способы позиционирования	60
Глава 4. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОСНОВА КАРТ	66
4.1. Масштабы карт	66
4.2. Картографические проекции	69
4.3. Классификация проекций по характеру искажений	72
4.4. Классификация проекций по виду нормальной картографической сетки	74
4.5. Выбор проекций	80
4.6. Распознавание проекций	86
4.7. Координатные сетки	86
4.8. Разграфка, номенклатура и рамки карты	89
4.9. Компоновка	92

Глава 5. КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ	94
5.1. Картографическая семиотика	94
5.2. Язык карты	95
5.3. Условные знаки	96
5.4. Графические переменные	99
5.5. Цвет — основное изобразительное средство	100
5.6. Значки	103
5.7. Линейные знаки	104
5.8. Изолинии	104
5.9. Псевдоизолинии	106
5.10. Качественный фон	107
5.11. Количественный фон	108
5.12. Локализованные диаграммы	109
5.13. Точечный способ	110
5.14. Ареалы	111
5.15. Знаки движения	112
5.16. Картодиаграммы	114
5.17. Картограммы	115
5.18. Шкалы условных знаков	116
5.19. Цветовые шкалы	118
5.20. Динамические знаки	120
Глава 6. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЛЬЕФА	122
6.1. Общие требования	122
6.2. Перспективные изображения	123
6.3. Способы штрихов	125
6.4. Горизонтали	127
6.5. Гипсометрические шкалы	129
6.6. Условные обозначения рельефа	131
6.7. Светотеневая пластика. Отмывка рельефа	132
6.8. Освещенные горизонтали	134
6.9. Блок-диаграммы	135
6.10. Высотные отметки	136
6.11. Цифровые модели рельефа	137
Глава 7. КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН	139
7.1. Сущность и тенденции развития	139
7.2. Изобразительные средства	142
7.3. Факторы дизайна	143
7.4. Дизайн на разных этапах создания карты	145
7.5. Дизайн карт и атласов разного назначения	147
7.6. Мультимедийные картографические произведения	151
Глава 8. НАДПИСИ НА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ	154
8.1. Виды надписей	154
8.2. Картографическая топонимика	155
8.3. Формы передачи иноязычных названий	157

8.4. Нормализация географических наименований	159
8.5. Каталоги географических названий	160
8.6. Картографические шрифты	161
8.7. Размещение надписей на картах	164
8.8. Указатели географических названий	165
Глава 9. КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ	167
9.1. Сущность генерализации	167
9.2. Факторы генерализации	168
9.3. Виды генерализации	171
9.4. Геометрическая точность и содержательное подобие	177
9.5. Географические принципы генерализации	179
9.6. Генерализация объектов разной локализации	180
Глава 10. ОБЩЕГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ	184
10.1. Значение общегеографических карт	184
10.2. Организация картографирования	186
10.3. Система топографических карт	188
10.4. Содержание топографических карт	191
10.5. Мелкомасштабные общегеографические карты	196
10.6. Гипсометрические карты	202
10.7. Морские карты	204
10.8. Карты шельфа	206
Глава 11. ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАРТЫ	209
11.1. Состояние тематического картографирования	209
11.2. Карты природы	211
11.3. Карты населения	216
11.4. Экономико-географические карты	218
11.5. Эколого-географические карты	223
11.6. Серии тематических карт	224
Глава 12. ТИПЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ	226
12.1. Аналитические карты	226
12.2. Комплексные карты	228
12.3. Синтетические карты	229
12.4. Карты динамики и карты взаимосвязей	231
12.5. Функциональные типы карт	232
12.6. Карты разного назначения	237
Глава 13. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АТЛАСЫ	239
13.1. Атласы — картографические энциклопедии	239
13.2. Истоки атласной картографии	240
13.3. Виды атласов	244
13.4. Национальные атласы	248
13.5. Атласы как модели геосистем	250
13.6. Внутреннее единство атласов	251

Глава 14. ИСТОЧНИКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТ И АТЛАСОВ	253
14.1. Виды источников	253
14.2. Астрономо-геодезические данные	254
14.3. Картографические источники	255
14.4. Материалы дистанционного зондирования	256
14.5. Натурные наблюдения и измерения	262
14.6. Гидрометеорологические наблюдения	263
14.7. Экономико-статистические данные	264
14.8. Текстовые источники	264
14.9. Анализ и оценка карт как источников	265
14.10. Оценка атласов	268
Глава 15. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СОСТАВЛЕНИЕ И ИЗДАНИЕ КАРТ	270
15.1. Этапы создания карт	270
15.2. Программа карты	272
15.3. Составление и редактирование карт	274
15.4. Авторство в картографии	276
15.5. Понятие об издании карт	276
Глава 16. АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ	279
16.1. Из истории аэрокосмического картографирования	279
16.2. Фонд космических снимков	284
16.3. Дешифрирование аэроснимков и космических снимков	290
16.4. Создание фотокарт	293
16.5. Составление и обновление топографических карт	295
16.6. Тематическое картографирование	298
16.7. Оперативное картографирование и мониторинг	300
16.8. Аэрокосмические исследования Земли	302
Глава 17. МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРТ	312
17.1. Из истории использования карт	312
17.2. Картографический метод исследования	317
17.3. Система приемов анализа карт	319
17.4. Описания по картам	321
17.5. Графические приемы	321
17.6. Графоаналитические приемы	328
17.7. Приемы математико-картографического моделирования	336
Глава 18. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО КАРТАМ	346
18.1. Способы работы с картами	346
18.2. Изучение структуры	347
18.3. Изучение взаимосвязей	354
18.4. Изучение динамики	358
18.5. Картографические прогнозы	362
18.6. О надежности исследований по картам	364

Глава 19. КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА	366
19.1. Геоинформатика — наука, технология, производство	366
19.2. Географические информационные системы	368
19.3. Структура и подсистемы ГИС	370
19.4. Картографические базы и банки данных	376
19.5. Представление информации в базах данных	379
19.6. Организация и форматы данных. Преобразование форматов	382
19.7. Оценка качества данных	384
Глава 20. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ	388
20.1. Программно управляемое картографирование	388
20.2. Методы геоинформационного картографирования	389
20.3 Электронные атласы	399
20.4. Автоматизированная генерализация	401
20.5. Компьютерная обработка снимков	403
Глава 21. КАРТОГРАФИЯ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ	411
21.1. Телекоммуникационные сети	411
21.2. «Всемирная паутина»	413
21.3. Карты и атласы в компьютерных сетях	414
21.4. Картографирование в Интернете	415
21.5. Интернет-ГИС	418
21.6. Перспективы взаимодействия	419
Глава 22. ГЕОИЗОБРАЖЕНИЯ	421
22.1. Понятие и определение	421
22.2. Виды геоизображений	422
22.3. Картографические анимации	423
22.4. Виртуальное картографирование	426
22.5. Классификация геоизображений	427
22.6. Система геоизображений	430
22.7. Графические образы	432
22.8. Понятие о распознавании графических образов	434
Глава 23. ГЕОИКОНИКА	440
23.1. Единая теория геоизображений	440
23.2. Масштабы пространства	442
23.3. Временные диапазоны геоизображений	447
23.4. Видео- и аудиопеременные. Понятие о геосемиотике	449
23.5. Генерализация геоизображений	450
23.6. Измерения по геоизображениям	454
Литература	457
Указатель терминов	460

Учебное издание

Берлянт Александр Михайлович
Востокова Анна Васильевна
Кравцова Валентина Ивановна
Лурье Ирина Константиновна
Сваткова Татьяна Григорьевна
Серапинас Балис Балио

КАРТОВЕДЕНИЕ

Учебник

Ведущий редактор *Л. Н. Шипова*

Корректор *Ж. Ш. Арутюнова*

Художники *В. А. Чернецов, Н. С. Шувалова*

Компьютерная верстка *С. А. Артемьевой*

Художественное оформление серии выполнено

Издательством Московского университета и издательством «Проспект»
по заказу Московского университета

Подписано к печати 16.09.2003. Формат 60×90 $\frac{1}{16}$
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 30.

Тираж 5000 экз. Заказ № 1700

ЗАО Издательство «Аспект Пресс»
111141, Москва, Зеленый проспект, д. 8
E-mail: info@aspectpress.ru; www.aspectpress.ru
Тел. 306-78-01, 306-83-71

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных
диапозитивов в ОАО «Можайский полиграфический комбинат»
143200, Можайск, ул. Мира, 93.

Картоведение. Берлингт
/К99

380260 Цена: 264,00



20754719038026000010

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ УЧЕБНИК



ISBN 5-7567-0304-7

9 785756 703047

