А. М. Берлянт

КАРТОГРАФИЯ



526.8
Б-499

А.М.Берлянт

КАРТОГРАФИЯ

Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по географическим и экологическим специальностям

O'zMU
Geografiya fakul'teti
KUTUBXONASI

526.8(0758)

АСПЕКТ ПРЕСС
Москва
2002

УДК 528
ББК 26.17
Б49

Федеральная программа книгоиздания России

Рецензенты:

Кафедра картографии и геоинформатики географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова

Доктор географических наук, профессор
Г. Д. Курошев

Доктор географических наук, профессор
В. И. Стурман

Б49 **Берлянт А. М.**
Картография: Учебник для вузов. — М.: Аспект Пресс, 2002.— 336 с.
ISBN 5–7567–0142–7

В книге дается современная трактовка картографии как науки и техники с учетом новых достижений в области компьютеризации. Рассмотрены сущность и свойства карт как моделей, их математическая основа, способы изображения, вопросы генерализации, классификации карт и атласов. Особое место отведено картографическому методу исследования — одному из основных средств географического познания мира. Дано представление о новых, но уже достаточно утвердившихся в науке и практике геоинформационных подходах, взаимодействии картографии и телекоммуникации, о началах геоиконики.

Учебник предназначен для студентов географических, эколого-географических, гидрометеорологических специальностей университетов. Он может быть пособием и для вводного курса, читаемого студентам-картографам, а также для магистров, аспирантов и специалистов в других науках о Земле и смежных с ними социально-экономических науках, которые пользуются в своей работе географическими картами и атласами.

УДК 528
ББК 26.17

ISBN 5–7567–0142–7

© Берлянт А. М., 2001, 2002

Все учебники издательства «Аспект Пресс» на сайте
www.aspectpress.ru

Предисловие

Картография — один из основных курсов в университетской подготовке студентов-географов. Он формирует картографическое мировоззрение будущих специалистов и сообщает им знания о способах отражения окружающего мира, пространственном анализе и моделировании, дает основы работы с географическими картами, атласами и другими картографическими произведениями, знакомит с перспективами развития картографической науки и производства.

При написании учебника автор руководствовался принципами и подходами университетской школы географической картографии, ориентируясь, прежде всего, на классические учебники профессора К. А. Салищева, которые многие годы составляли базу географо-картографического образования. Но с выхода последнего его учебника по картографии минуло двадцать лет.

В последние десятилетия стремительный прогресс картографии и смежных с нею дисциплин привел к появлению новых методов, технологий, направлений картографирования и к созданию новых типов картографических произведений. Сегодня картографию трудно представить без тесного взаимодействия с аэрокосмическим зондированием, геоинформатикой и телекоммуникацией. Электронные карты и атласы, анимации, трехмерные картографические модели и другие геоизображения стали привычными средствами исследования для географов, геологов, экологов и других специалистов в науках о Земле и смежных социально-экономических отраслях знания.

Содержание и структура учебника соответствуют программе курса «Картография» для студентов географических факультетов университетов. Представлены традиционные темы, касающиеся сущности карт, их математической основы, способов картографического изображения, генерализации, классификаций карт и атласов. Особое место отведено картографическому методу исследования, поскольку он является «сквозным» в географии, а карта

была и остается одним из основных средств познания мира. Дано представление о некоторых новых, но уже достаточно утвердившихся в науке геоинформационных подходах, о началах геоиконики. Учебник может быть пособием и для вводного курса, читаемого студентам-картографам.

Автор стремился к тому, чтобы главы и разделы учебника были максимально структурированы, компактны, удобны для восприятия, а материал в них был генерализован и снабжен справочным аппаратом. Учебник не должен быть похож на монографию, где присутствуют пространные рассуждения, а скорее — на справочник, позволяющий быстро найти сведения по интересующему вопросу.

Изучение предмета и обретение картографической культуры *обязательно предполагают широкое использование отечественных* и зарубежных общегеографических и тематических карт, комплексных атласов, а также знакомство с компьютерными картографическими программами и дополнительной научной литературой в ходе лабораторных практикумов и самостоятельной работы.

Этот учебник написан на основе многолетнего опыта преподавания картографии на географическом факультете Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Автор искренне благодарит всех сотрудников и преподавателей кафедры картографии и геоинформатики, принявших участие в обсуждении рукописи, и декана географического факультета, члена-корреспондента РАН, профессора Н. С. Касимова за поддержку публикации учебника.

Глава I

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 χαρτης (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*, греческом — χαρτης, турецком — *harita*. Но не менее распространен термин, производный от латинского слова «mappa», что означало кусок полотна: в английском языке — *map*, испанском — *mapa*, польском, чешском, словацком — *mapa*. 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 спроецированные на них объекты в принятой системе условных знаков.

1.2. Элементы карты

Элементы карты — это ее составные части, включающие само картографическое изображение, легенду и зарамочное оформление (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, гидрографию, растительность и грунты, политико-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 поясне-

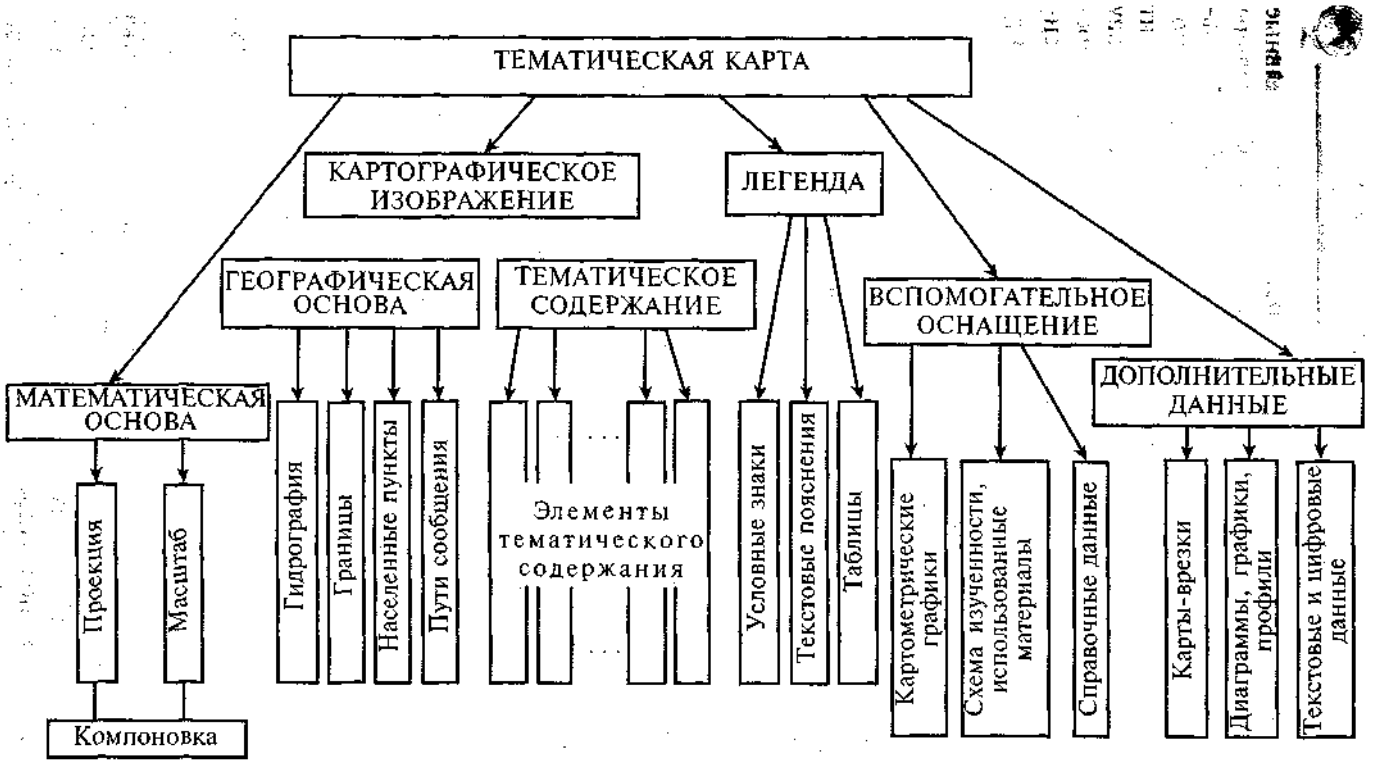


Рис. 1.1. Схема элементов тематической карты.

ний 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 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 без всяких условных знаков. На снимках территория 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 проводит 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 исходит не только из определенных научных принципов, правил и инструкций, но и привлекает свои знания, руководствуется собственным пониманием 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 разных странах мира, необходимо их классифицировать и упорядочить. Пожалуй, наиболее сложно классифицировать карты по тематике, поскольку все или почти все, что существует в мире, можно картографировать. Это так же трудно, как классифицировать 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 необходимы для инвентаризации и хранения карт, составления списков и каталогов, научной систематизации и поиска карт, 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, т.е. 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 — 1:200 000;
- 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, мелкомасштабные карты охватывают регионы или их части, среднемасштабные — области, а крупномасштабные — районы, города или 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 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:

- Солнечной системы;
- планеты (Земли);
- полушарий;
- материков и океанов;
- стран;
- республик, областей и других административных единиц;
- промышленных и сельскохозяйственных районов;
- отдельных (локальных) территорий (заповедников, туристских, курортных районов и т.п.);



- населенных пунктов (городов, поселков);
- городских районов и т. д.

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

Классификация карт по пространственному охвату (по территории) чаще всего используется 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 показу всех элементов уделяют равное внимание, изображая все объекты, видимые на местности. Дальнейшая классификация общегеографических карт почти полностью 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, гидросферы, 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
геоморфологические (общие и отдельных процессов)

Карты метеорологические и климатические

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

Карты гидрологические (вод суши)

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

Карты океанологические (вод морей и океанов)

гидрографические
физических свойств (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 покрова
отдельных видов растений и растительных 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

Карты общие физико-географические

ландшафтные
нарушения природной среды и природного 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 этнографические
половозрастного состава
религиозных конфессий
естественного движения населения
миграций
трудовых ресурсов
социальной структуры

Карты хозяйства

промышленности (в целом и по отраслям)
сельского хозяйства (по отраслям растениеводства и животноводства)
агропромышленных комплексов
лесного хозяйства
промыслового и рыбного хозяйства
энергетики
транспорта и связи
торговли и финансов
экономико-географического районирования

Карты науки и культуры

образования
науки
культуры
памятников культуры

Карты обслуживания и здравоохранения

отдельных видов и форм обслуживания населения
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, среди геологических карт можно выделить 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 разных названий, скажем, карты термического режима объединяют карты температуры воздуха на уровне моря, на разных высотных уровнях атмосферы, почв, вод океана, 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, а 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 этой 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 от-

нести 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
землеустроительные и т. п.

Ввиду объективных трудностей эта классификация не отличается строгостью. К числу специальных можно, например, отнести карты учебные, агитационно-просветительские, экскурсионные, спортивные и некоторые другие. Иногда в основание для подобной 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 (осязательные) 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 параллелей, 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 формуют из пластика, они могут снабжаться внутренней подсветкой и механизмом, моделирующим вращение планеты. Наиболее употребительные масштабы земных глобусов 1:30 000 000–1:80 000 000. Иногда изготовляют 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 IX.

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 изготовляли из дерева, гипса, картона,

папье-маше, теперь их обычно формуют из пластика в термовакуумных 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 — дают представление о соотношении рельефа местности и почвенного профиля, океанологические — 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 ***ортофотокарты***, подчеркивая тем самым, что при составлении карты фотоизображение преобразовано в ортогональную проекцию. Если фотоосновой служат космические снимки, то такие карты называют ***космофотокартами.*** Наиболее распространены общегеографические, геологические, тектонические, 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 изготовляют 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 микрофишах — 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 микрофишей можно непосредственно вводить в компьютер при автоматическом составлении и анализе карт.

Цифровые карты — цифровые модели объектов, представленные в виде закодированных в числовой форме плановых координат x и y и аппликат z. Цифровые данные (цифровые модели) получают либо путем цифрования содержания исходных топографических и тематических карт, либо путем 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 при-

нятых 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. Главное 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 при соблюдении установленной точности и правил оформления. Иногда 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: 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, стереоскопическими и, кроме того, они могут сочетаться с фотоизображением. В последнем 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 II

Картография

2.1. Определение

Традиционное определение называет **картографию** *наукой о картах как особом способе изображения действительности, их создании и использовании.* Это определение закреплено Международной картографической ассоциацией. Государственные нормативные издания 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, выпускающая картографическую продукцию (карты, атласы, глобусы и др.).

В других странах встречаются 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».

В связи 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 то, что она имеет дело не только с созданием, но и с использованием карт.

2.2. Теоретические концепции в картографии

Теоретическая концепция — это определенная система взглядов на предмет и метод картографии. В ней отражен 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 фиксируют 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. Баранским, К. А. Салищевым, А. В. Гедыминым, А. Г. Исаченко и их последователями еще с 1940-х гг.

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 стано-

вятся картографические знаковые системы. Развитие этой системы взглядов произошло в 1970—1980-е гг. главным образом благодаря трудам А. Ф. Асланикашвили, 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. Асланикашвили), в которой общая теория картографии строится на логико-философских принципах теории отражения, ***картология*** (по Л. Ратайскому), совмещающая представления о модельных и коммуникативных функциях картографии, и некоторые другие.

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 является и моделью действительности, и каналом передачи пространственной информации, и одновременно 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, она 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 в стадии становления. Все они тесно связаны между собой и со многими другими отраслями науки и техники, на стыках с которыми возникают новые научные направления. Основные картографические дисциплины, или разделы картографии, можно представить следующим образом.

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*** — общего учения о картографических произведениях.

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 разрабатываются теория и методы создания картографических проекций, анализируются 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 карт общегеографических, 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 синтактику, семантику*** и ***прагматику,*** которые изучают соотношения знаков между собой, их связь с отображаемыми объектами, особенности восприятия читателями, информационную ценность знаков и т. п. (см. разд. 4.1).

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.

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, систематизации 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. Появляются 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 этих слов. В то же время появление глобальных позиционирующих систем (GPS — ГПС) 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, по-

чвенное, этнографическое картографирование и др. 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 сформировавшиеся геоэкологическое, экогеохимическое, радиоэкологическое картографирование и т.п.

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

Виды картографирования можно подразделять:

- ***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. Ее изучение формирует культуру картографа, позволяет понять ключевые моменты и этапы становления и — что особенно важно — правильно оценить современные тенденции развития науки. 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 мест-

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

Развитие инструментария для измерений и съемок на местности

Основные вехи технического прогресса	*Исторические периоды*
Визуальные наблюдения и глазомерные оценки	С древнейших 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.

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. И в этом случае быстрые и кардинальные изменения, в корне меняющие картосоставление, приходятся на последние десятилетия XX в.

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.

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. 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 расширя-

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 XVIII 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.

ет пространственный охват (сегодня она уже вышла в космическое пространство), повышает качество, точность и, главное, оперативность 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.

2.5. Географическая картография

Для географии важное значение имеет выделение в системе картографии особого 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 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.

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. Баранский, 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 взглядов 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. 2.1). Картография пользуется их достижениями, впитывает новые идеи и технологии и одновременно предоставляет им обширное поле для приложения сил, способствует развитию их 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



Рис. 2.1. Картография в системе наук.

одним из главных методов познания и средств систематизации данных. Основная 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, 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.

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, данные 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 картографических 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, геополитика и др., — 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 предстает 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 дистан-

ционное зондирование. По-видимому, именно эта тройственность: наука — техника — производство, составляет одну из причин повсеместно 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, 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 — 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 итоговая информация опять-таки чаще всего выдается потребителю в картографической форме, которая наиболее привычна и удобна ему. Подробнее связи картографии и геоинформатики рассмотрены в гл. XIV.

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 взаимным контактам 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 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 зондирование. В таком понимании геоматика предстает суперсистемой с очень широким

диапазоном — от физики до геодезии. Но все же в реальном практическом плане геоматика близка к геоинформатике и почти совпадает с ней по своим задачам, технологиям и методам.

Предложены 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, приведению к общему знаменателю, исключению перекрытий — словом, к системному объединению.

2.8. Связи картографии с искусством

В древние времена черчение и гравирование карт были 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 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 Марко Базаити, Рембрандт и Вермер 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 гармоничного оформления карт как изделий промышленного производства. Использование в картографии принципов художественного дизайна облегчает восприятие карт, способствует развитию хорошего вкуса, а в конечном счете повышает эффективность использования карт и атласов в науке, практике, образовании.

Глава III

Математическая основа карт

3.1. Земной эллипсоид

Известно, что Земля шарообразна, т.е. не обладает формой идеального шара. Фигура ее неправильна, и, как всякое вращающееся тело, она немного сплюснута у полюсов. Кроме того, из-за неравномерного распределения масс земного вещества и глобальных тектонических деформаций Земля имеет обширные, хотя и довольно пологие, выпуклости и вогнутости. Сложную фигуру нашей планеты, ограниченную уровенной поверхностью океана, называют ***геоидом***. Точно определить его форму практически невозможно, но современные высокоточные измерения со спутников позволяют иметь о нем достаточно хорошее представление и даже описать уравнением.

Наилучшее геометрическое приближение к реальной фигуре Земли дает ***эллипсоид вращения*** — геометрическое тело, которое образуется при вращении эллипса вокруг его малой оси (рис. 3.1). Сжатие эллипсоида моделирует сжатие планеты у полюсов. На рисунке видно, насколько не совпадают меридиональные сечения геоида и земного эллипсоида.

Вычисление и уточнение размеров земного эллипсоида, начатое еще в XVIII в., продолжается по сей день. Теперь для этого используют спутниковые наблюдения и точные гравиметрические измерения. Это непростая задача: нужно рассчитать геометрически правильную фигуру — ***референц-эллипсоид,*** который наилучшим образом приближен к геоиду и относительно которого будут выполняться все геодезические вычисления и рассчитываться картографические проекции. Многие исследователи, пользуясь разными исходными данными и методиками расчета, получают неодинаковые результаты. Поэтому исторически сложилось так, что в разные времена и в разных странах были приняты и законодательно закреплены различные эллипсоиды, и их параметры не совпадают между собой.

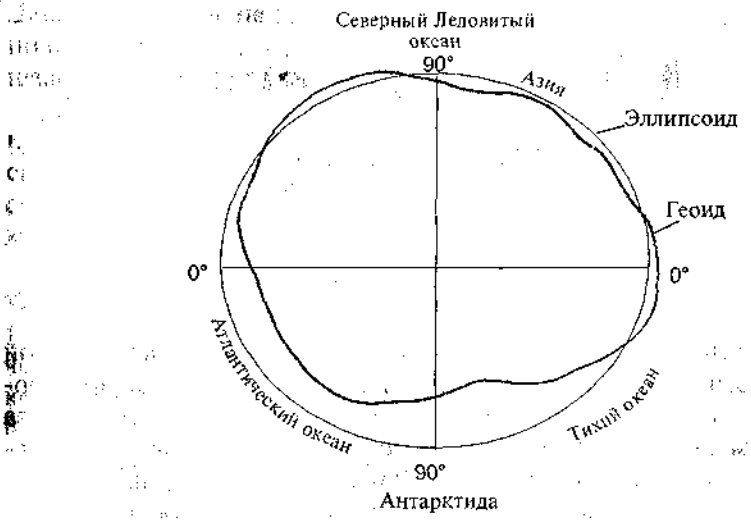


Рис. 3.1. Меридиональное сечение геоида и земного эллипсоида.

В России принят ***референц-эллипсоид Ф. Н. Красовского***, вычисленный в 1940 г. Его параметры таковы:

большая полуось (a) — 6 378 245 м;
малая полуось (b) — 6 356 863 м;
сжатие $\alpha = (a - b)/a$ — 1: 298,3.

В США и Канаде до недавнего времени использовали эллипсоид Кларка, рассчитанный еще в 1866 г., его большая полуось на 39 м короче, чем в российском эллипсоиде, а сжатие определено в 1:295,0. Во многих странах Западной Европы и некоторых государствах Азии принят эллипсоид Хейфорда, вычисленный в 1909 г., а в бывших английских колониях — в Индии и странах Южной Азии, используют рассчитанный англичанами в 1830 г. эллипсоид Эвереста. В 1984 г. на основе спутниковых измерений вычислен международный эллипсоид WGS-84 (World Geodetic System). Всего в мире насчитывается около полутора десятков разных эллипсоидов (табл. 3.1).

Карты, составленные на основе разных эллипсоидов, получаются в несколько различающихся координатных системах, что создает неудобства. Однако для принятия единого международного эллипсоида требуется перевычислить координаты и пересоставить все карты, а это долгое, сложное и, главное, дорогостоящее дело.

Таблица 3.1

Значения элементов земных референц-эллипсоидов
[по Л. М. Бугаевскому, 1998]

Референц-эллипсоид	*Полуоси*		*Сжатие, α*	*Страны, где используется референц-эллипсоид*
	большая, a (м)	*малая, b (м)*		
Красовского (1940)	6 378 245	6 356 863	1:298,3	Россия, страны СНГ, страны Восточной Европы, Антарктида
Бесселя (1841)	6 377 397,2	6 356 079	1:299,15	Европа и Азия
Хейфорда (1909)	6 378 388	6 356 912	1:297,0	Европа, Азия, Ю. Америка, Антарктида
Кларка I (1866)	6 378 206	6 356 584	1:294,98	С. и Ц. Америка
Кларка II (1880)	6 378 249	6 356 515	1:293,46	Африка, Барбадос, Израиль, Иордания, Иран, Ямайка
Эйри (1880)	6 377 491	6 356 185	1:299,3	Великобритания
Эйри (№ 1)	6 377 563,4	6 356 257	1:299,32	Великобритания
Эйри (№ 2)	6 377 340,2	6 356 034	1:299,32	Ирландия
Эвереста (1830)	6 377 276,3	6 356 075	1:300,8	Индия, Пакистан, Непал, Шри-Ланка
Эвереста (1956)	6 377 301,24	6 356 100	1:300,80	Индия, Непал
Австралийский (1965)	6 378 160	6 356 775	1:298,25	Австралия, Папуа-Новая Гвинея
GRS (1980)	6 378 137	6 356 752	1:298,26	Аляска, Ц. Америка, Мексика, США, Канада
Международный	6 378 388	6 356 912	1:297	
Южно-Американский (1969)	6 378 160	6 356 775	1:298,25	Ю. Америка
WGS-72	6 378 135	6 356 750	1:298,26	
WGS-84	6 378 137	6 356 752	1:298,257	
ПЗ-90	6 378 136	6 356 751	1:298,258	Россия

Несовпадения бывают заметны главным образом на крупномасштабных картах при определении по ним точных координат объектов. Но на широко используемых географами средне- и мелкомасштабных картах такие различия не очень чувствительны. Более того,

иногда вместо эллипсоида берут шар и тогда в качестве среднего радиуса Земли принимают величину $R = 6367{,}6$ км. Погрешности при замене эллипсоида шаром оказываются столь малы, что никак не проявляются на большинстве географических карт.

Для того чтобы добиться наименьших искажений, применяют также способ двойного проектирования: сперва эллипсоид проектируют на шар, а затем шар — на плоскость. При равновеликом отображении, когда площадь поверхности эллипсоида Красовского должна быть равна площади поверхности шара, радиус его оказывается равным $R = 6\,371\,116$ м. Для упрощения проектирования применяют и иные способы отображения эллипсоида на шар.

3.2. 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 эллипсоиде или шаре dp:

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

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. 3.2).

Таблица 3.2

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 других масштабах. Так, карты городов часто имеют масштаб 1:40 000, а карты областей — 1:600 000. Обзорные географические карты могут составляться в любых масштабах мельче миллионного: 1:1 500 000, 1:2 500 000, 1:10 000 000 и т.д. Подобные системы с некоторыми вариантами приняты и в других странах, например широко используются 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 км), сажень (2,134 м), дюйм (2,54 см). Многие старые карты, сохранившиеся до наших дней, ценны как научные документы, точно отражающие состояние окружающей среды, какой она была 100 и более лет тому назад. Но чтобы сопоставлять эти карты с современными, приходится пользоваться неметрическими масштабами. Некоторые из старых масштабов приведены в табл. 3.3.

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

Таблица 3.3

Масштабы старых русских карт

Численный масштаб	*Название карты*	*1 дюйму на карте соответствует на местности*
1:21 000	Полуверстка	½ 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 «

«десятимильную зону», признанную зоной особых экономических интересов каждого государства. В Великобритании до сих пор параллельно издаются карты в традиционных английских мерах (табл. 3.4) и новых метрических.

Таблица 3.4

Масштабы британских карт

Численный масштаб	*Название карты*	*1 дюйму на карте соответствует на местности*	*1 миле на местности соответствует на карте*
1:10 560	Шестидюймовая	1/6 мили	6 дюймов
1:63 360	Однодюймовая	1 миля	1 дюйм
1:126 720	Полудюймовая	2 мили	½ дюйма
1:253 440	Четвертьдюймовая	4 «	¼ «
1:633 600	Десятимильная	10 миль	1/10 «

Масштаб указывается на картах в разных вариантах (рис. 3.2). ***Численный масштаб*** представляет собой дробь с единицей в числителе, он показывает, во сколько раз длины на карте меньше соответствующих длин на местности (например, 1:1 000 000). ***Ли-***

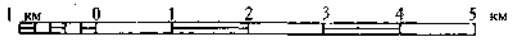


Рис. 3.2. Виды масштабов на картах.

нейный (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 одному сантиметру на карте (например, в 1 см 1 км).

3.3. 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 неограниченно.

Теория картографических проекций составляет главное содержание математической картографии. В этом разделе 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, переходом из одной проекции в другую и т. п. Компьютерные технологии позволяют рассчитывать проекции с заданными свойствами.

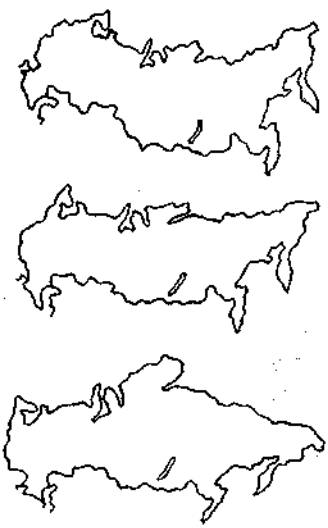


Рис. 3.3. Контуры России на картах, составленных в разных проекциях.

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. разд. 3.2).

Иногда искажения картографических проекций очень заметны, например очертания материков выглядят непривычно вытянутыми или сплющенными, а другие части изображения становятся раздутыми. Есть карты, на которых Гренландия больше Южной Америки, 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. 3.3 дан контур России в трех разных проекциях, и видно, что в одном случае очертания Чукотки как бы «задраны» кверху, в другом — находятся на уровне полуострова Таймыр, а в третьем — опущены книзу. 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. 3.4). Его размеры и форма отражают искажения длин, площадей и углов, а ориентировка большой оси относительно меридиана и параллели — направление наибольшего растяжения. Большая ось эллипса искажений характеризует наибольшее растяжение в данной точке, а малая ось — наибольшее сжатие, отрезки вдоль меридиана и параллели соответственно характеризуют частные масштабы по меридиану m и параллели n.

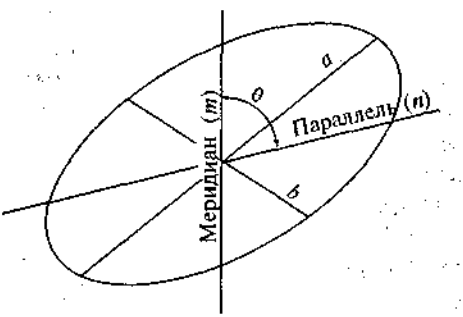


Рис. 3.4. Эллипс искажений, характеризующий искажения масштабов в данной точке (в центре эллипса).

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



Определив значения 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 значение искажения углов ω по формулам:

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

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

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

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

Если главные оси эллипса ориентированы по меридиану и параллели, то

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

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

Значения m, n, a, b и p измеряют в процентах или в долях от 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 их отклонения 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%). Частный масштаб может оказаться и 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.

3.4. Классификация проекций по характеру искажений

Равновеликие проекции сохраняют площади без искажений. Такие проекции удобны для измерения площадей объектов, однако, в них значительно нарушены углы и формы, что особенно заметно для больших территорий. Например, на карте мира (рис. 3.5*а*) 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. 3.5*в*). Такие проекции особенно удобны для определения направлений и прокладки маршрутов по заданному азимуту, поэтому их всегда используют на навигационных картах. Зато карты, составленные 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 параллелей. В таких проекциях присутствуют искажения площадей и углов, но они как бы уравновешиваются (рис. 3.5*б*).

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.

3.5. 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.

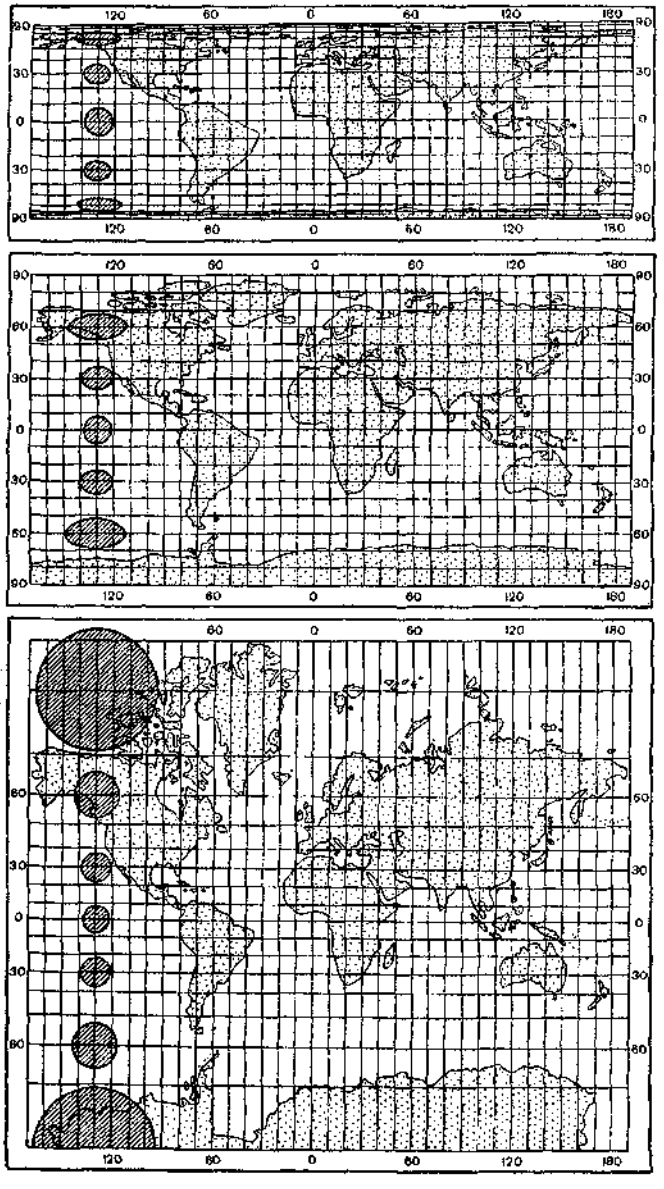


Рис. 3.5. Искажения в равновеликой (*а*), равнопромежуточной (*б*) и равноугольной (*в*) цилиндрических проекциях. Размеры и форма эллипсов искажений характеризуют искажения площадей и углов (форм).

Цилиндрические проекции — проектирование шара (эллипсоида) ведется на поверхность касательного или секущего цилиндра, а затем его боковая поверхность разворачивается в плоскость (рис. 3.6). Если ось цилиндра совпадает с осью вращения Земли, а его 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 — 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. 3.7). 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*** — ось конуса наклонена к плоскости экватора.

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 территории России, Канады, США, вытянутые с запада на восток в средних широтах.

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. 3.8*а*). Параллели в ней являются концентрическими окружностями, а меридианы — радиусами этих окружностей. В этой проекции всегда картографируют полярные области нашей и других планет.

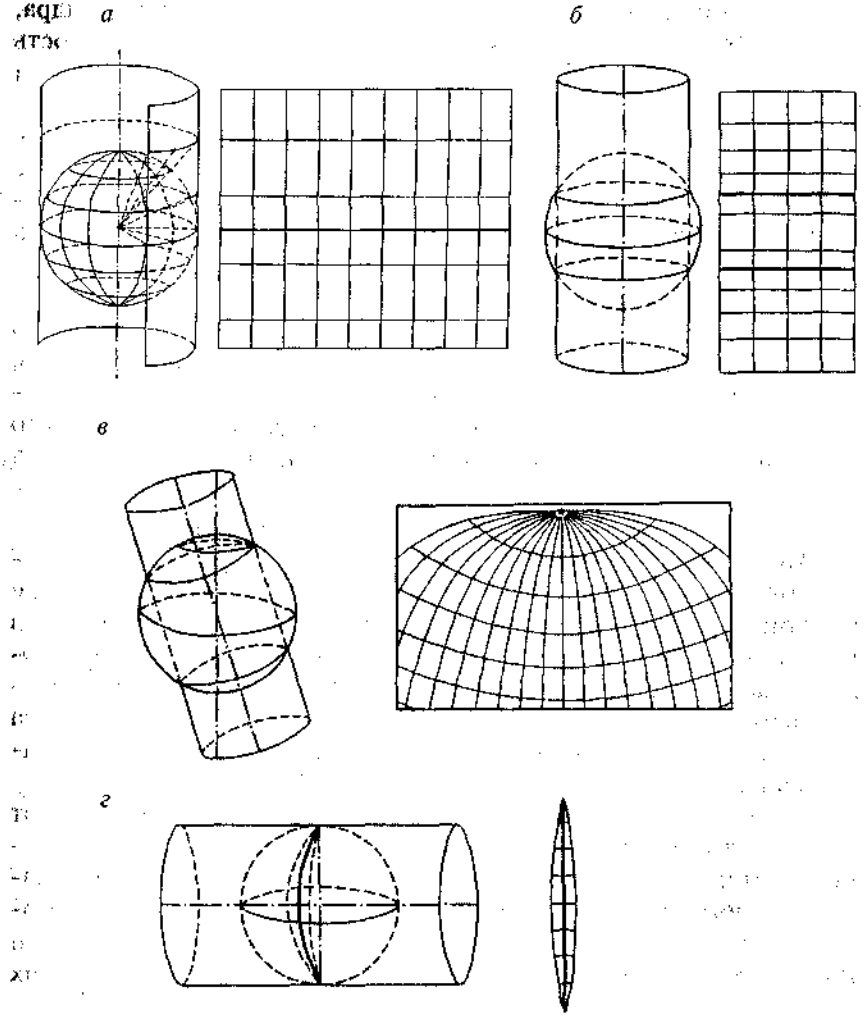


Рис. 3.6. Цилиндрические проекции.

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).

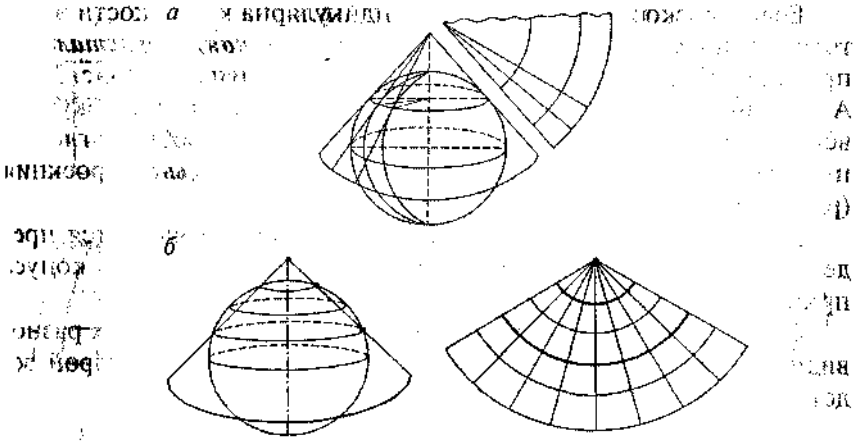


Рис. 3.7. Нормальная коническая проекция.

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

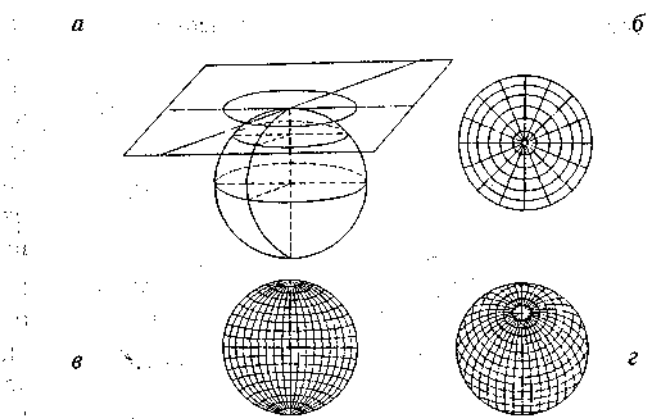


Рис. 3.8. Азимутальные проекции.

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

Если плоскость проекции перпендикулярна к плоскости экватора, то получается ***поперечная (экваториальная) азимутальная*** проекция. Она всегда используется для карт полушарий (рис. 3.8*в*). А если проектирование выполнено на касательную или секущую вспомогательную плоскость, находящуюся под любым углом к плоскости экватора, то получается ***косая азимутальная*** проекция (*рис. 3.8г*).

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

Среди азимутальных проекций выделяют несколько их разновидностей, различающихся по положению точки, из которой ведется проектирование шара на плоскость (рис. 3.9).

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

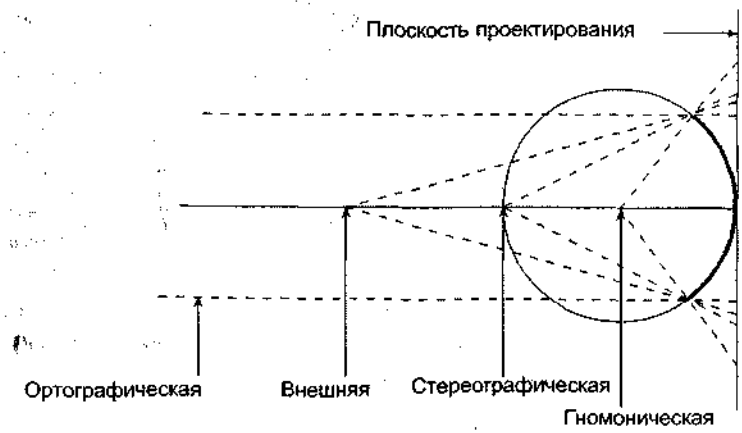


Рис. 3.9. Положение центра проектирования для азимутальных проекций.

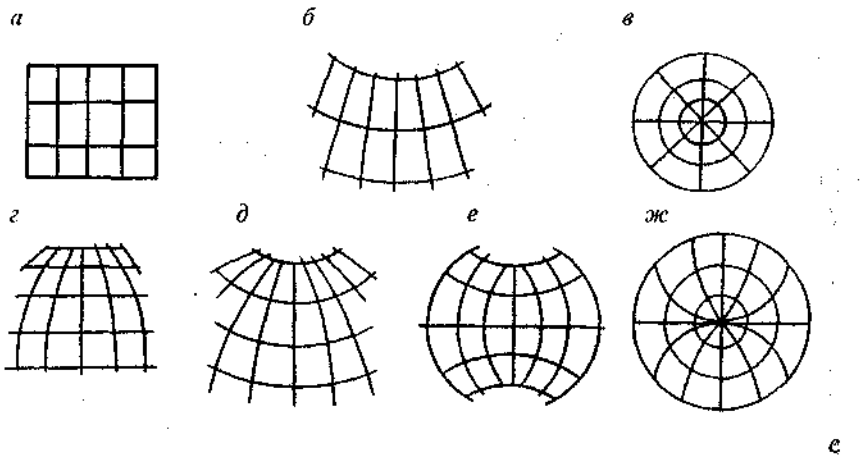


Рис. 3.10. Вид сетки меридианов и параллелей в разных картографических проекциях.

а — цилиндрическая; *б* — коническая; *в* — азимутальная; *г* — псевдоцилиндрическая; *д* — псевдоконическая; *е* — поликоническая, *ж* — 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, псевдоазимутиальные* и другие проекции, полученные путем преобразования одной или нескольких исходных проекций. На рис. 3.10 приведены виды сеток описанных выше и некоторых условных проекций.

Псевдоцилиндрические проекции — проекции, в которых параллели — прямые линии (как и в нормальных цилиндрических проекциях), средний меридиан — перпендикулярная им прямая, а остальные меридианы — кривые, увеличивающие свою 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

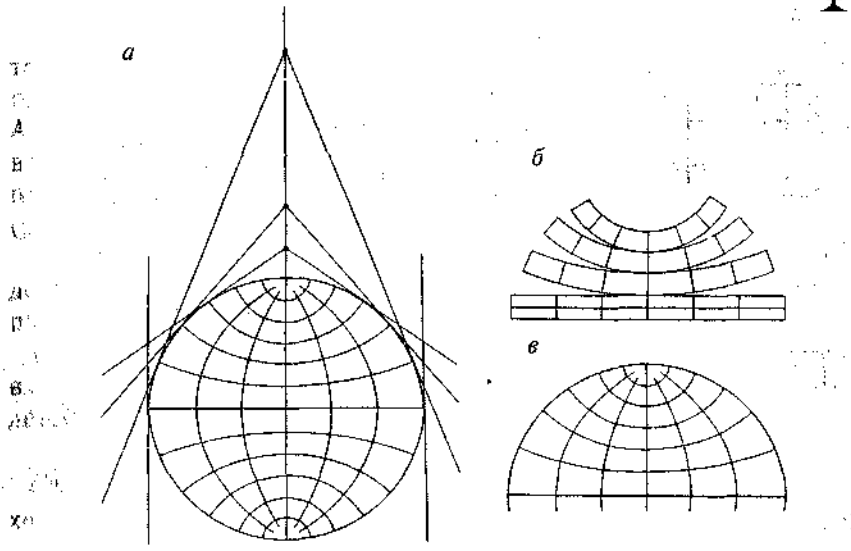


Рис. 3.11. Принцип построения поликонической проекции.
а — положение конусов; *б* — полосы; *в* — развертка.

удалением от среднего меридиана. Применяются для карт России, Евразии, других материков.

Поликонические проекции — проекции, получаемые в результате проектирования шара (эллипсоида) на множество конусов. В нормальных поликонических проекциях параллели представлены дугами эксцентрических окружностей, а меридианы — кривые, симметричные относительно прямого среднего меридиана (рис. 3.11). Чаще всего эти проекции применяются для карт мира.

Псевдоазимутальные проекции — видоизмененные азимутальные проекции. В полярных псевдоазимутальных проекциях паралле́ли 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 шара (эллипсоида) на поверхность касательного или секущего многогранника (рис. 3.12). Чаще всего каждая грань пред-

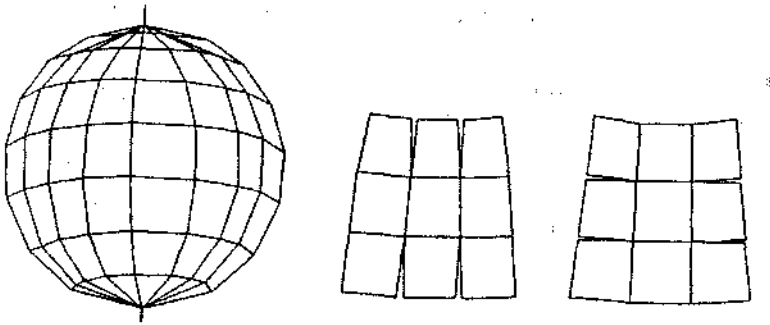


Рис. 3.12. Схема многогранной проекции и расположение листов карт.

ставляет собой равнобочную трапецию, хотя возможны и иные варианты (например, шестиугольник, квадрат, ромб). Разновидностью 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. Рамка каждого листа, составленного в многогранной проекции, представляет собой трапецию, образованную линиями меридианов и параллелей. За это приходится «расплачиваться» — блок листов карт нельзя совместить по общим рамкам без разрывов.

Надо 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, 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.

3.6. Выбор проекций

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

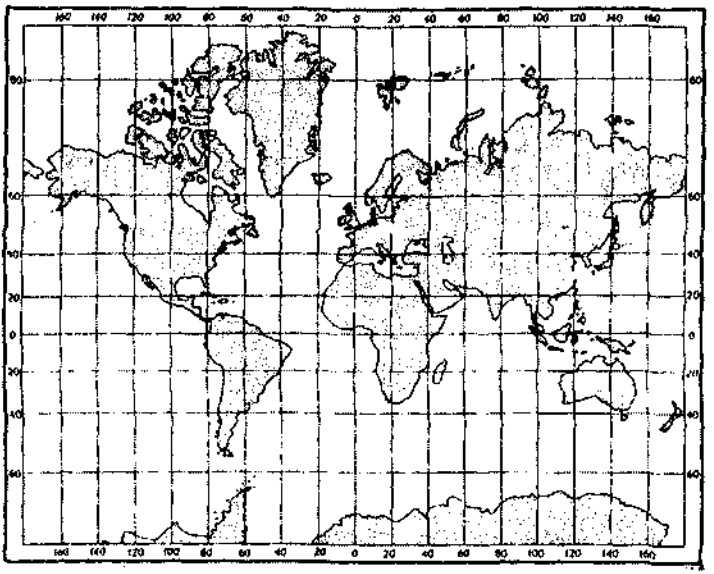
- географические особенности картографируемой территории, ее положение на земном шаре, размеры и конфигурация;
- назначение, масштаб и тематика карты, предполагаемый круг потребителей;
- условия и способы использования карты, задачи, которые будут решаться по ней, требования к точности результатов измерений;
- особенности самой проекции — искажения 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 проводиться 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 же составляется карта, предназначенная для навигации, то 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. 3.13). Для уменьшения искажений часто используют секущие цилиндры, а псевдоцилиндрические проекции иногда дают с разрывами на океанах.

а



б

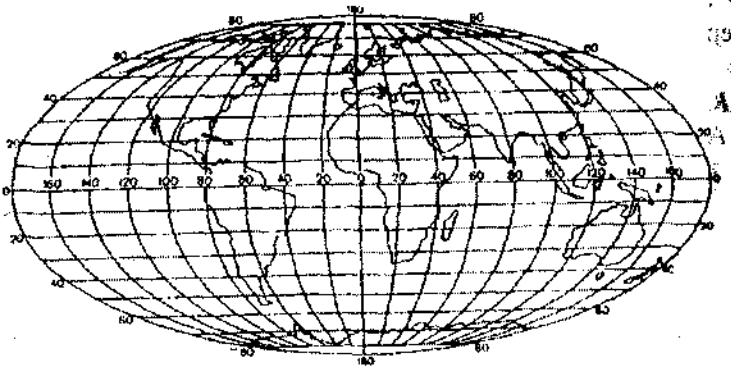


Рис. 3.13. Примеры проекций для карт мира.

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

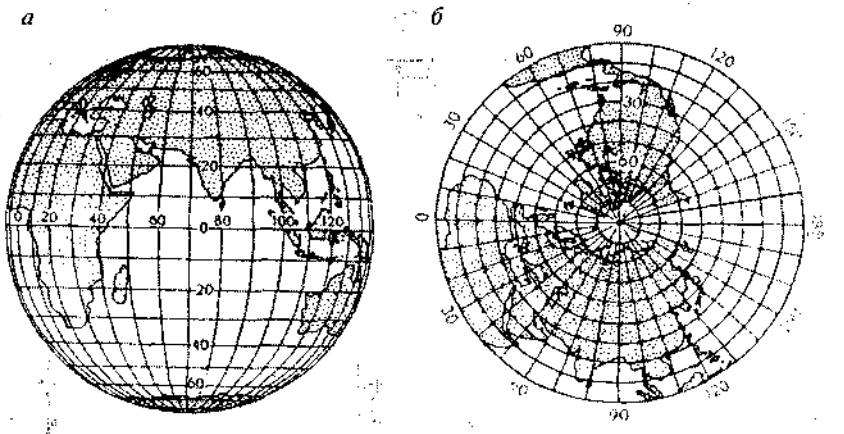


Рис. 3.14. Проекции для карт полушарий.

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

Карты полушарий всегда строят в азимутальных проекциях. Для западного и восточного полушарий естественно брать поперечные (экваториальные), для северного и южного полушарий — нормальные (полярные) (рис. 3.14), а в других случаях (например, для материкового и океанического полушарий) — косые азимутальные проекции.

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

Карты России в целом составляют чаще всего в нормальных конических равнопромежуточных проекциях с секущим конусом, но в некоторых особых случаях — в поликонических, произвольных и др. На рис. 3.15 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 северной рамке, а Черное море находилось возле южной, а не западной рамки карты.

Карты отдельных стран, административных областей, провинций, штатов выполняют в косых равноугольных и равнове-

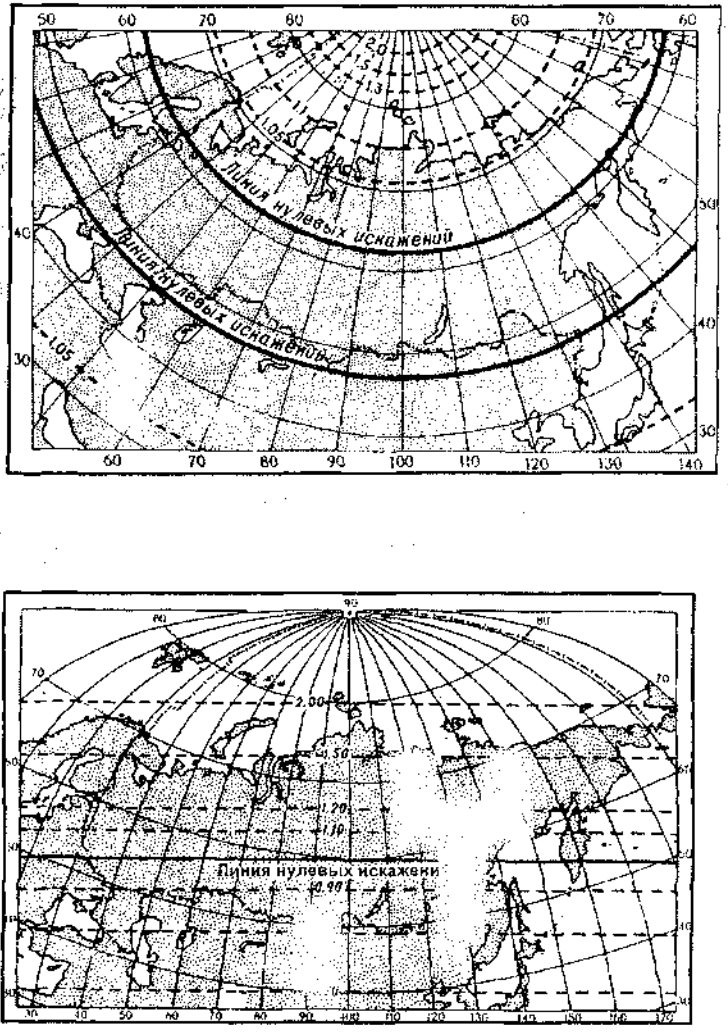


Рис. 3.15. Проекции для карт России и сопредельных государств.

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

ликих конических или азимутальных проекциях, но многое зависит от конфигурации территории и ее положения на земном шаре. Для небольших районов задача выбора проекции теряет актуальность,

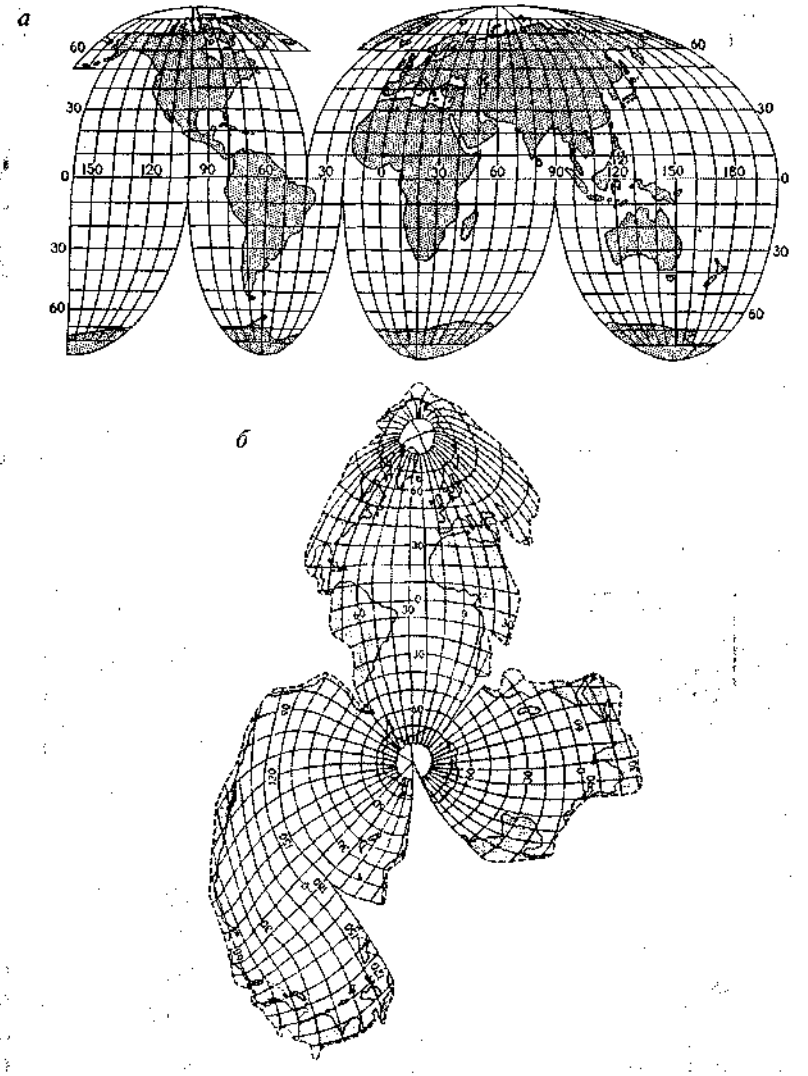


Рис. 3.16. Проекции с разрывами.

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

можно использовать разные равноугольные проекции, имея в виду, что искажения площадей на малых территориях почти неощутимы.

Топографические карты в России создают в поперечно-цилиндрической проекции Гаусса—Крюгера, а в США и многих других западных странах — в универсальной поперечно-цилиндрической проекции Меркатора (сокращенно *UTM*). Обе проекции близки по своим свойствам, и та и другая по существу являются многополосными.

Морские и аэронавигационные карты всегда даются в цилиндрической проекции Меркатора, а ***тематические карты морей и океанов*** — 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 материках. На рис. 3.16 представлены две сетки в разорванных проекциях. Одна имеет разрывы на океанах и предназначена для картографирования явлений, расположенных только на суше, а в другой 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 проекции, в особенности для тематических карт, следует иметь в виду, что обычно искажения на карте минимальны в центре и быстро возрастают к краям. Кроме того, чем мельче масштаб карты и обширнее пространственный охват, тем больше внимания приходится уделять «математическим» факторам выбора проекции, и наоборот — для малых территорий и крупных масштабов более существенными становятся географические факторы.

3.7. 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.

3.8. 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, новых объектов по их координатам и снятия с карты координат объектов. Кроме того, наличие сетки позволяет судить о масштабе карты, 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.

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. 3.17). 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 меридиа-

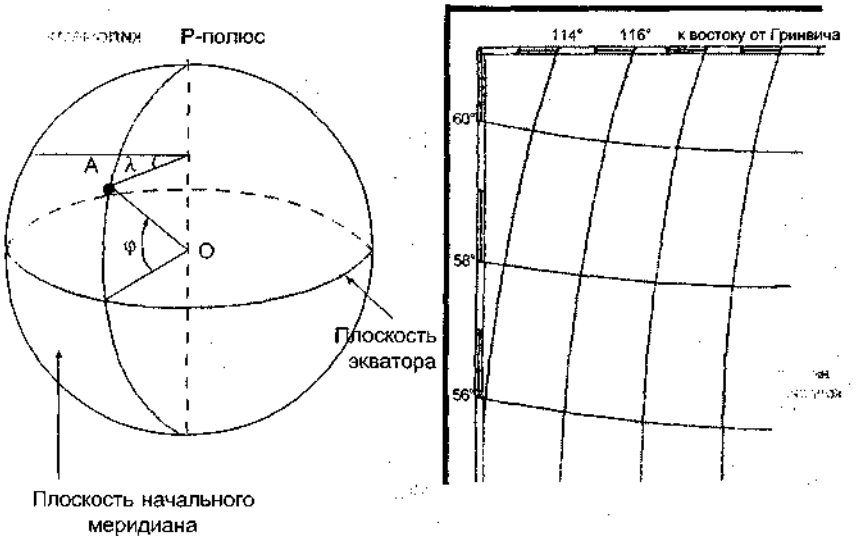


Рис. 3.17. Широта (φ) и долгота (λ) точки А на глобусе и сетка параллелей и меридианов на карте.

на по часовой стрелке отсчитываются географические азимуты, а разность долгот двух пунктов выражает разность их времени. На картах линии географической сетки 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 оцифрованы через километр, а километровая рамка карты имеет более дробные деления (рис. 3.18). 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

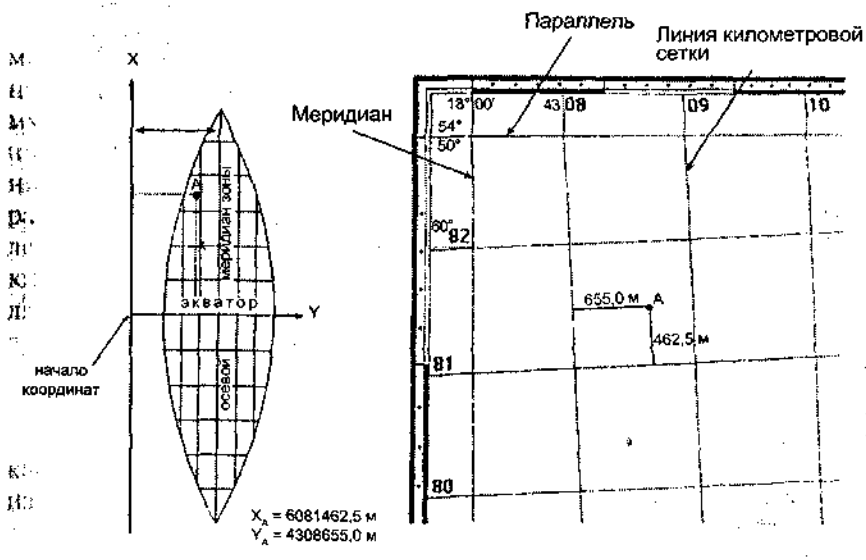


Рис. 3.18. Изображение геодезической зоны с координатными линиями и сетка прямоугольных координат (километровая сетка) на топографической карте.

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 градов, а каждый град содержит 100 градовых минут). Некоторые страны используют собственные системы прямоугольных координат и соответственно — свои координатные сетки.

3.9. Разграфка, номенклатура и рамки карты

Разграфка, или нарезка карты — это система деления многолистной карты на листы. Чаще всего применяют два вида разграф-

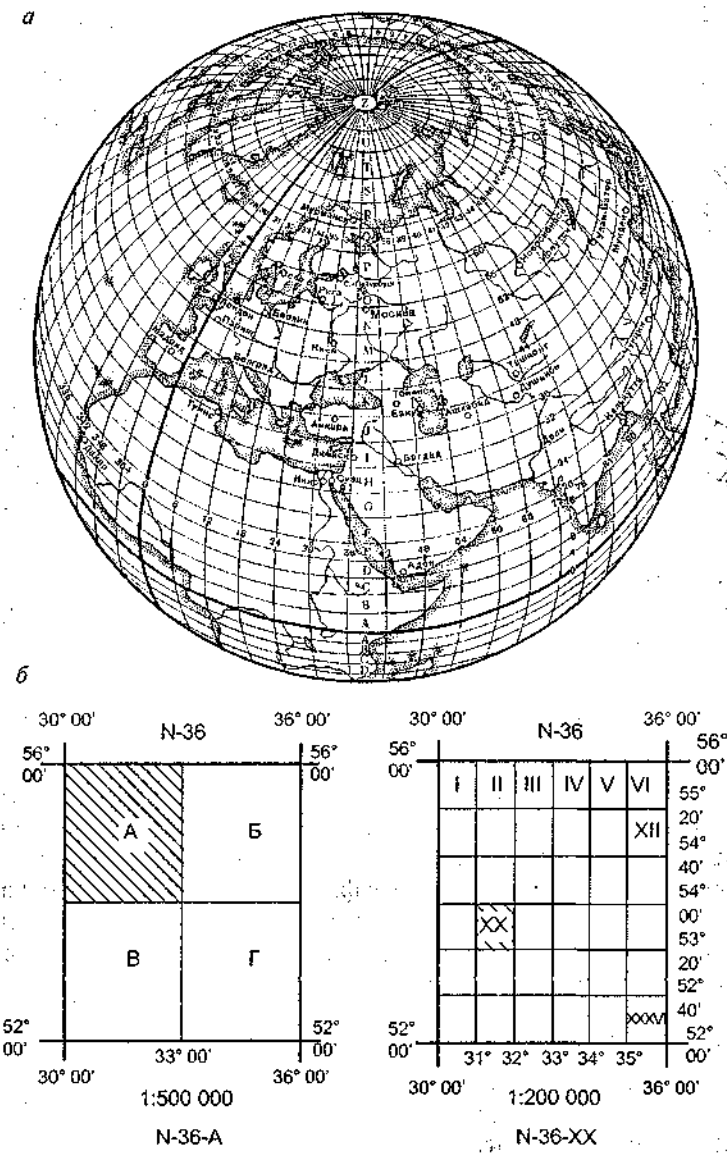


Рис. 3.19. Разграфка и номенклатура карт.

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-А и N-36-XX.

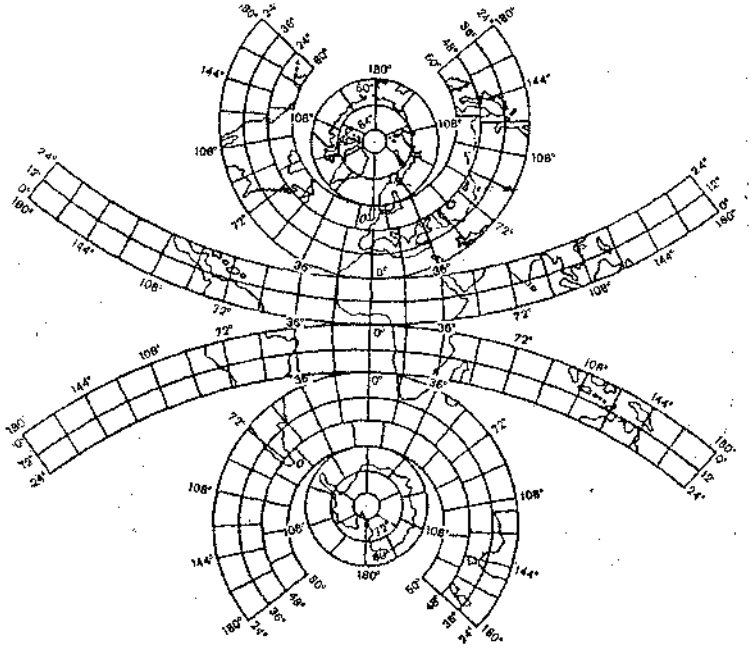


Рис. 3.20. Разграфка Международной карты мира масштаба 1:2 500 000.

ки: 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 масштаба 1:1 000 000, любой ее лист представляет собой трапецию, которая ограничена меридианами и параллелями, проведенными соответственно через 6 и 4°. Разграфку карт более крупных масштабов получают, деля лист миллионной карты на части. В одном листе миллионной карты содержится четыре листа карты масштаба 1:500 000, 36 листов — 1:200 000 (рис. 3.19) и т.д.

Особый способ разграфки применен для Международной карты мира масштаба 1:2 500 000 (рис. 3.20). Поверхность земного шара разделена на шесть зон (по три к северу и югу от экватора). Четыре

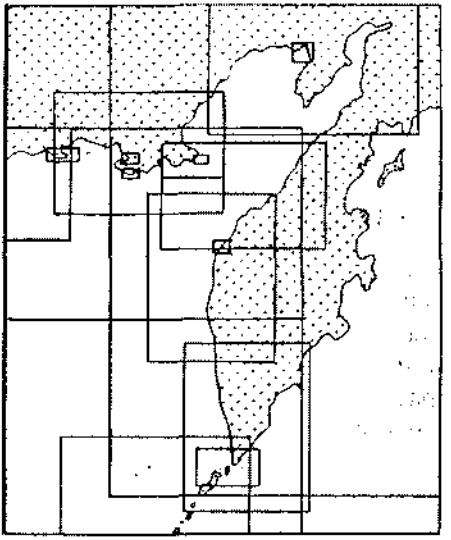


Рис. 3.21. Разграфка морских навигационных карт в районе Охотского моря с находами смежных листов.

зоны даны в равнопромежуточной конической проекции, а две приполярные — в равнопромежуточной азимутальной. Карта включает 224 основных 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. 3.21) — 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 номенклатурой то-



пографических или быть произвольной, например листы гипсометрической карты России с сопредельными странами масштаба 1:2 500 000 обозначаются порядковыми номерами.

Схема разграфки обычно дается на специальном ***сборном листе***, на котором 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 (для карт мира в псевдоцилиндрических проекциях).

Принято различать ***внутреннюю рамку***, непосредственно ограничивающую картографическое изображение, ***градусную и минутную рамки***, на которые 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.

3.10. Компоновка

Компоновкой карты называется размещение самого картографического изображения, названия карты, легенды, врезок и других данных внутри рамки и на полях карты. 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 дизайнерского 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, размещение 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 на врезке (например, на картах европейской части России на врезку часто помещают

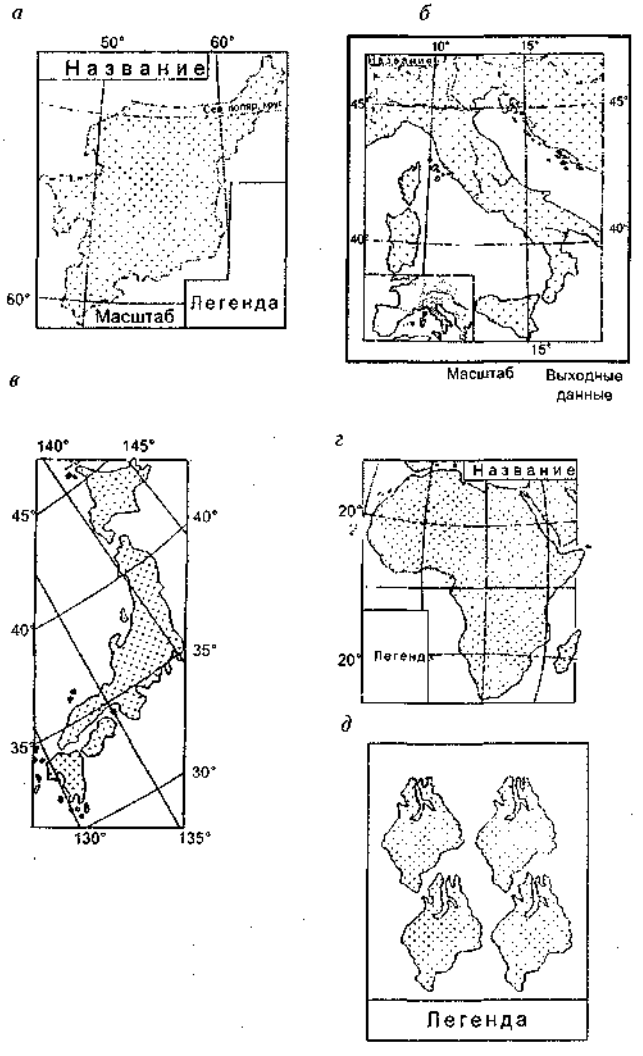
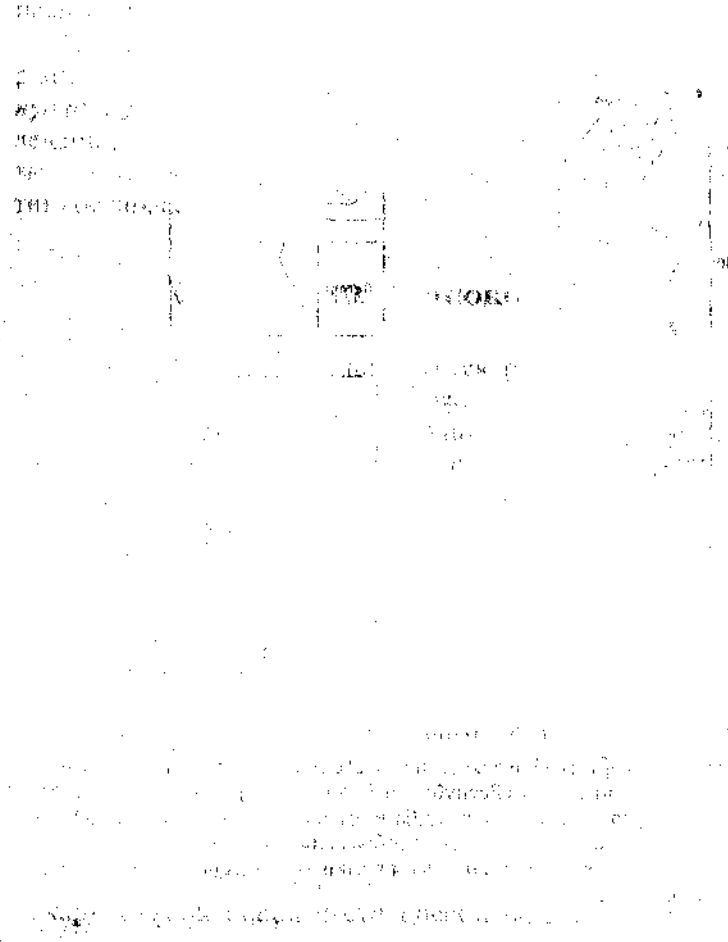


Рис. 3.22. Примеры компоновок одинистных карт.

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.

далеко отстоящие острова Новой Земли). В других случаях выступающие части картографируемой территории выводятся в разрывы рамки. Иногда на врезке повторяется та же территория, но в уменьшенном масштабе. 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 выбирают место для размещения названия карты, легенды, масштаба внутри рамки или за ее пределами — варианты дизайнерских решений очень разнообразны. Примеры разных компоновок представлены на рис. 3.22.



Глава IV

Картографические способы изображения

4.1. 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 разрабатывается 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: синтактику, семантику и прагматику, соответственно эти разделы существуют и в картографической семиотике:

- ***картографическая синтактика*** — 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, которые определяют выбор изобразительных средств в соответствии с назначением и функциями картографических произведений.

4.2. 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, 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 психологией 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 (подъязыка): один из них отражает размещение картографируемых объектов, их пространственную форму, ориентацию, взаимное положение, 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 главные функции (как и картографии вообще) — ***коммуникативная***, т.е. передача некоторого объема информации от создателя карты к читателю, и ***познавательная*** — 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 разд. 2.2), но, безусловно, отражает значимость данного феномена. Во всяком случае, следует отметить справедливость главного утверждения сторонников языковой концепции: ***язык карты — это форма существования картографии.***

4.3. 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 линии одного рисунка, для второстепенных — другого (рис. 4.1). Порой обозначения на картах полностью утрачивали внешнее сходство с изображаемым объектом, скажем, города обозначались кружочком (пунсоном). Знаки приобретали все большую условность и абстрактность.

Выше 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, высоту снежного покрова, индекс континентальности климата);

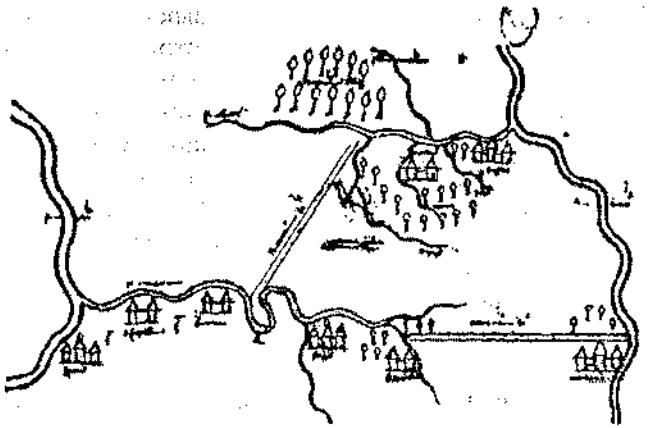


Рис. 4.1. Фрагмент русского чертежа XVII в. Изображение населенных пунктов дано условными значками с двумя и тремя башенками. Древний картограф различал эти поселения по размеру или значению.

- изображать объекты, не видимые человеком и даже не воспринимаемые органами чувств (палеорельеф древних материков, гравитационные и магнитные поля и др.);
- передавать внутренние характеристики и структуру объектов (объем и структуру промышленного производства, состав населения и др.);
- отражать взаимные отношения объектов: порядок и иерархию, пропорциональность, различие, соподчиненность (например, 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 кружком обозначить весь населенный пункт).

Условные обозначения, применяемые на картах, подразделяют на три основные группы (рис. 4.2):

- ***внемасштабные***, или ***точечные***, которые используют для показа объектов, локализованных в пунктах, например нефтяные месторождения или города на мелкомасштабных картах. Внемасштабность знаков проявляется в том, что их размеры (если их выразить в масштабе карты) всегда значительно превосходят истинные размеры объектов на местности;



Рис. 4.2. Некоторые условные обозначения топографических карт.

- ***линейные***, используемые для отображения линейных объектов: рек, дорог, границ, тектонических разломов и т.п. Они масштабны по длине, но внемасштабны 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 знаки были ***статичными***, однако с развитием электронных технологий появились и ***динамические*** условные знаки. Это движущиеся, изменяющиеся знаки, используемые в компьютерных картографических анимациях (см. разд. 14.6). 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 формиро-

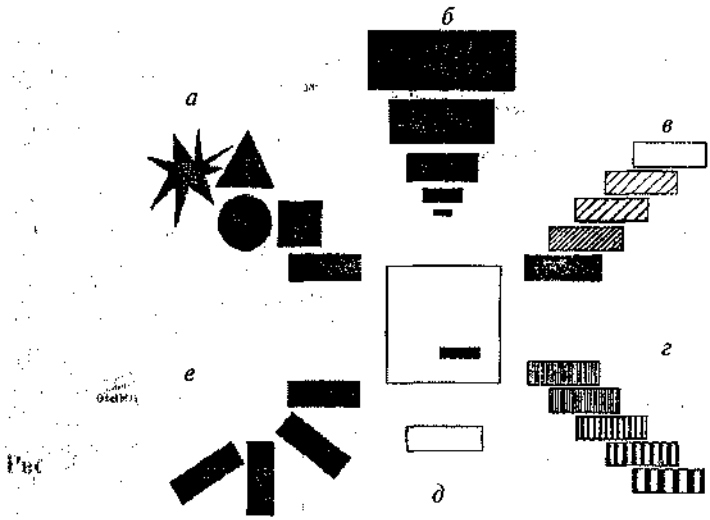


Рис. 4.3. Графические переменные (по Ж. Бертену).

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

вания научных понятий, конкретизации, визуализации теоретических выводов, т.е. способом научного познания. Философ и математик Г. Лейбниц, создавший дифференциальное и интегральное 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.

4.4. 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 (светлота) и внутренняя структура знака (рис. 4.3).

Представление о графических переменных разработал в 1960-х гг. 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. разд. 4.18).

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 понятны 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 на почвенных картах, делаются попытки разработать унифицированные легенды геоморфологических карт.

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

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

4.5. Значки

Способ значков применяют для показа объектов, локализованных в пунктах и обычно не выражающихся в масштабе карты (рис. 4.4). Это могут быть населенные пункты, месторождения по-



Рис. 4.4. Значки геометрические.

лезных 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)*** — напоминают 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.

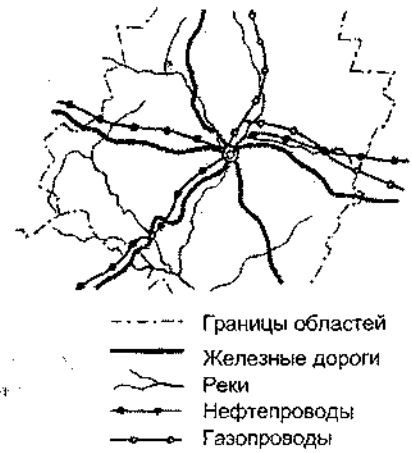


Рис. 4.5. Линейные знаки.

4.6. 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 колей железной дороги, теплые и холодные фронты и т.п. (рис. 4.5).

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 отразить даже динамику объекта, например нанести положение береговой линии моря в разные стадии трансгрессии, передав тем самым постепенность затопления суши.

4.7. Изолинии

Изолинии — линии одинаковых значений картографируемого показателя. Способ изолиний применяется для изображения непрерывных, плавно изменяющихся явлений, образующих физи-

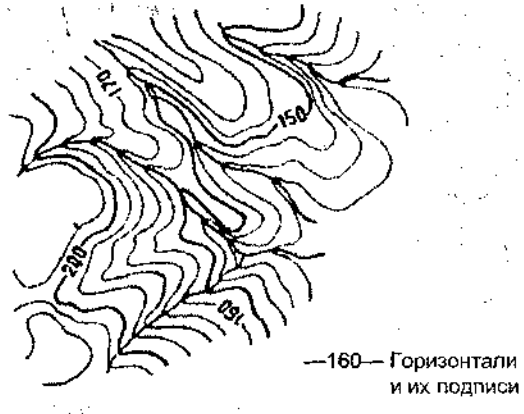


Рис. 4.6. Изолинии.

ческие поля. Таковы поле рельефа, поля магнитной напряженности, давления, температур и т.д. (рис. 4.6). Они изображаются соответственно горизонталями (изогипсами), изогонами, изобарами, изотермами — семейство различных изолиний весьма обширно и насчитывает десятки видов.

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. расстояние 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 системы изолиний могут смещаться сами, 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 или убывание показателя.

Рис. 4.7

4.8. 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 окраской. 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 главные закономерности его изменения в пространстве (рис. 4.7). 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

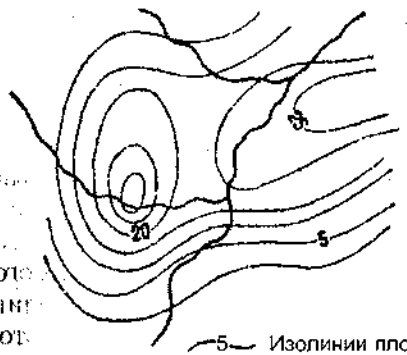


Рис. 4.7. Псевдоизолинии.

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.

4.9. 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. 4.8).

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 дают цветовым фоном, а механический состав их — наложенным поверх цвета штриховым фоном. В некоторых случаях, когда границы между выделенными районами нечеткие, а смена качеств происходит постепенно, допускается перекрытие двух ка-

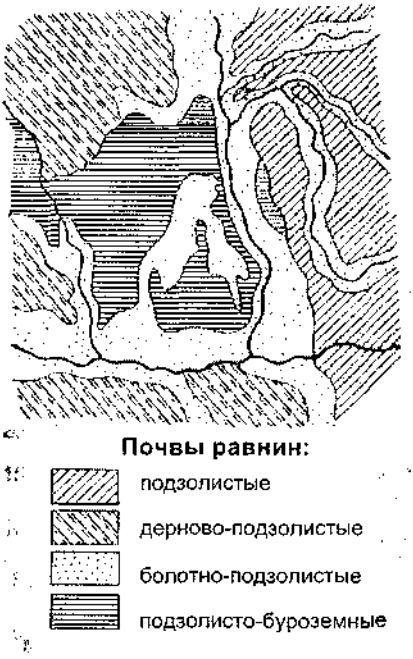


Рис. 4.8. Качественный фон.

чественных фонов, и на карте появляется как бы «чересполосица» или «шашечная» окраска.

Для удобства идентификации подразделений качественного фона его сопровождают индексами, которые проставляют на карте и в легенде (например, индекс дерново-сильноподзолистых почв — Π^{A}_{3}, среднего отдела девонской системы — D_2).

4.10. Количественный фон

Способ количественного фона применяют для передачи количественных различий явлений сплошного распространения в пределах выделенных районов. Подобно качественному фону он всегда сопряжен с районированием, но по количественному признаку. Окраска или штриховка выполняются по шкале, т.е. интенсивность возрастает или убывает в соответствии с изменением признака (рис. 4.9). Примерами использования количественного фона могут

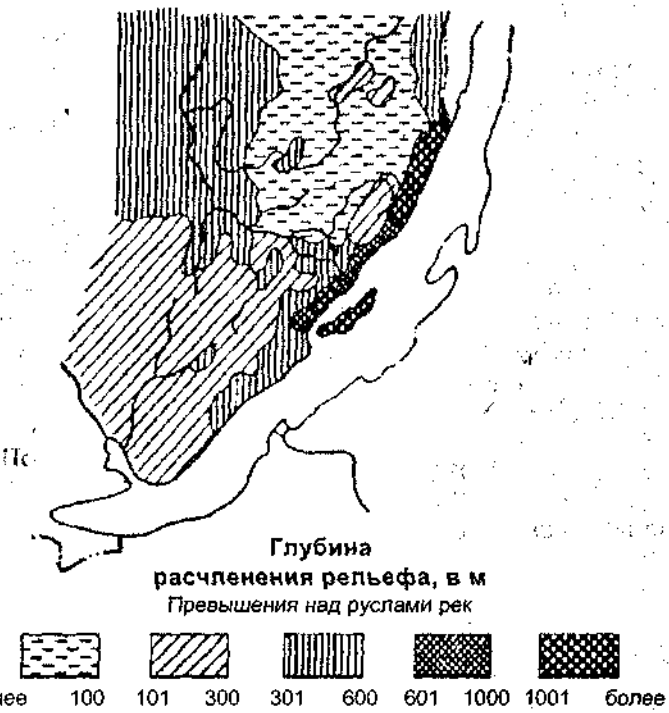


Рис. 4.7. Пс

Рис. 4.9. Количественный фон.

служить карты запасов гидроресурсов в речных бассейнах, карты районирования территории по степени расчленения рельефа и т.п.

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

4. 11. 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-

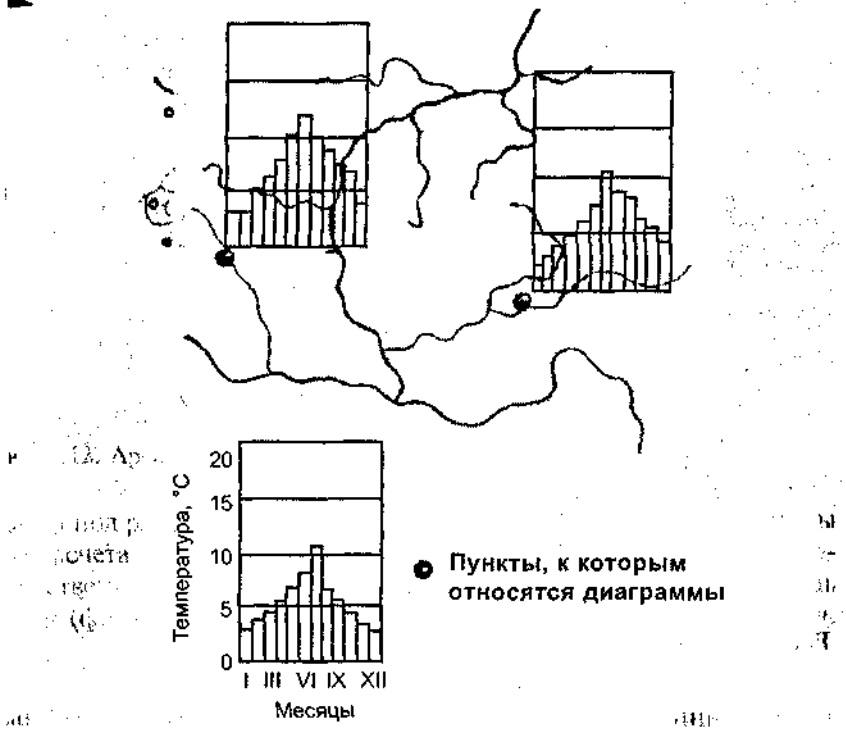


Рис. 4.10. Локализованные диаграммы.

нения речных вод, приуроченные к гидропостам, и т.п. На карте всегда отмечают пункты, к которым отнесены графики, хотя ясно, что локализованные диаграммы характеризуют не только эти пункты, но и прилегающую территорию (рис. 4.10).

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.

4.12. Точечный способ

Этот способ применяют для показа явлений массового, но несплошного распространения с помощью множества точек, каждая из которых имеет определенный «вес», т.е. обозначает некоторое

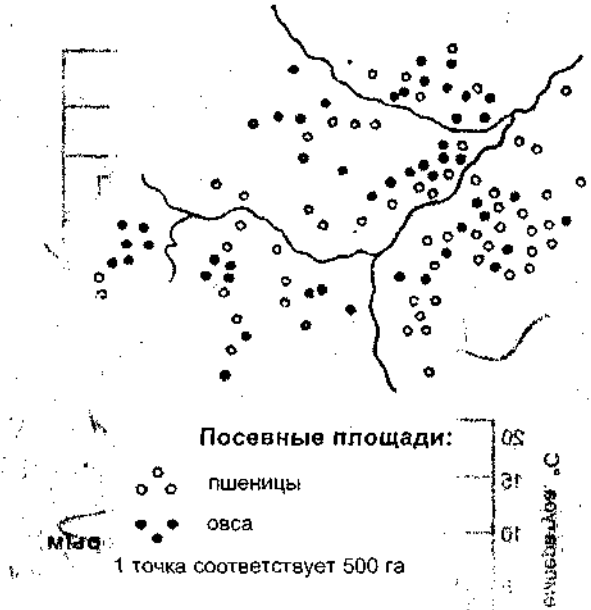


Рис. 4.11. Точечный способ.

число единиц данного явления (рис. 4.11). Чаще всего точечным способом показывают размещение сельского населения (вес одной точки составляет, например, 1000 жителей), либо посевные площади (одна точка — 500 га посевов), либо размещение животноводства (одна точка — 200 голов крупного рогатого скота) и т.п.

В качестве графических средств можно выбрать 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, большая — 1000 га. Кроме того, точки могут иметь разный цвет или 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 пло-



Рис. 4.12. Ареалы.

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 сливаться.

4.13. 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, штриховка, значки, надписи, индексы (рис. 4.12). 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

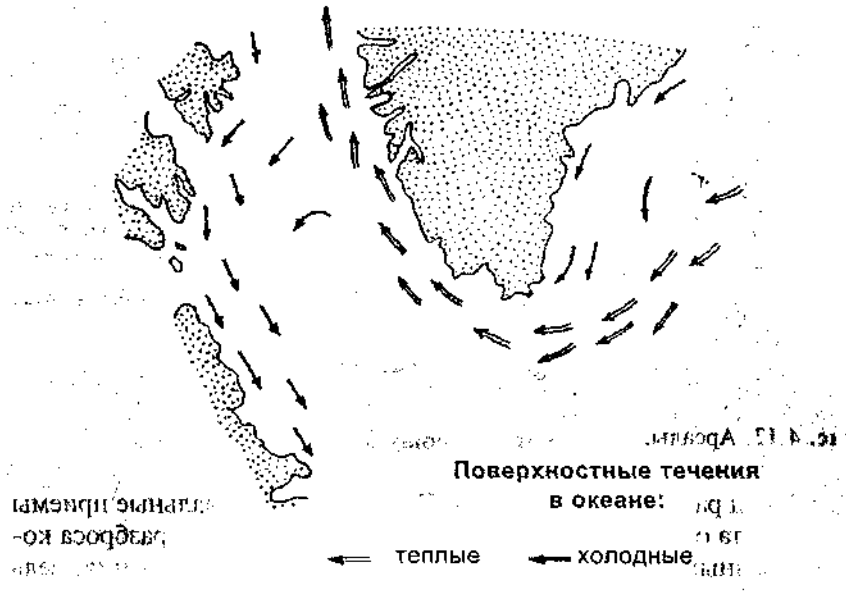


Рис. 4.13. Знаки движения (векторы).

ареал. Границы как графическое средство предпочтительны для абсолютных ареалов, а для относительных — есть смысл нанести лишь несколько значков или дать надпись без проведения границы, точное положение которой на местности неизвестно.

4.14. 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. 4.13). Можно применить знаки движения для показа связей между объектами (например, электронных коммуникаций, финансовых потоков), их качества, мощности, пропускной способности и т.д.

Различают два вида знаков движения:

- ***векторы движения*** — стрелки разного цвета, формы или толщины;

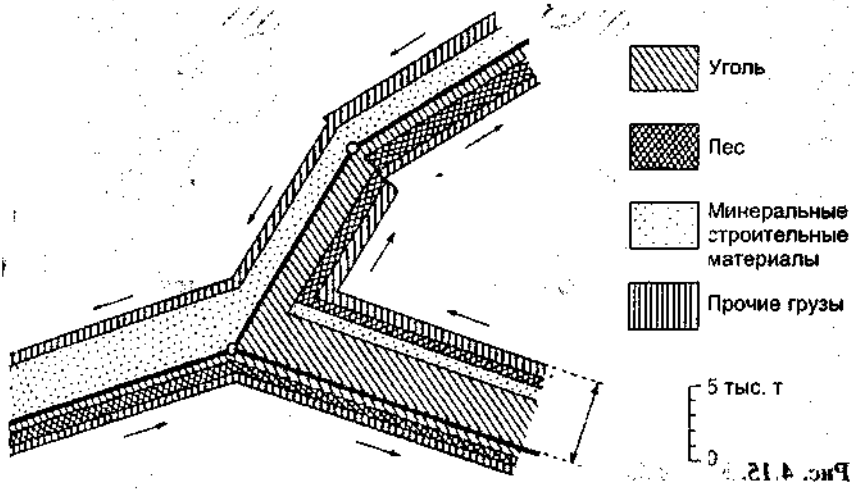


Рис 4.14. Полосы (ленты) движения.

• ***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. 4.14).

4.15. 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 сет-

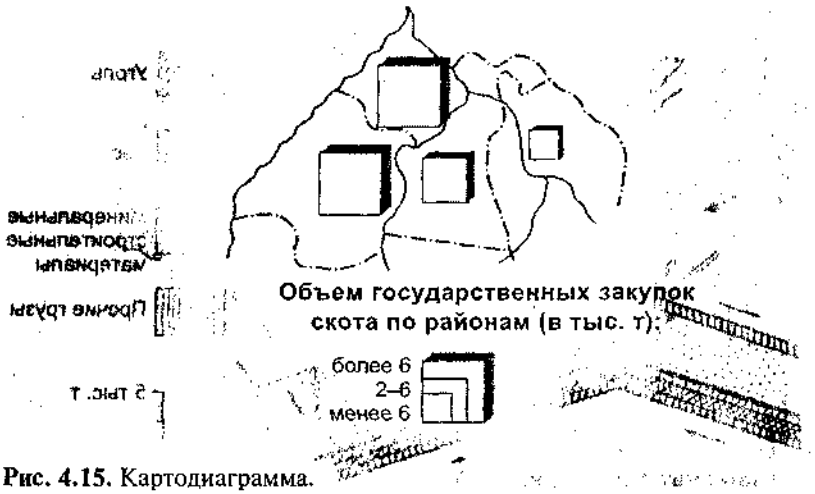


Рис. 4.15. Картодиаграмма.

ка административного деления, по которой и производится сбор данных.

Графическими средствами служат любые столбчатые, площадные, объемные диаграммные знаки, отнесенные к районам или областям (рис. 4.15). 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.

4.16. Картограммы

Способ картограммы используют для показа относительных статистических показателей по единицам административно-территориального деления. Это всегда расчетные показатели: скажем, число детских учреждений на тысячу жителей, энерговооруженность сельского хозяйства в расчете на 100 га обрабатываемых земель, процент лесопокрытой площади по областям и т.п. (рис. 4.16).

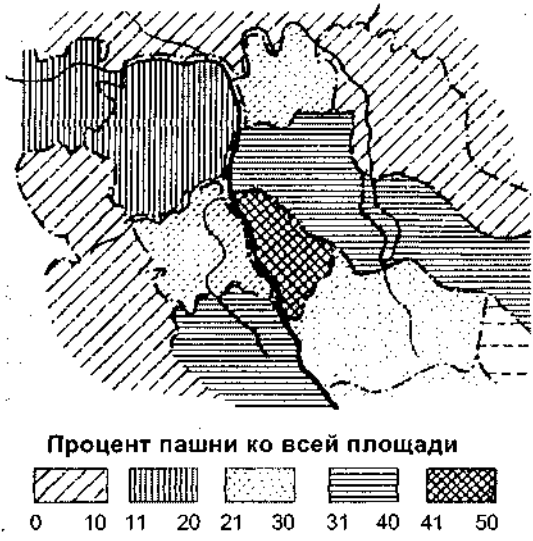


Рис. 4.16. Картограмма.

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 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 ***дазиметрическим способом***.

Картограмма как правило имеет ***интервальную шкалу***, в которой интенсивность цвета или плотность штриховки закономерно меняются соответственно нарастанию или убыванию значения картографируемого показателя (см. разд. 4.17). Иногда картограммы становятся похожи на карты количественного фона с той, однако, разницей, что количественный фон всегда отнесен к областям ес-

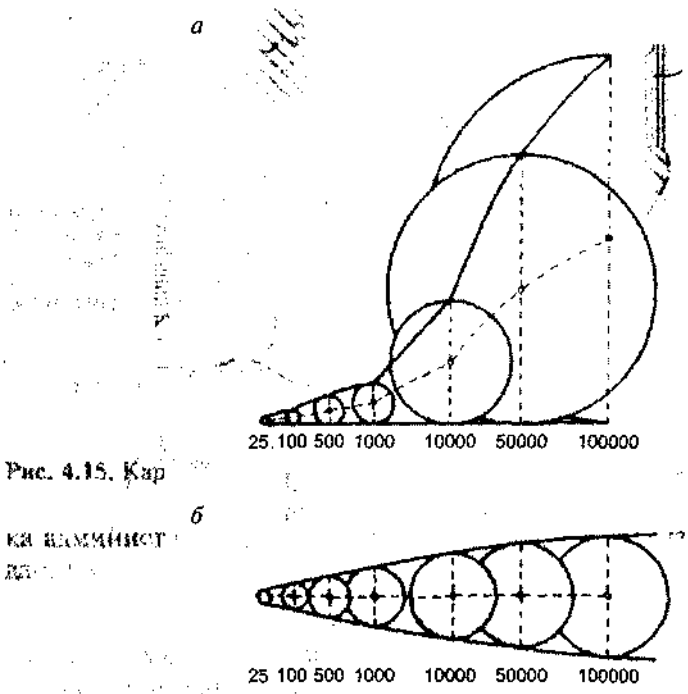


Рис. 4.17. Непрерывные шкалы значков.
а — абсолютная; *б* — условная.

тественного районирования, тогда как картограммы — к административным районам или ячейкам геометрической сетки.

4.17. 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 значками, локализованными диаграммами и на картодиаграммах используют абсолютные и относительные шкалы

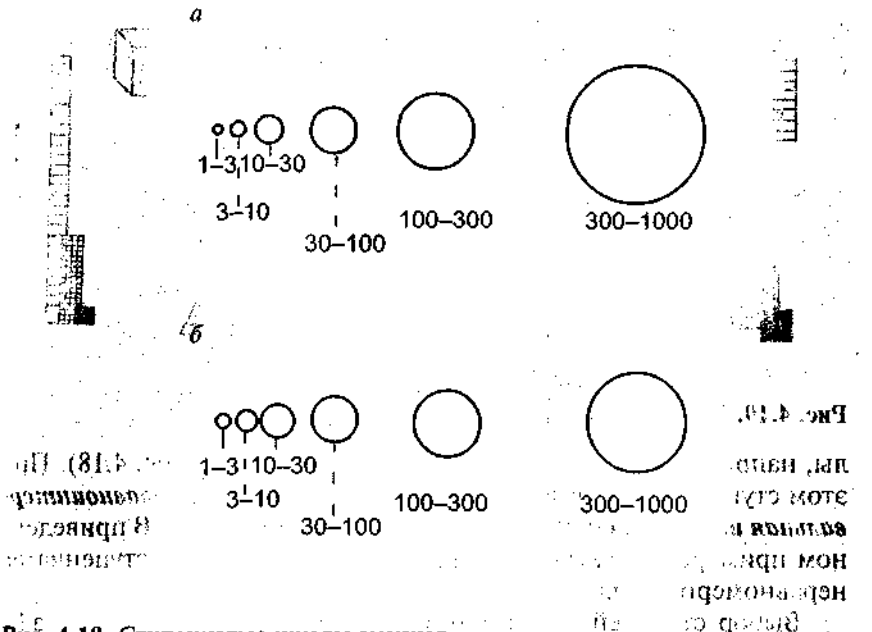


Рис. 4.18. Ступенчатые шкалы значков.
а — абсолютная; *б* — условная.

значков, устанавливающие их размеры в соответствии с величинами изображаемых объектов (показателей). В ***абсолютных шкалах*** размер значка прямо пропорционален величине изображаемого объекта (рис. 4.17). Например, если один кружок изображает на карте города с населением 25 тыс. человек, а другой — 200 тыс., то этот 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 условные 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 интерва-

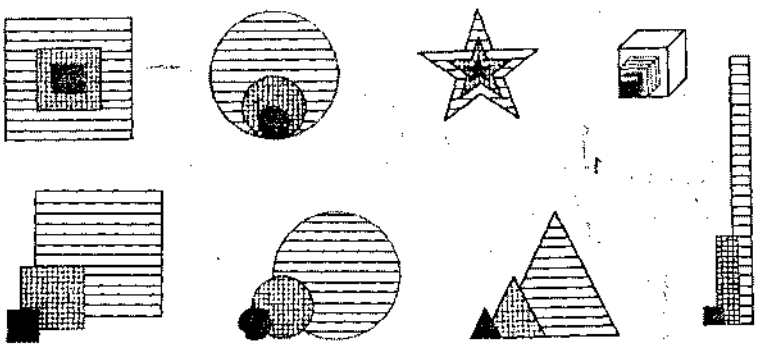


Рис. 4.19. Нарастающие значки.

лы, например 10—30, затем 30—100, 100—300 и т.д. (рис. 4.18). При этом ступени могут быть одинаковыми (***равномерная, равноинтервальная 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 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.

Динамические изменения значений картографируемого показателя иногда показывают с помощью шкал нарастающих значков (рис. 4.19). 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*** (***безынтервальные***) ***шкалы***, когда, например, густота штриховки картограммы пропорциональна величине картографируемого показателя (рис. 4.20). Это обеспечивает более плавные переходы и повы-

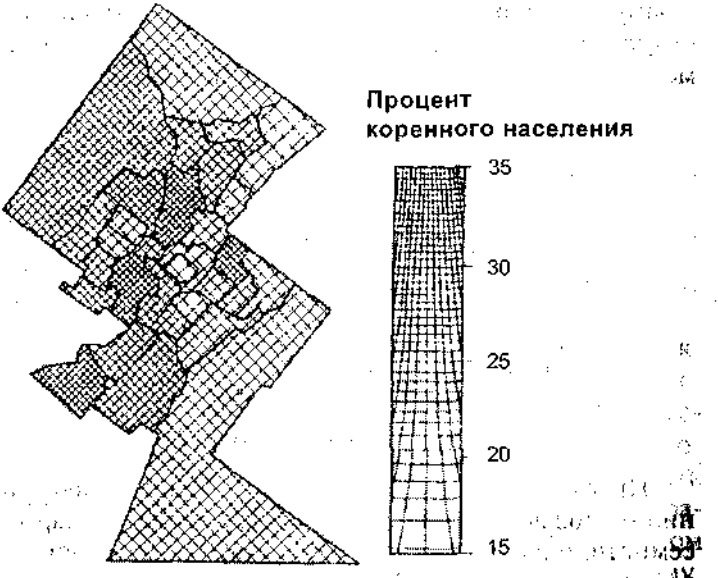


Рис. 4.20. Безынтервальная шкала.

шает наглядность изображения, однако определять на глаз плотность штриховки в каждой территориальной ячейке и сопоставлять ее с легендой довольно затруднительно.

Цветовые шкалы определяют цвет и оттенки красок, используемых на карте для послойной окраски изолиний, для количественного фона и картограмм. При передаче нарастающих количественных признаков применяют шкалы возрастающей насыщенности цвета. 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.

4.18. Динамические знаки

Создание картографических компьютерных анимаций привело к внедрению в практику ***динамических графических переменных***. Иначе говоря, все статические графические переменные приобрели 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, показывающее, например, движение 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 (подробнее см. разд. 14.6). Здесь можно ожидать многих оригинальных решений. Например, большие возможности сулит использование анимационных эффектов в сочетании с трехмерной графикой.

Глава V

Изображение рельефа

5.1. Общие требования

Рельеф — главный элемент ландшафта. Он определяет характер и конфигурацию гидрографической сети, распределение 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 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.



Рис. 5.1. Фрагмент карты Моравии с перспективным рисунком рельефа (XVII в.).

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

5.2. 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. 5.1). Такое изображение достаточно наглядно, но, конечно, ни о какой геометрической точности не может быть и речи. Картинные карты рельефа иногда создавали художники; известна, например, карта рельефа Тосканского побережья, нарисованная

Леонардо да Винчи и представляющая местность 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 картинный рисунок получил новое рождение. На современных картах стали использовать перспективные способы изображения рельефа, разрабатывать особые картинные знаки, но уже на геометрически точной основе. Новый способ получил название ***физиографического***, он направлен на выявление физиономических черт рельефа, его морфологии (рис. 5.2). Физиографические карты широко применяют для показа рельефа дна океанов, поверхности далеких планет, их используют в туристских буклетах 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 картинных изображений, оставшихся в далеком прошлом, к точным современным физиографическим картам. Это наглядный пример стремления картографов показать читателю пластику, объемность, трехмерность рельефа.

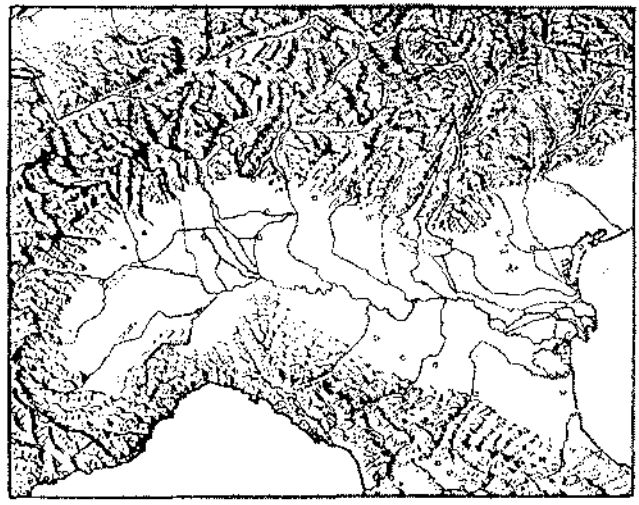


Рис. 5.2. Перспективное изображение горного рельефа Северной Италии (по Э. Райсу).

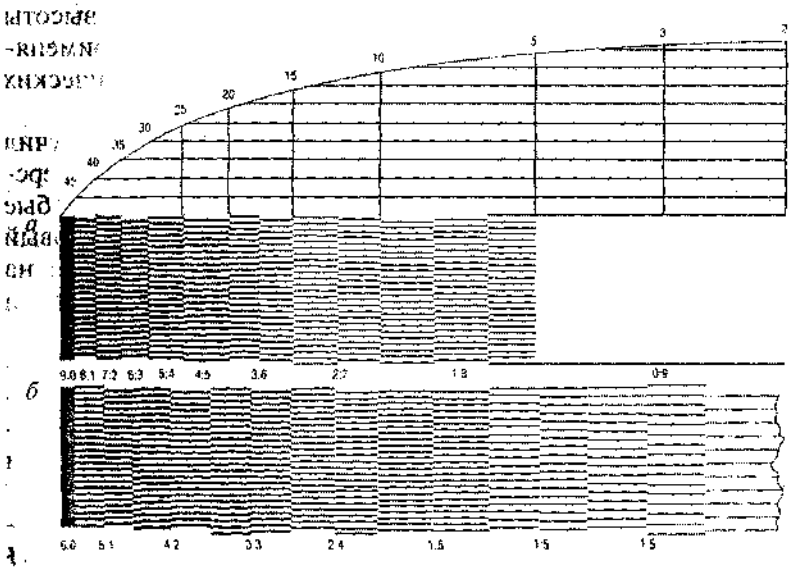


Рис. 5.3. Шкалы штрихов крутизны.
а — шкала И. Лемана; *б* — шкала Главного штаба.

Создание подобных изображений требует немалого искусства, это всегда «штучные» картографические произведения.

5.3. 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.* 5.3).

Впервые шкалу штрихов крутизны создал в 1799 г. саксонский картограф Иоганн Леман. Он принял следующее допущение: от-

ношение тени, т.е. толщины штриха Т, к свету, т.е. к промежутку между штрихами С, 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° отношение ширины штриха к ширине просвета составляло 0:9, 5 — 10° — 1:8 и т.д. На самой верхней ступени шкалы 40 — 45° 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 подчеркивая неровности и перегибы поверхности, и 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, десятиверстная Европейской России и стоверстная 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. 5.4).

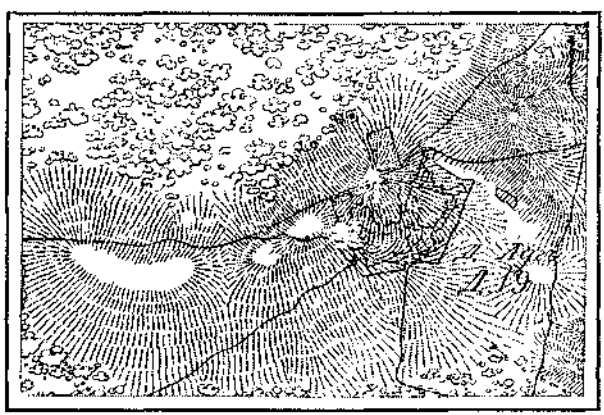


Рис. 5.4. Часть съемочного топографического планшета Санкт-Петербургской губернии, выполненного в штрихах крутизны.

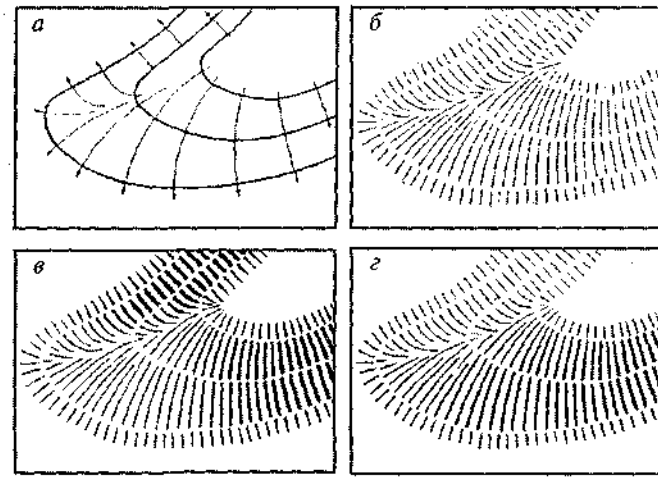


Рис. 5.5. Схема построения штрихового рисунка рельефа.

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

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. 5.5).

Иной принцип использовали 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.

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

5.4. Горизонтали

Горизонтали (изогипсы) — линии равных высот. Они представляют собой проекции на плоскость следов сечения рельефа уровенными 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 точек, форму и крутизну склонов, рассчитать морфометрические показатели вертикального и горизонтального расчленения. Благодаря горизонталям карты рельефа стали ценным источником информации при морфометрических определениях, статистических расчетах, математическом моделировании, в частности при создании цифровых моделей рельефа.

Ключевая проблема изображения рельефа горизонталями — выбор высоты сечения. Для топографических карт установлены стандартные сечения в зависимости от масштаба карты и характера изображаемой территории (табл. 5.1).

Таблица 5.1

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 залесенные, 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

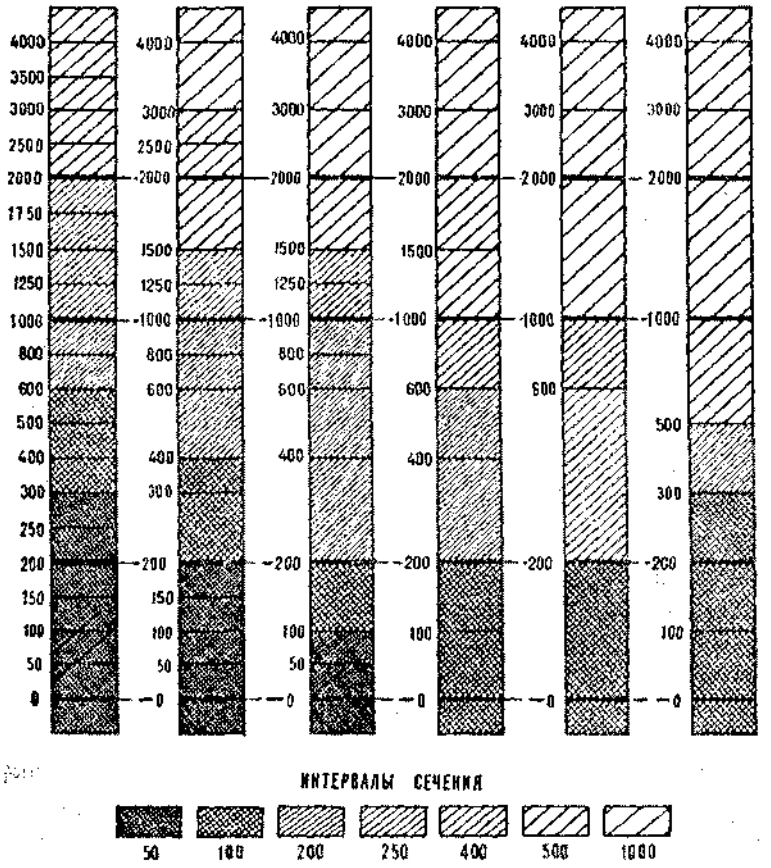


Рис. 5.6. Варианты шкал сечения рельефа с различными интервалами.

В тех случаях, когда с помощью горизонталей основного сечения не удается показать какие-либо существенные детали рельефа, применяют дополнительные ***полугоризонтали***. Их проводят через половину высоты принятого сечения рельефа. Например, на плоской поверхности Прикаспийской низменности полугоризонталями показывают многочисленные 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 масштаба 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 м — 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 средневысотных гор, а горизонталь 2000 м — рубежом высоких гор и нагорий. Примеры наиболее употребительных шкал сечения рельефа, применяемых на мелкомасштабных картах России, представлены на рис. 5.6. 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) — 50 м, на континентальном склоне (до глубин 2500 м) — 100 и 250, а в пределах глубоководных равнин и впадин — 500, а потом 1000 м.

5.5. Гипсометрические шкалы

Для придания рельефу в горизонталях большей читаемости и выразительности применяют цветовые шкалы, называемые ***шкалами гипсометрической окраски***. Они могут быть одноцветными с изменяющимися светлотой и насыщенностью цвета либо многоцветными с изменением цвета, его светлоты и насыщенности. Существует несколько принципов построения цветовых рядов таких шкал.

- ***Затемняющиеся шкалы строятся по принципу «чем выше, тем темнее»***, в них 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, так как дают представление о нарастании высоты и крутизны склонов, однако бедны по колориту и недостаточно пластичны.



- ***Осветляющиеся шкалы строятся по принципу «чем выше, тем светлее»***, в них 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*** используют следующую последовательность цветов: 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 шкалы 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.

5.6. Условные обозначения рельефа

Для показа элементов и форм рельефа, не выражающихся горизонталями, 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. 5.7). В этих случаях используют стандартные знаки коричневого цвета, которые хорошо сочетаются 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.



Рис. 5.7. чес-
кой карте.

На геоморфологических картах для изображения форм рельефа применяют знаки ареалов. Так показывают распространение карстовых пещер, соляных куполов и бугров пучения, полигонального рельефа, барханов и грядовых 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, котловин, подводных желобов, каньонов и др.

5.7. Светотеневая пластика

Наибольшую выразительность изображению придают способы теневой пластики, когда формы рельефа как бы покрываются тенями. Один из таких приемов — теневые штрихи — был рассмот-



Рис. 5.8. Отмывка рельефа при северо-западном освещении.

рен выше (см. разд. 5.3). Позднее на смену ему пришел более простой ***способ отмывки***, т.е. создание полутонового 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 отмывки:

- ***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 склоны и затеняя восточные и юго-восточные (рис. 5.8);
- ***отмывка при отвесном (зенитальном) освещении***, при котором свет падает сверху, и вершины гор оказываются освещенными, 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 кар-

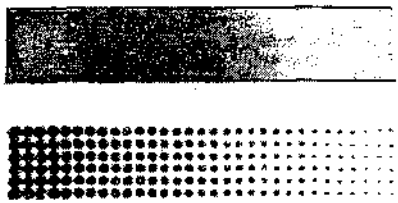


Рис. 5.9. Полутоновое изображение и его растровая структура.

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

Долгое время пластический эффект отмывки в решающей степени зависел от художественных навыков картографа, выполнение отмывки 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, дающие в совокупности эффект тени. Таким образом, совокупность растровых точек создает впечатление полутонового изображения (рис. 5.9). Аналитическая отмывка широко используется при компьютерном картографировании, она обладает высокими художественными качествами и точностью.

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

К приемам теневой пластики относится также ***фоторельеф***. Для этого вначале изготовляется 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.

5.8. Освещенные горизонтали

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



Рис 5.10. Освещенные (затененные) горизонтали.

Один из приемов заключается в утолщении горизонталей на затененных склонах и утончении их на освещенных, что воспроизводит эффект распределения света и тени (рис. 5.10). 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 горизонталях — 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 при создании генеральных батиметрических карт. Часто его называют ***способом Танака*** по имени японского картографа Исиро Танака, впервые 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 высоты сечения рельеф морского дна выглядит выпукло и эффектно, карта легко читается и прекрасно передает морфологию подводных хребтов,

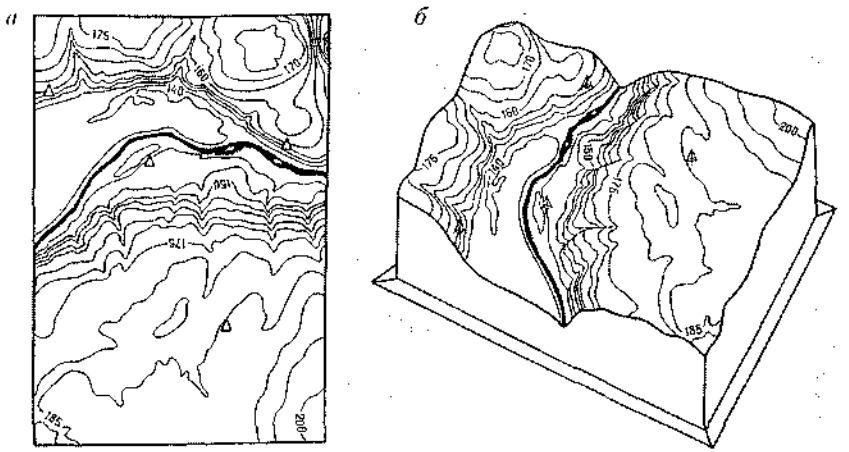


Рис. 5.11. Фрагмент карты рельефа местности (*а*) и блок-диаграмма того же участка в горизонталях (*б*), составленная на автоматическом графопостроителе.

желобов, вулканов и других форм. Освещенные изобаты применяют на современных генеральных картах Мирового океана.

5.9. 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. разд. 1.5). 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 смещенных горизонталей (рис. 5.11) либо как систему пересекающихся профилей (рис. 5.12). 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.

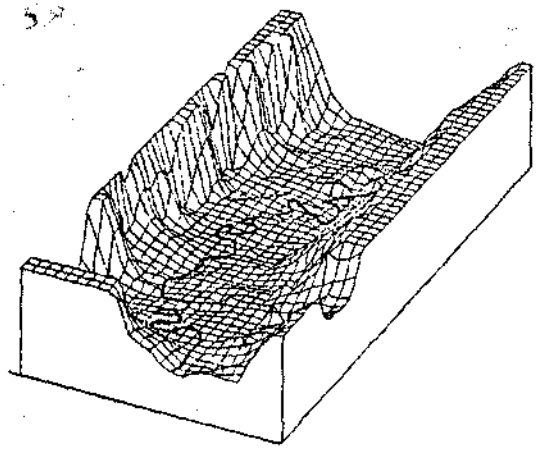


Рис. 5.12. Сеточная блок-диаграмма, построенная по цифровой модели в виде взаимно пересекающихся профилей.

5.10. Высотные отметки

Высотные отметки — это цифры, помещаемые на картах возле 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. Отметки проставляют точно в местах промеров, тем самым подчеркивая их плотность и детальность изученности морского дна (рис. 5.13). При достаточно детальной сети промеров на навигационные карты наносят еще и изобаты.

5.11. Цифровые модели рельефа

Автоматизация картографирования привела к созданию и повсеместному использованию ***цифровых моделей рельефа (ЦМР)***.

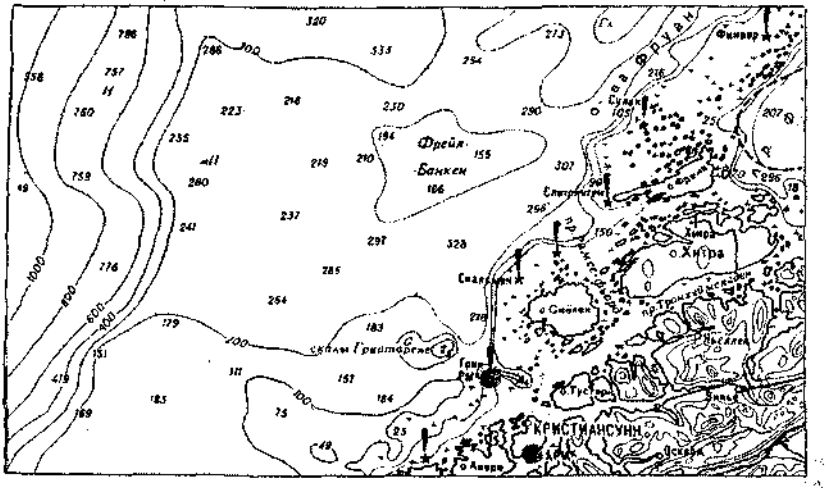


Рис. 5.13. Фрагмент морской навигационной карты с отметками глубин.

ЦМР — совокупность (массив, файл) высотных отметок Z, взятых в узлах некоторой сети точек с координатами X, 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 — осями 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 ап-



проксимации. На основе ЦМР выполняют разнообразные расчеты и преобразования, автоматически строят производные морфометрические 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 отмывку рельефа при заданном освещении (см. разд. 5.6).

Иногда говорят о том, что на основе ЦМР получают ***цифровые карты рельефа,*** т.е. цифровые модели горизонталей с точностью и степенью генерализации, соответствующими заданному масштабу. Однако это не совсем точно, поскольку цифровые карты не являются картами в полном смысле слова (см. разд. 1.5). На самом деле речь идет о компьютерных (электронных) картах, полученных посредством визуализации цифровых моделей.

Глава VI

Надписи на географических картах

6.1. Виды надписей

Кроме условных знаков на картах присутствуют различные 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.

Выделяют три группы надписей (рис. 6.1).

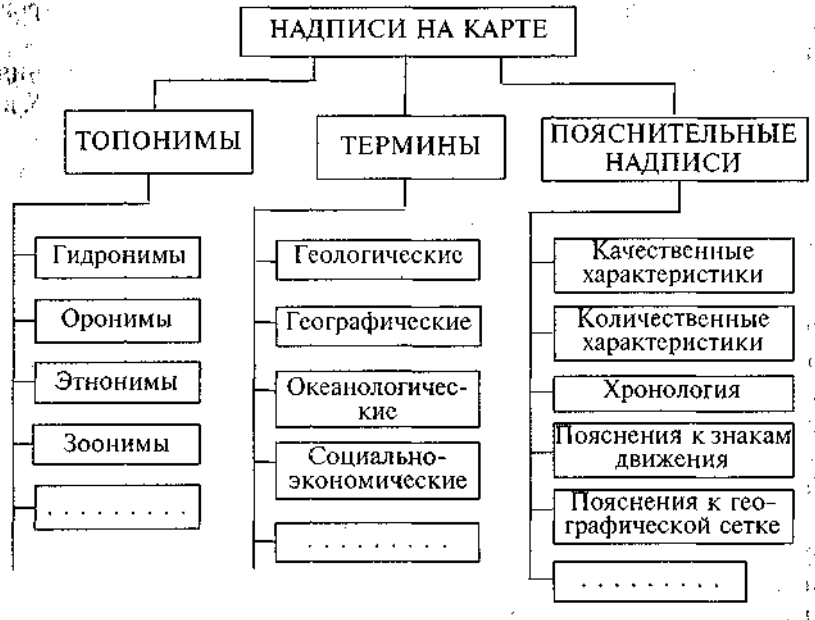


Рис. 6.1. Группы надписей на картах.

Топонимы — собственные географические наименования объектов картографирования. Они включают оронимы — названия элементов рельефа, гидронимы — названия водных объектов, этнонимы — 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, скорости течения реки и др.);
- хронологические надписи (даты событий, географических открытий, наступления каких-либо явлений, например начала 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»).

6.2. 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 названий 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 устранить возможные орфографические ошибки, вкравшиеся в официальные документы, проанализировать разные названия одного и того же объекта, употребляемые местными жителями, особенно в малообжитых районах, исключить случайное, ничем не мотивированное присвоение 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 — Дунэря, в Болгарии и Югославии — Дунав. Спорная территория, которая по-английски именуется Фолклендскими островами, в Аргентине носит название Мальвинских островов — и написание названия на карте становится проблемой политической. Японское море на корейских картах называется Восточным или 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, а канадские провинции по установившейся традиции даются в таких 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 их 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, объектам Венеры — единственной планеты, названной женским именем, было решено присваивать 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.).

6.3. 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 затруднятся 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 бук-

вами 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 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, в частности, при передаче эскимосских названий в Гренландии по их написанию на датских картах или аборигенных 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 Свальбар. Французская столица Пари в русском языке стала Парижем, итальянский город Наполи — Неаполем, а английская река Темс приобрела окончание женского рода — Темза.

В табл. 6.1 приводятся примеры различных форм передачи географических наименований для нескольких наиболее известных топонимов.

Таблица 6.1

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

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

6.4. Нормализация географических наименований

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

В нашей стране нормализация проводится 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 специальные 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, аэросъемки и картографии им. Ф. Н. Красовского (ЦНИИГАиК). В нем разрабатываются 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 их открытии, изучении, освоении, 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.

6.5. 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 ЦНИИГАиК (см. разд. 6.5) 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 карты масштаба 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 карте масштаба 1:100 000, это составит для России примерно 2,5—3 млн названий.

6.6. Картографические шрифты

Шрифты, используемые на картах для географических названий, терминов и пояснительных надписей, должны удовлетворять нескольким требованиям: быть четкими и хорошо читаемыми на цветном фоне, убористыми (компактными), пригодными для воспроизведения при печати. Скажем, изящное тонкое начертание букв, пригодное для воспроизведения гравюрой, оказывалось малопригодным при фоторепродуцировании и плоской печати, поскольку тонкие линии просто «рвутся» (рис. 6.2). 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, названия населенных пунктов разного административного значения дают шрифтами разного размера и рисунка (рис. 6.3).



Рис. 6.2. 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.***

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

Важное качество шрифта — его эстетичность. На старинных картах употреблялись надписи со многим декоративными элементами. Это украшало карту, но 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 не ограниченный выбор шрифтов разного вида,



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

ЗАПОВЕДНИК

Рис. 6.3. Образцы шрифтов, применяемых на топографических картах масштабов 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000 для надписей городов, некоторых других объектов.

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

6.7. Размещение надписей на картах

При составлении карты важно, чтобы каждая надпись была четко привязана к обозначаемому объекту. От этого зависит 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 располагалась 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 (лекальное 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 изгибается 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 столицы государств, более мелким — столицы республик и областей, курсивом — районные центры. При этом следуют определенным традициям: подписи водных объектов дают голубым цветом, форм рельефа — коричневым, населенных пунктов — черным. Как было сказано выше, при большой плотности надписей применяют специальные алгоритмы, решающие задачу их оптимального размещения по полю карты.

На некоторых картах, сильно загруженных надписями, применяют их двупланную 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.

6.8. 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 карте, где расположен данный объект, например:

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

Буквы и цифры, индексирующие клетки трапеций, надписаны вдоль внутренней рамки карты, в междурамочной полосе. Эта система образует ***сетку-указательницу***, специально предназначенную для указания местоположения и поиска объектов, изображенных на карте (см. разд. 3.8). 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 приводятся номера всех карт, где показан объект, а кроме того, номенклатурный термин и местная официальная форма названия:

		Широта	*Долгота*
Монако, Monaco	3, 19, 27	43° 45′с	7° 25′в
Монблан, г. Mont Blanc	3, 14, 19, 27, 31	45° 50′с	6° 55′в
Монбризон, Montbrison	31	45° 37′с	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. На однолистных картах, туристских планах городов, буклетах указатели печатаются на обороте листа.

Глава VII

Картографическая генерализация

7.1. 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 км^2 местности занимает всего лишь 1 см^2 площади карты, на нем можно показать только основные населенные пункты, главную дорогу, реку. А в масштабе 1:1 000 000 эта площадь сжимается до 1 мм^2, 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 количественных характеристик объектов, замене индивидуальных понятий собирательными, отвлечении от частностей и деталей ради отчетливого изображения главных черт пространственного размещения.

Все это позволяет утверждать, что ***генерализация — одно из проявлений процесса абстрагирования отображаемой на кар-***

те 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 не могут быть показаны на карте по условиям пространства, но 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, 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.

7.2. Факторы генерализации

Факторами генерализации являются масштаб карты, 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 карте 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

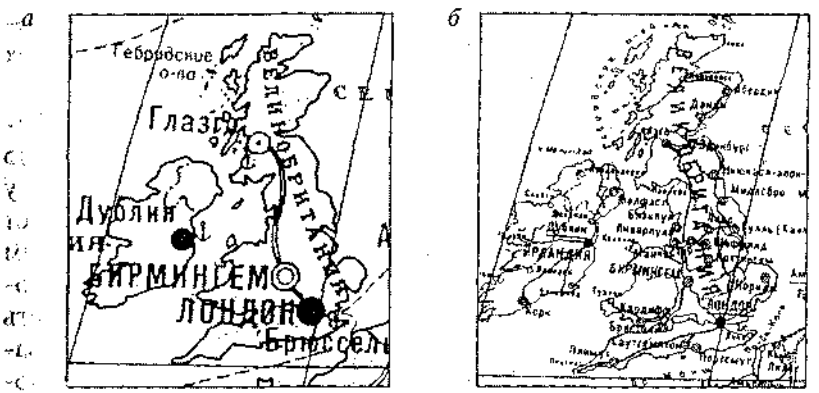
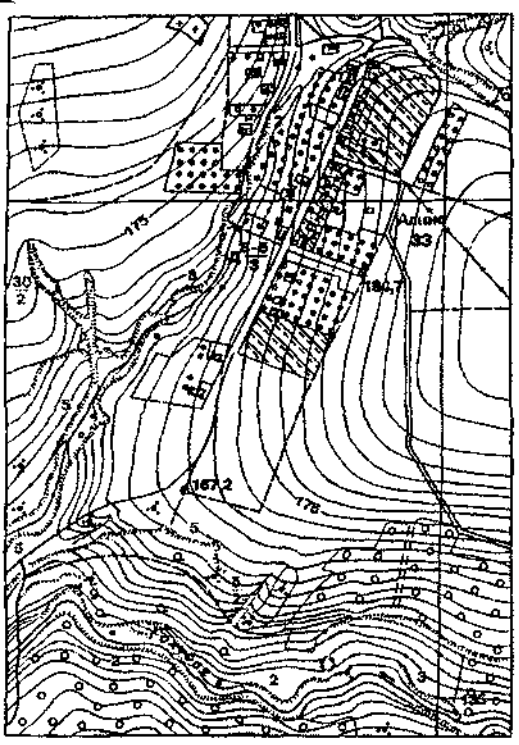


Рис. 7.1. Влияние назначения карты на генерализацию. Фрагменты настенной школьной (*а*) и настольной (*б*) справочной карт одной и той же территории.

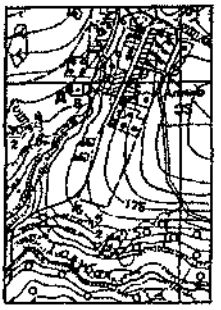
классной доске, то на ней сохраняют лишь самые важные элементы содержания (крупные города, границы и т.п.). Их изображают крупными знаками со значительным обобщением без излишней детализации. Если же аналогичная административная карта имеет справочное назначение и используется в настольном варианте, то она должна содержать максимум возможной для данного масштаба информации об административном делении, населенных пунктах, путях сообщения (рис. 7.1).

Влияние масштаба проявляется в том, что при переходе от более крупного изображения к более 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. 7.2). 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 картах очень важно детально изобразить гидросеть — она непосредственно связана с темой



1:10 000
Высота сечения рельефа 2,5 м



1:25 000
Высота сечения рельефа
5 м



1:50 000
Высота сечения рельефа
10 м

Рис. 7.2. Генерализация содержания топографической карты с уменьшением масштаба от 1:10 000 до 1:50 000.

карты. Зато можно сильно генерализовать дороги и населенные пункты, оставив лишь некоторые для общей ориентировки, а административные границы — совсем исключить. Но на картах экономической 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 (например, карты районирования), и в особенности карты-выводы, кар-

ты-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 необходимо показать все мелкие озера, иногда даже с преувеличением, если они не «помещаются» в масштаб, — это очень важно 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 окрасок, 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.

7.3. 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, однако методически целесообразно рассмотреть их в отдельности (рис. 7.3).

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 высоты 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 точки, например на карте животноводства одна точка изобра-

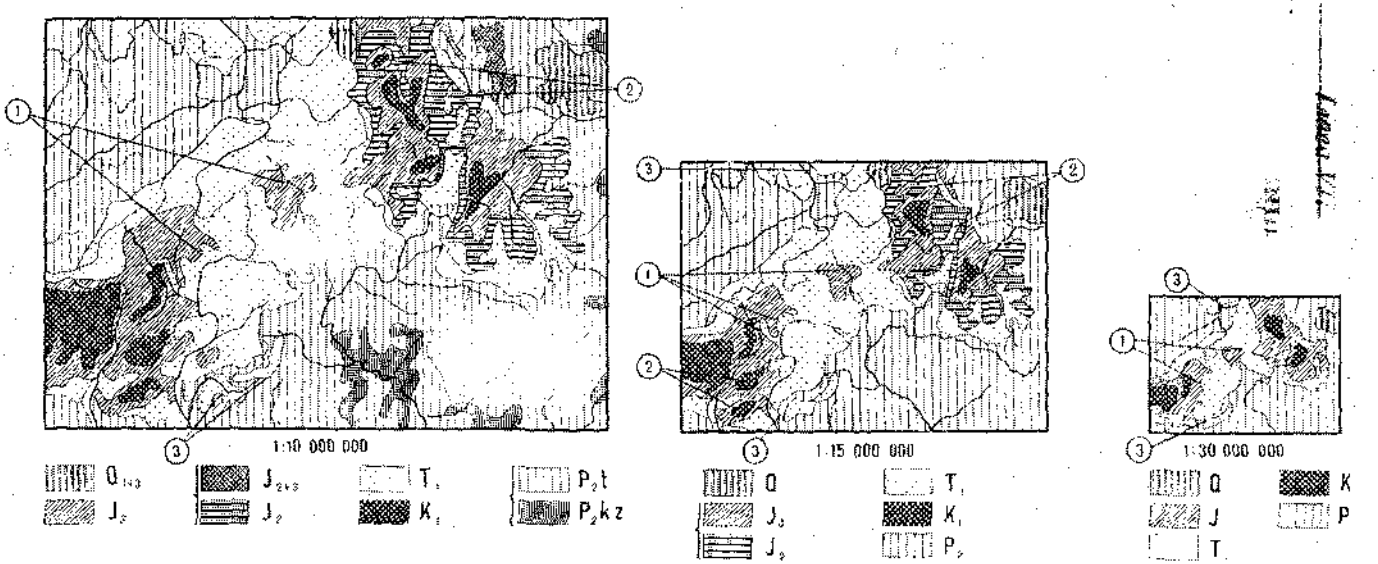


Рис. 7.3. Различные проявления генерализации на геологической карте.

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

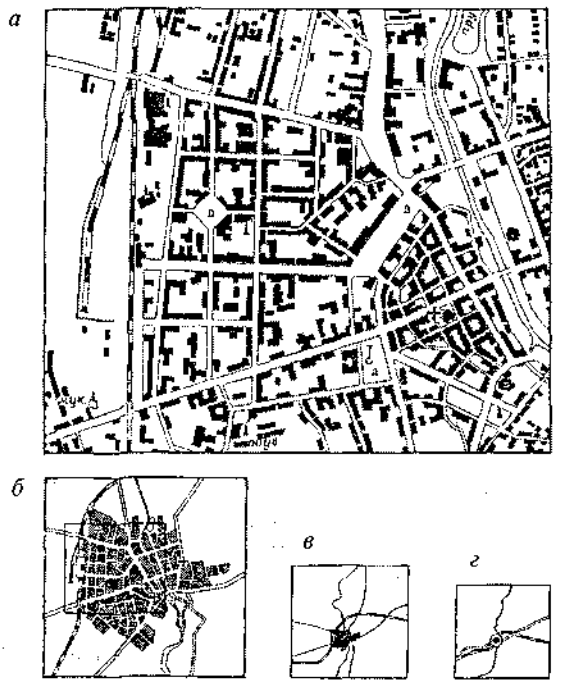


Рис. 7.4. Генерализация населенного пункта. Последовательная замена отдельных объектов (здания — *а*) собирательными знаками (кварталы, общий контур города — *б*, *в*) и абстрактным значком (пунсон — *г*).

жает 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. 7.4). При генерализации геоморфологической карты знаки отдельных карстовых форм могут быть заменены общим контуром распространения карстовых процессов, на



зоогеографических картах гнездовья птиц — обобщенным контуром 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. разд. 7.2). Скажем, при переходе от топографических карт масштаба 1:200 000 к картам масштаба 1:500 000 норма нагрузки населенными пунктами в густонаселенных районах составляет ⅓ (т.е. на генерализованной карте сохраняется только третья часть населенных пунктов), на менее заселенных территориях — ½, 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*** 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 сгла-

живанию. 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 могут быть объединены в один ареал, мелкие участки леса — присоединены к крупному контуру и т.п.

Смещение элементов изображения связано обычно с обобщением очертаний и объединением контуров, при которых неизбежны небольшие сдвиги некоторых объектов относительно их истинного положения. Например, спрямление береговой линии и исключение мелких заливчиков приводит к тому, что некоторые прибрежные поселки оказываются как бы отодвинутыми от берега, тогда необходимо их сместить и «придвинуть» к морю. Смещение часто происходит при рисовке рельефа, когда укрупняют высоту сечения 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. 7.5 показано, как в ходе генерали-

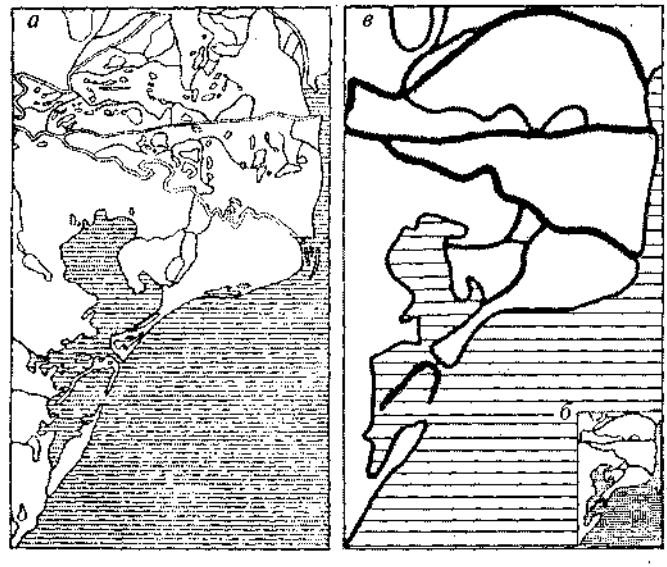


Рис. 7.5. Генерализация контуров дельты р. Дуная.

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.

зации дельты реки спрямлены очертания основного русла, исключены одни протоки и утрированы другие (возможно, судоходные), обобщены очертания кос и лиманов. Обобщение одних элементов влечет изменение других, и все это тесно взаимосвязано.

7.4. Геометрическая точность и содержательное подобие

Геометрическая точность карты — это степень соответствия положения объектов на карте их действительному положению на местности. Нарушение геометрической точности ведет к смещению 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 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. 7.6 и 7.7), исключение или объединение некоторых объектов, утрирование характерных деталей — все это не может не сказаться на 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 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 рельефа 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.

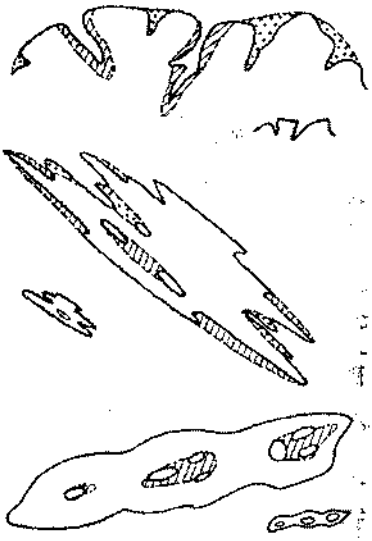


Рис. 7.6. Смещения при генерализации контуров.

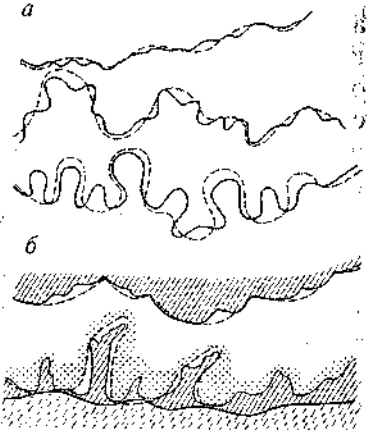


Рис. 7.7. Нарушение геометрической точности при обобщении извилистых рек (*а*) и береговых линий (*б*).

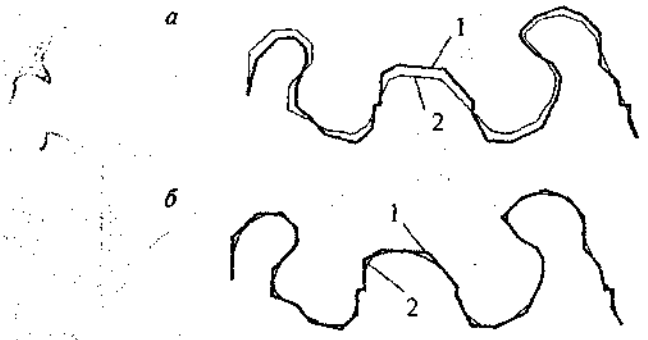


Рис. 7.8. Автоматическая генерализация извилистой линии с помощью алгоритма «скользящего среднего» (*а*) и алгебраической аппроксимации (*б*).

1 — исходная линия; 2 — сглаженная линия.

На мелкомасштабных гипсометрических картах хорошо видны типы рельефа, особенно четко проявляются макроформы земной поверхности, но эти карты малопригодны для вычисления морфометрических показателей, например углов наклона местности.

Еще более возрастают сдвиги, смещения и иные искажения при автоматической генерализации, когда обобщение проводят 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. 7.8). 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 снятия точных координат.

7.5. 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 требуют 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, выполняются 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 между картографируемыми объектами. При генерализации обязательно учитывают 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 отложе-

ний, 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.

7.6. 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 заменяются общим значком месторождения, а далее — знаком ареала нефтяного бассейна).

Переходя к укрупненным интервалам, важно сохранять характерные ступени. Например, в США к городам относят населенные пункты с числом жителей более 2500 человек, а в Индии — более 5000. 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 и т.п.). При генерализации векторов и полос движения неизбежны отбор только главных направлений и обобщение количественных характеристик (например, объемов и структуры грузопотоков).

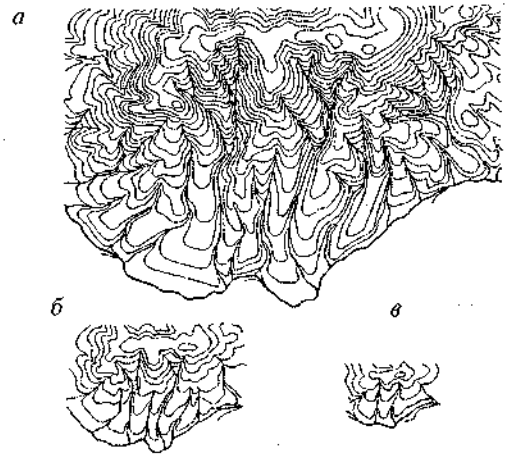


Рис. 7.9. Последовательная генерализация рельефа в горизонталях, сопровождаемая укрупнением высоты сечения и исключением деталей эрозионного расчленения.

а — исходное изображение в масштабе 1:200 000; *б* и *в* — соответственно изображения в масштабах 1:500 000 и 1:1 000 000.

Объекты сплошного распространения изображают с помощью изолиний, качественного и количественного фонов и ареалов. Для изолинейных изображений наиболее актуальны обобщение рисунка изолиний и укрупнение шкал высот сечения. При умелом обобщении рельефа (рис. 7.9) его морфологические особенности сохраняются 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, смещение и утрирование некоторых выделов и т.п. Большое значение имеет цензовый отбор. Малые контуры лесов, озер, болот, ландшафтные выделы исключаются. Однородные контуры объединяются в более крупные или заменяются общим знаком ареала.

При генерализации явлений, показанных способом качественного фона, на первый план выступает укрупнение качественных градаций, т.е. обобщение классификации изображаемых явлений, замена дробных подразделений более крупными. Хорошо известно, например, что на крупномасштабных геологических картах подробно показываются свиты и серии разновозрастных пород, по мере перехода к более мелким масштабам они обобщаются в

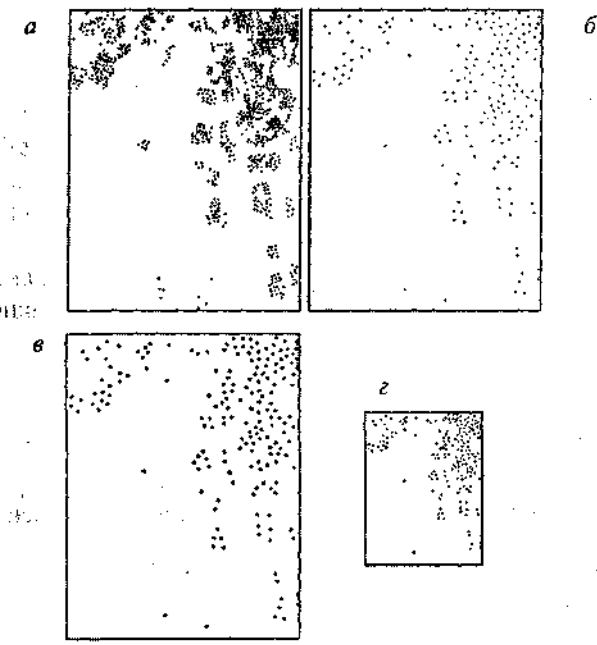


Рис. 7.10. Этапы процесса генерализации явления, показанного точечным способом.

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).

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. 7.10). Если же явление показано знаками ареалов, то можно сократить дробность подразделений, укрупнить контуры ареалов, провести их слияние.

Глава VIII

Типы географических карт

8.1. Аналитические карты

Аналитические карты отображают одно явление или какую-либо его характеристику (одно свойство). 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. 8.1 приведена карта сельскохозяйственного использования земель Новосибирской области, характеризующая их только в одном аспекте — по распаханности. Таким образом, аналитическая карта не ставит задачу дать целостное представления об объек-

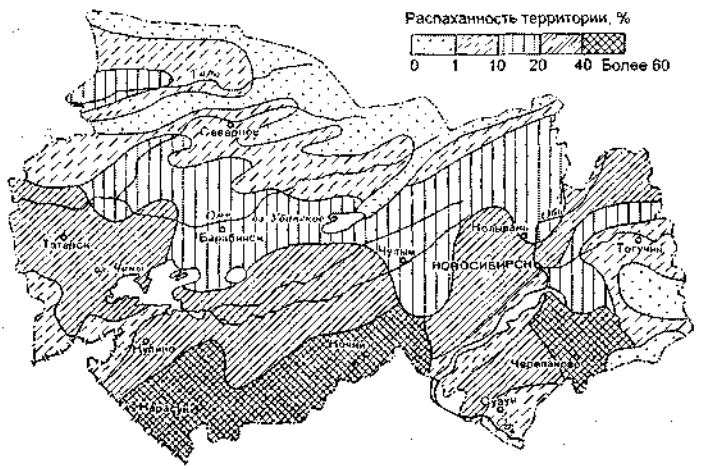


Рис. 8.1. Аналитическая карта. Распаханность территории Новосибирской области.



те, она как бы вычленяет один из его аспектов (в данном случае распаханность территории) и только ему посвящена.

Сила аналитического картографирования в том, что оно позволяет как бы «расчленить» объект на составные части, обособленно рассмотреть их и 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 мелкие особенности и детали. Так, изучая рельеф, применяют все более «тонкие» методы математического моделирования, получая все более детальные аналитические карты, например карты горизонтальной и вертикальной кривизны поверхности, вторых производных, характеризующих скорость изменения уклонов, 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.

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.

8.2. Комплексные карты

Комплексные карты совмещают изображение нескольких элементов близкой тематики, набор характеристик (показателей)

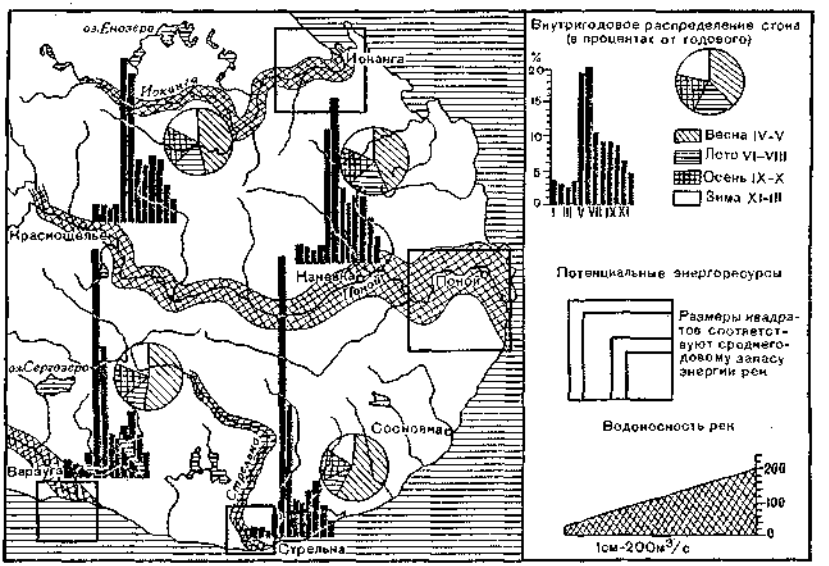


Рис. 8.2. Комплексная карта. Водоносность рек, распределение стока и потенциальные энергоресурсы восточной части Кольского полуострова.

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 — сток в речном бассейне и потенциальные энергоресурсы.

На рис. 8.2 приведена комплексная карта, на которой изображение внутригодового распределения речного стока и водоносности рек совмещено с характеристикой потенциальных ресурсов гидроэнергии. Каждая характеристика дается в своей системе показателей, но показ на одной карте двух, трех и более тем позволяет читателю рассматривать их в комплексе, 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, другая — яркими цветными линиями), но три системы изолиний уже не читаются. Аналогично можно дать на карте две картограммы (одну — цветовой шкалой, 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 — весь комплекс объектов, характеризующих местность. Другой, не менее яркий пример — метеорологические карты, где на фоне изобар и линий атмосферных фронтов показаны метеоэлементы: температура воздуха и почвы, влажность воздуха, направление и скорость ветра, количество и вид осадков, облачность и др. — в совокупности они отражают погодные условия.

8.3. 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 температуре, осадках, скорости ветра и т.п. ***Чаще всего синтетические карты отражают типологическое районирование территории по комплексу показателей.*** Таковы карты ландшафтные, инженерно-геологического, сельскохозяйственного районирования (рис. 8.3) и т.п.

Синтетические карты обычно создают путем интеграции данных, отраженных в сериях аналитических картах. При небольшом числе синтезируемых показателей это можно делать вручную, но в более сложных случаях необходимо использовать методы математического моделирования. Наиболее употребительны ***модели факторного*** и ***компонентного анализов***. Они предусматривают вычислительные процедуры, дающие компактное интегральное описа-

ние 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 многие другие — всего может быть взято до 20—30 параметров. Факторный анализ позволяет 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 факторов выделяют территории благоприятные, малоблагоприятные и неблагоприятные для строительства дорог. Эти интегральные данные и составляют содержание синтетической карты.



Рис. 8.3. Синтетическая карта. Зоны специализации сельского хозяйства на юге Азербайджана.

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 (ГИС), оперирующих одновременно десятками слоев информации. ГИС включают специальные процедуры для синтеза данных. В частности, это дало импульс широкому развитию синтетического эколого-географического картографирования условий жизни населения на основе учета комплекса 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 — 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 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. Например, 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, что степень синтеза всегда возрастает с уменьшением масштаба карты, с переходом от показа отдельных объектов к изображению собирательных понятий. Иначе говоря, ***уровень синтеза находится в определенной зависимости от степени генерализации картографического изображения***.

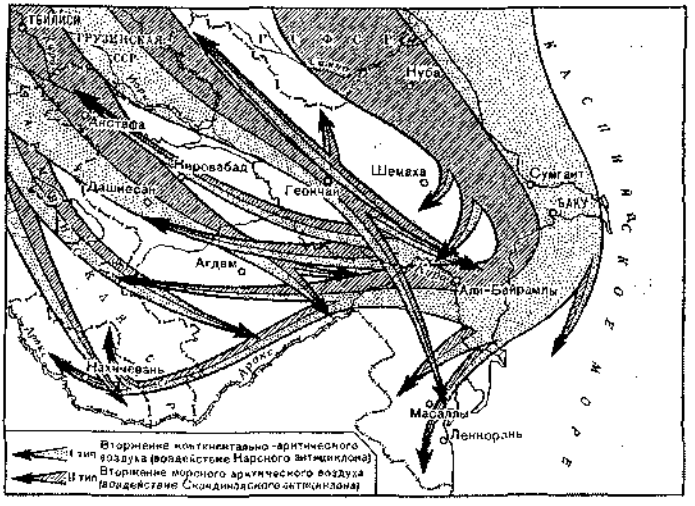


Рис. 8.4. Карта динамики. Основные типы синоптических процессов в Азербайджане.

8.4. 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. 8.4). Карты динамики составляют по прямым натурным наблюдениям за перемещением 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, и 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 создания карт взаимосвязей часто прибегают к математико-статистическим расчетам, вычисляют коэффициенты корреляции или иные показатели связи (см. разд. 13.3, рис. 13.10). Такие карты часто составляют путем районирования территории по степени взаимосвязи явлений и т.п.

8. 5. Функциональные типы карт

В современной тематической картографии постоянно идет разработка все новых типов карт, с тем чтобы наиболее полно удовлетворять научные и практические запросы пользователей. Созданы 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 опись 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. 8.5), трудоспособного населения, пастбищ и пахотных земель и т.п.

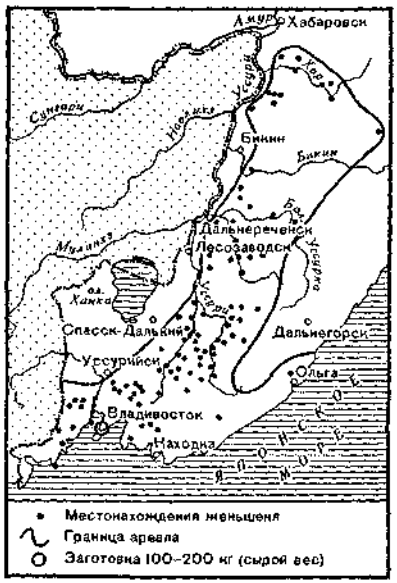


Рис. 8.5. Инвентаризационная карта. Распространение женьшеня в Приморском крае.

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. 8.6), граж-

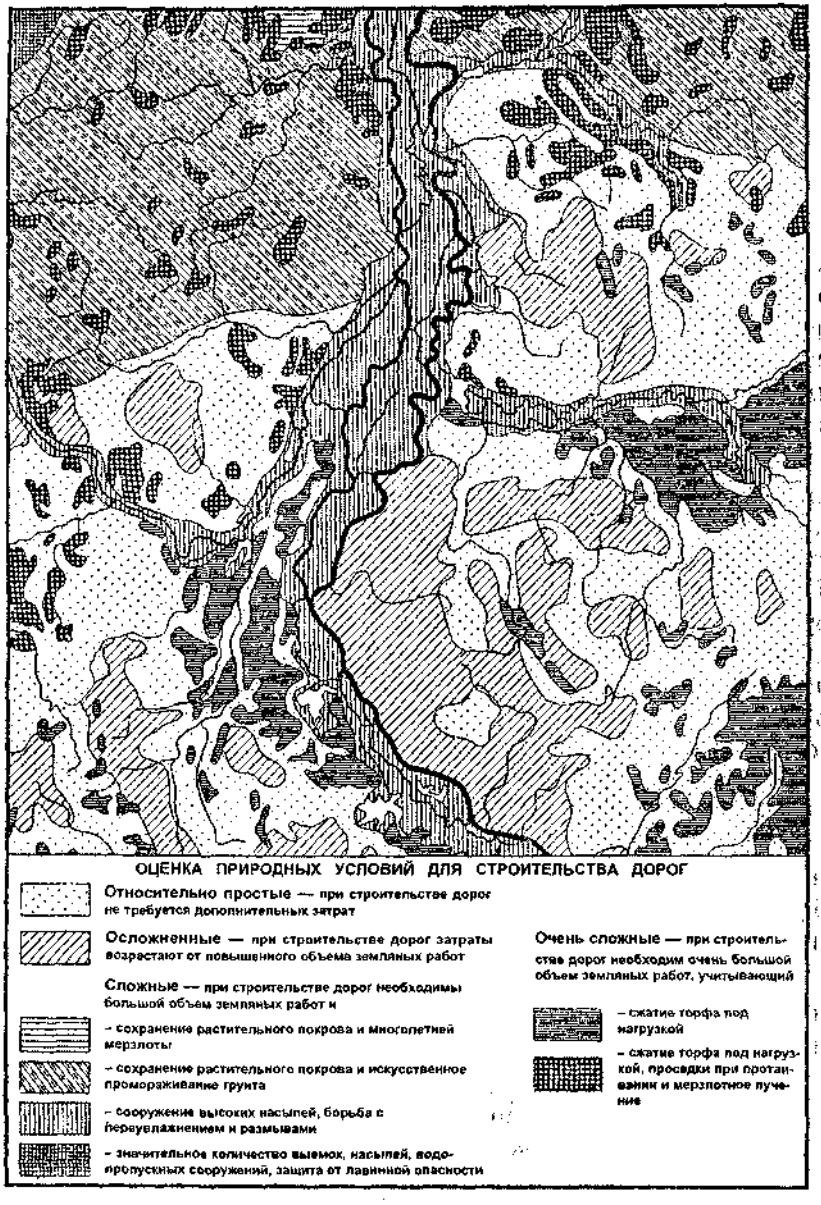


Рис. 8.6. Оценочная карта. Оценка природных условий для строительства дорог в центральной части Западной Сибири.

данского строительства, сельскохозяйственного освоения, разработки нефтяных и газовых месторождений, анализа 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 (например, рельефа для целей мелиорации или почв для земледелия), и общие оценочные карты (например, оценки природных условий для жизни населения).

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 их 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 зоогеографические — при выявлении потенциальных ареалов болезней. Таким образом, по сути индикационные карты близки к прогнозным.

Прогнозные карты отражают неизвестные, не существующие в настоящее время или недоступные для непосредственного изучения явления и процессы. Такие карты могут отражать:

- ***прогнозы во времени*** (синоптическая ситуация на завтрашний день, состояние окружающей среды через пять лет и т.п.);
- ***прогнозы в пространстве*** (оценка нефтегазоносности территории, строение недр Луны и др.).

Таким образом, содержание прогнозных карт не ограничивается предсказанием будущего, на них можно показать и существу-

ющее в настоящее время, но ще неизвестное или не изу-енное явление, например за-жи нефти и газа, которые, роятно, имеются, но еще не крыты (рис. 8.7).

Существует деление прогнозных карт по охвату территории (глобальные, региональные, локальные прогнозы), по тематике (карты прогноза природных и трудовых ресурсов, вредных и опасных природно-техногенных явлений, социально-экономического развития территории и др.). Кроме того, различают карты, содержащие краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный прогнозы. Надо, однако, отчетливо представлять относительность этого деления. Например, краткосрочный прогноз изменений ландшафта дается 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:

- ***карты предварительного прогноза***, которые составляют без знания всех условий и взаимосвязей, на основе приблизительных аналогий, по неполным или недостаточным

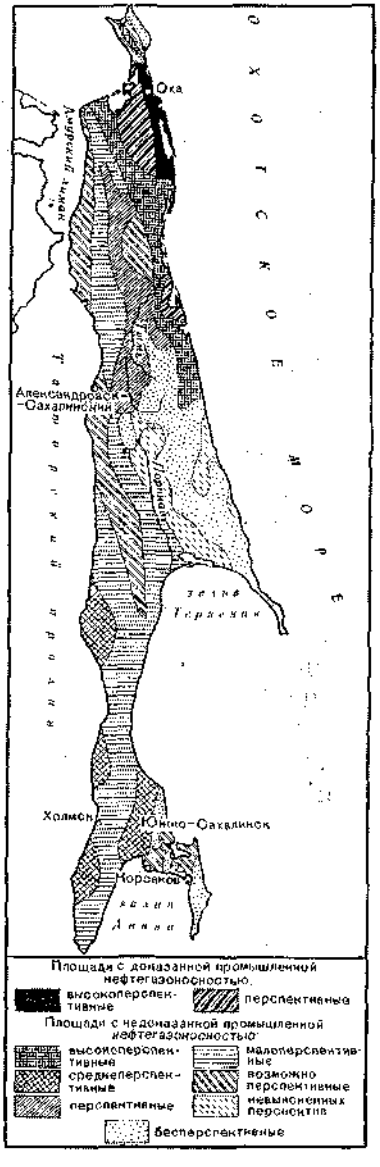


Рис. 8.7. Прогнозная карта. Прогноз нефтегазоносности острова Сахалин.

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, время наступления и интенсивность проявления 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, которые следует провести на данной территории для достижения какой-либо практической цели. Примерами карт этого типа служат карты мелиораций (рис. 8.8), мероприятий по оздоровлению местности, предлагаемых противоэрозионных, противолавинных, природоохранных мер и т.п.

8.6. 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-просветительских целей, получения справочных сведений и многого 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

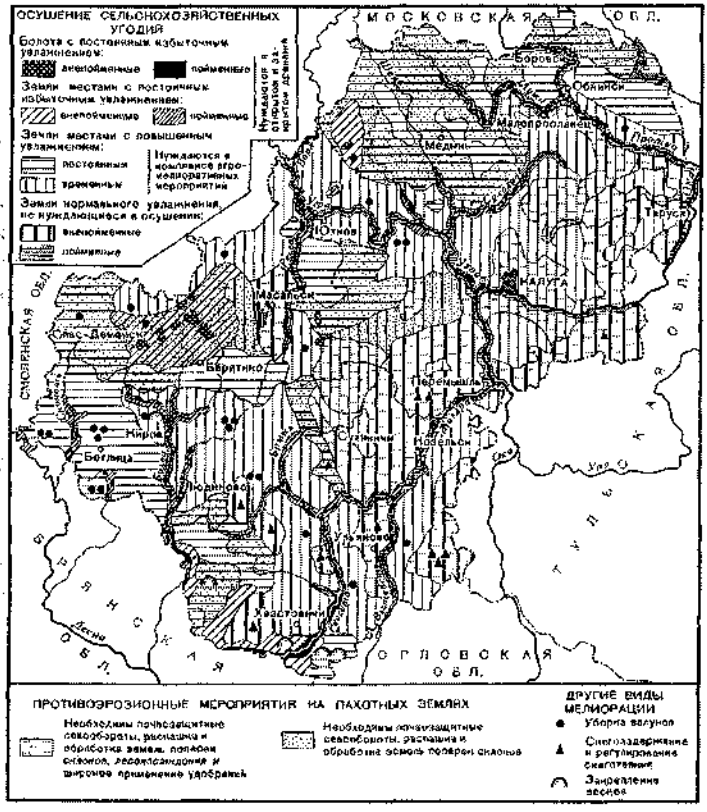


Рис. 8.8. Рекомендательная карта. Мелиорация земель Калужской области.

(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, про-

стое, 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 достопримечательным местам (архитектурным и историческим памятникам, заповедникам, паркам, музеям 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.

8. 7. Системы карт

Разные типы и виды карт образуют в совокупности закономерные системы, серии (наборы). 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 отметим 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 отличаются разной 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 настенных 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 создать 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. В целом новая серия карт для высшей школы — это ценнейший фонд картографических документов, отражающих облик нашей планеты. Кроме того, она дает 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 IX

Географические атласы

9.1. 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 фактических 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 комплексного изучения и оценки территории, углубленных научных исследований, составления планов освоения природных ресурсов и прогноза последствий вмешательства человека в окружающую среду, 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 изящному оформлению карты атласов очень информативны, несмотря на мелкие масштабы. Особое внимание уделяется справочному аппарату, подробным указателям географических названий и т.п. По-

добно другим энциклопедическим изданиям, атласы могут быть специализированными или иметь многоцелевое назначение.

9.2. 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. 9.1).

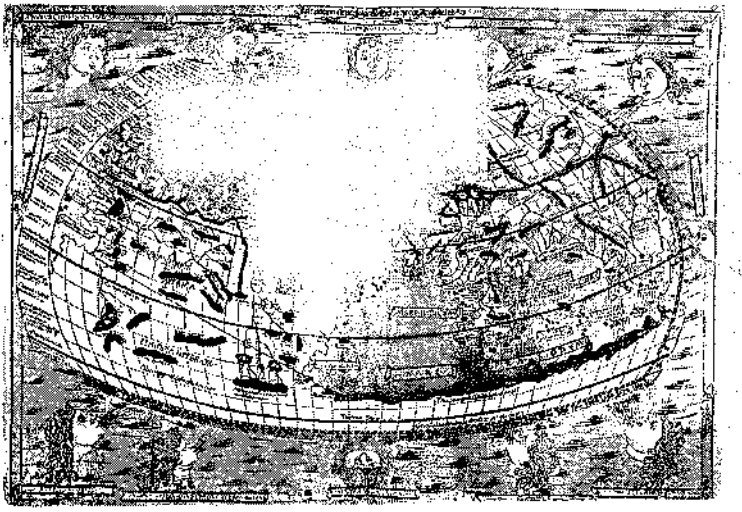


Рис. 9.1. Одна из латинизированных репродукций карты мира из атласа Клавдия Птолемея. Издание 1492 г.

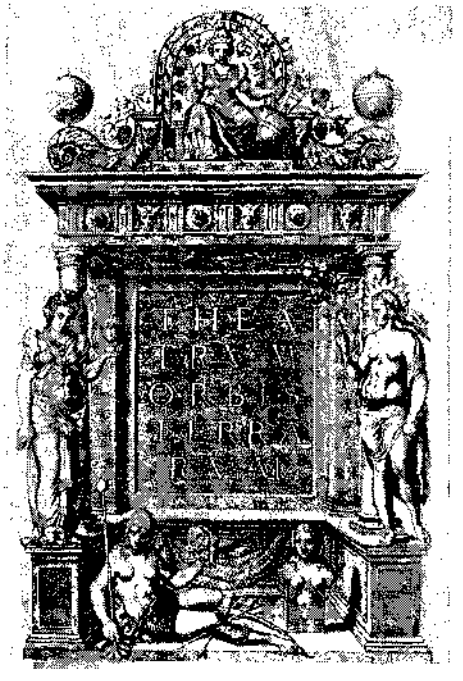


Рис. 9.2. Титульный лист атласа А. Ортелия, изданного в Антверпене в 1570 г.

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 заливами. 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 «Зрелище 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. 9.2), алфавитным списком стран и указателем географических названий.

Первый атлас в современном его понимании был создан «королем картографов» Герардом Меркатором. Карты были составле-

вы по новейшим источникам, отчетам экспедиций, географическим описаниям, 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. Всего в них вошло около 80 карт европейских стран. Уже после смерти великого картографа труд был завершен его сыном Румольдом и издан в 1595 г. под названием «Атлас, или Космографические соображения о сотворении мира и вид сотворенного» (рис. 9.3). Так впервые в картографии появилось название «атлас». Оно происходит от имени легендарного мавританского царя Атласа — покровителя наук, философа и картографа, изготовившего первый небесный глобус. Название прочно закрепилось в науке, и даже не только в картографии. Есть, например, атласы растений, животных, атласы облаков и анатомические атласы.



Рис. 9.3. Титульный лист атласа Г. Меркатора. 1595 г.

В России карты называли чертежами, а атласы «чертежными книгами» или «розмерными книгами». В описи архива Ивана Грозного упоминается множество чертежей Русского государства, но почти ничто 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.



Рис. 9.4. Титульный лист «Чертежной книги Сибири» С. У. Ремезова. Издан в Тобольске в 1701 г.

Больше повезло сибирским чертежам. Уцелели «Чертежная книга Сибири», составленная в 1701 г. Семеном Ульяновичем Ремезовым — знаменитым картографом, жившим и умершим в Тобольске. Это атлас большого формата, содержащий два общих чертежа Сибири и 21 чертеж ее частей (рис. 9.4). 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. 9.5. 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 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 подготовить к изданию и напечатать всего 37 из них.

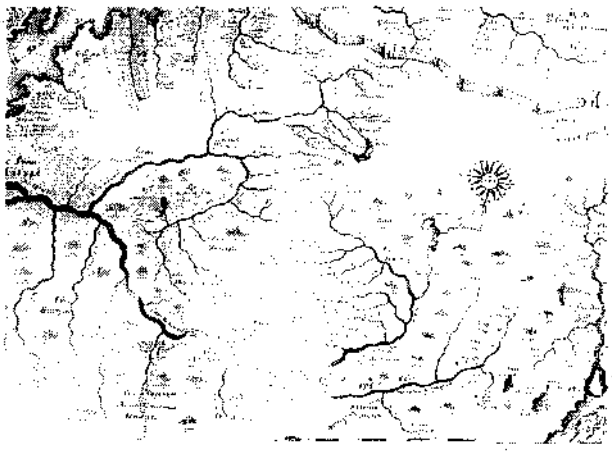


Рис. 9.5. Часть чертежа из атласа С. У. Ремизова.

9.3. Виды атласов

Подобно картам, атласы подразделяют ***по пространственному охвату***, выделяя атласы планет (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 полушарие (Атлас обратной стороны Луны), атласы группы стран (Атлас Дунайских стран), небольших территорий и акваторий (Атлас Южного берега Крыма, Атлас озера Байкал).

По содержанию атласы подразделяют следующим образом:

Атласы общегеографические

Атласы физико-географические:

геологические
геофизические
климатические
океанологические
гидрографические
почвенные
ботанические
зоогеографические
медико-географические
комплексные физико-географические

Атласы социально-экономические:

населения
промышленности
сельского и лесного хозяйства
культуры
политико-административного деления
комплексные социально-экономические

Атласы эколого-географические:

факторов воздействия на среду и отдельные ее компоненты
последствий воздействия и загрязнения среды
экологических ситуаций
условий жизни населения
экологической безопасности

Атласы исторические:

Древнего мира
средних веков
новейшей истории
военно-исторические

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.

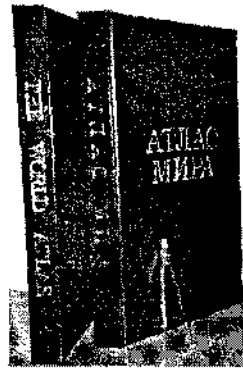


Рис. 9.6. Два тома Атласа Мира (3-е изд., 1999), изданного на русском и английском языках.

Прекрасным примером картографических произведений этого типа стал упоминавшийся выше (разд. 6.8) российский справочный Атлас Мира, вышедший 3-м изданием в 1999 г. (рис. 9.6). 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 нем помещены также карты крупнейших городов мира. Масштабы основных карт — от 1:1 250 000 до 1:7 500 000. Карты ре-



Рис 9.7. Комплексный научно-справочный Атлас Океанов.
Тома «Атлантический и Индийский океаны», «Тихий океан» и «Ледовитый океан».

гионов России приведены в масштабе 1:2 500 000, а в некоторых случаях — 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 др. 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. 9.7), Физико-географический атлас мира (1964), Атлас снежно-ледовых ресурсов мира (1997) и др.

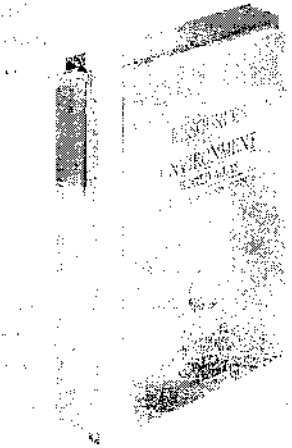


Рис. 9.8. Атлас «Природа и ресурсы мира».

Выдающимся произведением российской и мировой картографии стал атлас «Природа и ресурсы мира», созданный Российской академией наук в 1999 г. (рис. 9.8). Над ним почти 10 лет



Рис. 9.9. Атласы краеведческого типа.

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, краеведам, охотникам и рыболовам. Поэтому в атласы включают лишь основные карты природы и экономики, зато дополняют их 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. 9.9).

Четко выделяется группа ***учебных атласов***, ориентированных на применение в начальной, средней и высшей школах (рис. 9.10).



Рис. 9.10. Учебные атласы.

Набор карт в таких атласах, степень их подробности и глубина раскрытия тем определяются соответствующими учебными программами.

В последние годы большую популярность приобрели ***туристские и дорожные атласы***. Они нужны автолюбителям, спортсменам, туристам (рис. 9.11). В них подробно показывают туристские объекты, сеть автомобильных и железных дорог, размещение кемпингов и мотелей, пешеходные, водные и иные туристские маршруты.

Особую группу составляют ***военные*** и ***военно-исторические атласы***, предназначенные для высшего командного состава и офицеров 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 ***мини-***

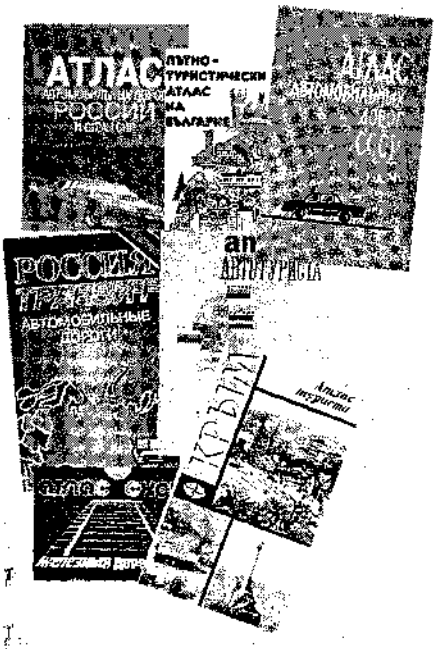


Рис. 9.11. Дорожные атласы.

атюрные атласы, и эти последние более всего ценятся 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. Национальные атласы некоторых стран издаются 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, размещенные в сетях телекоммуникации (см. разд. 14.8 и 15.3).

9.4. 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 рекомендации по созданию 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 труда, 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 — 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 — 1:15 000 000, другие карты России будут иметь более мелкие масштабы — от 1:20 000 000 до 1:60 000 000, а карты регионов и субъектов Федерации — от 1:1 000 000 до 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 России — крупнейший научный проект, и его реализация займет не один год. Одновременно должен быть организован Российский национальный информационно-картографический центр, где будет сосредоточиваться и постоянно обновляться вся необходимая пространственная информация.

9.5. 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. На аналитических картах 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 всех карт с основной, а таксономическая соподчиненность элементов содержания каждой карты обеспечивается логикой ее легенды и подбором изобразительных средств — тем самым моделируется иерархия компонентов геосистемы.

Взаимодействие компонентов геосистем 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 интеграцию 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 информация дается в систематизированном, формализованном и единообразном виде. Именно благодаря этому ***атлас является геоинформационной системой***, он служит прообразом современной компьютерной ГИС (см. разд. 14.1, 14.2). Более того, ГИС нередко создают на основе атласов.

9.6. 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 надо составлять 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 изображе-



нии 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 временно́му 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 длятся 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 X

Источники для создания карт и атласов

10.1. 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 источников выступают как основные, а другие оказываются дополнительными и вспомогательными. Например, для карт экономико-географических основными источниками могут служить данные статистической отчетности, а фотогеологических — материалы полевой геологической съемки, аэро- и космические снимки.

Различают источники современные, отражающие нынешнее состояние картографируемого объекта, и старые, показывающие его прошлые состояния или ранние стадии изученности. В некото-



рых 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, уровню обобщения, степени генерализации и другим характеристикам, которые привносятся в процессе обработки.

10.2. Астрономо-геодезические данные

К этому виду источников относят результаты астрономических наблюдений, гравиметрических измерений, данные триангуляции и трилатерации, полигонометрии, нивелирования на местности. Они необходимы, прежде всего, для создания координатной 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 позиционирующие системы (ГПС)***. 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. ГПС позволяют определять координаты любой точки на местности автономно, без наземных геодезических измерений и прокладки ходов между пунктами триангуляции.

Изобретение ГПС ознаменовало революционное изменение всей системы геодезических измерений и открыло принципиально новые возможности информационного обеспечения картографиро-

ления. 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 существует около 370 тыс. действующих пунктов геодезической сети, при введении ГПС 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.

10.3. 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.

Вся территория России покрыта топографическими картами масштабов 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 закартографирована в масштабе 1:2 500. Вся планета охвачена международными картами масштабов 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 каркаса, относительно которого выполняют нанесение и последующую увязку тематического содержания составляемой карты, а также 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 создания 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 необходимы карты расселения и т.д. А для получения синтетических карт районирования и оценки территории в качестве источников часто используют 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 оценку, содержат рекомендации по рациональному использованию и охране природных ресурсов. Таковы карты кадастра земельного, городского, полезных ископаемых, лесного, водного, промыслового и др.

10.4. Данные дистанционного зондирования

Материалы дистанционного зондирования получают в результате неконтактной съемки с летательных воздушных и космических аппаратов, судов и подводных лодок, наземных станций. Некоторые виды дистанционного зондирования схематически изображены на рис. 10.1. Получаемые документы очень разнообразны по масштабу, разрешению, геометрическим, спектральным и иным свойствам. Все зависит от вида и высоты съемки, применяемой аппаратуры, а также от природных особенностей местности, атмосферных условий и т.п.

Главные качества дистанционных изображений, особенно полезные для составления карт, — это их высокая детальность, одновременный охват обширных пространств, возможность получения повторных снимков и изучения труднодоступных территорий. Благодаря этому данные дистанционного зондирования нашли в

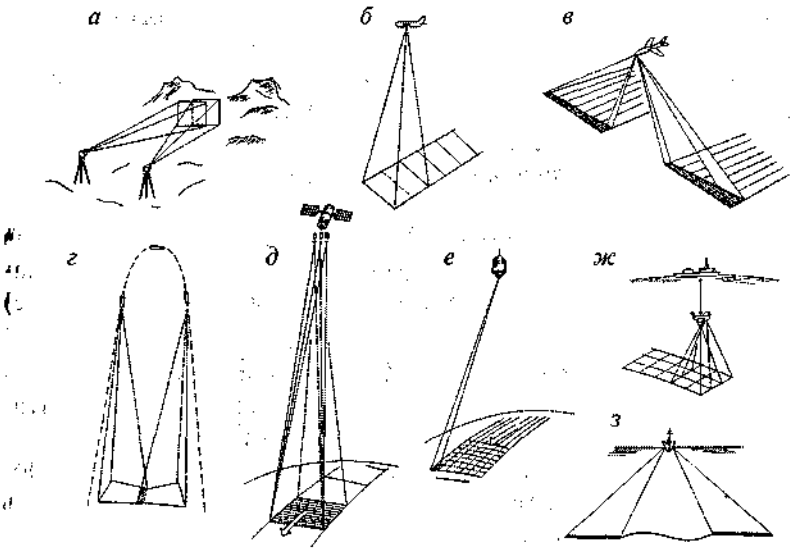


Рис. 10.1. Виды дистанционного зондирования.

а — наземная фототеодолитная съемка; *б* — аэрофотосъемка; *в* — радиолокационная съемка бокового обзора; *г* — съемка с ракеты; *д* — видиконная космическая съемка; *е* — сканерная космическая съемка; *ж* — подводная фотосъемка; *з* — подводная гидролокация бокового обзора.

картографии разнообразное применение: их используют для составления и оперативного обновления топографических и тематических карт, картографирования малоизученных и труднодоступных районов (например, высокогорий). Наконец, аэро- и космические снимки служат источниками для создания общегеографических и тематических фотокарт (см. разд. 11.5).

Съемки ведут в видимой, ближней инфракрасной, тепловой инфракрасной, радиоволновой и ультрафиолетовой зонах спектра. При этом снимки могут быть черно-белыми зональными и панхроматическими, цветными, цветными спектрозональными и даже — для лучшей различимости некоторых объектов — ложноцветными, т.е. выполненными в условных цветах. Следует отметить особые достоинства съемки в радиодиапазоне. Радиоволны, почти не поглощаясь, свободно проходят через облачность и туман. Ночная темнота тоже не помеха для съемки, она ведется при любой погоде и в любое время суток.

Фотографические снимки — это результат покадровой регистрации собственного или отраженного излучения земных объектов на светочувствительную пленку. Аэрофотоснимки получают с самолетов, вертолетов, воздушных шаров, космические снимки — со спутников и космических кораблей, подводные — с подводных судов и барокамер, опускающихся на глубину, а наземные — с помощью фототеодолитов.

Кроме одиночных плановых снимков в качестве источников используют стереопары, монтажи, фотосхемы и фотопланы, панорамные снимки и фотопанорамы, фронтальные (вертикальные) фотоснимки и др.

В отличие от фотографических, ***телевизионные снимки*** и телепанорамы получают путем регистрации изображения на светочувствительных экранах передающих телевизионных камер (видиконов). Съемка с борта самолета или со спутника захватывает довольно большую полосу местности — шириной от 1 до 2 тыс. км в зависимости от высоты полета и технических характеристик съемочной системы. Высокоорбитальные спутники позволяют получать изображение всей планеты в целом и в режиме реального времени передавать его на наземные пункты приема дистанционной информации. Поэтому телевизионная съемка удобна для оперативного картографирования и слежения (мониторинга) за земными объектами и процессами. Однако по своему разрешению и величине геометрических искажений телевизионные изображения уступают фотоснимкам.

Телевизионные снимки бывают узко- и широкополосными, они охватывают разные зоны спектра, могут иметь разную развертку и т.п. Особый вид источников — фототелевизионные снимки, в которых детальность фотографий сочетается с оперативностью передачи изображений по телевизионным каналам.

Наиболее широко в картографировании используют ***сканерные снимки***, полосы, «сцены», получаемые путем поэлементной и построчной регистрации излучения объектов земной поверхности. Само слово «сканирование» означает управляемое перемещение луча или пучка (светового, лазерного и др.) с целью последовательного обзора (осмотра) какого-либо участка.

В ходе съемки с самолета или спутника сканирующее устройство (качающееся зеркало или призма) последовательно, полоса за полосой, просматривает местность поперек направления движения носителя. Отраженный сигнал поступает на точечный фо-

топриемник, и в результате получаются снимки с полосчатой или строчной структурой, причем строки состоят из небольших элементов — пикселов. Каждый из них отражает суммарную усредненную яркость небольшого участка местности, так что детали внутри пиксела неразличимы. Пиксел — это элементарная ячейка сканерного изображения.

При полете съемка ведется постоянно, и поэтому сканирование охватывает широкую непрерывную полосу (или ленту) местности. Отдельные участки полосы называют сценами. В целом сканерные изображения уступают по качеству кадровым фотографическим снимкам, однако оперативное получение изображений в цифровой форме имеет громадное преимущество перед другими видами съемки.

Существует ряд модификаций сканерной съемки, дающих изображения с иными геометрическими и радиометрическими свойствами. Так, сканирующие устройства с линейками полупроводниковых приемников обеспечивают съемку сразу целой строки, причем она получается в проекции, близкой к центральной, что существенно уменьшает геометрические искажения. На этом принципе основана съемка с помощью многоэлементных линейных и матричных приемников излучения (приборов с зарядовой связью — ПЗС). Они дают возможность получать по каналам радиосвязи снимки очень высокого разрешения на местности — до нескольких метров.

Для картографирования обширных территорий используют монтажи сканерных снимков и даже особые сканерные «фотопортреты», которые передают облик крупных участков планеты, материков и стран так, как они видны из космоса.

Радиолокационные снимки получают со спутников и самолетов, а ***гидролокационные снимки*** — при подводной съемке дна озер, морей и океанов. Бортовые радиолокаторы бокового обзора, установленные на аэро-, космических и подводных носителях, ведут съемку по правому и левому бортам перпендикулярно к направлению движения носителя.

Благодаря боковому обзору на снимках прекрасно проявляется рельеф местности, отчетливо читаются детали его расчленения, характер шероховатости. При съемке океанов хорошо видно волнение водной поверхности. Радиолокация позволила впервые подробно картографировать рельеф далеких планет.

Среди новых видов локационных изображений отметим снимки, получаемые в ультрафиолетовом и видимом диапазонах с по-



мощью лазерных локаторов — лидаров. Непрерывное техническое совершенствование сканерных и локационных систем, множественность съемочных диапазонов, возможности их широкого комбинирования — все это создает поистине неисчерпаемое разнообразие источников для тематического картографирования.

Особое значение для картографирования имеет ***многозональная съемка***. Суть ее в том, что одна и та же территория (или акватория) одновременно фотографируется или сканируется в нескольких сравнительно узких зонах спектра. Комбинируя зональные снимки, можно получать так называемые ***синтезированные изображения***, на которых наилучшим образом проявлены те или иные объекты. Например, подбирая разные сочетания, можно добиться наилучшего изображения водных объектов, геологических отложений определенного минералогического состава, разных пород леса, сельскохозяйственных угодий под теми или иными культурами и т.п. Поэтому материалы многозональной съемки — ценнейший источник, в особенности для составления тематических карт.

10.5. 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 данных натурных наблюдений различна. При гидрографических наблюдениях это результаты измерений, которые заносят в журналы и таблицы, при физико-географических исследованиях — описания, фиксируемые в дневниках и отчетах, фотографии и схемы, при геолого-геоморфологических исследованиях — профили, разрезы, данные бурения скважин, описания шурфов 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 охватить 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.

10.6. Гидрометеорологические наблюдения

Для многих видов картографирования широко используют результаты наблюдений, проводимых на метеорологических, гидрологических и океанологических станциях и постах. Это данные регулярных измерений 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 гидрометеорологических и океанологических данных созданы международные организации: Всемирная служба погоды и Объединенная глобальная система океанических станций (ОГСОС), где получаемую информацию обрабатывают, контролируют и накапливают на носителях информации.

10.7. 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 ведут 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, сфер 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 единообразие информации.

Экономико-статистические данные используют не только для непосредственного нанесения на карты, но и для расчета производных показателей, выполнения сводных характеристик и синтетических оценок. Они, в свою очередь, становятся источниками для составления синтетических социально-экономических карт.

10.8. 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 формализованы и не имеют точной координатной привязки, но зато обладают образностью и обзорностью, необходимыми для создания представления о картографируемом 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, с помощью математических зависимостей, описывающих закономерности изменения температуры воздуха с высотой, строят линии изотерм в труднодоступных высокогорных районах, слабо обеспеченных фактическими метеонаблюдениями.

10.9. 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 избранных 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 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 использования данной карты для количественных определений с заданной точностью. В свою очередь, выбор масштаба и проекции должен отвечать географическому положению территории на земном шаре, назначению и тематике карты, условиям ее использования и т.п. (см. разд. 3.7).

Важно иметь в виду, что 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, — соблю-

дение географических правил генерализации (см. разд. 7.5), 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, особенно социально-экономических, на содержание которых могут заметно влиять политические интересы составителей.

Оценка полноты и современности карты прежде всего 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. 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 их 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 способны 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 на местности (появление новых поселков, дорог, изменение административных границ, присвоение новых названий и т.п.). Для тематических карт старение часто происходит вследствие накопления новых знаний об объекте, изменения концепций (например, принципов районирования), проведения новых съемок (скажем, детальных дистанционных съемок мало изученных прежде территорий). Периодическое сличение с дежурными картами позволяет оценить современность данной карты и провести ее обновление.

Оценка геометрической точности карты характеризует величины погрешностей, возникающих при измерении по картам длин, площадей, углов и иных картометрических характеристик. Эти погрешности появляются в результате совокупного влияния:

- погрешностей положения пунктов геодезической основы;
- искажений, вносимых картографической проекцией;
- погрешностей определения планового и высотного положения объектов и контуров на источниках;
- неточностей самого процесса картосоставления;
- погрешностей генерализации.

Если известны точные или приближенные значения каждой из погрешностей, то по правилам теории погрешностей можно рассчитать суммарную среднюю квадратическую погрешность и принять ее в качестве показателя геометрической точности карты. На практике такую оценку часто получают путем сопоставления данной карты с более крупномасштабной, 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. Хорошо, если содержательно-значимые объекты выделяются на фоне других по размеру, рисунку, интенсивности цвета. Важно также, чтобы применяемые графические средства позволяли группировать однородные объекты.

Работу со всякой картой пользователь начинает с визуальной оценки ее. Красиво оформленная и хорошо изданная карта привлекает к себе 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.

10.10. 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 оцениваются удобство интерфейса, т.е. легкость доступа к картам и легендам, возможности 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 позиций



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 являются 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 XI

Проектирование, составление и издание карт

11.1. 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 избранных 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.

11. 2. Программа карты

Обычно программа карты включает следующие разделы:

- назначение карты;
- математическая основа;
- 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 масштаба 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. Ее предполагается использовать в преподавании учебных курсов экологического, природоохранного, ресурсного содержания. Отсюда вытекают ***требования к проектируемой карте***. На ней достаточно подробно и на современном уровне изученности должны быть 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 общих 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 избрать 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 коммуни-

каций. 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*** 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 определяют 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 слабоизученных территориях.

В заключительном разделе программы карты регламентируются ***технические приемы составления и издания***, используемые техно-

логии 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.

11.3. Составление 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 досоставление 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 размер 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 надписи, следя за тем, чтобы они хорошо соответствовали элементам содержания.

В процессе составления карты выполняется генерализация изображения согласно принципам, изложенным в программе. Еще один очень важный «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 и выполненный схематично, без соблюдения некоторых картографических правил, с возможными отступлениями от принятых условных знаков;
- ***авторский макет*** — карта, выполненная на географической основе и 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.

11.4. 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, организа-



цию всех составительских работ, а затем контролирует подготовку к изданию и издание карты. Поэтому практически ***авторство картографического произведения принадлежит не только непосредственно автору, но и картографу-редактору.***

11.5. Аэрокосмические методы создания карт

Главные достоинства аэроснимков, космических снимков и цифровых данных, получаемых в ходе дистанционного зондирования, — их большая ***обзорность и одномоментность.*** Они покрывают обширные, в том числе труднодоступные, территории в один момент времени и в одинаковых физических условиях. Снимки дают интегрированное и вместе с тем генерализованное изображение всех элементов земной поверхности, что позволяет видеть их структуру и связи. Очень важное достоинство — ***повторность съемок***, т.е. фиксация состояния объектов в разные моменты времени и возможность прослеживания их динамики.

Существует несколько основных направлений применения материалов дистанционного зондирования в целях картографирования:

- составление новых топографических и тематических карт;
- исправление и обновление существующих карт;
- создание фотокарт, фотоблок-диаграмм и других комбинированных фотокартографических моделей;
- составление оперативных карт и мониторинг.

Составление топографических карт. Возможности топографического картографирования по космическим снимкам определяются прежде всего их разрешением, доступностью для стереоскопической обработки и дешифрируемостью (распознаваемостью) объектов местности. Отечественные спутники системы «Ресурс-Ф» имеют разрешение черно-белых снимков — 2—5 м, а цветных спектрозональных — 10—12 м. Американская съемочная система «Тематический картограф», установленная на спутнике «Ландсат», дает 30-метровое (новейшие съемочные системы имеют канал с 15-метровым разрешением), а аппаратура французского спутника СПОТ — 10—20-метровое разрешение. Такие материалы считают пригодными для составления крупномасштабных топографических карт, начиная с масштабов 1:25 000—1:50 000. При этом бывает необходимо частичное наземное дешифрирование. Для составления обзорно-топографических и обзорных карт используют съемки с мень-

шим разрешением. Например, многоспектральные снимки с «Ландсата» с разрешением около 80 м широко применяют для изготовления карт в масштабе 1:1 000 000.

Материалы космической съемки — основной источник для создания топографических карт малоизученных и труднодоступных территорий: высокогорий, заболоченных местностей, пустынных районов.

Составление тематических карт. Принципиальная новизна методики картографирования состоит в том, что ***использование космических материалов позволяет составлять мелкомасштабные тематические карты, минуя этап крупномасштабного картографирования.*** Так, в России по материалам космических съемок составляют мелкомасштабные геологические, тектонические, геоботанические, ландшафтные и другие карты (1:2 500 000, 1:5 000 000, 1:10 000 000), хотя территория страны еще не полностью покрыта наземными съемками в крупных масштабах.

Обновление карт. Повторные аэрокосмические съемки создают хорошие условия для регулярного обновления топографических и тематических карт всего масштабного ряда, начиная с крупных масштабов (1:10 000). При обновлении карт выделяют районы и объекты, которые быстрее устаревают. Например, карты территорий сельскохозяйственного освоения, интенсивной добычи полезных ископаемых, городского, дорожного и гидротехнического строительства приходится обновлять раз в один-два года, тогда как малообжитые районы могут обновляться раз в пять—десять лет и даже реже.

Применение космических снимков для обновления карт снижает продолжительность и трудоемкость составительских и редакционных процессов. Сокращается время на подбор источников, ознакомление со спецификой территории, упрощается процесс генерализации. Одновременно повышаются детальность и точность карт.

Изготовление фотокарт. Фотокартографические изображения все шире используются в научной и практической деятельности. Для их создания снимки преобразуют в картографическую проекцию, устраняя геометрические искажения, проводят фотограмметрическую обработку и монтирование соответственно разграфке топографических карт крупных, средних и мелких масштабов (1:10 000—1:1 000 000). Затем наносят координатные сетки, горизонтали, населенные пункты, объекты местности, надписи, а также элементы зарамочного оформления. Потребность в фотокартах, составленных по аэро- и космическим снимкам, высока. Если немного упростить их, отка-

завшись от изображения рельефа, то изготовить такие карты можно довольно быстро, что особенно ценно для малоизученных и труднодоступных территорий.

Наряду с топографическими, создают мелкомасштабные тематические фотокарты и так называемые фотопортреты обширных территорий (в масштабах 1:2 000 000 и мельче). На них цветное изображение местности, приближенное к натуральному виду, дополнено элементами тематического содержания, например контурами геологических структур, ландшафтов, обозначениями экологически значимых объектов и т.п.

Составление оперативных карт — еще один важный вид использования космических материалов. Для этого проводят быструю автоматическую обработку поступающих дистанционных данных и преобразование их в картографический формат. Наиболее известны оперативные метеорологические карты. В оперативном режиме и даже в реальном масштабе времени можно составлять карты лесных пожаров, наводнений, развития неблагоприятных экологических ситуаций и других опасных природных явлений. Космофотокарты применяют для слежения за созреванием сельскохозяйственных посевов и прогноза урожая, наблюдения за становлением и сходом снежного покрова на обширных пространствах и тому подобными ситуациями, сезонной динамикой морских льдов.

Оперативное слежение и контроль за состоянием окружающей среды и отдельных ее компонентов по материалам дистанционного зондирования и картам называют **аэрокосмическим (или картографо-аэрокосмическим) мониторингом.**

Мониторинг предполагает не только наблюдение за процессом или явлением, но также его оценку, прогноз распространения и развития, а кроме того — разработку системы мер по предотвращению опасных последствий или поддержанию благоприятных тенденций. Таким образом, оперативное картографирование становится средством контроля за развитием явлений и процессов и обеспечивает принятие управленческих решений.

11.6. Издание карт

Подготовка карты к изданию начинается с изготовления ***издательских оригиналов***, отвечающих принятым требованиям и технологиям 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 — коричневым 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 лес показывается зеленой краской, водная поверхность — синей и т.д.

Оригиналы надписей содержат все надписи, помещаемые на карте, причем для 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 отмывки рельефа или теней вдоль границ.

Перечисленные издательские оригиналы выполняют черчением на прозрачных основах, гравированием на непрозрачном пластике либо путем электронного вывода слоя на фотопленку. Число оригиналов и последовательность их изготовления зависят от красочности карты и принятой технологии печати. Однако при этом 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 последовательных 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 благодаря сложению цветов с этих негативов воспроизводятся штриховые, фоновые и полутоновые 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 оттиск на бумаге, и пробельные (непечатающие). Существуют разные 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 используют для простых текстовых карт.

В процессе издания карты печатают ***штриховую пробу***, а затем ***красочную пробу***. По совмещенным оттискам проверяют совпадение 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 оттиски, по ним проверяют режим работы печатного станка, равномерность подачи и совмещение красок, а затем печатают весь тираж. При издании атласов отпечатанные листы-оттиски карт подрезают, фальцуют (сгибают в тетради и проглаживают), затем скрепляют в блоки и вставляют в мягкий или твердый переплет.

Глава XII

Методы использования карт

12.1. 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 их использованию. На знаменитой 18-листной карте мира, где впервые была применена цилиндрическая проекция, обессмертившая имя Меркатора (рис. 12.1), во врезке помещена специальная инструкция — текст, озаглавленный «Методы измерения расстояний на местности», где разъяснено, в каких случаях 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 совмещал создание карт с разработкой методов их использования.

Первые примеры применения карт в научных целях относятся к XVIII–XIX вв., когда систематизация огромного фактического материала, накопленного в науках о Земле, привела к созданию первых тематических карт, а сами карты стали служить исходным

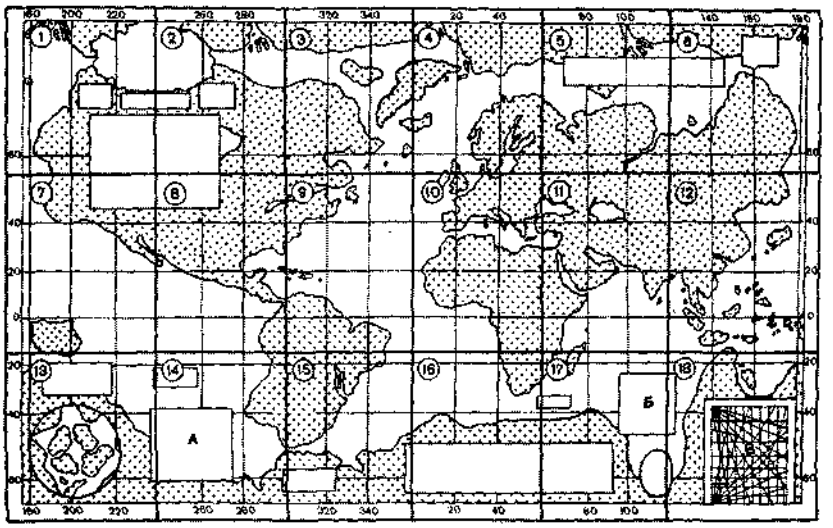


Рис. 12.1. Схема 18-листной карты мира Г. Меркатора (1569). Буквами обозначены врезки, где даны указания по использованию карт.

А — описание методов измерения расстояний по карте; Б — краткие указания по применению роз направлений; В — чертеж для решения навигационных задач.

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. 12.2). 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 соответствуют растительным и климатическим подзонам южных степей. Тем самым он подошел к идее всеобщей географической

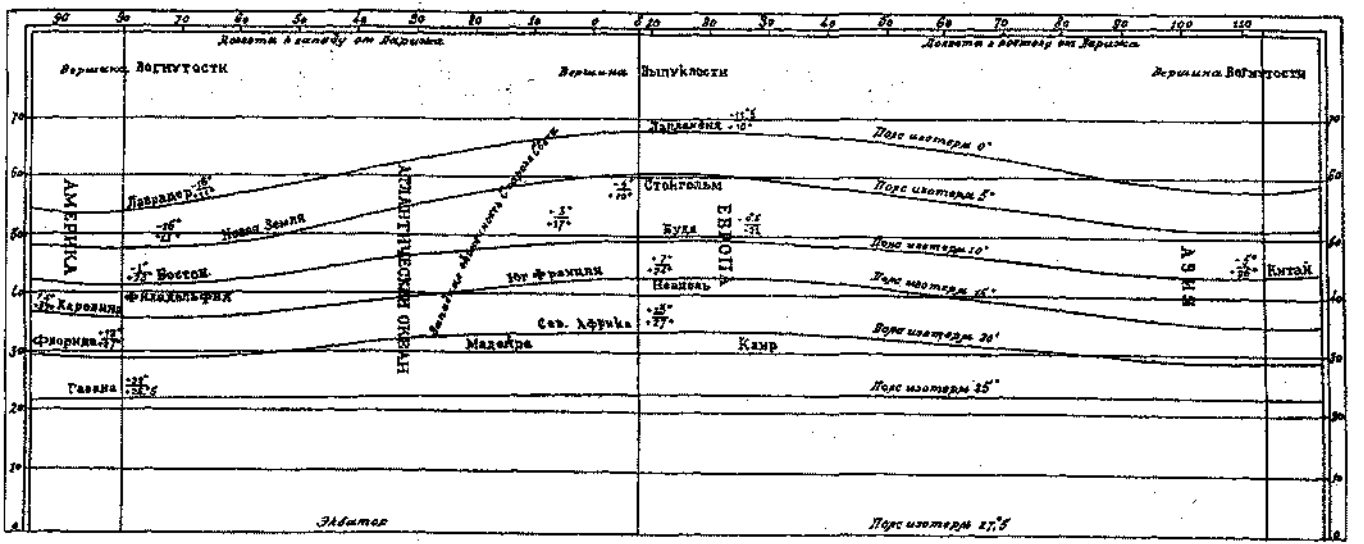


Рис. 12.2. Карта «изотермических линий», опубликованная А. Гумбольдтом в 1817 г.

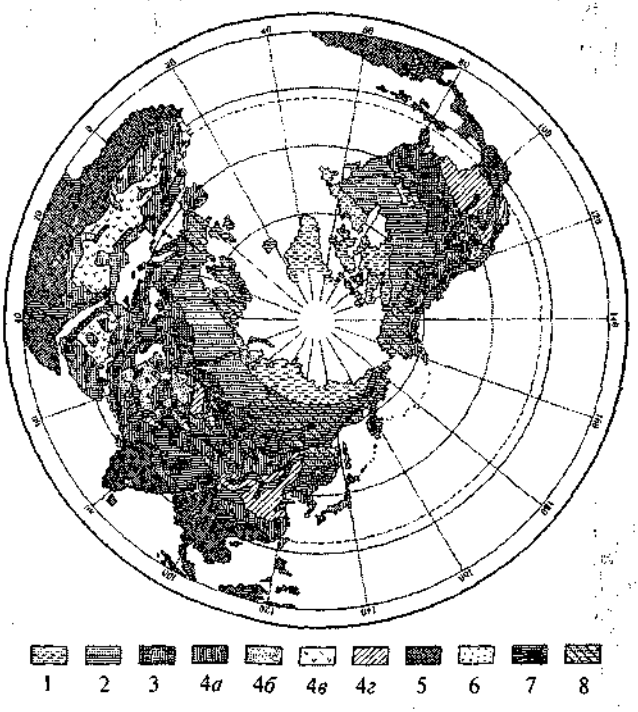


Рис. 12.3. Карта почвенных зон Северного полушария, составленная В. В. Докучаевым в 1899 г. (уменьшенная копия цветной карты).

Почвенные зоны: 1 — бореальная (арктическая); 2 — лесная; 3 — степная, черноземная; 4 — аэральная (*а* — каменистая, *б* — песчаная, *в* — засоленная, *г* — лессовая); 5 — латеритные почвы; 6 — аллювиальные почвы; 7 — горные цепи; 8 — области каменистых лесных почв.

зональности. На рис. 12.3 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. 12.4), что дало импульс идее мобилизма, дрейфа континентов и теории глобальной тектоники плит.

В России использование карт началось с картометрии — с исчисления огромной площади государства Российского. 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.

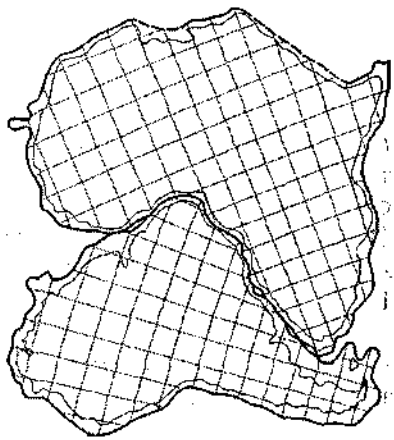


Рис. 12.4. Совмещение очертаний материков Африки и Южной Америки по изобате 200 м.

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 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. Сличив 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 по картам методы анализа вековых изменений магнитных полей, глобальных орографических, гипсометрических и геологических закономерностей. Он впервые предпринял громадный объем работ 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 возвышенностей 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. Спиридоновым, 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. Асланикашвили, Е. М. Николаевской, С. Н. Сербенюка, В. С. Тикунова, В. А. Червякова, А. Робинсона (США), У. Тоблера (Канада), А. Либо, Ф. Буйе (Франция), Й. Крхо (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 развил 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. Спиридонов 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.

12.2. Картографический метод исследования

Картографический метод исследования — это метод использования карт для познания изображенных на них явлений.

По существу, этот метод составляет главное содержание раздела об использовании карт. Познание понимается в широком смыс-

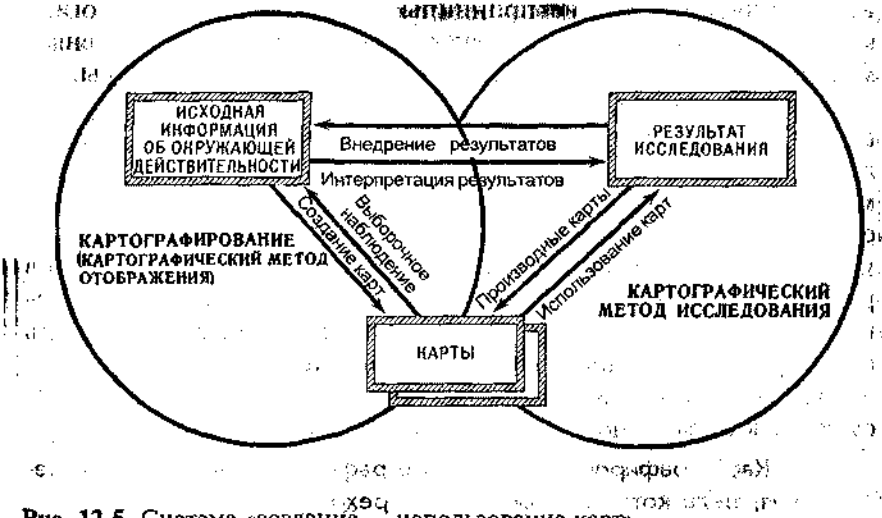


Рис. 12.5. Система «создание — использование карт».

ле слова и подразумевает изучение по картам структуры, взаимосвязей, динамики и эволюции явлений во времени и пространстве, прогноз их развития, получение всевозможных качественных и количественных характеристик и т.п.

Приложения картографического метода исследования в науке и практике весьма многообразны. Как было показано выше, он является одним из основных средств познания во всех науках о Земле и планетах и 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. 12.5), 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 объек-



та, научно-методические принципы картографирования, логика классификаций, уровень генерализации изображения, применяемая система условных обозначений и многие другие факторы.

В ходе последующего использования карт происходят новые преобразования информации, которые также зависят от поставленных целей, квалификации и опыта исследователя, применяемых технических средств, алгоритмов и программ и т.п. При этом, однако, любое звено исследования, начиная с исходной гипотезы и кончая измерительными инструментами, вносит погрешности в результат. Поэтому полученные данные и выводы необходимо всегда соотносить с реальной действительностью, интерпретировать его и при необходимости вносить коррективы.

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 получают 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 ее составления, а геоморфолог — топографической картой, хотя он никак не участвовал в съемке местности, и т.п.

12.3. 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 применялись 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 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 варьируются 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 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. разд. 13.1).

12.4. 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, 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 заключении 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 своего 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 подходы.

12.5. 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 разноуровневых (разновысотных) 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 разноуровневых 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. 12.6 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 до-

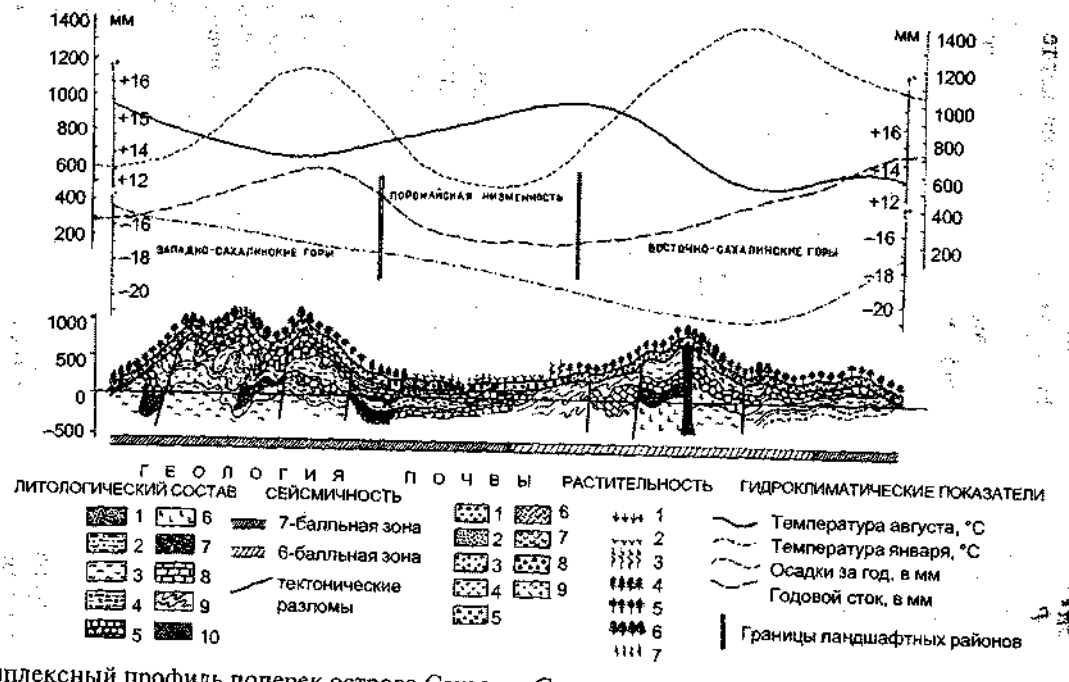


Рис. 12.6. Комплексный профиль поперек острова Сахалин. Составлен по картам Атласа Сахалинской области (1967).

Литологический состав: 1 — галечники и пески; 2 — суглинки; 3 — глины и алевриты; 4 — глинистые сланцы и аргиллиты; 5 — песчаники; 6 — туфы; 7 — конгломераты; 8 — известняки; 9 — сланцы; 10 — угли.

Почвы: 1 — горные буротаежные; 2 — буротаежные типичные; 3 — горные лесные; 4 — горные лесные оподзоленные; 5 — горные буротаежные задернованные; 6 — буротаежные перегнойные; 7 — лугово-глеевые; 8 — торфяно-глеевые; 9 — слабоподзолистые.

Растительность: 1 — пойменная растительность; 2 — верховые сфагновые болота; 3 — лиственничные мари; 4 — елово-пихтовые таежные леса; 5 — елово-пихтовые зеленомошные леса; 6 — леса каменной березы; 7 — заросли кедрового стланика.

дин, 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, n — число таких элементов. На рис. 12.7 показаны две розы-диаграммы. Одна отражает распределение спрямленных орогидрографических элементов: водоразделов, гряд, уступов, прямых отрезков рек, сквозных долин оврагов и др., а на другой это распределение совмещено с розой-диаграммой тектонических трещин данного района. Первая роза-диаграмма построена по топографической карте, а вторая — по геологической. Их совпадение наглядно свидетельствует о тектонической предопределенности речных долин в этом районе.

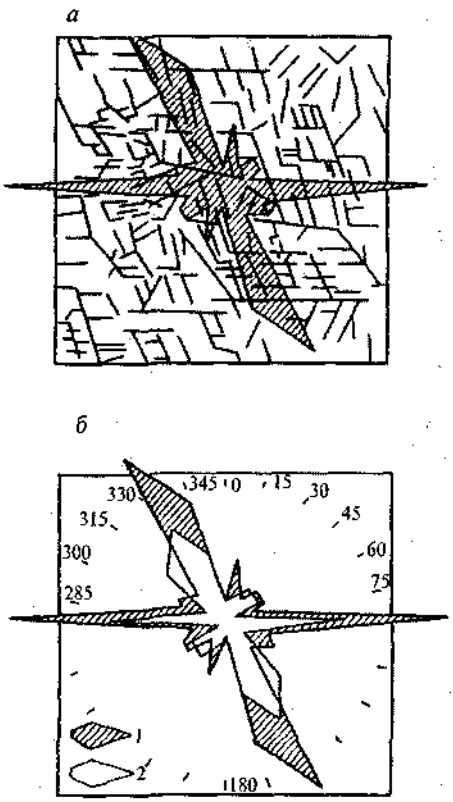


Рис. 12.7. Розы-диаграммы, построенные по топографической и геологической картам.

а — спрямленные элементы орогидрографии и построенная по ним роза-диаграмма; *б* — совмещение роз-диаграмм спрямленных элементов орогидрографии (1) и тектонической трещиноватости (2).

Связи между явлениями, показанными на картах разной тематики, можно наглядно отразить и проанализировать на ***блок-диаграммах***.

Для построения блок-диаграмм применяют разные виды проектирования (рис. 12.8). Аксонометрические блок-диаграммы проектируют с помощью системы параллельных лучей, как если бы центр проектирования находился в бесконечности. При этом де-

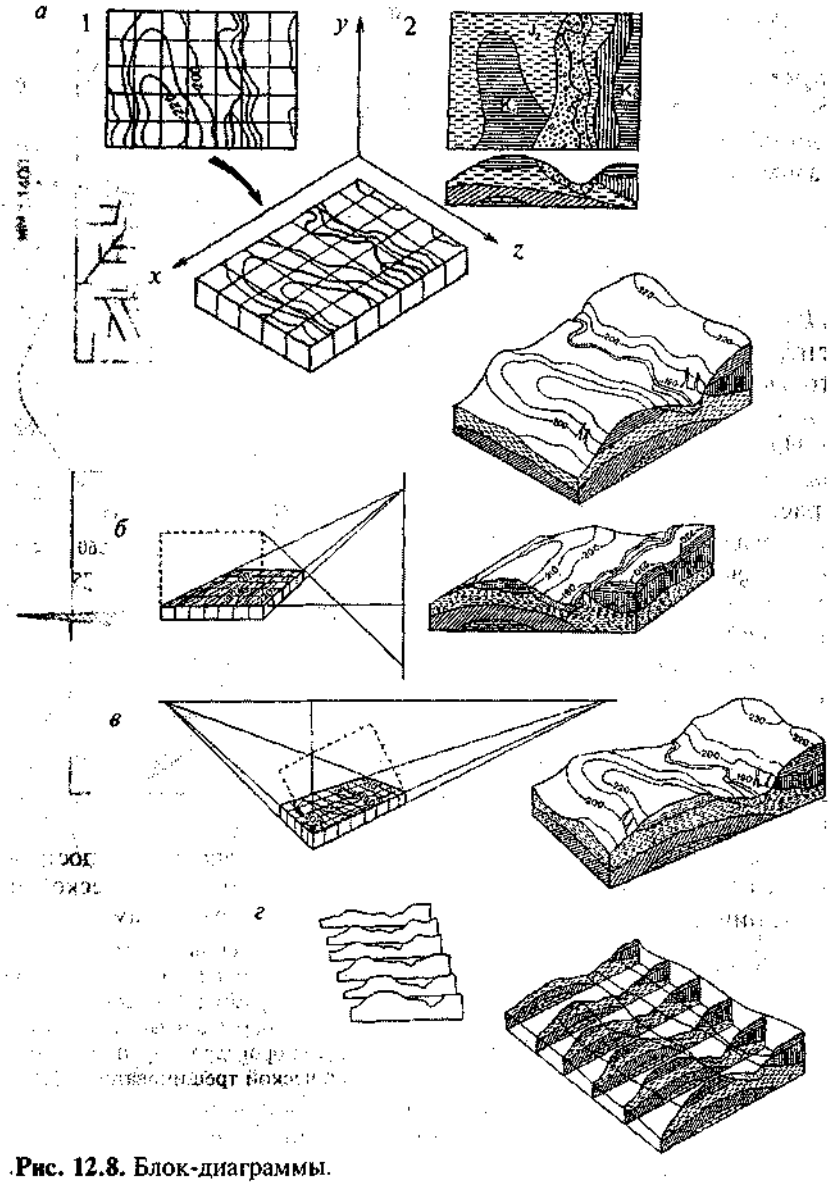


Рис. 12.8. Блок-диаграммы.

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.

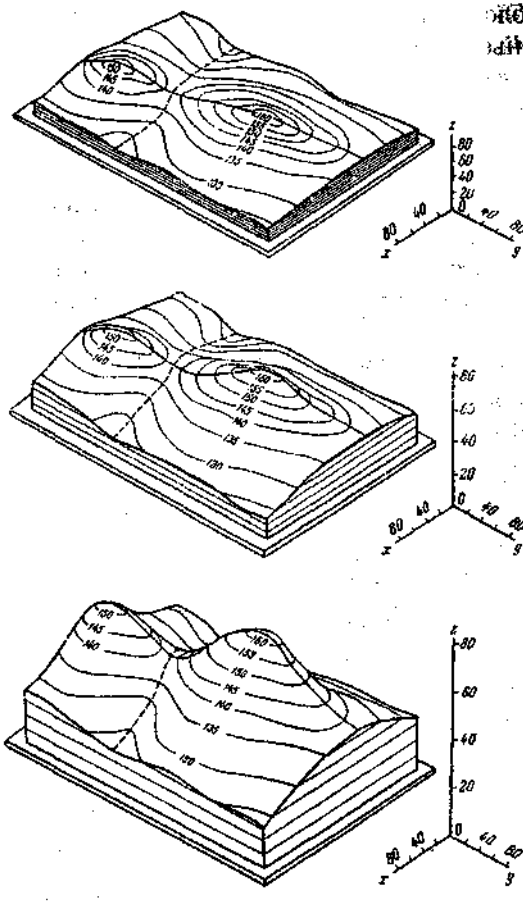


Рис. 12.9. Блок-диаграмма с разными масштабами по вертикали. Растяжение по высоте приводит к появлению полей невидимости.

формируются угловые соотношения, но горизонтальный масштаб блок-диаграммы по 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 центров проектирования, можно «поворачивать» блок-диаграммы или «наклонять» их, обеспечивая наиболее выгодный обзор и подчеркивая интересные детали. Однако при хорошей на-

глядности блок-диаграммы с одной и двумя точками проектирования 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. 12.9).

Если по одной из осей задать шкалу времени, то можно построить ***метахронную блок-диаграмму***. Она отразит изменение состояния явления во времени, например ход средних месячных температур на поверхности. На рис. 12.10 показана метахронная блок-

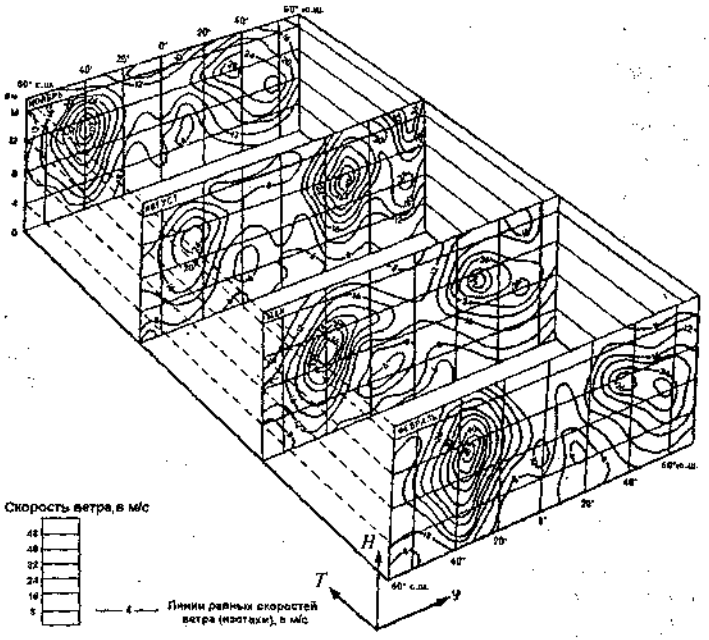


Рис. 12.10. Метахронная блок-диаграмма. Показано распределение скоростей ветра над Тихим океаном на высотах до 16 км (ось *H*) вдоль 180° [illegible] в.д. (φ) в разные сезоны года (*T*)

диаграмма, характеризующая распределение скоростей ветра по 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, определения суммарного количества осадков за несколько месяцев и т.п.

12.6. Графоаналитические приемы

Графоаналитические приемы анализа карт — картометрия и морфометрия — предназначены для измерения и исчисления по картам 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;
- объем;
- 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 картометрических 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 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 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 и невозможны без использования специальных инструментов (циркулей-измерителей, планиметров и др.), они требуют скрупулезного учета возникающих погрешностей, которые зависят от точности самих карт, инструментов, ошибок измерений, деформации бумаги, на которой напечатана карта, и

многого другого. Все это долгое время затрудняло широкое применение 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 промеряют извилистую линию L на карте, как показано на рис. 12.11. Тогда $L = kn$, где n — число отложений (шагов) циркуля. Легко понять, что вместо длины извилистой линии в этом случае получается длина ломаной, состоящей из хорд, стягивающих отрезки кривой. Поэтому получаемая длина всегда короче длины измеряемой извилистой линии.

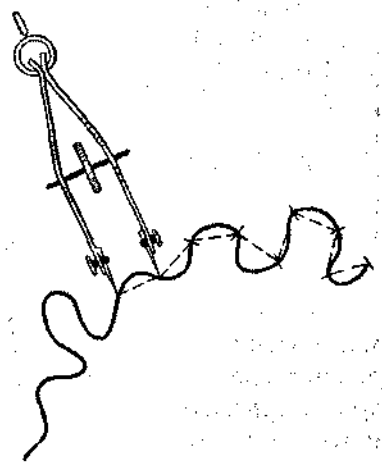


Рис. 12.11. Измерение длин извилистых линий с помощью циркуля-измерителя с малым раствором игл.

В картометрии существуют десятки эмпирических способов введения поправок и разного рода редукций для коррекции результата. Все они довольно громоздки 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. В частности, 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 палетки с

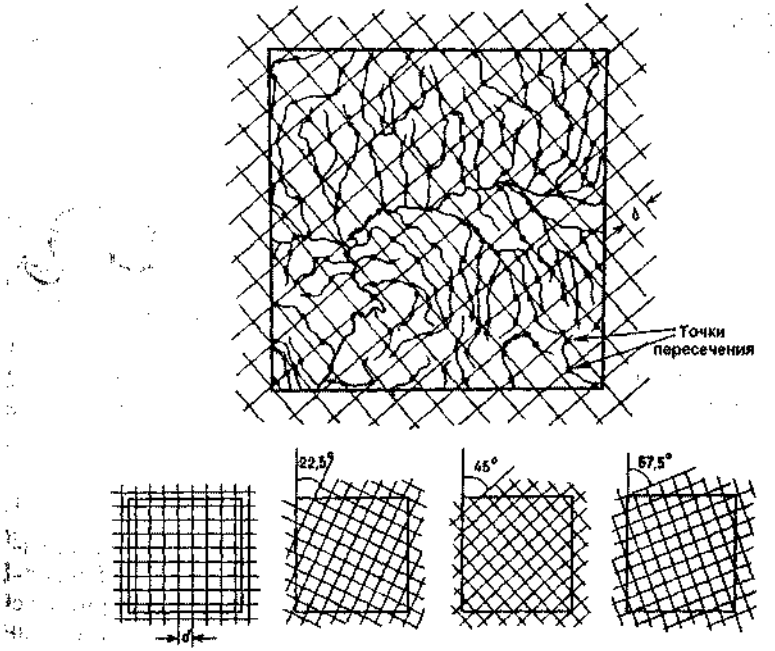


Рис. 12.12. Определение суммарной длины извилистых линий с помощью вероятностной квадратной палетки. Показаны разные положения палетки при четырехкратных измерениях.

извилистыми линиями (рис. 12.12). 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 в среднем составляют 5% и лишь в редких случаях достигают 10%, что вполне удовлетворяет требованиям многих географических, геологических, экологических задач. Точность результатов можно повысить за счет многократных измерений. В компьютерных технологиях палетки параллельных линий или квадратов заменяют построчным сканированием изображения и фиксацией числа пересечений извилистых линий с линиями сканирования.

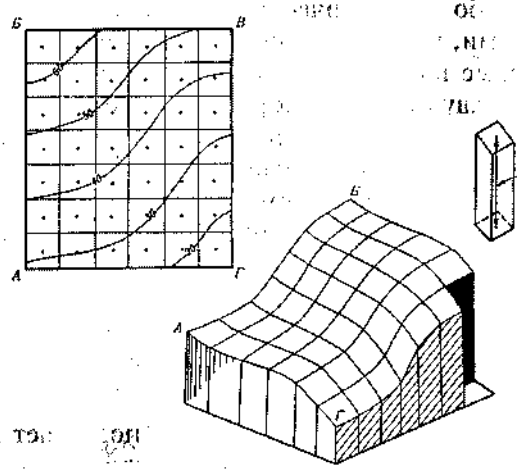


Рис. 12.13. К определению объемов. Участок изолинейной карты, разделенной на квадраты, и блок-диаграмма того же участка.

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. 12.13 изображен участок карты с изолиниями и блок-диаграмма того же участка. Объем блок-диаграммы представлен как объем n-го числа косоусеченных призм с основанием a^2. Средние высоты z_i вычисляют по карте в центре квадратов с помощью интерполяции между изолиниями. Объем всего тела определяется по формуле

$$V = a^2 z_1 + a^2 z_2 + \ldots + a^2 z_n = a^2 \sum_{j=1}^{n} l_{ij}.$$

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 $\frac{1}{4\pi}$ 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 форм 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 изрезанность морского побережья или на замкнутый контур озера, несопоставима извилистость горизонталей и границ почвенных ареалов и т.д. В морфометрии применяют разные показатели (рис. 12.14):

относительная извилистость $\alpha = l/s$, где l — длина линии со всеми извилинами, 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 подобен всей линии (рис. 12.15). Для определения фрактальной размерности D линейного объекта необходимо измерить его длину K с шагом t. Тогда

$$D = \lim_{t \to 0} \left(1 - \frac{\log_2 K}{\log_2 t} \right) \text{ при } t > 0.$$

Фрактальная размерность, которая для географических объектов является нецелым числом, может характеризовать степень извилистости их. 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 число n на единицу площади карты P:

$$Q = \frac{n}{P}.$$

При анализе по карте рельефа и других поверхностей широко применяют показатели горизонтального, вертикального расчленения и уклона (градиента) поверхности.

Горизонтальное расчленение H характеризуется суммарной длиной

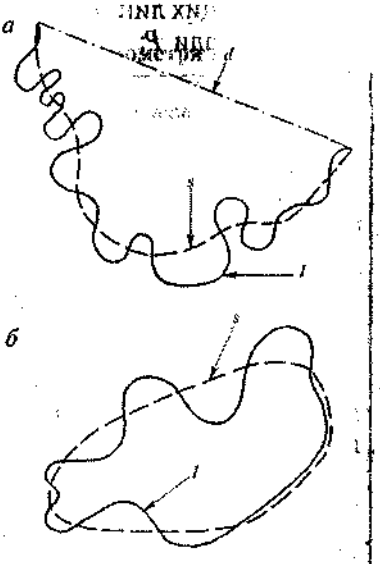


Рис. 12.14. К определению показателей извилистости незамкнутых (*а*) и замкнутых (*б*) линий.

l — извилистая линия; *s* — плавная огибающая; *d* — замыкающая линия.

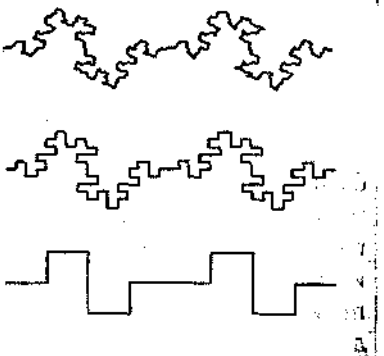


Рис. 12.15. Самоподобные объекты, обладающие фрактальной размерностью.



расчленяющих линий l, например тальвегов, приходящихся на единицу площади P:

$$H = \frac{\Sigma l}{P},$$

причем для определения значения Σl удобно воспользоваться методом Бюффона (см. с. 222). Тогда

$$H = \frac{0{,}25\pi nd}{P},$$

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 $i_{ср}$, представленной на карте в изолиниях, вычисляют по формуле

$$i_{ср} = tg\alpha_{ср} = \frac{\Delta z \Sigma s}{P},$$

где Δz — высота сечения рельефа, Σs — суммарная длина изолиний в пределах участка P. Если же для определения Σs воспользоваться методом Бюффона, то расчет значительно упрощается

$$i_{ср} = tg\alpha_{ср} = \frac{0{,}25\pi nd\Delta z}{P}$$

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, ландшафтоведении, океанологии, экономической географии и географии населения, экологии. Так сформировалось особое направление — ***тематическая морфометрия***. В обобщенном виде разделы и объекты исследования тематической морфометрии представлены в табл. 12.1.

Таблица 12.1

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
Ландшафтометрия	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.



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 оперирует с ареалами и качественным фоном, а социально-экономическая морфометрия — преимущественно с пунктами и сетями.

12.7. Приемы математико-картографического моделирования

Формализованное картографическое изображение хорошо приспособлено для математического анализа. Как упоминалось выше, каждой точке карты с координатами x и y поставлено в соответствие лишь одно значение картографируемого параметра z, что 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 замену (приближение) сложных или неизвестных функций другими, более простыми функциями, свойства которых известны. Любую сложную поверхность (поле), изображенную на изолинейной карте, можно аппроксимировать, т.е. приближенно 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

$$z = f_1(x, y) + f_2(x, y) + \ldots + f_n(x, y) + \varepsilon,$$

где $f_i(x, y)$ — компоненты разложения, которые предстоит опреде-

лить. В общем случае для этого с аппроксимируемой карты снимают ряд значений z_i, после чего составляют систему уравнений, решаемых совместно по способу наименьших квадратов, т.е. так, чтобы

$$\Sigma \varepsilon_i^2 = \Sigma [F(x_i,y_i) - f(x_i, y_i)]^2 = \min.$$

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 $\Sigma \varepsilon_i^2$ была бы минимальна.

На рис. 12.16 показано последовательное улучшение аппроксимаций на примере несложных поверхностей. Аппроксимация 1-го порядка (линейное уравнение) дает плоскость, отражающую 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 12.17, иллюстрирует постепенное усложнение поверхности за счет добавления двухмерных 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 нормальные и аномальные факторы развития и пространственного размещения явлений (см. разд. 13.2).

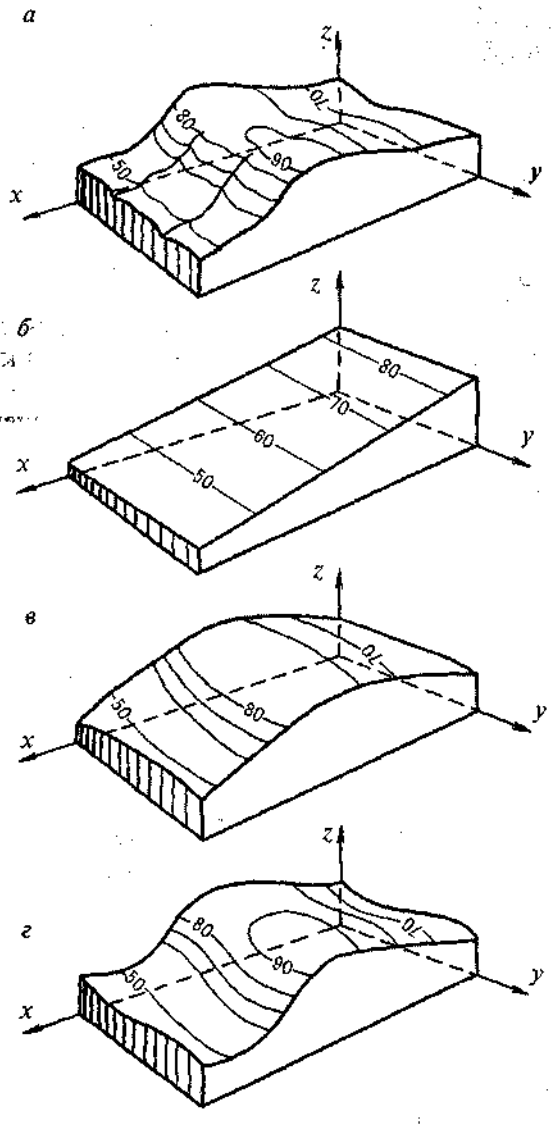


Рис. 12.16. Аппроксимации поверхностей:

а — блок-диаграмма исходной поверхности; *б, в, г* — блок-диаграммы аппроксимирующих поверхностей соответственно 1, 2 и 3-го порядков.

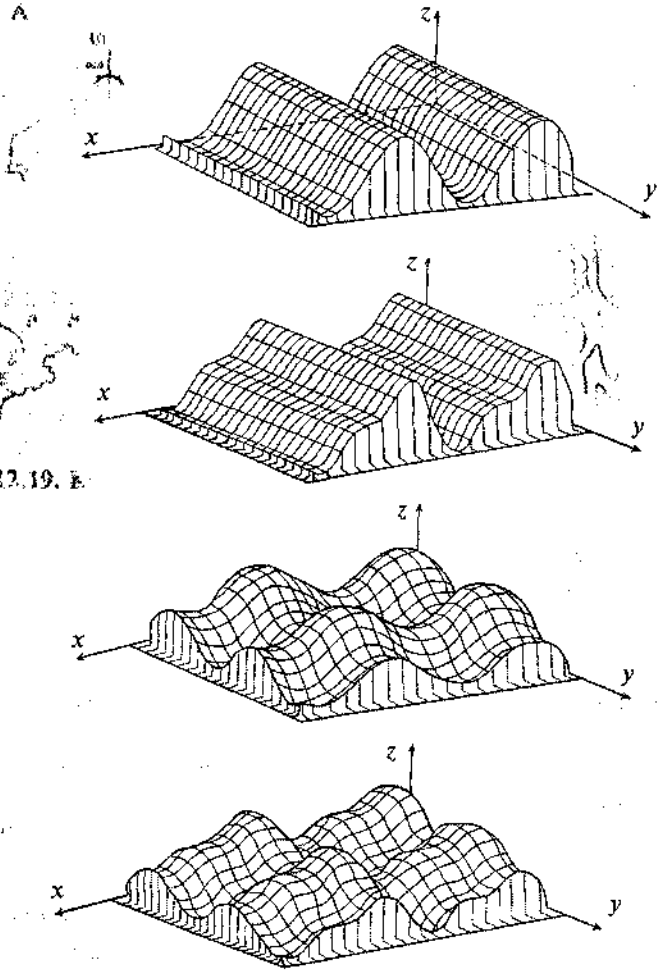


Рис. 12.17. Схема тригонометрической аппроксимации поверхности с помощью последовательного наложения двухмерных синусоидальных волн (по Дж. Дэвису).

Приемы математической статистики. Эта группа приемов математико-картографического моделирования предназначена для изучения по картам пространственных и временных статистических совокупностей и образуемых ими статистических поверхностей.

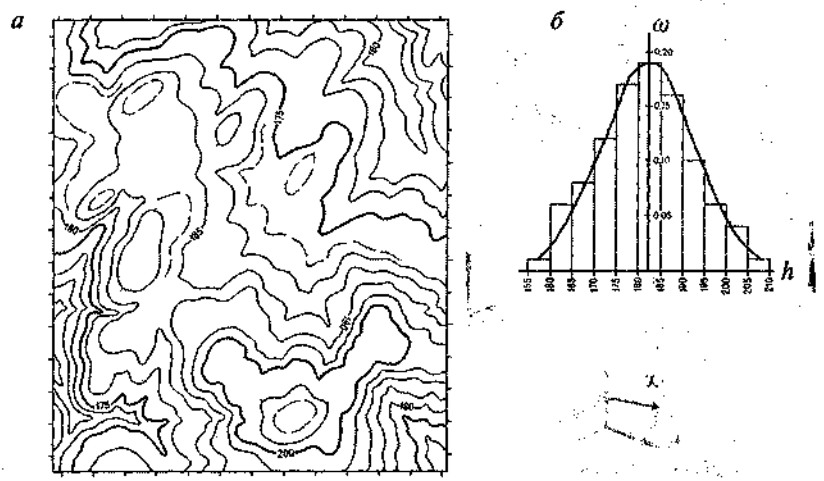


Рис. 12.18. Фрагмент карты рельефа (*а*) с сеткой точек регулярной выборки (выходы сетки отмечены на рамке), гистограмма и кривая распределения высот (*б*): ω — частость; h — высоты рельефа.

Статистический анализ картографического изображения преследует главным образом три цели:

- 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. 12.18) и затем вычисляют различные ***статистики*** — количественные показатели, характеризующие пространственное распределение изучаемого явления. Наиболее употребительные показатели — среднее арифметическое, среднее взвешенное арифметическое, среднее квадратическое, дис-

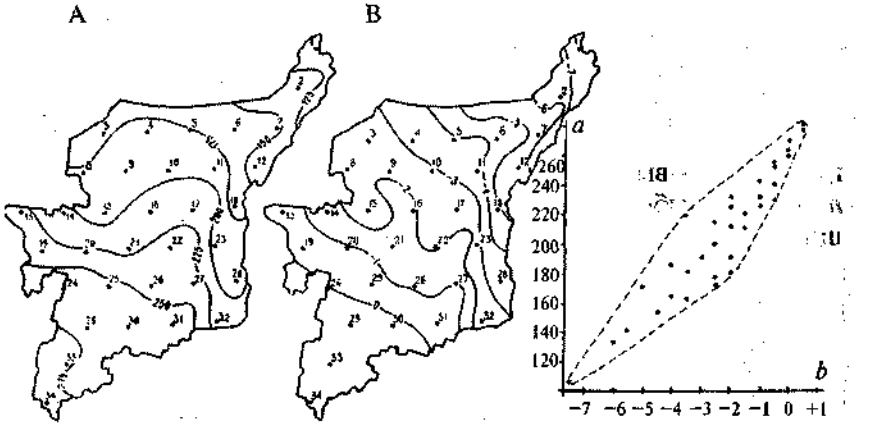


Рис. 12.19. Карты явлений и поле корреляции.

A — карта испарения с суши (мм/год) для территории Республики Коми;
B — карта средней годовой температуры воздуха (°C) для той же территории.

персия, 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 нормального распределения, как это видно на рис. 12.18, 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 скоординировано, и затем строят график поля корреляции (рис. 12.19).

Если поле корреляции может быть аппроксимировано прямой, которая называется линией регрессии, то приступают к вычислению ***коэффициента парной корреляции*** r. Его числовые значения заключены в интервале $+1 > r > -1$. 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.

$$M_a = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{n} \quad \text{и} \quad M_b = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i}{n};$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} a_i^2}{n} - M_a^2} \quad \text{и} \quad \sigma_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} b_i^2}{n} - M_b^2}.$$

Оценку точности вычисления коэффициента корреляции r получают по формуле $m_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}$, из которой видно, 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 исследования взаимосвязей часто необходимо получить предварительную приближенную оценку коэффициента корреляции. В простых случаях это можно сделать, используя представление 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 $\cos 0° \geq r \geq \cos 180°$. Если $\alpha = 0°$, что свидетельствует о полном совпадении направлений скатов поверхностей, то $r = \cos 0° = 1$, т.е. между явлениями существует

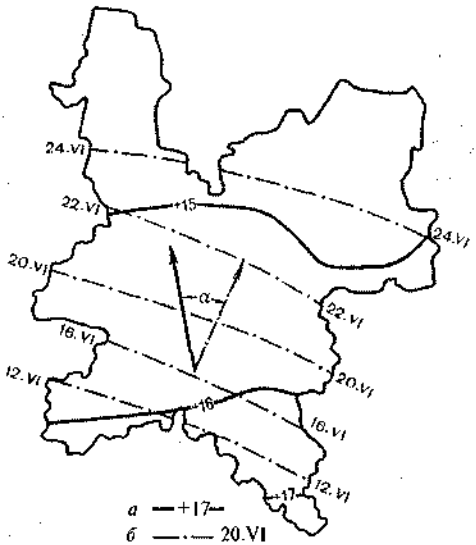


Рис. 12.20. Приближенное определение коэффициента корреляции по косинусу угла между направлениями наибольших скатов статистических поверхностей.

а — изотермы июля в Кировской области; *б* — изолинии дат начала цветения луговых трав.

прямая связь. При $\alpha = 180°$ скаты поверхностей направлены в противоположные стороны, и $r = \cos 180° = -1$, следовательно, связь высока, но отрицательна, а при $\alpha = 90°$ связь между явлениями отсутствует, поскольку $r = \cos 90° = 0$. На рис. 12.20 представлены две статистические поверхности и показаны направления их наибольших скатов. Угол между ними оказался равен 36°, тогда $r = \cos 36° = +0{,}81$. Такие приближенные вычисления особенно удобны при сравнении изолинейных карт.

Для оценки взаимосвязи явлений в 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 коэффициенту парной 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 нужны точные количественные значения 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. Эту задачу 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»); 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 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

$$E(A) = E(\omega_1, \omega_2, ..., \omega_n) = -\sum_{i=1}^{n} \omega_i \log_2 \omega_i .$$

В теории информации принято брать логарифмы вероятностей при основании 2, что связано с двоичной системой счисления. Смысл функции не изменится, если пользоваться десятичными 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. 12.21), 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.

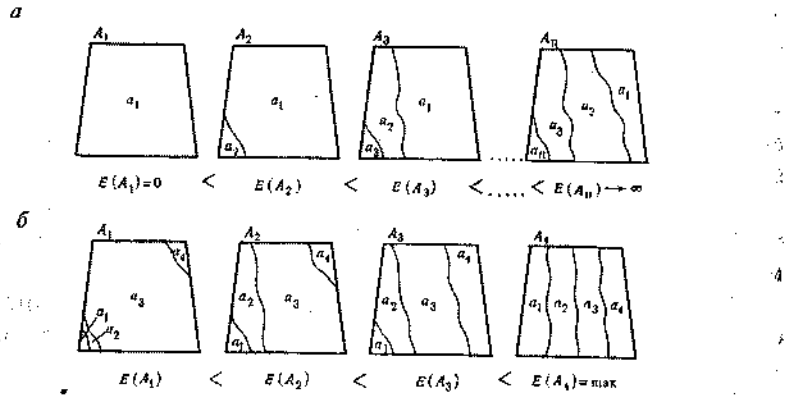


Рис. 12.21. Увеличение энтропии $E(A)$ с возрастанием числа контуров на карте (*а*) и изменением соотношения их площадей (*б*).

Глава XIII

Исследования по картам

13.1. 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 определения размещения и пространственно-временной структуры явлений и процессов, их взаимных соотношений и связей, выявления тенденций развития и динамики, для 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, 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, 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 должны сопутствовать содержательный географический анализ получаемых результатов, соотнесение их с реальной ситуацией и, если необходимо, корректировка самой процедуры исследования.

13.2. 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, в 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. 13.1 показаны некоторые типичные конфигурации географических объектов, по которым 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

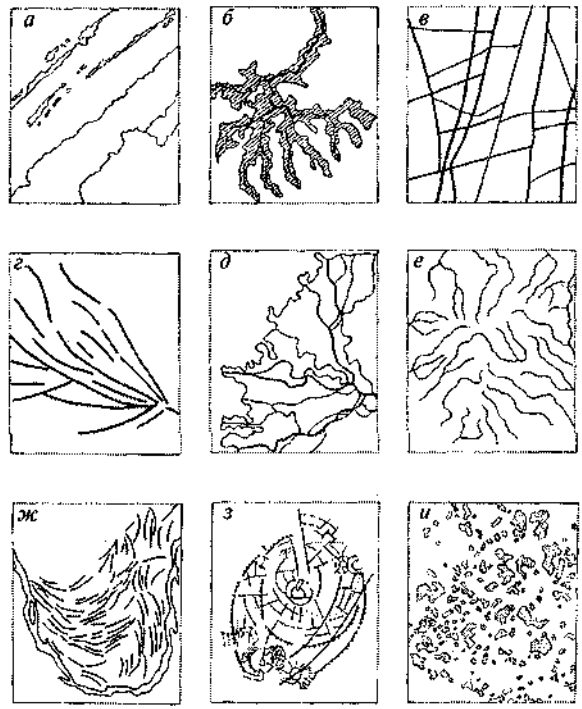


Рис. 13.1. Типичные конфигурации объектов на тематических картах природы.

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. Вилюй); *з* — кольцевой рисунок (тектонические структуры в Казахстане); *и* — пятнистый рисунок (пятна талых и мерзлых пород в Якутии).

веерный рисунок характерен для природных объектов, формирующихся на дельтах, и т.д.

Картографический метод позволяет эффективно выявлять ***пространственные закономерности и аномалии***, т.е. типичные, устойчивые, широко распространенные структуры и отклонения от них. Карты, обладающие большой обзорностью, как бы специально предназначены для выявления общих закономерностей глобаль-

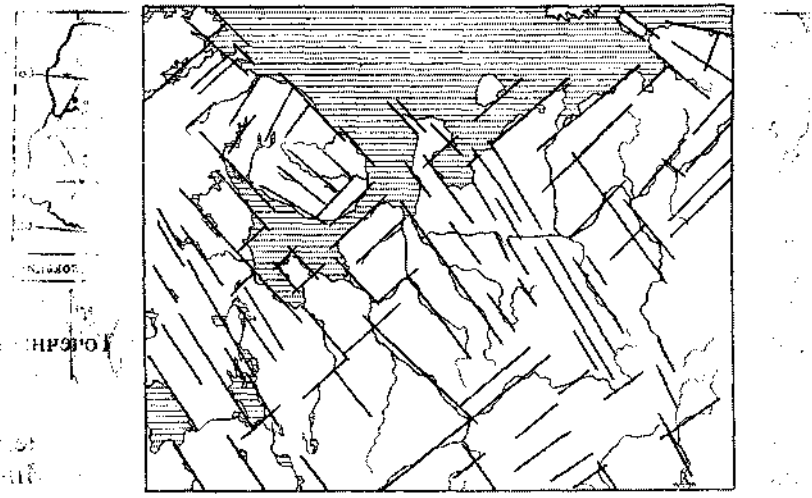


Рис. 13.2. Основные линеаменты северо-западного и северо-восточного простираний, выявляемые по физической карте Севера Русской равнины.

ного и регионального уровней. В значительной степени этому способствует и генерализация, освобождающая изображение от мелочей, деталей и выпукло проявляющая главные, наиболее существенные его 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, структура центральных мест и т.п. Глобальные системы линеаментов можно обнаружить при внимательном анализе карт любого масштаба. На карте Севера Русской равнины (рис. 13.2) 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,

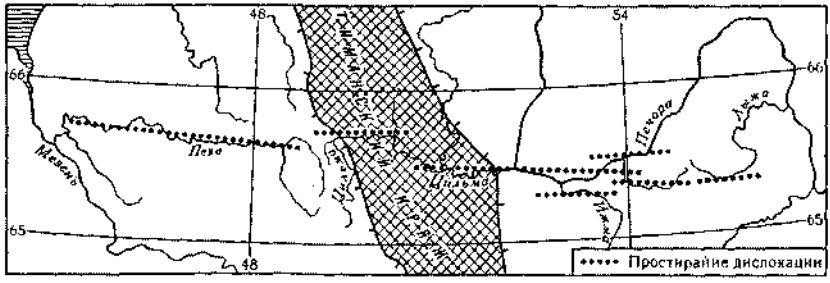


Рис. 13.3. Речная сеть в районе Транстиманской дислокации. Точечным пунктиром показано простирание дислокации.

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 общая закономерность планетарного рельефа.

На фоне закономерностей нередко удается подметить аномалии, и глаз опытного исследователя сравнительно легко их распознает. В качестве иллюстрации на рис. 13.3 показана уникальная для Севера Русской равнины широтная орографическая аномалия в полосе между 65° и 66° с.ш. Словно глубокая борозда прорезает Тиманский кряж, и в ней расположены долин 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 выявить основные и второстепенные компоненты. Отделить аномалии от фона помогает операция ***разложения картографического изображения на составляющие***, которую можно выполнить с помощью усреднения, аппроксимации или фильтрации. В задаче о разложении принимается, что показанное на карте явление z представляет собой результат совокупного влияния основного, наиболее значительного, фонового фактора $z_ф$, зависящего от причин регионального, а иногда даже глобального масштаба, и дополнительных факторов, накладывающихся на общий фон и усложняющих картину, — их называют остаточными z_o или аномальными

$$z = z_ф + z_o, \text{ причем } z_ф \gg z_o.$$

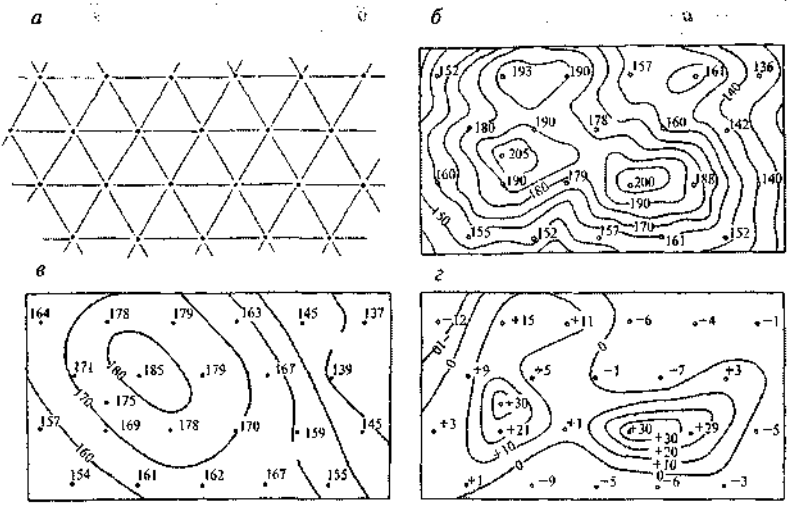


Рис. 13.4. Графическое разложение поверхности на составляющие.

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.

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. 13.4, в центре каждой шестиугольной ячейки вычисляют значение скользящего среднего z_ϕ как среднего из значений вершин и центра ячейки: $z_\phi = {}^1/_7 \Sigma z_i$. На изолинейной карте, построенной по значениям z_ϕ, отражена осредненная ***фоновая поверхность*** (рис. 13.4*в*), передающая главные, наиболее крупные черты структуры. Если далее в каждой точке взять разности между фактическим и осредненным значениями $z_o = z_i - z_\phi$ и провести по ним изолинии, то получится ***остаточная поверхность***, показывающая размещение аномалий, отклонений, второстепенных деталей (рис. 14.4*г*).

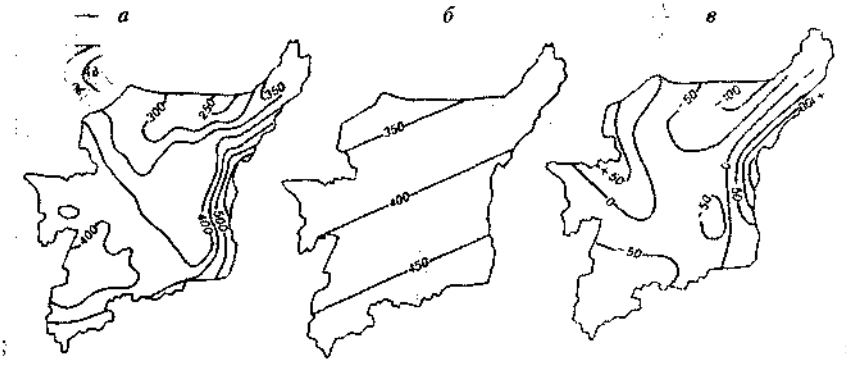


Рис. 13.5. Карта осадков теплого периода (в мм) на территории Республики Коми (*а*) и карты фоновой (*б*) и остаточной (*в*) поверхностей, полученные в результате аппроксимации уравнением 1-го проядка.

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 $f(x, y)$, а неучтенные отклонения от нее ε 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. 13.5 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 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 преобразования.

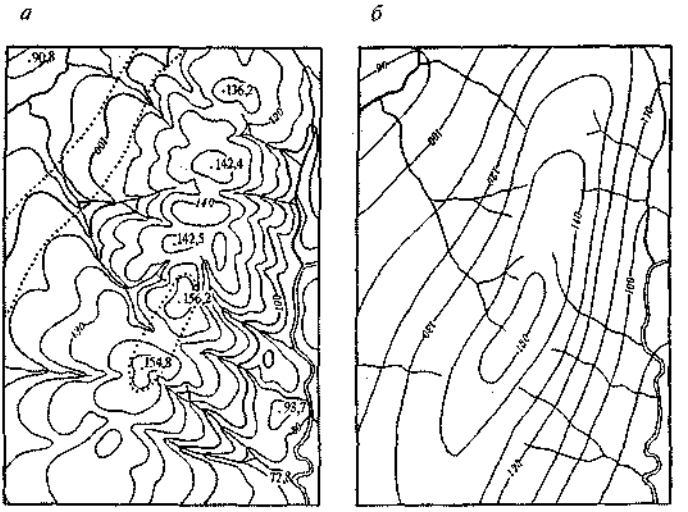


Рис. 13.6. Схематизация. Преобразование карты современного рельефа в карту морфоизогипс: *а* — современный рельеф; *б* — восстановленный «первичный» рельеф; точечным пунктиром показано обобщение некоторых горизонталей.

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. 13.2.

Схематизация — устранение второстепенных деталей и представление картографического изображения в упрощенном виде. Так, при схематизации гипсометрического изображения и снятии деталей эрозионного расчленения проявляется основная первично-тектоническая структура рельефа (рис. 13.6).

Детализация — преобразование, противоположное схематизации, оно имеет целью сделать изображение более подробным. Например, на топографической карте можно детализировать изображение эрозионной сети, проведя по изгибам горизонталей тальвеги 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 трещинова-

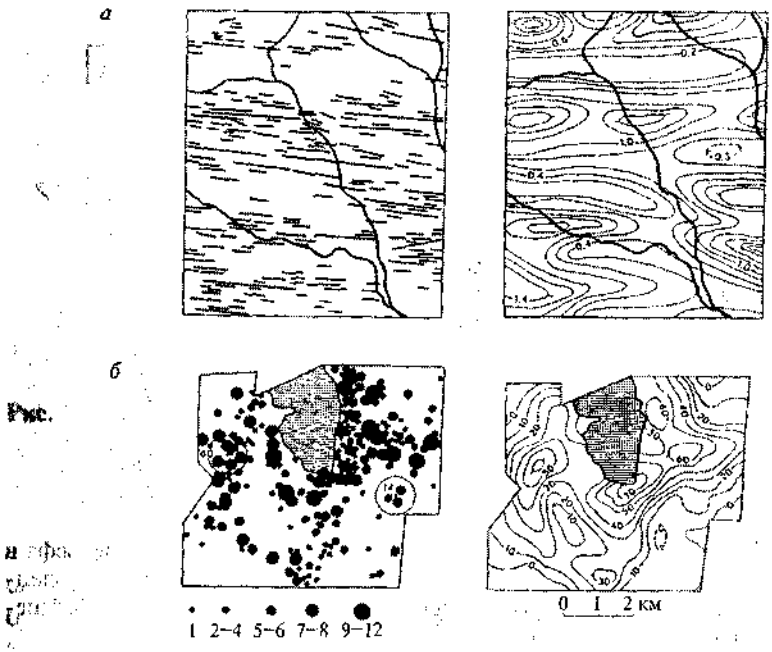


Рис. 13.7. Континуализация.

а — преобразование карты трещин широтного простирания в карту поля трещиноватости (км/км²); *б* — преобразование карты размещения тетеревиных птиц в карту их плотности; значками показано число птиц, а на изолинейной карте — их плотность на 1 км².

тости (рис. 13.7), карту расселения — в карту плотности населения, карту размещения лесов — в карту лесистости и т.п. Такие преобразования дают представление об абстрактном рельефе явления, на производных 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 интерполирование по сетке точек при создании цифровых моделей по картам с изолиниями или картограммам.

Средствами подобных преобразований часто служат ***графические операторы*** — сетки равномерно или неравномерно расположенных точек, геометрических ячеек, в каждой из которых выпол-

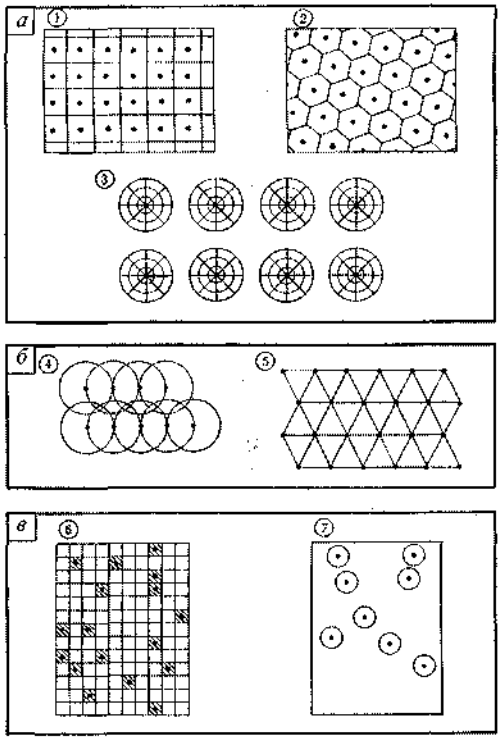


Рис. 13.8. Операторы (сетки и палетки), применяемые для преобразования картографического изображения.

а — регулярные неперекрывающиеся операторы: 1 — квадратная сетка; 2 — гексагональная сетка; 3 — радиально-концентрическая палетка; *б* — регулярные перекрывающиеся (скользящие) операторы: 4 — скользящие кружки; 5 — перекрывающиеся шестиугольники; *в* — нерегулярные операторы: 6 — случайно выбранные квадраты; 7 — избирательно взятые кружки.

няют 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. 13.8.

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 $A \rightarrow (B, C, \ldots, N)$. 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 очередь, — в карту C и т.д.: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow \ldots \rightarrow N$. Допустим, по карте рельефа сперва строят 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.

13.3. 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 ее решении картографическому методу принадлежит коронная роль благодаря поистине неисчерпаемому разнообразию карт всевозможной тематики. По ним удобно оценивать изменчивость связей в пространстве, выделять основные и 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 не совпадающие контуры. Они трактуются как отражение взаимосвязей различной силы.

Многие зависимости наглядно видны на комплексных профилях и разрезах, совмещенных розах-диаграммах (см. рис. 12.6 и 12.7), составленных по сериям карт, а также на блок-диаграммах и метахронных диаграммах.

Конечно, наилучшие возможности для изучения и количественной оценки взаимосвязей явлений предоставляют аппарат теории корреляции и информационный анализ: коэффициенты корреляции, показатели взаимного соответствия и др. (см. разд. 12.7).

Следует иметь в виду одну важную особенность картографического метода исследования.

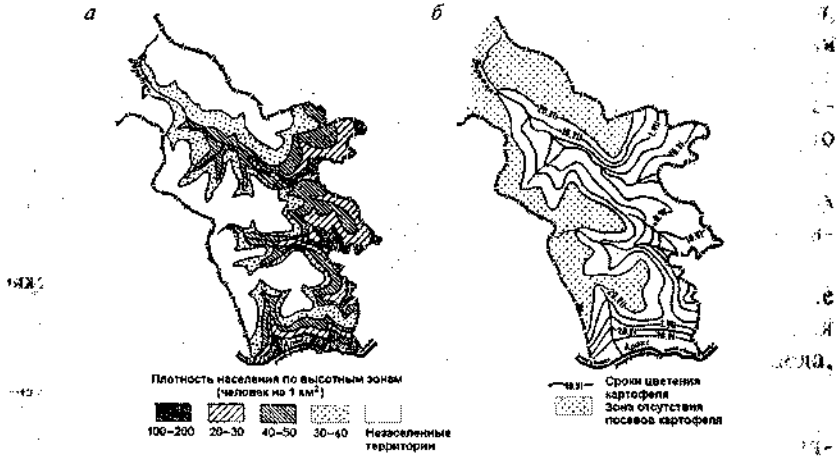


Рис. 13.9. Сходство картографических изображений при отсутствии причинной связи между явлениями (Южная Армения).

а — плотность сельского населения; *б* — цветение картофеля.

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. 13.9 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.

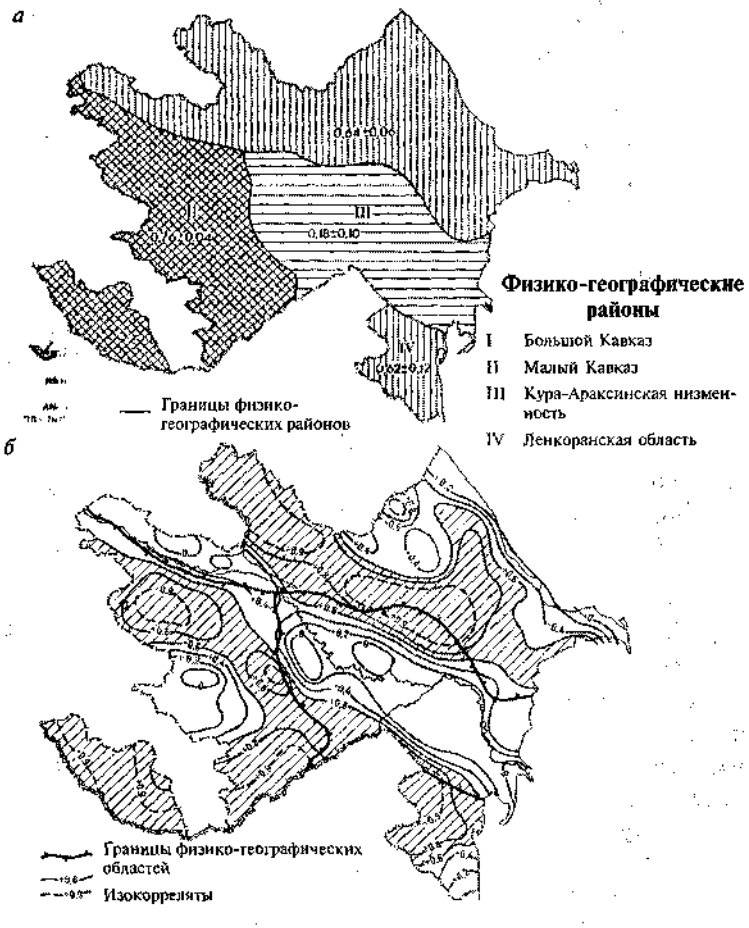


Рис. 13.10. Корреляционные карты, отражающие связь между густотой речной сети и средним годовым стоком (Азербайджан).

а — картограмма корреляций, составленная по физико-географическим районам; *б* — карта изокоррелят (линий равных корреляций); заштрихованы области высоких положительных корреляций.

При исследовании геосистем важнейший момент — прослеживание изменения взаимосвязей по территории, от места к месту, выявление зон, где связи сильны и где они ослабевают или совсем отсутствуют. Для этого создают специальные ***карты взаимосвязей***, отражающие пространственное варьирование связей. 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;
- ***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. 13.10 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 Азербайджана: в этом случае оказались бы смешаны высокие и низкие корреляции, а их пространственная дифференциация осталась нераскрытой.

13.4. 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), либо карты, составленные одновременно, но фиксирующие разные моменты времени (помесячные 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, происшедшие 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 цели анализа разновременных карт похожи на повторные инструментальные съемки местности. А всяким повторным наблюдениям присущи два допущения: во-первых, за величину 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 выполнены 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 изменении 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.

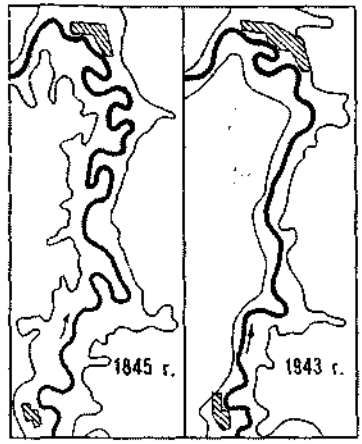


Рис. 13.11. Изменение извилистости русла р. Ай в Башкирии почти за сто лет, обнаруженное при сопоставлении старой одноверстной карты (1845) и современной топографической карты масштаба 1:50 000 (1943). Карты приведены к одному масштабу.

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. 13.11);

- 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.

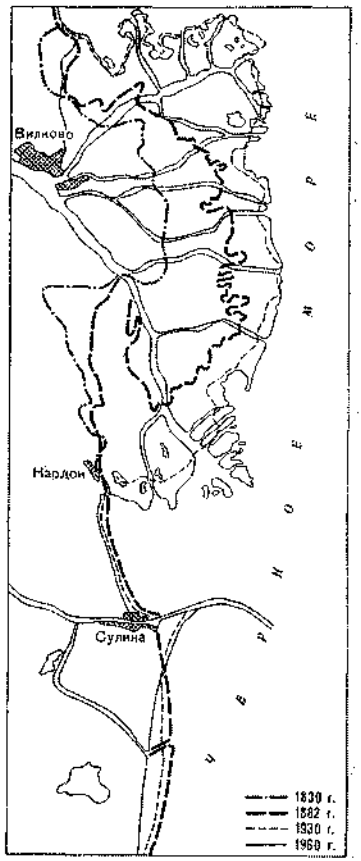


Рис. 13.12. Прирост дельты р. Дунай по данным топографических съемок, выполненных в разные годы.

Результаты сравнения чаще всего представляют путем простого совмещения контуров явлений на разные даты. Так, например, получена карта прироста дельты Дуная за 130 лет (рис. 13.12). По ней удобно выполнять картометрические определения, подсчитывать величину и среднюю скорость прироста дельты и др.

Другой способ отображения динамики — составление карт разности состояний 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 овер-

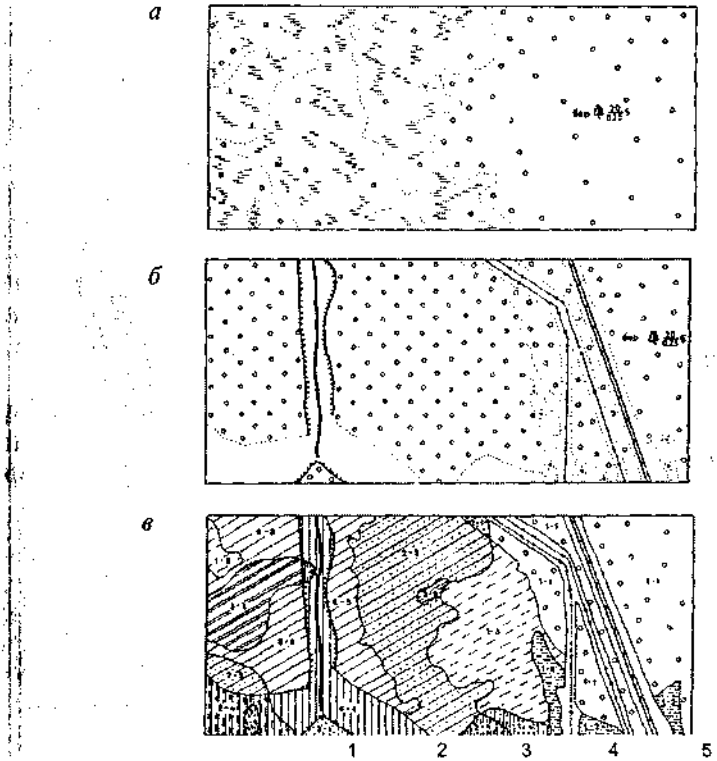


Рис. 13.13. Составление карты изменения ландшафтов на основе сопоставления разновременных карт.

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.

лея, т.е. совмещения двух карт (прошлого и современного состояния) на общей основе. На рис. 13.13 показаны две разновременные карты: на одной отражен природный ландшафт, а на другой — тот же ландшафт через 25 лет, подвергшийся значительному антропогенному воздействию. Легенда карты дана в матричной форме, она характеризует смену состояния каждого ландшафта или его сохранность. Такая карта удобна для количественной оценки трансформации ландшафтов и степени хозяйственного освоения территории.

13.5. 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 новых земель. Так, офицер российского флота Н. Г. Шиллинг, анализируя по картам движение арктических льдов, в 1865 г. высказал предположение о существовании неизвестного архипелага, который вскоре был открыт австрийцами и получил название Земля Франца-Иосифа. А в 1924 г. полярный исследователь и океанограф В. Ю. Визе также на основе картографического анализа предсказал существование 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, 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 неизвестные явления, например неизвестные полезные ископаемые. Су-



щественно 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, экспертные оценки, расчет статистических регрессий и др.

Существуют три вида прогноза 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 названных выше вида прогноза и позволяющий предсказать тенденции развития и эволюции явления в прогнозируемом пространстве.

При картографической экстраполяции особое значение приобретают карты фоновых поверхностей (см. разд. 13.2). 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 пространстве. Так, имея серию фоновых поверхностей ФП-A, ФП-B, ..., ФП-N, можно с помощью регрессионных моделей экстраполировать значение ФП-N+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-A, ФП-B, ..., ФП-N можно рассчитать поверхность ФП-K, 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 года). Это

деление, однако, достаточно условно. Многое зависит от природы самого явления (см. разд. 8.6).

Достоверность прогнозных карт зависит от заблаговременности и дальности экстраполяции, характера самого явления, его стабильности или подвижности, цикличности, от достоверности и полноты исходных карт, а также от устойчивости выявленных тенденций, тесноты взаимосвязей, что во многом определяется самой методикой прогнозирования. В зависимости от степени достоверности различают карты предварительного, вероятного и весьма вероятного прогноза, а также карты перспективного расчета (см. разд. 8.5).

13.6. 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 выявляют, пользуясь методами теории ошибок, картометрии и математической статистики, а другие не имеют точных оценок, и судить о них можно лишь с учетом 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, неверная интерпретация 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 постановке 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 погрешность результата не должна превышать определенного допустимого предела. Тогда погрешности, меньшие заданной точности, вообще не учитываются, что снижает трудоемкость и сокращает 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 XIV
Картография и геоинформатика

14.1. 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-координированных данных. Одна из основных функций ГИС — создание и использование компьютерных (электронных) карт, атласов и других картографических произведений.

Первые ГИС были созданы в Канаде, США и Швеции для изучения природных ресурсов в середине 1960-х годах, а сейчас в промышленно развитых странах существуют тысячи ГИС, используемых в экономике, политике, экологии, управлении и охране природных ресурсов, кадастре, науке, образовании и т.д. Они интегрируют картографическую информацию, данные дистанционного зондирования и экологического мониторинга, статистику 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 затрачивают 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 много внимания 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. 14.1).

Таблица 14.1

Территориальные уровни ГИС

Вид ГИС	*Охват территории*	*Масштабы*
Глобальные	5×10^8 км^2	1:1 000 000–1:100 000 000
Национальные	10^4–10^7 км^2	1:1 000 000–1:10 000 000
Региональные	10^3–10^5 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.)	10^2–10^3 км^2	1:1000–1:100 000

ГИС подразделяют и по проблемной ориентации (тематике). Созданы специализированные земельные информационные системы (ЗИС), кадастровые (КИС), экологические (ЭГИС), учебные, морские и многие иные системы. 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 и рационального использования ресурсов, прогноза результатов их эксплуатации.

14.2. 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. 14.1). К примеру, базовый слой содержит данные о рельефе, затем следуют слои гидрографии, дорожной сети, населенных пунктов, почв, растительного покрова, распростране-

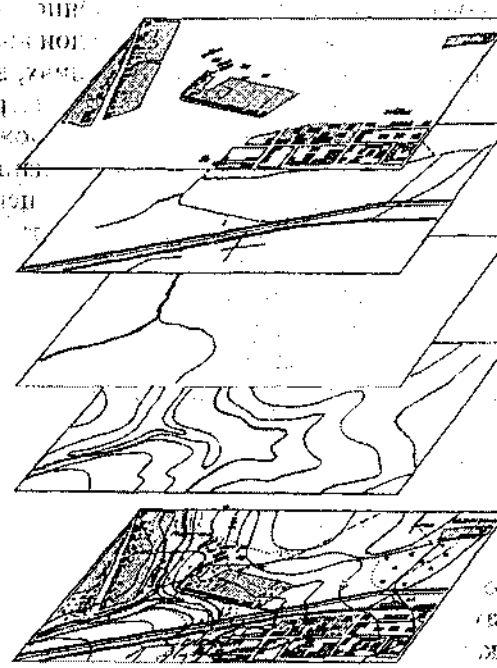


Рис. 14.1. Принцип расположения информационных слоев в географической информационной системе.

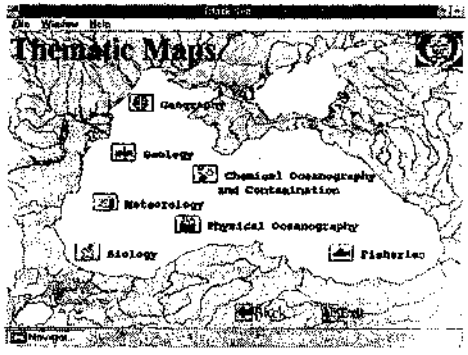


Рис. 14.2. Экран «Тематические карты» ГИС—Черное море.

ния 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.

На рис. 14.2 представлен экран, показывающий в качестве примера тематику разделов ГИС—Черное море — международной системы, созданной для принятия решений по охране ресурсов Черноморского бассейна. На экране видны кнопки («иконки»), при нажатии которых открываются соответствующие наборы тематических карт: география, геология, химическая океанография и загрязнение вод, метеорология, физическая океанография, биология, рыбные ресурсы. Нажатие любой кнопки на экране вызывает соответствующий тематический раздел. Затем с помощью меню в этом разделе выбирают нужные 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 строить производные слои, например вычислять температурные градиенты или составлять корреляционные карты. На рис. 14.3 проиллюстрирован расчет сколь-

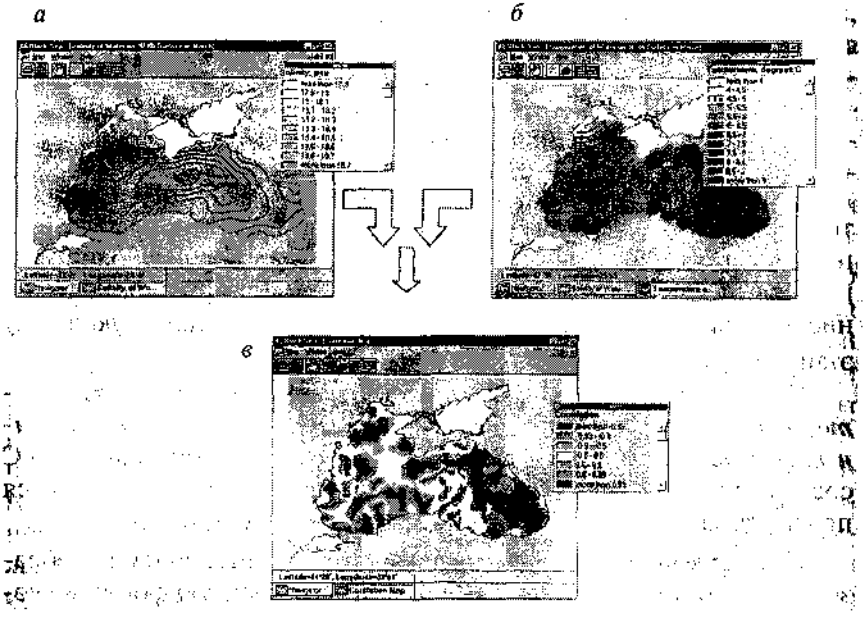


Рис. 14.3. Картографирование пространственных корреляций с помощью ГИС.

а и *б* — исходные карты солености и температуры поверхностных вод Черного моря; *в* — карта изокоррелят.

зящего показателя связи по двум картам Черного моря: солености и температуры поверхностного слоя — для одного и того же срока (март). В результате построена карта изокоррелят (принцип ее составления рассмотрен в разд. 13.3). На карте видны поля положительных корреляций в западной и северо-западной частях 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:

- 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.

Сердцевину всякой ГИС составляет ***автоматизированная картографическая система (АКС) — комплекс приборов и программных средств, обеспечивающих создание и использование карт.*** АКС состоит из ряда подсистем, важнейшими из которых являются подсистемы ввода, обработки и вывода информации (рис. 14.4).

Подсистема ввода информации — это устройства для преобразования пространственной информации в цифровую форму и ввода ее в память компьютера или в базу данных. Для цифрования применяют ***цифрователи*** (дигитайзеры) и ***сканеры***. С помощью цифрователей на исходной карте прослеживают и обводят контуры и другие обозначения, а в память компьютера при этом поступают текущие координаты этих контуров и линий в цифровой форме. Сам процесс прослеживания оператор выполняет вручную, с чем связаны большая трудоемкость работ и возникновение погрешностей при обводе линий. Сканеры же осуществляют автоматическое



Рис. 14.4. Структура ГИС.

считывание информации последовательно по всему полю карты, строка за строкой. Сама карта размещается на планшете или на барабане. Сканирование выполняется быстро и точно, но приходится дополнительно разделять (распознавать) оцифрованные элементы: реки, дороги, другие контуры и т.п. Качественные и количественные характеристики цифруемых объектов, а также статистические данные вводят с клавиатуры компьютера. Вся цифровая информация поступает в базы данных.

Базы данных — упорядоченные массивы данных по какой-либо теме (темам), представленные в цифровой форме, например базы данных о рельефе, населенных пунктах, базы геологической или экологической информации. Формирование баз данных, доступ и работу с ними обеспечивает ***система управления базами данных (СУБД)***, которая позволяет быстро находить требуемую информацию и проводить ее дальнейшую обработку. 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. Созданы сотни разнообразных специализированных программ (пакетов программ), которые позволяют выбирать нужную проекцию, приемы генерализации и способы изображения, строить карты, совмещать 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 работают 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), печатающие 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 она дается в картографической форме, наиболее привычной и легко обозримой.

Все подсистемы, входящие в автоматические картографические системы, входят также и в ГИС. В состав картографической ГИС производственного назначения включают еще и ***подсистему издания карт***, которая позволяет изготовлять печатные формы и печатать тиражи карт. Если тираж 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, 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 диагностировать состояние геосистем, предлагать варианты решения проблемных ситуаций, давать прогноз развития. Можно считать, что в базах знаний реализуются некоторые принципы функционирования искусственного интеллекта.

14.3. Геоинформатика — наука, технология, производство

В главе I уже было сказано, что 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 яв-

ляется одним из факторов, сближающим 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 важны заложенный в геоинформатике комплексный подход к изучаемым явлениям и ее проблемная ориентация. В структуре геоинформатики различают такие разделы, как теория геосистемного моделирования, методы пространственного анализа и прикладная геоинформатика.

Но 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 продуктов и ГИС-оболочек, 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. Они отражены в четырех моделях, приведенных на рис. 14.5.

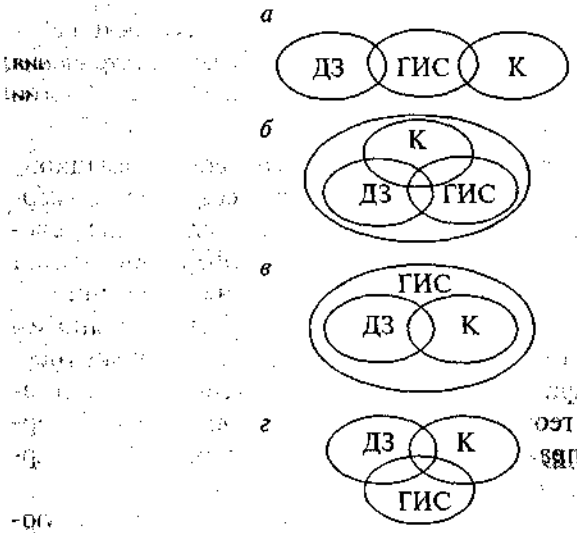


Рис. 14.5. Модели соотношения картографии (К), дистанционного зондирования (ДЗ) и геоинформационных систем (ГИС).

а — линейная модель; *б* — доминирование картографии; *в* — доминирование геоинформационных систем; *г* — модель тройного взаимодействия.

Линейная модель основана на представлении о том, что началом всего является дистанционное зондирование, на него опираются геоинформатика и ГИС, и далее происходит выход на картографию.

Другая схема называется ***моделью доминирования картографии***. Согласно ей дистанционное зондирование и ГИС предстают как подсистемы, входящие в систему картографии.

Модель доминирования ГИС, напротив, представляет картографию и дистанционное зондирование как подсистемы, входящие в геоинформатику и ГИС.

Наиболее реалистичной признается ***модель тройного взаимодействия***, в которой ни одна из сфер не является доминирующей. Они перекрываются и тесно взаимодействуют между собой в процессе получения, обработки и анализа пространственной информации.

14.4. Геоинформационное картографирование

Геоинформационное картографирование — это автоматизированное создание и использование карт на основе ГИС и баз картографических данных и знаний. Суть геоинформационного картографирования 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 отраслей 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 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 (электронные карты, 3-мерные компьютерные модели и анимации 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 своем развитии геоинформационное картографирование использует опыт комплексных географических исследований и системного тематического картографирования. Благодаря этому в конце XX в. геоинформационное картографирование стало одним из магистральных направлений развития картографической науки и производства.

14.5. Оперативное картографирование

Оперативное картографирование — одна из ветвей геоинформационного картографирования, суть его составляют создание и использование карт в реальном или близком к реальному масштабах 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 каких-либо процессов и явлений, изменяющихся в том же темпе.

В практических ситуациях оперативное изготовление картографических произведений и доставка их потребителям становятся важным и даже решающим условием выполнения задачи. Оперативные карты предназначены для решения широкого спектра проблем, и 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.

Следует различать оперативные карты двух типов: одни рассчитаны 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).

Исходными данными для оперативного картографирования служат материалы аэрокосмической съемки, непосредственные наблюдения и замеры, статистические данные, результаты опросов, переписей, референдумов, кадастровая информация. А эффективность оперативного картографирования определяется тремя факторами:

- надежностью автоматической системы, скоростью ввода и обработки данных, удобством доступа к базам данных;
- хорошей читаемостью самих оперативных карт, простотой их внешнего оформления, что обеспечивает эффективное зрительное восприятие в условиях оперативного анализа ситуаций;



- оперативностью распространения карт и доставки их потребителям, в том числе с использованием для этого телекоммуникационных сетей.

Оперативное отображение состояния и изменения явлений теснейшим образом связано с автоматизированным изготовлением динамических карт. Они позволяют отразить не только структуру, но и существо явлений и процессов, происходящих в земной коре, атмосфере, гидросфере, биосфере и, что еще более важно, в зонах их контакта и взаимодействия. Динамическое картографирование, кроме того, является самым эффективным средством визуализации результатов мониторинга.

14.6. Картографические анимации

В традиционной картографии известны три способа отображения динамики явлений и процессов, их возникновения, развития, изменений во времени и перемещения в пространстве (см. разд. 4.14 и 8.4):

- 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 (см. разд. 13.4), когда показывается не сама динамика, а лишь результаты происшедших изменений (ареалы изменений).

Геоинформационное картографирование существенно расширяет возможности отображения динамики геосистем, вводя в практику ***картографические анимации*** (мультипликации) — особые динамические последовательности карт-кадров, создающие 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.

Разработано множество технологий 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;
- мультипликационные последовательности карт-кадров или 3-мерных 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 3-мерных 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 временно́й 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 временно́го масштаба). В определенном 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.

14.7. Виртуальное картографирование

Дальнейшее развитие геоинформационных 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 многообразны. 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, 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, предусмотрены возможности выбора состояния неба (облачности), тумана, условий освещения местности, высоты Солнца, времени дня, 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 детально рассмотреть террасированность их склонов, провести морфометрические измерения, определить характер эрозионных и оползневых процессов, а двигаясь над городскими территориями, — оценить особенности застройки и распределения 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 мониторинг районов природного риска, строительство зданий и автострад, прокладка трубопроводов, оценка загрязнения среды и распространения шумов от аэропортов и т.п. Возможно использование аналогичных технологий в научных и учебных целях, например для создания средне- и мелкомасштабных виртуальных изображений, в том числе глобусов. На глобусах изображают, скажем, природную зональность земного шара, ход климатических процессов, сезонные изменения растительного покрова и ландшафта, миграцию населения,



движение транспортных потоков и т.д. Сюжеты виртуальных тематических карт столь же разнообразны, как и в традиционном картографировании.

14.8. Электронные атласы

Создание капитальных атласов растягивается, как известно, на долгие сроки, и главной проблемой становится их устаревание, нередко еще в процессе подготовки. Электронные атласы — это удачная альтернатива бумажным. Они позволяют значительно сократить сроки составления, использовать в качестве носителей компакт-диски, применить анимации и мультимедийные средства. Такие атласы содержат карты высокого качества, имеют дружественный интерфейс и обычно снабжены хорошими справочно-поисковыми системами.

Существует несколько типов электронных атласов:

- атласы только для визуального просмотра («перелистывания»), так называемые ***вьюерные атласы***;
- ***«интерактивные атласы»***, в которых предусмотрены возможности изменять оформление, способы изображения и даже классификации картографируемых явлений, увеличивать и уменьшать (масштабировать) изображение, получать бумажные копии карт;
- ***«аналитические атласы»***, позволяющие комбинировать и сопоставлять карты, проводить их количественный анализ и оценку, выполнять оверлей, пространственные корреляции, — по существу, это ***ГИС-атласы***;
- атласы, размещенные в компьютерных телекоммуникационных сетях (см. разд. 15.3), например ***Интернет-атласы***. В их структуре кроме карт и интерактивных средств обязательно присутствуют еще и средства поиска дополнительной информации и карт в сети.

Карты комплексных электронных атласов содержат разные виды информационных слоев:

- многофункциональные базовые слои, используемые для многих карт;
- аналитические и синтетические слои по конкретной тематике;
- 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, гидрогеологической, инженерно-геологической, геоэкологической и др. Комбинирование слоев существенно упрощает трудоемкие процессы составления и взаимного согласования карт.

В большинстве стран созданы национальные электронные атласы. Как правило они базируются на многотомных бумажных атласах, например атлас Швеции включает 17 томов, Нидерландов — 20 томов, Финляндии — 25 выпусков, Испании — 40 выпусков. Однако электронные атласы не всегда повторяют свои бумажные прототипы именно в силу текущего обновления карт, появления новых сюжетов и даже частичного изменения структуры.

Проект создаваемого Национального атласа России предусматривает, что наряду с традиционным многотомным печатным изданием будут созданы еще две версии: 1) электронная (упрощенная) на магнитных дискетах и компакт-дисках, которая разрабатывается одновременно с традиционной бумажной версией и впоследствии может быть дополнена другой видео- и аудиоинформацией, анимациями и текстом; 2) ГИС-версия, также расширяемая с помощью мультимедиа и включающая базы данных и универсальную программную оболочку.

Глава XV

Картография и телекоммуникация

15.1. 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) — особой системы согласованных правил и способов обмена файлами в компьютерах. 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 помо-

щью 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 компьютинг***) 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 второго 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), локальные (сети Новосибирского академгородка, Московского университета), спе-



циализированные, ведомственные, или корпоративные сети (земельные, учебные, академические и т.п.). Эти последние называют **Интранет,** и они как правило имеют выход в Интернет.

15.2. «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 — (Веб)) — 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 компьютинга, 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.

15.3. 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.

«***Публикация (размещение) карт и атласов в Интернете***» оказалась более простым и дешевым делом, чем их полиграфическое издание. Она 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 посылает в Интернет метеорологические фотокарты разных районов планеты, каждые 15 минут обновляя их по космичес-

ким 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 туристские, 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. Хорошим примером может служить Национальный Атлас Канады, размещенный в Интернете по адресу: http://www.atlas. gc.ca.

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 хранят в Интернете постоянно, а быстроменяющиеся изображения оперативно пересоставляют. 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, создавать по одним и тем же данным несколько вариантов карт. Число атласов разного типа и назначения, размещенных в Интернете, уже с трудом поддается учету.

15.4. 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, 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 — построение 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 размножают составленные карты в требуемом 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 — исследование динамики по наборам разновременных карт и снимков.

Один из способов Веб-картографирования — это создание виртуальных картографических произведений (см. разд. 14.7) на основе 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, 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.

15.5. 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. разд. 14.1), 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 геотелеинформационная 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 реализует две технологии картографирования. В одном варианте карты полностью создаются на удаленном сервере по запросу пользователя и затем передаются ему, в другом — 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. Такие библиотеки содержат доступные всем клиентам компьютерной сети описания (метаданные) различных фондов и коллекций цифровой геоинформации. Доступ к базам данных ограничен, он открыт только для зарегистрированных государственных ведомств и лиц, владеющих соответствующими паролями.

Многие страны предпринимают усилия для создания единых региональных инфраструктур пространственных данных. Так поступили западноевропейские государства, страны Азии и Тихого океана. Идеи формирования подобной инфраструктуры прорабатывают и картографо-геодезические службы стран СНГ, ощущающие необходимость сотрудничества в этой сфере.

15.6. Перспективы взаимодействия

Геоинформация составляет обширную часть информации, жизненно необходимой современному обществу. Экономика, культура, наука и образование, средства массовой информации, экологическая 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-временно́го анализа, способов визуализации. Таким образом, в первом случае внимание акцентируется на технических и технологических аспектах, а во втором — на проблемах методологического характера.

Глава XVI
Геоизображения

16.1. 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* экранных 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 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»**. Определение его таково: **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 планет*.

Геоизображения отображают недра Земли и ее поверхность, океаны и атмосферу, педосферу, социально-экономическую сферу и области их взаимодействия.

* Слово «гео» применительно к другим планетам вполне правомерно, поскольку планетологи давно согласились отказаться от терминов «селенология» и «селенография», «ареология» и «ареография» и т.п. и перешли к более удобным и понятным названиям: геология и география Луны, геология и география Марса, Венеры и др.

16.2. Виды геоизображений

Геоизображения подразделяют на три класса:

- ***плоские, или двухмерные*** — карты, планы, анаморфозы, фотоснимки, фотопланы, телевизионные, сканерные, радиолокационные и другие дистанционные изображения;
- ***объемные, или трехмерные*** — анаглифы, рельефные и физиографические карты, стереоскопические, блоковые, голографические модели;
- ***динамические трех- и четырехмерные*** — анимации, картографические и стереокартографические фильмы, киноатласы, виртуальные изображения и т.п.

Основные виды карт, аэро- и космические снимки, другие пространственные модели были рассмотрены выше (см. гл. I и X). Многие из них давно вошли в практику, другие появились сравнительно недавно, а некоторые находятся еще в стадии экспериментальной разработки, как, например, голографические 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 спектра, 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. разд. 1.7 и 11.5). 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 малоиска-

женных фотографий сочетаются с оперативностью телевизионного способа их передачи на Землю. Есть много примеров сочетания и синтезирования телевизионных и сканерных, сканерных и радиолокационных 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. Виртуальное изображение (см. разд. 14.7), 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, к ним можно отнести 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.

16.3. Классификация геоизображений

Для того чтобы ориентироваться во всем многообразии геоизображений, необходимы их упорядочение и группировка, позволяющие найти место для простых, производных и комбинированных вариантов. Кроме того, важно, чтобы система классификации оставляла возможность для пополнения и расширения ее по мере появления новых видов геоизображений, что происходит постоянно.

Классификация геоизображений должна не только группировать и содержать наиболее полный перечень их, но, главное, предсказывать возможность появления новых видов и типов геоизоб-

ражений с теми или иными свойствами. В этом состоит важная программирующая роль всякой классификации и систематизации. Здесь во многом следует опереться на опыт картографических классификаций, поскольку именно они разработаны наиболее подробно (см. разд. 1.4–1.6 и гл. VIII).

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*** — 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 (коррекция, обобщение, монтирование 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 изображений, по длительности их использования (скажем, долговременные, оперативные, мгновенные и т.д.). Космические снимки различают по технологии получения, спектральному разрешению, масштабу, обзорности, повторяемости съемки, а кроме того, применяют многопараметрическую классификацию по комплексу показателей.

Ниже приводится одна из классификаций геоизображений по двум важным признакам: статичности-динамичности и размерности.

Таблица 16.1

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, кинограммы, динамические блок-диаграммы, динамические голограммы, виртуальные изображения

Есть еще одна классификация, которая подразделяет геоизображения на типы: аналитический, комплексный и синтетический (см. разд. 8.1–8.3), 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. Одновременное изображение 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 весьма значительная аналогия между синтетическими картами и синтезированными снимками, когда два, три или более негативов 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 изображение 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 выбирать оптимальные сочетания так, чтобы свойства разных пространственно-временных моделей дополняли друг друга. ***Множественность геоизображений обеспечивает всестороннее изучение сложных многомерных геосистем, выявление их структуры, иерархии, динамики.***

16. 4. Система геоизображений

Анализ свойств геоизображений показывает, что между разными видами их 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 появляется трехмерность и объемность геоизображений.

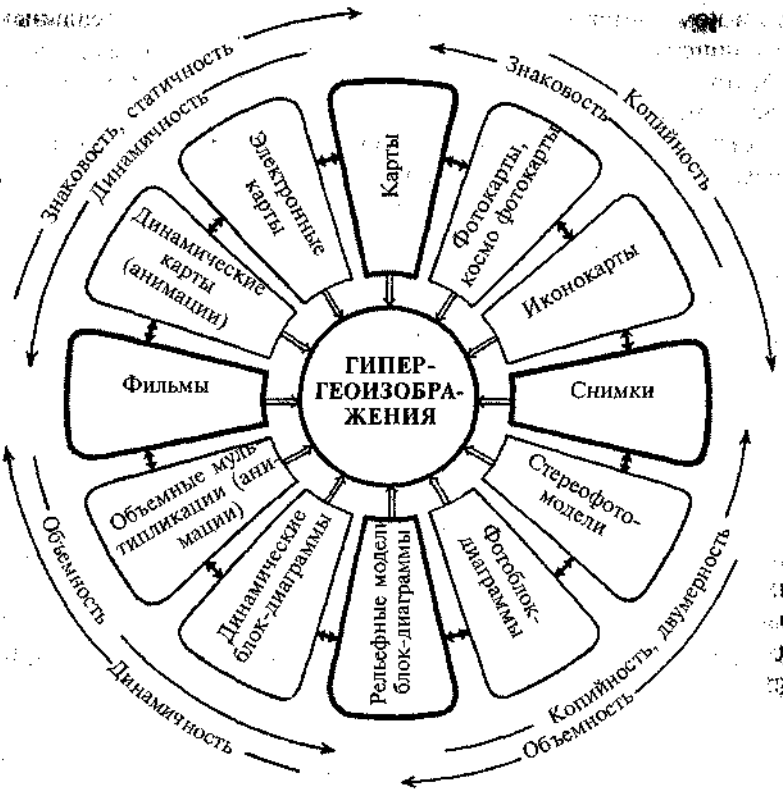


Рис. 16.1. Схематическое представление системы геоизображений.

Условно систему геоизображений можно представить в виде круговой диаграммы, которая передает достаточно плавные изменения свойств, постепенные взаимные переходы. На рис. 16.1 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 возможных 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 разви-

тием компьютерных технологий становится вполне реальным делом 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 космической 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 им 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 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.

16.5. Графические образы

Графический образ — это то, что роднит все геоизображения и объединяет их в систему. Этот хорошо известный, хотя и трудноопределимый, 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 образ дается 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 некого 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, о группировке совокупности объектов в заданный класс-образ.

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 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 графическими средствами: формой знаков, их размерами, 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 их в пространстве, взаимная упорядоченность, объединение или взаимное наложение и другие отношения. По словам А. Ф. Асланикашвили, 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, и 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***).

16.6. 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.

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. 16.2 весьма скупыми графическими средствами даны изображения трех городов. Изобразительные средства одинаковы,

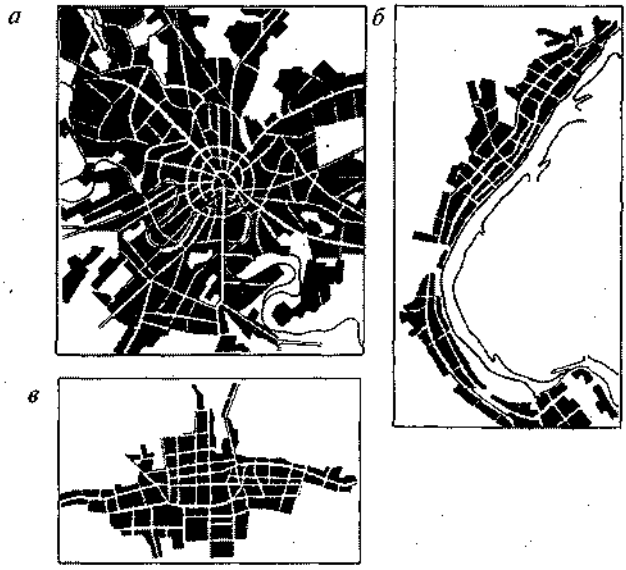


Рис. 16.2. Графические образы городов.
а — Москва; *б* — Волгоград; *в* — Бишкек.

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 информативны. 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 намеренно схематизируют геоизображения, стремясь получить простой и четкий графический образ, обнаруживающий пространственную структуру изучаемого объекта, чтобы таким путем лучше понять его 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. 16.3 представлены так называемые «скелетные карты» магнитных полей. Видно, насколько хорошо различаются расплывчатые пятнистые контуры аномалий в пределах древних щитов и платформ, четко ориентированные структуры океанического ложа или рифтовых зон, области перехода от материков к океанам.

Приведенные примеры, число которых можно было бы многократно 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 распознава-

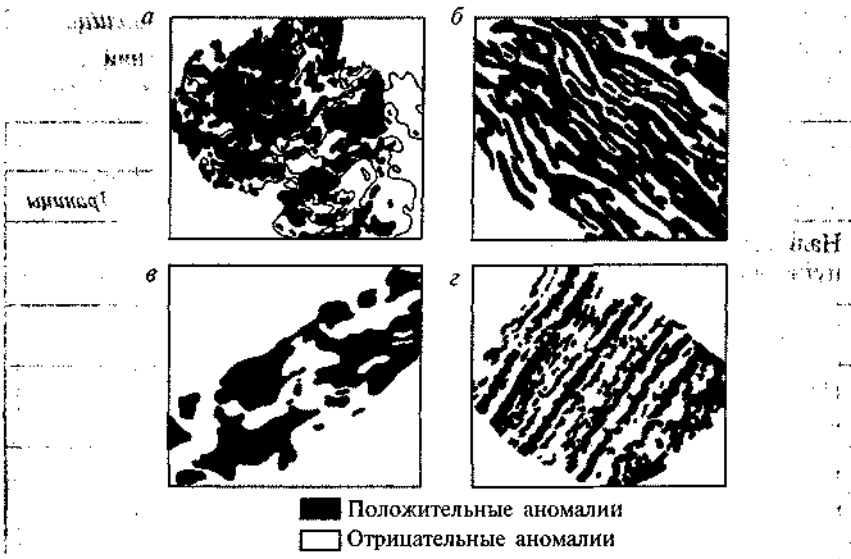


Рис. 16.3. Графические образы («скелетные карты») магнитных полей.
а — районы щитов и платформ; *б* — океаническое ложе («зебровая структура»); *в* — области перехода от материков к океанам; *г* — зоны рифтов.

ния 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, горизонтали, дороги, границы и др., визуально легко распознаются 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. 16.2.

На рис. 16.4 хорошо видно, что признаки класса «изолинии» не пересекаются с признаками класса «гидросеть». Но вот гидросеть и

Таблица 16.2

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.

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, переходных от одного класса к другому. Не только автоматические распознающие 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. 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.

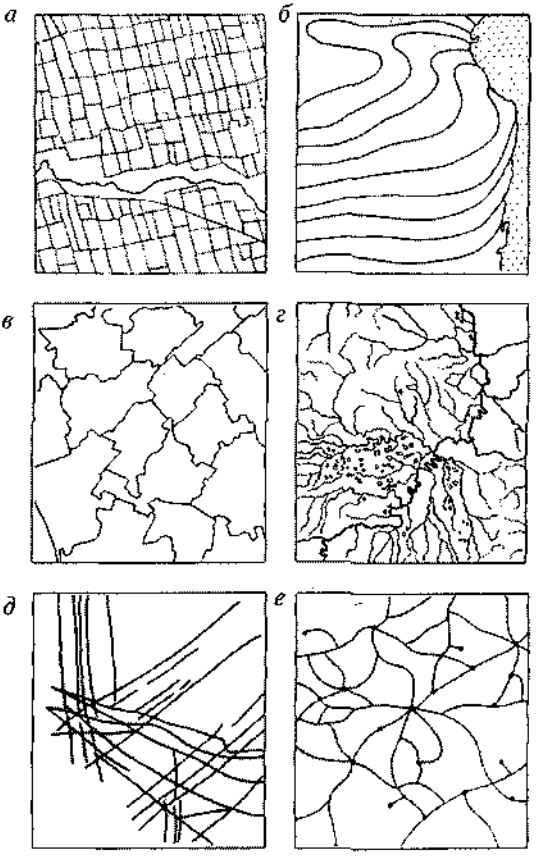


Рис. 16.4. Конфигурации некоторых линейных элементов на картах.

а — границы земельных угодий; *б* — изолинии; *в* — административные границы; *г* — гидросеть; *д* — тектонические трещины; *е* — сеть автодорог.

В картографии и дистанционном зондировании накоплен немалый опыт распознавания и дешифрирования геоизображений. При этом всегда вначале требуется определить параметры образов, избрать основания для их классификации, а затем выбрать наиболее информативные признаки. Далее необходимо обратиться к системам решающих правил, позволяющим отнести 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:

- 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 XVII

Геоиконика

17.1. 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.;
- возрастающее 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 геоизображений 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 гео + греч. εικωνικη — изображение) — синтетическая отрасль знания, изучающая общую теорию геоизображений, методы их анализа, преобразования и использования в науке и практике. Она является частью **иконики** — науки об изображениях, их общих свойствах, методах 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. 17.1). Она скрепля-

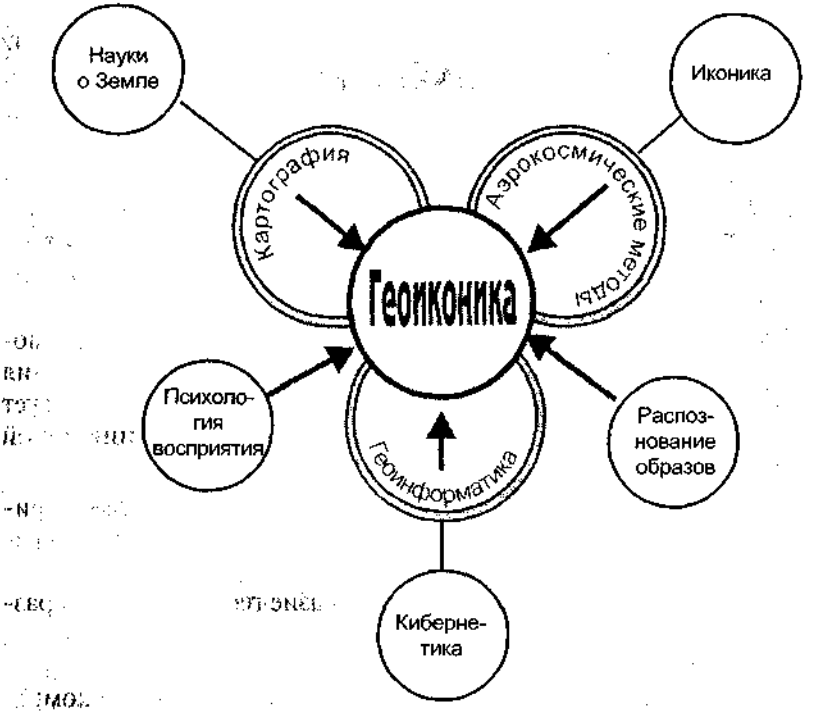


Рис. 17.1. Геоиконика в системе научных дисциплин.

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 осмыслении 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. Много внимания уделяется методикам обработки и распознавания гео-

изображений, приемам количественного анализа, технологиям цифрования, преобразования, повышения качества, хранения и воспроизведения их. 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.

17.2. 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, определяет информативность геоизображения, которая 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 наблюдается 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 прослеживают локальные закономерности.

Классифицируя любые геоизображения по масштабам, чаще всего называют три группы: крупно-, средне- и мелкомасштаб-

ные, однако характерно, что градации, принятые для основных видов геоизображений: карт, аэро- и космических снимков, неодинаковы.

В России используется следующая классификация топографических и тематических карт: крупномасштабные — 1:100 000 и крупнее, среднемасштабные — от 1:200 000 до 1:1 000 000 и мелкомасштабные — мельче 1:1 000 000 (см. разд. 1.5 и 3.2).

Масштабные классификации имеют прямое отношение к пространственному охвату. Это особенно хорошо видно на примере карт иных планет. Масштаб, который для большой планеты является крупным, для другой, меньшей по размерам, окажется мелким, ибо «у каждой планеты свой метр». На Земле метр равен одной десятимиллионной части ¼ 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 масштаба 1:1 000 000 соответствует (округленно) карта Меркурия масштаба 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. 17.1.

Таблица 17.1

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

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 прочих равных условиях масштаб снимка тем мельче, чем выше поднят аэрофотоаппарат. Съемки с вертолетов выполняются в основном в крупных и иногда в средних масштабах, с самолетов — в средних и мелких масштабах, а с высотных самолетов получают мелкомасштабные и сверхмелкомасштабные аэрофотоснимки. Принимая трехступенное деление, выделяют аэроснимки: крупномасштабные — 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 — полушария. Метеоспутники и пилотируемые космические станции, облетающие Землю на орбитах высотой в несколько тысяч километров, обеспечивают получение в основном среднемасштабных снимков, охватывающих 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. км^2. Трехступенная 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 (см. табл. 17.2).

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 рай-

Таблица 17.2

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

онирования регионов, анализа глобальных линеаментов и кольцевых структур, а по крупномасштабным картам и аэрофотоснимкам удобно изучать строение ландшафтов, микрорельеф и микроклимат территории, отдельные геологические структуры и т.п.

Соотношения масштабов, охвата пространства и уровня исследования для основных геоизображений показаны в табл. 17.3.

Таблица 17.3

Масштабы карт, аэро- и космических снимков и основные пространственные уровни исследования

Уровень исследования	*Охват пространства, км²*	*Диапазоны масштабов для*		
		карт	*космических снимков*	*аэрофото-снимков*
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

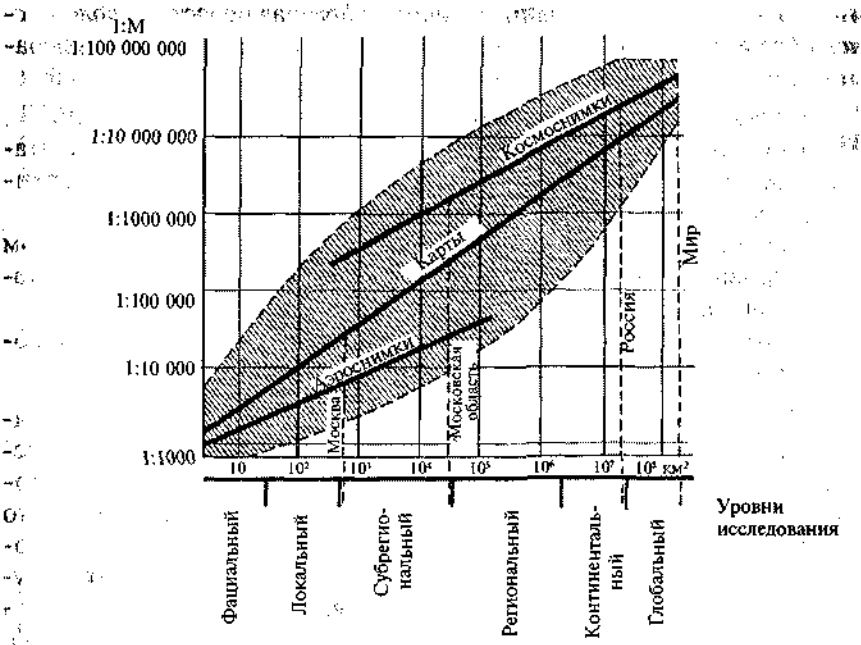


Рис. 17.2. Поле масштабов геоизображений.

На локальном уровне исследования космические снимки применяют нечасто, а на фациальном — практически не используют. Напротив, аэрофотоснимки не применяют на глобальном уровне и крайне редко — на континентальном/океаническом уровне.

Конечно, выбор геоизображений того или иного масштаба во многом определяется их качеством (цвет, разрешение, 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.

На рис. 17.2 представлен график, на котором жирными линиями показаны главные соотношения масштабов и пространствен-



ного охвата, а заштрихованная эллипсообразная область — ***поле масштабов геоизображений*** — очерчивает возможные пределы колебания в 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 масштаба 1:10 000 000 и космических снимков масштаба 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, особенностей самого изучаемого объекта, допустимой трудоемкости и других подобных факторов. Для исследования Московской области целесообразно взять карты масштаба 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 приближения к локальному уровню все более ценится детальность. Несмотря на приблизительность 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.

17.3. Временны́е диапазоны геоизображений

При использовании разновременных геоизображений важно знать их временны́е диапазоны, т.е. отрезки времени, которые можно отображать, изучать, моделировать с их помощью. В этом отношении практически неограниченны 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 дальнюю 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 столетия. Ряд государств Европы располагают достаточно точными 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 началась в середине 20-х годов XX столетия, но большинство районов Земли было покрыто ею много позже. Что касается космических снимков, то, как известно, первые пробные съемки были выполнены в 60-х годах, а активное внедрение дистанционного зондирования 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 «Ландсат», СПОТ, «Метеор-Фрагмент» составляет около суток, для метеоспутников — несколько часов. Временны́е диапазоны для основных видов геоизображений имеют следующий порядок (см. табл. 17.4).

Для динамических геоизображений оправдано введение понятия ***масштаба времени*** или, лучше сказать, ***временного масштаба***. Тогда, например, 1:86 000 будет означать, что одна секунда (1 с) 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,

Таблица 17.4

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

для глобальных тектонических процессов — это тысячи км^2 пространства и тысячелетия, для современных геоморфологических явлений — сотни км^2/столетия, для гидрологических объектов — десятки км^2/годы, для метеорологических и погодных явлений — сотни км^2/дни и т.д.

Наличие характерных пространственно-временных соотношений для разных объектов, явлений и процессов учитывают при использовании разновременных геоизображений (см. также разд. 13.4), 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.

17.4. Генерализация геоизображений

Генерализованность — неотъемлемое свойство всех геоизображений. Теория и методы картографической генерализации разрабатываются давно, подробно исследованы ее принципы, точность, субъективные факторы, формальные критерии и т.п. (см. гл. VII). Генерализация аэрокосмических геоизображений изучена хуже, и связано это с тем, что она долго не признавалась «настоящей» (по сравнению с картографической) из-за ее механического, не-

творческого 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 обоснования 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 — временно́е.

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, 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 динамической 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 зритель 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 аспект — временной, 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 осреднения) 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 сглажи-

вание. Аналогичный смысл имеют и процедуры фильтрации, когда исходное изображение как бы пропускается через сито 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. 17.5, 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 интерактивная генерализация, сочетающая содержательные принципы картографической генерализации и формальные логико-математические приемы.

Таблица 17.5

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



Таким образом, генерализация геоизображений в разных ее проявлениях касается геометрической формы объектов, их качественных и количественных особенностей, спектральных характеристик, динамических аспектов. Понимание общих закономерностей этого процесса приближает к решению проблемы ***управления генерализацией*** геоизображений, чрезвычайно актуальной с точки зрения их использования в научных исследованиях.

Различия между видами 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 — сглаживание. Наибольшей гибкостью и управляемостью отличается генерализация картографическая, а наименьшей — дистанционная.

Следует иметь в виду два 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 временно́го 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.

17.5. Геоиконометрия

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, другие графические документы и извлекая

из них нужную информацию. Отсюда становится понятна актуальность развития методов и средств измерения по геоизображениям.

В картографии, дистанционном зондировании, фотограмметрии и в голографии существует комплекс метрических дисциплин, обеспечивающих выполнение измерений. В геоиконике постепенно формируется ***геоиконометрия — система дисциплин, изучающих теорию, методы и средства измерений по геоизображениям.*** 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 выделяют три ветви метрических дисциплин (рис. 17.3):

- ***геопланиметрия*** — измерения по плоским 2-мерным геоизображениям;
- ***геостереометрия*** — измерения по объемным 3-мерным геоизображениям;
- ***геохронометрия***, или ***динамическая геоиконометрия*** — измерения по динамическим 3- и 4-мерным геоизображениям.

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 соответственно 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. из-

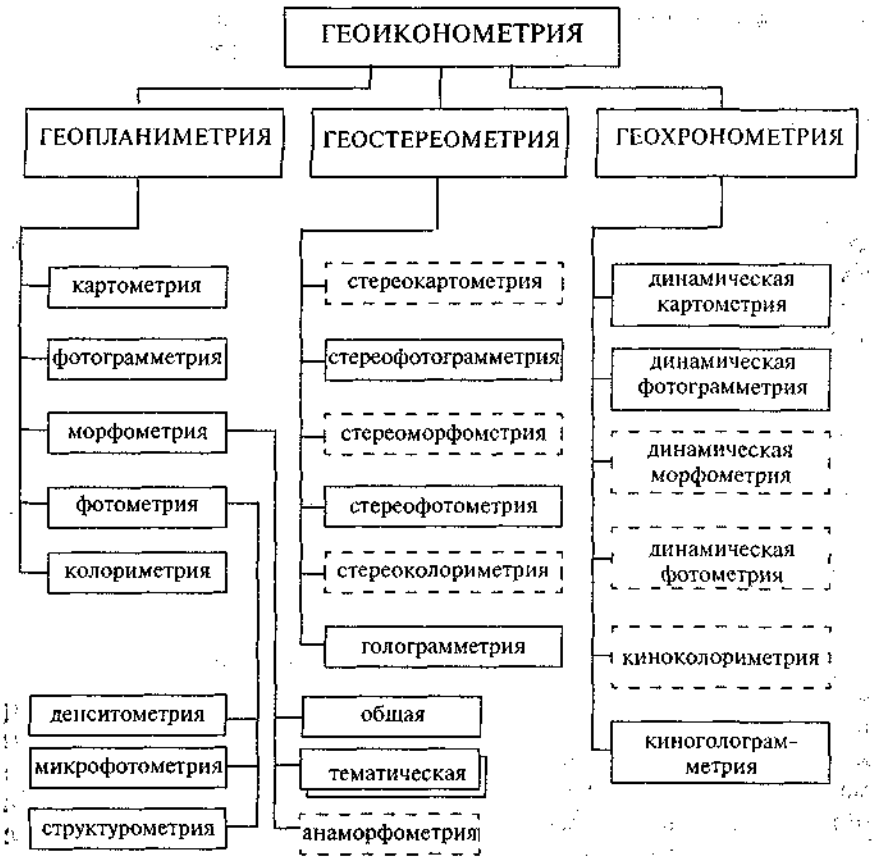


Рис. 17.3. Система геоиконометрии.

Пунктиром показаны только зараждающиеся направления геоиконометрии.

мерения 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, киноколориметрия.

Рассмотренная классификация систематизирует и упорядочивает известные дисциплины геоиконометрии и одновременно выполняет программирующую функцию, показывая возможные точки роста новых метрических дисциплин.

ЛИТЕРАТУРА[1]

Учебники и учебные пособия

1. *Берлянт А. М.* Картографический метод исследования. — 2-е изд. — М.: Изд-во МГУ, 1988. — 252 с.
2. *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.
3. *Бугаевский Л. М.* Математическая картография: Учебник для вузов. — М., 1998. — 400 с.
4. *Верещака Т.В., Подобедов Н.С.* Полевая картография: Учебник для вузов. — 3-е изд. — М.: Недра, 1986. — 351 с.
5. *Востокова А. В.* Оформление карт. — М.: Изд-во МГУ, 1985. — 200 с.
6. *Евтеев О. А.* Проектирование и составление социально-экономических карт: Учебник. — М.: Изд-во МГУ, 1999. — 224 с.
7. *Заруцкая И.П., Сваткова Т. Г.* Проектирование и составление карт. Общегеографические карты. — М.: Изд-во МГУ, 1982. — 208 с.
8. *Заруцкая И. П., Красильникова Н. В.* Проектирование и составление карт. Карты природы. — М.: Изд-во МГУ, 1989. — 206 с.
9. *Картография* с основами топографии: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов/Под ред. Г. Ю. Грюнберга. — М.: Просвещение, 1991. — 368 с.
10. *Книжников Ю. Ф.* Аэрокосмическое зондирование. Методология, принципы, проблемы: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МГУ, 1997. — 129 с.
11. *Коновалова Н. В., Капралов Е. Г.* Введение в ГИС: Учеб. пособие. — Петрозаводск: Изд-во Петрозавод. ун-та, 1995. — 148 с.
12. *Кравцова В. И.* Космические методы картографирования/Под ред. Ю. Ф. Книжникова. — М.: Изд-во МГУ, 1996. — 240 с.
13. *Курошев Г. Д.* Геодезия и география: Учебник. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1999. — 372 с.
14. *Лурье И. К.* Геоинформатика. Учебные геоинформационные системы: Учеб.-метод. пособие. — М.: Изд-во МГУ, 1997. — 115 с.
15. *Павлова А. А.* Морские навигационные карты. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1961. — 180 с.
16. *Салищев К. А.* Картография. — 3-е изд. — М.: Высш. школа, 1982. — 272 с.

[1] В списке представлены вузовские учебники, учебные пособия, капитальные монографии и справочники по картографии, рекомендуемые студентам в качестве дополнительной литературы.

17. *Салищев К. А.* Проектирование и составление карт. — 2-е изд. — М.: Изд-во МГУ, 1987. — 240 с.
18. *Салищев К. А.* Картоведение. — 3-е изд. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 400 с.
19. *Смирнов Л. Е.* Экология и картография: Учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1997. — 152 с.
20. *Стурман В. И.* Основы экологического картографирования: Учеб. пособие. — Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1995. — 221 с.
21. *Тикунов В. С.* Моделирование в картографии: Учебник. — М.: Изд-во МГУ, 1997. — 405 с.
22. *Robinson A. H., Morrison J. L., Muehrke P. C., Kimerling A. J., Guptill S. C.* Elements of Cartography. — 6 ed. John Willey & Sons, INC., 1995.

Монографии

23. *Асланикашвили А. Ф.* Метакартография. Основные проблемы. — Тбилиси: Мицниереба, 1974. — 125 с.
24. *Берлянт А. М.* Образ пространства: карта и информация. — М.: Мысль, 1986. — 240 с.
25. *Берлянт А. М.* Геоиконика. — М.: Астрея, 1996. — 208 с.
26. *Берлянт А. М.* Геоинформационное картографирование. — М.: Астрея, 1997. — 64 с.
27. *Бочаров М. К.* Основы теории проектирования систем картографических знаков. — М.: Недра, 1966. — 186 с.
28. *Донцов А. В.* Картографирование земель России: история, научные основы, состояние, перспективы. — М.: Картгеоцентр—Геодезиздат, 1999. — 374 с.
29. *Комплексные* региональные атласы/Под ред. К. А. Салищева. —М.: Изд-во МГУ, 1976. — 638 с.
30. *Копылова А. Д., Филин В. Н., Филатов В.П., Стефанов С. Н.* Издание карт. —М.: Картгеоцентр — Геодезиздат, 1995. — 253 с.
31. *Кошкарев А. В., Тикунов В. С.* Геоинформатика. — М.: Картгеоцентр — Геодезиздат, 1993. — 213 с.
32. *Лютый А. А.* Язык карты: сущность, система, функции. — М.: ИГ АН СССР, 1988. — 292 с.
33. *Поспелов Е. М.* Топонимика и картография. — М.: Мысль, 1971. — 256 с.
34. *Постников А. В.* Развитие картографии и вопросы использования старых карт. — М.: Наука, 1985. — 216 с.
35. *Постников А. В.* Развитие крупномасштабной картографии в России. — М.: Наука, 1989. — 229 с.
36. *Сербенюк С. Н.* Картография и геоинформатика — их взаимодействие. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 159 с.
37. *Смирнов Л. Е.* Трехмерное картографирование. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. — 104 с.

38. *Халугин Е. И., Жалковский Е. А., Жданов Н. Д.* Цифровые карты. — М.: Недра, 1992. — 419 с.
39. *Bertin J.* Semiologie graphic. Les diagrammes — les reseaux — les cartes. — Paris — La Haye, 1967.
40. *Imhof E.* Kartographische Gelandedarstellung. — Berlin, 1965.

Справочники

41. *Географический* энциклопедический словарь. Понятия и термины/Гл. ред. А. Ф. Трешников. — М.: Сов. Энцикл., 1988. — 432 с.
42. *Геоинформатика.* Толковый словарь основных терминов/Под ред. А. М. Берлянта и А. В. Кошкарева. — М.: ГИС-Ассоциация, 1999. — 204 с.
43. *Картографическая* изученность России (топографические и тематические карты)/Под ред. А. А. Лютого и Н. Н. Комедчикова. — М.: ИГ РАН, 1999. — 399 с.
44. *Комедчиков Н. Н., Лютый А. А., Нарских Р. С.* Национальная библиография научно-технической литературы по картографии 1959–1983 гг. — М., 1996, т. 1. — 335 с.; 1997, т. 2. — 560 с.; 1997, т 3. — 564 с.
45. *Многоязычный* словарь технических терминов картографии. — Wiesbaden/Germany, 1973. — 574 с.
46. *Справочник* по картографии/А. М. Берлянт, А. В. Гедымин, Ю. Г. Кельнер и др. —М.: Недра, 1988. — 428 с.

УКАЗАТЕЛЬ ТЕРМИНОВ

Автомат чертежный 266
Автоматическая картографическая система (АКС) 264
Автор карты 197
Авторство в картографии 197
Анаглиф, анаглифическая карта 18
Анализ и оценка карт 185
Анализ картографических образов 239
Анализ отдельной карты 239
Анализ серии карт 239
Анимация картографическая 20, 272
Аномалия пространственная 240
Аппроксимация 228
Ареал 87
  абсолютный 87
  количественный 91
  относительный 87
Астрономо-геодезические данные 176
Атлас 17, 160
  «аналитический» 276
  в компьютерной сети 281
  военно-исторический 169
  военный 169
  вьюерный 276
  географический 160
  гибридный 282
  ГИС-атлас 276
  дорожный 169
  интерактивный 276
  исторический 166
  карманный 169
  книжного формата 169
  комплексный 166
  малый 169
  миниатюрный 169
  модель геосистемы 172
  настольного формата 169
  научно-справочный 167
  национальный 170
  общегеографический 165
  отраслевой 166
  популярный 168
  социально-экономический 165
  справочный 166
  туристский 169
  узкоотраслевой 166
  учебный 168
  школьно-краеведческий 168
  эколого-географический 166
  электронный 276
Аэрокосмические методы создания карт 198
Аэрокосмический мониторинг 200

База данных 265
  распределенная 265
База знаний 266
Банк данных 265
Блок-диаграмма 18, 111, 216
  метахронная 218

Веб 280
Вектор движения 88
Вес точки 85
Вид атласа 160
Вид генерализации 133
  геометрическая сторона 136
  обобщение качественных характеристик 133
  обобщение количественных характеристик 133
  обобщение очертаний 136
  объединение контуров 137
  отбор объектов 136
  переход от простых понятий к сложным 135
  смещение элементов изображения 137
  утрирование объектов 137

Вид геоизображения 290
Виды картографирования 26
по масштабу 26
по методу 26
по объекту 26
по оперативности 26
по степени автоматизации 26
по уровню обобщения 26
Визуальный анализ карт 211
Внутреннее единство атласа 173
«Всемирная паутина» 280
Вспомогательная горизонталь 104
Вспомогательное оснащение карты 8
Выбор проекций 56
для карт материков 58
для карт мира 56
для карт морей и океанов 61
для карт отдельных стран 58
для карт полушарий 58
для карт России 58
для топографических карт 61
для морских карт 61
для навигационных карт 61
Выборка по карте 232
Высота сечения рельефа 103
Высотная отметка 112
Вычленение 245

Генерализация 128, 314
автоматическая 316
географические принципы 140
геоизображения 317
динамическая 316
дистанционная 315
картографическая 128, 315
логико-математическая 316
машинная 316
мультиуровневая 275
объектов, локализованных на площадях 142
объектов, локализованных в пунктах 142
объектов разной локализации 142
объектов рассеянного распространения 144
объектов сплошного распространения 143
управление 318
Географическая информационная система 259
национальная атласная 282
структура 264
территориальные уровни 260
Геоид 37
Геоиконометрия 318
динамическая 319
Геоизображение 289
аналитическое 293
временной диапазон 312, 314
генерализация 317
динамическое 290
комбинированное 290
комплексное 293
объемное 290
определение 289
плоское 290
синтетическое 293
Геоиконика 305
Геоинформатика 33, 259
взаимодействие с картографией 268
научная дисциплина 267
производство 267
технология 267
Геоматика 33
Геометрическая точность 138
Геопланиметрия 319
Геостереометрия 319
Геотелекоммуникация 287
Геохронометрия 319
Гидрометеорологические наблюдения 183
Гипергеоизображения 291
ГИС — *см. географические информационные системы*
Глобальная позиционирующая система 176

Горизонталь 101
  освещенная 110
Графические переменные 76
  динамические 77, 95
Графический образ 269
Графический прием анализа карт 212
Глобус 17

Данные дистанционного зондирования 178
Дежурство по карте 188
Детализация 245
Дефилирование цвета 96
Диаграмма локализованная 84
Диалоговый режим 265
Дизайн картографический 24, 194
Дискретизация 246
Дисплей 266
Дистанционное зондирование 179
Дополнительные данные 8

Задание на карту 193
Закономерности пространственные 240
Заложение изолиний 80
Знак движения 88
Знак динамический 95
Знак линейный 79
Значок 77
  абстрактный 78
  буквенный 78
  геометрический 78
  наглядный 78

Издание карт 25, 200
Измерения по картам 221
  длин 221
  извилистости линий 224
  объемов 223
  плотности объектов 225
  площадей 222
  средних уклонов 226
  формы объектов 224
Изогипса 100
Изокола 46
Изолиния 79
Иконика 305
Инструментальный анализ карт 211
Интерактивная композиция карт 283
Интерактивный режим 265
Интервал пространства-времени характерный 313
Интервал сечения 80
Интернет 278
Интернет-атлас 20, 276
Интернет-ГИС 285
Интернет-использование карт 284
Интернет-карта 20
Интернет-картографирование 283, 284
Интранет 280
Информатика картографическая 25
Искажения в картографических проекциях 45
  длин 45
  площадей 45
  углов 45
  форм 45
Использование карт 25, 203
  история 203
  методы 203
  приемы анализа 211
  уровни автоматизации 211
Исследование по картам 238
  изучение взаимосвязей 248
  изучение динамики 251
  изучение структуры 239
  приближенные 258
  средней точности 258
  точные 258
История картографии 24
Исторический процесс в картографии 26
  развитие инструментария 27
  развитие методов и технологий 28
  развитие методов использования карт 29

Источники для создания карт и атласов 175
картографические 177
указания по использованию 194
Источники ошибок 257
географические 257
картографические 257
коммуникативные 257
концептуальные 257
технические 258
Источниковедение картографическое 25

Карта 5
анаглифическая 18
аналитико-синтетическая 150
аналитическая 145
анимационная 20
ареалов изменения явлений 253
базовая 263
вероятного прогноза 156
весьма вероятного прогноза 156
взаимосвязей 151, 251
виртуальная 20
дежурная 188
динамики 151
для спортивного ориентирования 158
изокоррелят 251
инвентаризационная 152
индикационная 154
кадастровая 178
комплексная 146
крупномасштабная 11
культурно-просветительная 157
мелкомасштабная 11
многоцелевого назначения 156
на микрофише 19
научно-справочная 156
общегеографическая 12, 177
общественных явлений 14
оперативная 200
определение 5
отраслевая 146
оценочная 152
предварительного прогноза 155
прогнозная 154
районирования по степени взаимного соответствия 251
рельефная 17
синтетическая 146
специальная 16
среднемасштабная 11
тематическая 12, 177
термин 5
транспарант 19
туристская 158
туристско-краеведческая 158
учебная 158
цифровая 19, 114
частная 146
экранная 20
электронная 20
энтропии контуров 251
Картинное изображение рельефа 98
Картобиблиография 25
Картоведение 24
Картограмма 90
взаимосвязей 251
уточненная 91
Картографирование геоинформационное 269
в Интернете 283
виртуальное 274
оперативное 271
программно-управляемое 270
сетей телекоммуникации 285
Картография 21
географическая 29
определение 21
структура 23
Картографический метод исследования 25, 208
Картографическое изображение 6
Картографо-аэрокосмический мониторинг 200
Картодиаграмма 89
Картометрические показатели 219
Картометрия 219
вероятностная 221

Карты для высшей школы 159
Карты разновременные 251
Каталог географических названий 121
Качественный фон 82
  цветовой 82
  штриховой 82
Классификация геоизображений 291
Классификация карт 10
  общегеографических 12
  по масштабам 11
  по пространственному охвату 11
  по содержанию 12
  принципы 10
  тематических 12
  требования 10
Классификация конфигураций 302
Классификация проекций 47
  по виду нормальной сетки 47
  по характеру искажений 47
Количественный фон 82
Комбинация знаков пространственная 298
Комплексные профили 213
Компоновка 8, 68
  плавающая 70
Компьютерный анализ карт 212
Компьютинг сетевой 279
Континуализация 245
Концепции теоретические (в картографии) 22
  геоинформационная 23
  картология 22
  коммуникативная 22
  метакартография 23
  модельно-познавательная 22
  познавательная 22
  языковая (картоязыковая) 22
Копия электронной карты 20
Коэффициент корреляции 233
  парной 233
  ранговой 235

Легенда 6
  табличная 8
Линия нулевых искажений 46

Макет авторский 197
Масштаб карты 40
  британских карт 42
  временной 273, 312
  главный 40
  графический 42
  именованный 43
  карт планет 308
  линейный 42
  неметрический 41
  пространства 307
  старых русских карт 42
  частный 40
  численный 42
Математическая картография 24
Математико-картографическое моделирование 228
Мигание знака 96
Модель взаимодействия картографии
  и геоинформатики 269
  доминирования геоинформатики 269
  доминирования картографии 269
  линейная 269
  тройного взаимодействия 269
Модель виртуальная 274
Морфометрия 219
  тематическая 226

Навигатор 280
Наглядность знаков 188
Надежность картографического метода 257
Надписи на карте 115
  виды 115, 124
  пояснительные 116
  размещение 125
  термины 116
  топонимы 116
Назначение карты 193
Натурные наблюдения 182
Номенклатура карты 67
Норма отбора 136
Нормализация географических наименований 120

Обзорность съемок 198
Обновление карт 199
Образ графический 297
картографический 297
Оверлей 262
графический 248
Одномоментность съемок 198
Операторы преобразования 246
графические 246
неперекрывающиеся 247
перекрывающиеся 247
скользящие 247
Описания по картам 212
Оригинал карты 197
авторский 197
издательский 200
надписей 201
полутоновой 201
составительский 197
фоновых окрасок 201
штриховой 201
Ортофотокарта 19
Основа математическая 8, 37
Отмывка рельефа 108
аналитическая 109
Оформление карт 24
Оценка атласов 189
Оценка источников 194
Оценка карты 186
гармоничности 189
геометрической точности 188
качества оформления 188
качества издания 188
математической основы 186
научной достоверности 186
полноты 187

Перспективный рисунок рельефа 98
Печатание карты 201
Печатающее устройство 266
Печатная форма 201
Печать карты 202
высокая 202
глубокая 202
плоская 202
Пиктограммы 78
Пластика светотеневая 107
Подсистема ГИС 261
ввода информации 264
вывода (выдачи) информации 266
издания карт 266
обработки изображений 266
обработки информации 265
Поле масштабов геоизображений 311
Полосы движения 89
Полугоризонталь 104
Прагматика картографическая 24, 71
Преобразования картографического изображения 244
древовидные 248
параллельные 247
последовательные 247
Приемы анализа карт 211
графические 212
графоаналитические 219
картометрические 219
математико-картографического моделирования 228
математической статистики 231
морфометрические 225
теории информации 236
Принтер 266
Проба печатная 202
красочная 202
штриховая 202
Прогноз картографический 255
во времени 154, 256
в пространстве 154, 256
пространственно-временной 256
Проектирование и составление карт 24, 191
Проекция картографическая 43
азимутальная 49
внешняя азимутальная 52
гномоническая 52
коническая 49

косая азимутальная 52
косая коническая 49
косая цилиндрическая 49
многогранная 54
многополосная 55
нормальная азимутальная 49
нормальная коническая 49
нормальная цилиндрическая 49
ортографическая 52
поликоническая 54
полярная азимутальная 49
поперечная коническая 49
поперечная цилиндрическая 49
поперечная азимутальная 52
произвольная 47
псевдоазимутальная 54
псевдоконическая 53
псевдоцилиндрическая 53
равновеликая 47
равнопромежуточная 47
равнопромежуточная по меридианам 47
равнопромежуточная по параллелям 47
равноугольная 47
стереографическая 52
условная 53
цилиндрическая 49
экваториальная азимутальная 52
Передача иноязычных названий 118
местная официальная форма 118
традиционная форма 119
транслитерация 119
переводная форма 120
фонетическая форма 118
Поверхность остаточная 243
Поверхность фоновая 243
Преобразования картографического изображения 244
Программа карты 193
Проектирование карты 191, 194
художественное 194
Производная карта 244
Пространство геоинформационное 279
Псевдоизолиния 81
Публикация карт и атласов в Интернете 281

Разграфка карты 64, 66
Различимость знаков 188
Разложение картографического изображения на составляющие 243
Разработка содержания карты 193
Расчленение рельефа 225
вертикальное 226
горизонтальное 225
Рамка карты 64, 68
внутренняя 68
внешняя 68
градусная 68
минутная 68
Распознавание образов 299
графических 299
Распознавание проекций 61
Реальность виртуальная 274
Редактирование карты 197
Референц-эллипсоид 37, 38
Решающее правило 301
Роза-диаграмма 214

Сборный лист 68
Семантика картографическая 24, 71
Семиотика картографическая 24, 71
Сетка координатная 62
географическая 62
картографическая 62
километровая 63
прямоугольных координат 63
сетка-указательница 63, 127
Свойства карты 8
математический закон построения 8
знаковость 9
генерализованность 9
системность 9
Связь картографии с другими науками 30
астрономо-геодезическими 32

геоинформатикой 33, 269
дистанционным зондированием 32
логико-философскими 32
математическими 32
науками о Земле и планетах 30
социально-экономическими 32
техникой и автоматикой 32
Связь картографии с искусством 35
Синтактика картографическая 24, 71
Система геоизображений 295
Система геоиконометрии 320
Система «создание – использование карт» 209
Система спутникового позиционирования 176
Система управления базами данных 265
Система условных знаков 77
Система карт 158
Сканер 264
Снимки 180
гидролокационные 181
радиолокационные 181
синтезированные 182
сканерные 180
телевизионные 180
фотографические 180
Согласование элементов содержания 196
Содержательное соответствие 138
Составление карт 195
оперативных 200
тематических 199
топографических 198
указания 194
Составление легенды 195
Соответствие картографических изображений 249
Способ дазиметрический 91
Способ картографического изображения 71, 194
рельефа 97
физиографический 99
Способ отмывки 108
при боковом освещении 108
при комбинированном освещении 108
при отвесном освещении 108
Способ Танака 110
Стилистика картографическая 71
Схематизация 245
Съемка многозональная 182

Текстовые источники 185
Телекоммуникационные сети 278
Телекоммуникация 278
Теория геоизображений 305
Теория картографии 24
Теория корреляции 233
Теория информации 236
Типы карт 145
функциональные 152
Тиражирование карты 201
Топоним 116
Топонимика картографическая 25, 116
Точечный способ 85
Точка нулевых искажений 46

Уровни исследования 310
Условные знаки 73
внемасштабные 74
динамические 75
линейные 75
площадные 75
рельефа 106
статичные 75
точечные 74
Указания по генерализации 194
Указания по составлению 194
Указания редакционные 195
Указатель географических названий 126

Факторный анализ 236
Факторы генерализации 129
влияние масштаба 129
изученность объекта 132
назначение карты 129

особенности объекта 132
оформление карты 132
тематика карты 129
Фотокарта 18, 199
Фоторельеф 109
Фоторепродукция 201
Фракталы 225
Фрактальная размерность 225
Функции языка карты 72
коммуникативная 72
познавательная 72

Ценз отбора 136
Цифрователь 264
Цифровая модель 19, 81, 112

Шкала 92
абсолютная 93
батиметрическая 106
безынтервальная 94
возрастающей насыщенности 106
возрастающей теплоты тона 106
гипсометрическая 95, 105
гипсометрической окраски 105
затемняющаяся 105
интервальная 91
непрерывная 93, 94
неравномерная 94
осветляющаяся 106
послойной окраски 81
равномерная 94
ступенчатая 93
теневых штрихов 100
условная 93
условных знаков 92
цветовая 95
штрихов крутизны 100
Шрифт картографический 122

Экономика и организация картографического производства 25
Экономико-статистические данные 185
Экран 266
Экстраполяции по картам 256
Элементы карты 6
Эллипс искажений 45
Эллипсоид 37
Эскиз авторский 197
Этапы создания карт 191
Энтропия 236

Язык карты 72

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ... 3

Глава I. Карты ... 5

1.1. Термин и определение ... 5
1.2. Элементы карты ... 6
1.3. Свойства карты ... 8
1.4. Принципы классификации карт ... 10
1.5. Классификация карт по масштабу и пространственному охвату ... 11
1.6. Классификация карт по содержанию ... 12
1.7. Другие картографические произведения ... 17

Глава II. Картография ... 21

2.1. Определение ... 21
2.2. Теоретические концепции в картографии ... 22
2.3. Структура картографии ... 23
2.4. Исторический процесс в картографии ... 26
2.5. Географическая картография ... 29
2.6. Картография в системе наук ... 30
2.7. Взаимодействие картографии и геоинформатики ... 33
2.8. Связи картографии с искусством ... 35

Глава III. Математическая основа карт ... 37

3.1. Земной эллипсоид ... 37
3.2. Масштабы карт ... 40
3.3. Картографические проекции ... 43
3.4. Классификация проекций по характеру искажений ... 47
3.5. Классификация проекций по виду нормальной картографической сетки ... 47
3.6. Выбор проекций ... 56
3.7. Распознавание проекций ... 61
3.8. Координатные сетки ... 62
3.9. Разграфка, номенклатура и рамки карты ... 64
3.10. Компоновка ... 68

Глава IV. Картографические способы изображения ... 71

4.1. Картографическая семиотика ... 71
4.2. Язык карты ... 72
4.3. Условные знаки ... 73
4.4. Графические переменные ... 76
4.5. Значки ... 77
4.6. Линейные знаки ... 79
4.7. Изолинии ... 79
4.8. Псевдоизолинии ... 81

4.9. Качественный фон ... 82
4.10. Количественный фон ... 83
4.11. Локализованные диаграммы ... 84
4.12. Точечный способ ... 85
4.13. Ареалы ... 87
4.14. Знаки движения ... 88
4.15. Картодиаграммы ... 89
4.16. Картограммы ... 90
4.17. Шкалы условных знаков ... 92
4.18. Динамические знаки ... 95

Глава V. Изображение рельефа ... 97

5.1. Общие требования ... 97
5.2. Перспективные изображения ... 98
5.3. Способы штрихов ... 100
5.4. Горизонтали ... 103
5.5. Гипсометрические шкалы ... 105
5.6. Условные обозначения рельефа ... 106
5.7. Светотеневая пластика ... 107
5.8. Освещенные горизонтали ... 110
5.9. Блок-диаграммы ... 111
5.10. Высотные отметки ... 112
5.11. Цифровые модели рельефа ... 112

Глава VI. Надписи на географических картах ... 115

6.1. Виды надписей ... 115
6.2. Картографическая топонимика ... 116
6.3. Формы передачи иноязычных названий ... 118
6.4. Нормализация географических наименований ... 120
6.5. Каталоги географических названий ... 121
6.6. Картографические шрифты ... 122
6.7. Размещение надписей на картах ... 125
6.8. Указатели географических названий ... 126

Глава VII. Картографическая генерализация ... 128

7.1. Сущность генерализации ... 128
7.2. Факторы генерализации ... 129
7.3. Виды генерализации ... 133
7.4. Геометрическая точность и содержательное подобие ... 138
7.5. Географические принципы генерализации ... 140
7.6. Генерализация объектов разной локализации ... 142

Глава VIII. Типы географических карт ... 145

8.1. Аналитические карты ... 145
8.2. Комплексные карты ... 146
8.3. Синтетические карты ... 148
8.4. Карты динамики и карты взаимосвязей ... 151
8.5. Функциональные типы карт ... 152
8.6. Карты разного назначения ... 156
8.7. Системы карт ... 158

Глава IX. Географические атласы ... 160
9.1. Атласы — картографические энциклопедии ... 160
9.2. Истоки атласной картографии ... 161
9.3. Виды атласов ... 165
9.4. Национальные атласы ... 170
9.5. Атласы как модели геосистем ... 172
9.6. Внутреннее единство атласов ... 173

Глава X. Источники для создания карт и атласов ... 175
10.1. Виды источников ... 175
10.2. Астрономо-геодезические данные ... 176
10.3. Картографические источники ... 177
10.4. Данные дистанционного зондирования ... 178
10.5. Натурные наблюдения и измерения ... 182
10.6. Гидрометеорологические наблюдения ... 183
10.7. Экономико-статистические данные ... 184
10.8. Текстовые источники ... 185
10.9. Анализ и оценка карт как источников ... 185
10.10. Оценка атласов ... 189

Глава XI. Проектирование, составление и издание карт ... 191
11.1. Этапы создания карт ... 191
11.2. Программа карты ... 193
11.3. Составление карт ... 195
11.4. Авторство в картографии ... 197
11.5. Аэрокосмические методы создания карт ... 198
11.6. Издание карт ... 200

Глава XII. Методы использования карт ... 203
12.1. Из истории использования карт ... 203
12.2. Картографический метод исследования ... 208
12.3. Система приемов анализа карт ... 211
12.4. Описания по картам ... 212
12.5. Графические приемы ... 212
12.6. Графоаналитические приемы ... 219
12.7. Приемы математико-картографического моделирования ... 228

Глава XIII. Исследования по картам ... 238
13.1. Способы работы с картами ... 238
13.2. Изучение структуры ... 239
13.3. Изучение взаимосвязей ... 248
13.4. Изучение динамики ... 251
13.5. Картографические прогнозы ... 255
13.6. О надежности исследований по картам ... 257

Глава XIV. Картография и геоинформатика ... 259
14.1. Географические информационные системы ... 259
14.2. Подсистемы ГИС ... 261
14.3. Геоинформатика — наука, технология, производство ... 266

14.4. Геоинформационное картографирование ... 269
14.5. Оперативное картографирование ... 271
14.6. Картографические анимации ... 272
14.7. Виртуальное картографирование ... 274
14.8. Электронные атласы ... 276

Глава XV. Картография и телекоммуникация ... 278

15.1. Телекоммуникационные сети ... 278
15.2. «Всемирная паутина» ... 280
15.3. Карты и атласы в компьютерных сетях ... 281
15.4. Картографирование в Интернете ... 283
15.5. Интернет-ГИС ... 285
15.6. Перспективы взаимодействия ... 287

Глава XVI. Геоизображения ... 289

16.1. Понятие и определение ... 289
16.2. Виды геоизображений ... 290
16.3 Классификация геоизображений ... 291
16.4. Система геоизображений ... 294
16.5. Графические образы ... 296
16.6. Понятие о распознавании графических образов ... 299

Глава XVII. Геоиконика ... 305

17.1. Единая теория геоизображений ... 305
17.2. Масштабы пространства ... 307
17.3. Временные диапазоны геоизображений ... 312
17.4. Генерализация геоизображений ... 314
17.5. Геоиконометрия ... 318

Литература ... 321

Указатель терминов ... 324

Учебник

Берлянт Александр Михайлович

КАРТОГРАФИЯ

Редактор **Т. А. Малахова**; Корректор **А. А. Баринова**;
Художник **Д. А. Сенчагов**; Компьютерная верстка **С. А. Артемьевой**

ИД № 00287 от 14.10.99
Подписано к печати 26.11.2001. Формат 60 × 90 $^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,0.
Тираж 5000 экз. Заказ № 4886

Издательство «Аспект Пресс»
111398 Москва, ул. Плеханова, д. 23, корп. 3.
E-mail: info@aspectpress.ru; www.aspectpress.ru
Тел. 309-11-66, 309-36-00

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных диапозитивов в ОАО «Можайский полиграфический комбинат»
143200 г. Можайск, ул. Мира, 93.

19962 с



Александр Михайлович БЕРЛЯНТ — доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой картографии и геоинформатики МГУ им. М. В. Ломоносова. Один из ведущих картографов России, глава университетской школы географической картографии. Автор свыше 400 работ, в том числе 16 книг. Лауреат Золотой медали Русского географического общества и Ломоносовской премии (МГУ).

ISBN 5-7567-0142-7

9 785756 701425