

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

---

**ГУЛЬМУРЗАЕВА Р.Е.**

**КАРТОГРАФИЯ**

*Рекомендовано учебно-пособия для студентов высших  
учебных заведений,  
обучающихся по направлению 5311500 - «Геодезия, картография и кадастр»*

**Ташкент – 2019**

Картография: учебное пособие / Гульмурзаева Р.Е.;  
Архитектурно строительный институт. 2019. – 156 с.

В пособии рассмотрены теоретические аспекты анализа картографического материала. Изложены основы картографии. Приведены технологии использования планов и карт для решения разнообразных задач. Представлены требования, предъявляемые к современным картографическим произведениям.

Программа, лежащая в основе пособия, соответствует государственным образовательным стандартам высшего образования Республики Узбекистан.

*Рецензенты:* ТГТУ, доцент кафедры « Маркшейдерских работ и геодезия », Б. Азимов

Кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Геодезия и кадастр» Джураев Д.О.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

### 1. СУЩНОСТЬ И ЗНАЧЕНИЕ КАРТОВЕДЕНИЯ. СТРУКТУРА КАРТОВЕДЕНИЯ

- 1.1. Сущность, цель и задачи картоведения. Составные части картографии
- 1.2. Связь картографии с другими науками
- 1.3. Картоведение и его содержание
- 1.4. Научное и практическое значения географических карт

### 2. СРЕДНЯЯ АЗИЯ В ИСТОРИИ КАРТОВЕДЕНИЯ.

- 2.1. Картография в Средней Азии в IX-XIII вв.
- 2.2. Аль-Хорезми
- 2.3. Аль-Фергани
- 2.4. Аль-Бируни
- 2.5. Махмуд аль-Кашгари

### 3. КАРТОГРАФИЯ НОВОГО ВРЕМЕНИ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ РАЗВИТИЯ

- 3.1. Современная картография
- 3.2. Картография в Узбекистане

### 4. ВИДЫ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОСТАВЛЕНИИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

- 4.1. Картографические проекции и их искажения
- 4.2. Классификация проекций по характеру искажений
- 4.3. Классификация проекций по виду нормальной картографической сетки
- 4.4. Построение проекций
- 4.5. Искажения в картографических проекциях; их распределение; определение размеров искажений на картах
- 4.6. Выбор проекций
- 4.7. Распознавание проекций

## 5. КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ

- 5.1. Способ значков и его сущность
- 5.1.2. Основные виды значков
- 5.1.3. Значение изображения явлений на карте способом значков
- 5.2. Использование способа линейных знаков на географических картах
  - 5.2. 1. Понятие о способе линейных знаков
  - 5.2.2. Применение способа линейных знаков
- 5.3. Значение способа изолиний в составлении географических карт
  - 5.3. 1. Виды изолиний
  - 5.3.2. Применение способа изолиний
  - 5.3.3. Псевдоизолинии
- 5.4. Изображение способа качественного фона на географических картах и атласах
  - 5.4.1. Понятие о способе качественного фона.
  - 5.4.2. Значение и применение способа качественного фона.
- 5.5. Способ количественного фона изображения явлений и процессов на географических картах
  - 5.5.1. Значение способа количественного фона
  - 5.5.2. Применение способа количественного фона
- 5.6. Способ локализованных диаграмм и их изображение на картах
  - 5.6.1. Понятие о способе локализованных диаграмм
  - 5.6.2. Применение способа локализованных диаграмм
- 5.7. Применение точечного способа в изображении явлений и процессов на основе статистических материалов
  - 5.7.1. Сущность точечного способа
  - 5.7.2. Использование точечного способа
- 5. 8. Способ ареалов и его применение в картографических исследованиях
  - 5.8.1. Способ ареалов и его сущность

- 5.8.2. Особенности использования способа ареалов при создании карт
- 5.9. Способ знаков движения и его значение в составлении природных, военных и исторических карт
  - 5.9.1. Способ знаков движения и его сущность
  - 5.9.2. Особенности использования способа знаков движения при создании карт
- 5.10.. Задачи использования способа картодиаграммы на географических картах
  - 5.10.1. Способ картодиаграммы и его сущность
  - 5.10.2. Значение изображения на карте явлений и процессов способом картодиаграмм
- 5.11. Способ картограммы и его значение при составлении тематических карт
  - 5.11.1. Способ картограммы и его сущность
  - 5.11.2. Особенности использования способа картограмм при создании карт

## 6. НАДПИСИ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАЗВАНИЯ НА КАРТАХ И ЗАДАЧИ ИХ ТРАНСКРИПЦИИ

- 6.1. Надписи на картах
- 6.2. Виды надписей
- 6.3. Формы передачи иноязычных географических названий
- 6.4. Картографические шрифты
- 6.5. Размещение надписей на картах

## 7. ОСОБЕННОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

- 7.1. Принципы классификации географических карт
- 7.2. Виды географических карт по содержанию
- 7.3. Классификация карт по масштабу
- 7.3. Классификация карт по назначению

## 8. КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ И ЕЁ ОСОБЕННОСТИ

- 8.1. Сущность генерализации
- 8.2. Факторы генерализации
- 8.3. Виды генерализации
- 8.4. Влияние картографических знаков на генерализацию
- 8.5. Генерализация явлений, локализованных по пунктам
- 8.6. Генерализация явлений, локализованных на линиях
- 8.7. Генерализация явлений сплошного распространения и локализованных на площадях
- 8. 8. О генерализации показателей движения и связей
- 8.9. Отбор надписей
- 8.10. Влияние генерализации на выбор способов изображения

## **Введение**

Целью курса «Картография» является ознакомление студентов с основами картографии и картографического метода исследований, а также с технологией создания и проектирования тематических карт для нужд землеустройства и управления земельными ресурсами и земельным кадастром их использованием.

Задача курса – привить студентам навыки использования карт. Студенты, используя приёмы картографического метода, должны научиться отображать качественные и количественные характеристики на тематической карте.

В процессе создания картографических произведений можно выделить две стороны – содержательную и техническую, включающую технические методы и способы картографирования (методы съёмок, способы составления и издания карт).

Предметом практического изучения данного курса являются различные свойства карт, как образно-знаковой модели действительности; правила проектирования систем картографических обозначений при создании карт разной тематики и назначения, рационального применения способов картографического изображения в соответствии с характером размещения явлений; методика создания различных карт. Краткие теоретические сведения, изложенные в данном пособии, не смогут заменить учебник, однако знакомство с ними позволит сознательно приступить к выполнению задания.

# 1. СУЩНОСТЬ И ЗНАЧЕНИЕ КАРТОВЕДЕНИЯ. СТРУКТУРА КАРТОВЕДЕНИЯ

## 1.1. Сущность, цель и задачи картоведения. Составные части картографии

**Картография** – область науки, техники и производства, охватывающая изучение, создание и использование картографических произведений.

Картография существует в трех формах:

- наука об отображении и познании явлений природы 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.

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 с другими отраслями науки и техники, на стыке с которыми возникают новые научные направления. Основные картографические дисциплины, или разделы картографии представляется 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 картографической проекций, анализируется распределение искажений в них, построение картографических сеток с заданными условиями.

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

**Картографическая семиотика** – разрабатывает язык карты, теорию и методы построения систем картографических знаков, правила их использования.

**Оформление карт** – 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 изучают проблемы оптимальной организации и планирования производства, использование картографического оборудования, материалов, трудовых ресурсов, повышения производительности труда и экономическая эффективность.

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

**Использование карт** – разрабатывает теорию и методы применения картографических произведений 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 др. 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, 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.

**Картоведение** является важнейшей составной частью картографической науки, которая занимается изучением карт и др. картографических

изображений, как особым способом отражения действительности, как построенной моделью реальных явлений, содержащих качественные и количественные характеристики.

Картоведение исследует свойства и виды картографического изображения, содержит системный подход картографических источников, разрабатывает способы, анализы и методы использования карт в научных исследованиях. На практике картоведение также изучает историю картографии, основные этапы и закономерности развития картографической науки и производства.

Географическую карту издавна рассматривают как уменьшенное изображение земной поверхности на плоскости, которая служит мощным орудием освоения территорий, их целенаправленного преобразования, развития хозяйства и социальных условий жизни населения, представляя собой свод накопленных человечеством информации о природе Земли, хозяйстве и социальной организации человеческого общества.

## **1.2. Связь картографии с другими науками**

Современная картография имеет прочные двусторонние контакты со многими философскими, естественными и техническими науками и научными дисциплинами (рис. 2). 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 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.



*Рис.1. Картография в системе наук*

**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».

### **1.3. Картоведение и его содержание**

Картоведение изучает карты и другие картографические изображения как особый способ отображения действительности, как пространственные модели реальных явлений, передающие их количественные и качественные характеристики, структуру, взаимосвязи и динамику.

Картоведение изучает историю картографии основные этапы и закономерности развития картографической науки и производства.

Картография – это наука об отображения и исследовании явлений природы и общества – их размещения, свойств, взаимосвязей и изменений во времени посредством картографических изображений как пространственных образно-знаковых моделей.

Принято определить географическую карту как уменьшенное изображение земной поверхности на плоскости. Но это определение неточно и неполно.

- во-первых, оно справедливо и в отношении любого фотоснимка земной поверхности, и в отношении пейзажа-изображения местности средствами изобразительного искусства.

- во-вторых, оно ограничивает задачи карты изображением земной поверхности, тогда как современные карты включают в свое содержание самые разнообразные природные и социально-экономические явления (например, температура и давление воздуха, национальный состав населения, снеговой район, землетрясение и др.), правда, всегда показываемые относительно земной поверхности.

Необходимо указать три принципа определяющие специфику географических карт:

1. Математическое определенное построение:
2. Использование особых знаковых систем(картографических символов:
3. Отбор и обобщение изображаемых явлений.

Но современное развитие картографии вводит в построение карт еще один первостепенного значения принцип системное отображение действительности.

#### **1.4. Научное и практическое значения географических карт**

Географические карты в той или иной мере используются во всех сферах человеческой деятельности. Общеизвестно их значение как путеводителей по местности. В промышленном, энергетическом и транспортном строительстве они являются основой для изысканий, проектирования и переноса в натуру инженерного проекта. В сельском хозяйстве Географические карты необходимы для землеустройства, мелиорации и вообще для учёта и наиболее рационального использования всех земельных фондов. Карты служат важным пособием для школьного и внешкольного обучения, для распространения знаний о мире и для подъёма общей культуры. Картографическая изученность территории имеет важное значение в военном деле.

Географические карты - незаменимое по своей наглядности и лаконичности средство для хранения, передачи и получения новой информации о нашей планете и её отдельных частях - суше и океанах, об их географических условиях и естественных богатствах, о населении, экономике, культуре и даже историческом развитии - непрерывно расширяют сферу своего действия, что влечёт за собой разработку новых видов и типов карт, а также более совершенных (в том числе автоматических) методов их создания и использования.

В данный момент постоянно возрастают потребности экономики в средне- и крупномасштабных географических карт. Проблема топографической изученности страны не решена до сих пор. Решение этой проблемы становится более сложной из-за ряда объективных причин. Наряду с созданием топографических карт районов, не обеспеченных современными съемками, существует проблема обновления устаревших карт. Средняя

норма «жизни» карт в зависимости от интенсивности изменений местности и природно-экономической ситуации составляет 4-7 лет. И этот срок имеет тенденцию постепенного сокращения, из-за быстрорастущего изменения в природе и экономике. Решение этой проблемы требует неоднократного увеличения картографических работ.

Космическая картография, аэрофотосъемка, высокая инженерно-техническая вооруженность картографических подразделений не могут решить проблемы картографической изученности страны. Однако, ищутся возможности, пересматриваются отдельные концепции взглядов, выделяются главные направления развития картографии. Так, в первую очередь на важные экономические объекты создаются карты масштабов 1 : 5 000 – 1 : 25 000, без которых невозможна деятельность инженерно-технических специалистов, геологов, почвоведов, сельскохозяйственных предприятий за счет второстепенных.

Следующим важным направлением является создание планов городов в крупных масштабах (1:5 000- 1:10 000) ввиду растущей урбанизации населения, роста крупных населенных пунктов, городского хозяйства и градостроительства.

Необходимость тематического картографирования связана, прежде всего, с изысканием новых (нетрадиционных) источников энергии, богатейших минеральных и органических ресурсов, сосредоточенных в недрах нашей территории, особенно перспективных месторождений.

Важная особенность современной картографии – интенсивное развитие комплексного и отраслевого тематического картографирования для изучения природных условий, природопользования, размещения и управления экономики и охраны окружающей природы. Предпосылками его появления явились новые, точные и разнообразные тематические карты, комплексное картографирование, накопление достоверной картографической информации, а также привлечение электронно-вычислительной техники и автоматических

систем для картографического анализа структуры, взаимосвязей и динамики природных и социальных явлений.

Проблема комплексного картографирования встает как самая насущная и важная международная задача. В нашей стране в решении этой проблемы сделано не так уж мало. В связи с интенсивным освоением космоса появились новые пути развития отечественной картографии. Создаются карты для осуществления экологических и природоохранных мероприятий на основе аэрофото- и космоснимков.

Серии съемок карт геологических, почвенных, геоморфологических, ландшафтных, использования земель, размещения населения проводятся не ограничено. Необходимо картографирование природных условий и учет их влияний на сельское хозяйство, транспорт, строительство, организацию экономики, производительных сил. Такие комплексные тематические карты имеют исключительно важное значение в масштабе страны, так как пригодны для всех заинтересованных организаций промышленности, сельского хозяйства, науки, сравнительно недороги, информативны. Развитие комплексного картографирования и в связи с этим открывающая научная разработка территориальных проблем открывают возможность всесторонне учитывать совокупность природных, экономических и социальных фактов.

В настоящее время проблемы экологии, охраны природной среды, улучшения воздушной среды, землепользования приобрели исключительно жизненный, важнейший международный характер, так как ни одно государство мира не может самостоятельно разрешить эту проблему.

#### **Развитие методов использования карт**

| <b>Основные направления использования карт</b>                 | <b>Исторические периоды</b> |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Применение карт для ориентирования и передвижения на местности | С древнейших времен         |
| Использование карт для                                         | С XIII в.                   |

|                                                                                                                  |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| путешествия и навигации                                                                                          |                          |
| 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.            |

Поскольку географические карты – средства массового применения и внедрения их в жизнь представляет определенную трудность, в настоящее время появилась необходимость разработки нового раздела картографии – картографического метода исследования.

Претворяется в жизнь идея математического моделирования процессов составления многих географических карт на основе ввода автоматизированных систем, ЭВМ, спутниковой геодезии, первоклассной картографической и полиграфической техники и технологии.

Подготовка программ для автоматического составления карт сложна, но она себя оправдывает, так как может быть использована для составления карт аналогичного содержания.

**Историческая справка.** Простейшие картографические рисунки, по-видимому, были известны уже в условиях первобытного общества. Древнейшие картографические изображения, уцелевшие до настоящего

времени, принадлежат народам Древнего Востока (Вавилония, Египет) и Китая. При рабовладельческом строе картография достигла наивысших успехов в античное время. Греческие учёные создали первые Географические карты, построенные в картографической проекции с учётом шарообразности Земли. В средние века расцвет мореплавания (в связи с великими географическими открытиями, колонизацией Америки, торговлей с Ост-Индией и Китаем) и вызванные этим потребности навигации привели к созданию множества морских карт. Развитие картографии в эту эпоху диктовалось и образованием крупных феодально-абсолютистских государств, нуждавшихся в достоверных Географических картах для управления обширными территориями. В 19 в. получили широкое распространение военно-топографические съёмки для создания подробных карт местности: топографические карты облегчали управление войсками и позволяли при боевых действиях лучше учитывать неудобства и использовать выгоды местности; позднее эти карты оказались незаменимыми при инженерных изысканиях и проектировании - дорожном, гидротехнических и др. Дифференциация наук явилась ещё одним важным стимулом для развития картографии. Тематические карты стали широко привлекаться для изучения размещения различных природных и общественных явлений, для исследования их пространственных закономерностей, связей и обусловленности. Потребность в тематических картах быстро росла, когда соответствующие отрасли (например, геология) обращались на службу практики. Значение тематических карт ещё более увеличилось в условиях планового социалистического общества.

## **2. СРЕДНЯЯ АЗИЯ В ИСТОРИИ КАРТОВЕДЕНИЯ**

### **2.1. Картография в Средней Азии в IX-XIII вв.**

IX-X вв. – время подъема географической культуры в странах арабского халифата. VII-VIII вв. арабы распространили свои завоевания на огромную территорию, включающую на западе Испанию, а на востоке – Среднюю Азию и западную часть Индии. Во вновь образованном государстве – Халифате – создались условия, способствовавшие процветанию географии. Подробные описания провинций, населенных пунктов, продуктов земледелия и ремесел были необходимы для взимания податей и налогов. Географию рассматривали как «науку о путях и государствах». Еще большее значение для накопления и распространения географических знаний имело развитие торговли. Эти своеобразные условия породили многообразие географических сочинений, некоторые из которых толковали географию в математическом смысле как «науку о широтах и долготах». В их основе лежала «География» Птолемея, переведенная на арабский язык. На этом же языке выполнялись надписи на картах, описываемые в истории картографии как «арабские карты», хотя их творцы были выходцами из разных углов исламского мира.

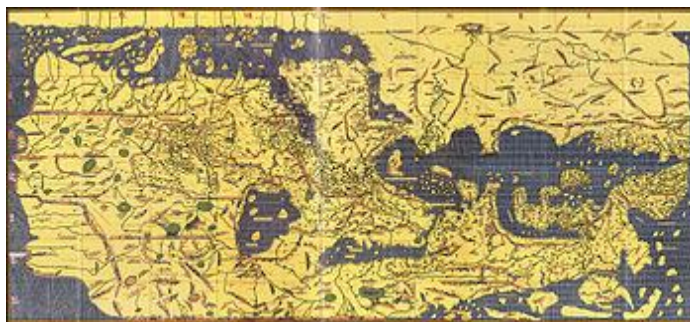
Большие успехи в области географии были достигнуты народами Средней Азии. Арабское иго замедлило, но не подавило развития их культуры, которая, напротив, оказывала глубокое влияние на другие народы, входившие в состав Халифата. Особый расцвет научных знаний наблюдался после падения арабского господства.

Исламскую региональную картографию, как правило, разделяют на три группы: карты созданные «школой Балхи», карты типа карты разработанной Мухаммадом аль-Идриси, и типа карты, единственно встречающейся в «Книге курьезов».

В начале X века Абу Зайд аль-Балхи основал «Школу Балхи». Представители «Балхи школы», среди которых были географы Истахри, аль-Мукаддаси и Ибн Хаукаль, создавали атласы, в каждый из которых входила

карта мира а также двадцать региональных карт. Карты школы Балхи определялись политическими, а не продольными границами и охватывали только мусульманский мир. На этих картах расстояния между различными «остановками» (города, реки, перевалы) были уравнены. Единственно используемыми в разработке линиями были вертикали и горизонталы, пересекающиеся под прямым углом и дуги окружностей; были ликвидированы ненужные географические детали. Этот подход аналогичен тому, который используется в картах современного метро, наиболее известной среди которых является «London Underground Tube Map» созданная Гарри Беком (англ.) русск. в 1931 году. В середине X века Истахри пишет общее обследование дорог и королевств. Это была первая работа не восточно азиатского географа, который упомянул Корею.

Аль-Идриси определял свои карты по-разному. Он рассматривал весь известный мир в  $160^{\circ}$  по долготе, и разделил регион на десять частей,  $16^{\circ}$  шириной каждая. По долготе он разделил весь мир на семь климатических частей, в зависимости от длины самого длинного дня. В его картах могут быть найдены многие доминирующие географические особенности.



Реконструкция Рожеровой карты аль-Идриси (1154).

В эпоху раннего Средневековья традиции Птолемея во многом сохранялись арабскими учёными. Арабы усовершенствовали методы определения широты Птолемея, они научились использовать наблюдения за звёздами, вместо наблюдений за Солнцем. Это повысило точность измерений.

В 1154 г. в свет выходит средневековый атлас арабского географа Мухаммада Ал-Идриси, известный также как Табула Рожера (араб. «ал-

Китаб ар-Руджжари», лат. Tabula Rogeriana, полное название «Нузхат ал-муштак фи-хтирак ал-афак», что переводится как «отрада страстно желающего пересечь мир») — комментарий Ал-Идриси к карте всего известного в его время мира выполненной в виде серебряного плоскошария, а также на бумаге. Над этим трудом Ал-Идриси работал в течение 18 лет при дворе сицилийского короля Рожера II.

До наших дней дошли три манускрипта XIV—XV веков с книгой Рожера, из них два — в Национальной библиотеке Франции и один — в Бодлианской библиотеке Оксфорда.

Перевернутая географическая карта мира, составленная Ал-Идриси, превосходила по точности все средневековые аналоги. Север на ней помещён внизу, а Африка — вверху. Обитаемый мир разделён на семь секторов от экватора до северной снежной пустыни. Карта сохраняла популярность в Италии вплоть до XV века, когда её в своей работе использовал венецианец Фра Мауро.

Тем не менее, позже Идриси стал одним из наиболее известных в Европе средневековых арабских географов, чему способствовали ранние издания его труда. Первое арабское издание появилось в Риме в типографии Медичи в 1592 году и передавало сокращенную редакцию труда Идриси; по этому же изданию был сделан латинский перевод 1619 года, по недоразумению названный «Geographia Nubiensis», ибо переводчики посчитали автора уроженцем Судана. В 1836—1840 годах П. А. Жобер выпустил полный французский перевод книги.

## **2.2. Аль-Хорезми**

Абу Абдаллах (или Абу Джафар) Мухаммад ибн Муса аль **Хорезми (783–850)** – среднеазиатский математик, астроном, историк, географ - один из крупнейших ученых средневековья.

Аль-Хорезми родился в эпоху великого культурного и научного подъёма. Начальное образование он получил у выдающихся учёных

Мавераннахра и Хорезма. На родине он познакомился с индийской и греческой наукой, а в Багдад он попал уже вполне сложившимся учёным.

В 819 году аль-Хорезми переехал в пригород Багдада, Каттраббула. В Багдаде он провёл значительный период своей жизни, возглавляя при халифе аль-Мамуне (813—833) «Дома Мудрости» (араб. «Байт аль-хикма»). До того, как стать халифом аль-Мамун был наместником восточных провинций Халифата и не исключено, что с 809 года аль-Хорезми был одним из придворных учёных аль-Мамуна. В одном из своих сочинений аль-Хорезми с похвалой отзывался об аль-Мамуне, отмечая, что «любовь к науке и стремление приближать к себе учёных, простирая над ними крыло своего покровительства и помогая им в разъяснении того, что для них неясно, и в облегчении того, что для них затруднительно».

«Дом мудрости» был своего рода Академией наук, где работали учёные из Сирии, Египта, Персии, Хорасана и Мавераннахра. В ней находилась библиотека с большим количеством старинных рукописей и астрономическая обсерватория. Здесь на арабский язык были переведены многие греческие философские и научные труды. В это же время там работали Хаббаш аль-Хасиб, ал-Фаргани, Ибн Турк, аль-Кинди и другие выдающиеся учёные.

По заказу халифа аль-Мамуна аль-Хорезми работал над созданием инструментов для измерения объёма и длины окружности земли. В 827 году в пустыне Синдjar аль-Хорезми принимал участие в измерении длины градуса дуги земного меридиана с целью уточнить величину окружности Земли, найденную в древности. Измерения, сделанные в пустыне Синдjar оставались непревзойдёнными по точности на протяжении 700 лет.

Примерно в 830 году Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми создал первый известный арабский трактат по алгебре. Аль-Хорезми посвятил два своих произведения халифу аль-Мамуну, который оказывал покровительство учёным Багдада.

«Китаб Сураат аль-Ард» («Книга о появлении Земли») Мухаммада ибн Муса аль-Хорезми была завершена в 833. Она является пересмотренной и

дополненной версией «Географии» Птолемея, состоящей из общего введения и списка координат 2402 городов и других географических объектов.

Аль-Хорезми, самый известный географ Аль-Мамуна, измерил длину Средиземного моря (от Канарских островов до его восточного побережья), до этого рассчитанную, но грубо преувеличенную Птолемеем; Птолемей оценил её на 63 градусов долготы, в то время, как аль-Хорезми почти точно оценил её на 50 градусов долготы. Географы Аль-Мамуна также изобразили Атлантический и Индийский океаны, как открытые массы воды, не ограниченные сушей, какими они были у Птолемея. Таким образом, Аль-Хорезми установил Нулевой меридиан Старого Света на восточном побережье Средиземного моря, на 10-13 градусов к востоку от Александрии (меридиан, ранее установленный Птолемеем) и на 70 градусов к западу от Багдада. Большинство мусульманских средневековых географов продолжали использовать меридиан Аль-Хорезми. Другие использовавшиеся нулевые меридианы установлены Абу Мухаммадом аль-Хасаном аль-Хамдани и Хаббашем аль-Хасибом на Удджайне, центре индийской астрономии, а также ещё один анонимным автором на Басре.

При халифе аль-Васике (842—847) ал-Хорезми возглавлял экспедицию к хазарам. Последнее упоминание о нём относится к 847 году.

Аль-Хорезми впервые представил алгебру как самостоятельную науку об общих методах решения линейных и квадратных уравнений, дал классификацию этих уравнений.

Историки науки высоко оценивают как научную, так и популяризаторскую деятельность аль-Хорезми. Известный историк науки Дж. Сартон назвал его «величайшим математиком своего времени и, если принять во внимание все обстоятельства, одним из величайших всех времен».

Труды аль-Хорезми переводились с арабского на латинский язык, а затем на новые европейские языки. На их основе создавались различные учебники по математике. Труды аль-Хорезми сыграли важную роль в

становлении науки эпохи Возрождения и оказали плодотворное влияние на развитие средневековой научной мысли в странах Востока и Запада<sup>[12]</sup>.

### **Математика**

Аль-Хорезми разработал подробные тригонометрические таблицы, содержащие функции синуса. В XII и XIII веках на основании книг аль-Хорезми на латыни были написаны работы *Carmen de Algoritmo* и *Algorismus vulgaris*, сохранявшие актуальность ещё много столетий. До XVI века переводы его книг по арифметике использовались в европейских университетах как основные учебники по математике. В 1857 году князь Бальдассаре Бонкомпанья включил перевод «книги об индийском счёте» в качестве первой части книги под названием «Трактаты по арифметике».

### **Астрономия**

Аль-Хорезми является автором серьезных трудов по астрономии. В них он рассказывает о календарях, расчётах истинного положения планет, расчётах параллакса и затмения, составлении астрологических таблиц (зидж), определении видимости луны и т. д. В основу его работ по астрономии легли труды индийских астрономов. Он осуществил доскональные расчёты позиций солнца, луны и планет, солнечных затмений. Астрономические таблицы аль-Хорезми были переведены на европейские, а позднее, китайский, языки.

### **География**

В области географии аль-Хорезми написал книгу «Книга картины земли» (Китаб сурат аль-ард), в которой он уточнил некоторые взгляды Птолемея. Книга включала описание мира, карту и список координат важнейших мест. Несмотря на то, что карта аль-Хорезми была точнее карты древнегреческого астронома, его труды не заменили использовавшуюся в Европе птолемею географию. Используя свои собственные открытия, аль-Хорезми откорректировал исследования Птолемея по географии, астрономии и астрологии. Для составления карты «известного мира» аль-Хорезми изучил работы 70 географов.

### 2.3. Аль-Фергани

Абуль-Аббас Ахмад ибн Мухаммад ибн Касир аль-Ферган; около 798—861) — один из крупнейших средневековых персидских учёных IX века, среднеазиатский астроном, математик и географ. Уроженец Ферганской долины. В Западной Европе был известен под латинизированным именем Alfraganus.

Биографических сведений о знаменитом ученом практически не сохранилось, точное место рождения не известно, однако, судя по его псевдону Alfraganus, он был уроженцем Ферганской долины. Известно, что в среднем возрасте аль-Фергани жил в Багдаде, работая в знаменитом «Доме мудрости», основанном правителем аль-Мамуном. Это была своеобразная Академии Наук, куда в ту пору со всех концов Средней Азии приглашались видные ученые и деятели науки. Так, плеяду замечательных имен, работавших в Академии того времени, кроме аль-Фергани могут продолжить: астроном и математик аль-Хорезми, физик Юсуф ибн Исхак (аль-Кинди), медики абу-Рези и Хунайн ибн Исхак.

Академия аль-Мамуна была прибежищем всех направлений науки, однако особое значение здесь придавалось очень популярной в средние века астрономии. В Багдаде были выстроены две обсерватории, оснащенные самым лучшим, по тем временам, инструментарием, который позволял ученым наблюдать за звездным небом и делать математические вычисления. Группа талантливых астрономов: Яхья ибн Абу Мансур, Абдалмалик аль-Мерверруди, Хабаш аль-Мервези и Ахмад аль Фергани, под руководством главы «Дома мудрости», замечательного математика и астронома - Аль-Хорезми, за долгие годы упорного труда сделала невероятное количество открытий, сумела рассчитать величину земного меридиана, вычислить окружность Земли, составить зижды (таблицы звездного неба), содержащие точные координаты и описание тысяч небесных тел.

В середине IX века аль-Фергани переехал в Каир, где и прожил до конца своих дней. Там он полностью погрузился в конструирование астрологии —

прибора для определения местоположения небесных тел и расстояний между ними. Именно здесь увидел свет его научный трактат об этом инструменте, в 861 году восстановил нилометр на острове Рауда близ Каира. Данный прибор служащий для расчета многоводности Нила и прогнозирования паводков использовался во время строительства Асуанской плотины и не потерял актуальности до наших дней, являясь одной из достопримечательностей столицы Египта.

Ученый написал очень много научных трудов и был известен по всему миру. Так в Европе его знают под именем Альфрагануса (Alfraganus), а на Востоке, как Хасиба. Его перу принадлежат первые труды и трактаты по астрономии, написанные на арабском языке: «Книга о началах науки астрономии», «Книга о небесных движениях и свод науки о звездах», «Книга о причинности небесных сфер» и др. Самая известная работа ученого - «Книга о небесных движениях и свод науки о звездах», это по сути своей, комментарии к труду известного александрийского астронома Клавдия Птолемея -«Альмагест». В ней Аль-Фергани, задумавший свою работу как учебное пособие, дает доступное определение астрономии как науки, очень подробно останавливаясь на всех ключевых вопросах. Так же там отражены тщательно перепроверенные многочисленные астрономические расчеты его предшественника, внесены соответствующие изменения. В XII веке, этот труд был переведен на латинский язык и имел огромное влияние на развитие западной астрономии. Начиная с XIII века, «Свод науки о звездах» начинает свое триумфальное шествие по миру, переведенный почти на все европейские языки.

В течение долгих 700 лет, труды аль-Фергани использовались человечеством в качестве энциклопедий и научных пособий, ведь как астроном - практик, ученый совершил множество открытий. Так он научно обосновал, что форма земли - шар, математически доказал существование самого короткого и самого длинного дней в году (22 июня и 23 декабря), наблюдениями установил, что на солнце есть пятна и предсказал солнечное

затмение, произошедшее в 832 году. Астрономические вычисления аль-Фергани были неразрывно связаны с его географическими исследованиями, поэтому в конце трактата «Свод науки о звездах», ученый поместил таблицу известных географических объектов, разделив их на 7 климатических зон с Востока на Запад и указав точные координаты. В географическом сообществе до сих пор популярны такие его работы, как «Введение в географию» и «Название известных на Земле стран и городов, а также их климатические условия».

В 1998 году, под эгидой ЮНЕСКО по всему миру широко отмечалось 1200-летие со дня рождения талантливого ученого.

#### **2.4. Аль-Бируни**

**Абú Рейхán Мухаммéd ибн Ахмéd аль-Бирунi** (4 октября 973, город Кят, Хорезм — 9 декабря 1048, Газни, совр. Афганистан) — средневековый персидский учёный-энциклопедист и мыслитель, автор многочисленных капитальных трудов по истории, географии, филологии, астрономии, математике, механике, геодезии, минералогии, фармакологии, геологии и др. Бируни владел почти всеми науками своего времени. Перечень работ, составленный его учениками, составил 60 страниц мелким шрифтом. Писал на арабском языке.

Аль-Бируни родился 4 октября 973 года в хорезмийском городе Кят (ныне город Беруни в республике Каракалпакстан в Узбекистане. По другим данным Бируни родился 4 сентября 973 года.

Бируни отличал свой родной хорезмийский язык от персидского, когда он писал: «поношение по-арабски милее мне, чем похвала по-персидски... этот диалект годится только для хосроевских повестей и ночных сказок». В общей сложности, он знал хорезмийский, персидский, арабский, еврейский, сирийский, греческий и санскрит.

Выйдя из ремесленнических кругов, получил широкое математическое и философское образование. Его учителем в древней столице хорезмшахов Кяте был выдающийся математик и астроном Ибн Ирак. После взятия в 995

году Кята эмиром Гурганджа и переноса столицы Хорезма в Гургандж аль-Бируни, поддерживавший свергнутую династию Афригидов, уехал в Рей, где работал у ал-Ходжанди. Находясь при дворе одного из последних саманидских правителей, эмира Бухары Абу-л-Хариса Мансура ибн Нуха, вступил в обширную переписку с Ибн Синой (Авиценной), с которым обсуждает вопросы естественных наук и воззрения Аристотеля. Затем он работал в Гургане при дворе Зияридского эмира Табаристана Шамс аль-Ма'али Кабуса, которому он около 1000 года посвятил «Хронологию». В итоге, вернулся в Хорезм и работал в Гургандже при дворе хорезмшахов Али (997—1009) и Мамуна II.

С 1017 года, после завоевания Хорезма султаном Махмудом Газневи он вместе с другими пленными учёными был вынужден переехать в Газну, где работал при дворе султана Махмуда и его преемников Масуда и Мaudуда. Аль-Бируни участвовал в походах Махмуда в Индию, где прожил несколько лет. Покровительствовавшему ему Масуду аль-Бируни посвятил сочинение по астрономии и сферической тригонометрии, известное как «Канон Масуда».

Умирал в полном сознании и, попрощавшись со всеми друзьями, спросил последнего: «Что ты толковал мне однажды о методах счёта несправедливых прибылей?» «Как Вы можете думать об этом в таком состоянии?» — воскликнул тот. «Эх ты! — сказал Бируни еле слышно. — Я думаю, что покинуть сей мир, зная ответ на этот вопрос, лучше, чем уйти из него невеждой...»

В самом первом сочинении «Хронология, или памятники минувших поколений» (1000 год) аль-Бируни собрал и описал все известные в его время системы календаря, применявшиеся у различных народов мира, и составил хронологическую таблицу всех эпох, начиная от библейских патриархов.

В завершённом в 1030 году труде «Индия, или Книга, содержащая разъяснение принадлежащих индийцам учений, приемлемых разумом или отвергаемых» аль-Бируни дал детальное научно-критическое описание быта,

культуры и науки индийцев, изложил их религиозно-философские системы, достаточно точно переложив учение классической санкхьи, теорию космической эволюции, учение о связи души с «тонким телом» и др. Здесь же изложена знаменитая легенда о создателе игры в шахматы.

Астрономии Бируни посвятил свыше 45 сочинений. Популярным введением в астрономическую науку служит «Книга вразумления начаткам науки звёзд», написанная около 1029 года и дошедшая до нас в двух вариантах: на арабском языке и на фарси. Эта книга состоит из 530 вопросов и ответов по геометрии, арифметике, астрономии, географии, хронологии, устройству астрольбии и астрологии.

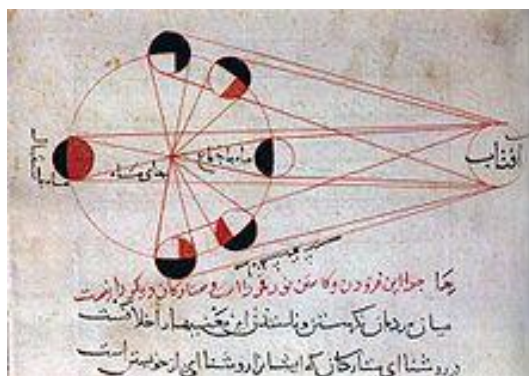


Иллюстрация из книги аль-Бируни на персидском языке. Показаны различные фазы Луны.

Главное сочинение Бируни по астрономии — «Канон Мас'уда по астрономии и звёздам». План этого сочинения близок к стандартному плану

арабских зиджей, но в отличие от них здесь приведены подробные экспериментальные и математические доказательства всех излагаемых положений; ряд положений своих предшественников, например, предположение Сабита ибн Корры о связи движения апогея Солнца с предварением равноденствий Бируни опровергает, во многих вопросах приходит к новым выводам. Он рассмотрел гипотезу о движении Земли вокруг Солнца; он утверждал одинаковую огненную природу Солнца и звёзд, в отличие от тёмных тел — планет, подвижность звёзд и огромные их размеры по сравнению с Землёй, идею тяготения. Бируни проводил наблюдения на построенном ан-Насави в Рее стенном квадранте радиусом 7,5 м, выполняя их с точностью до 2'. Он установил угол наклона эклиптики к экватору, рассчитал радиус Земли, описал изменение окраски Луны при лунных затмениях и солнечную корону при солнечных затмениях.

Большое внимание Бируни уделял математике, особенно тригонометрии: помимо значительной части «Канона Мас'уда», он посвятил ей сочинения «Об определении хорд в круге при помощи вписанной в него ломаной линии» (здесь рассматривается ряд принадлежащих Архимеду теорем, не сохранившихся в греческих рукописях), «Об индийских рашиках» (в этой книге обсуждается так называемое тройное правило), «Сферика», «Книга жемчужин о плоскости сферы» и др. Вопросам прикладной математики посвящены трактат «Тени», несколько трактатов об астролябии и других астрономических инструментах, ряд сочинений по геодезии.

В 1038 году Бируни написал «Минералогию, или Книгу сводок для познания драгоценностей», в которой определён удельный вес многих минералов и даны подробные сведения о более чем пятидесяти минералах, рудах, металлах, сплавах и др. Им же составлена «Фармакогнозия в медицине» — книга о медицинских препаратах, капитальный труд, имеющий большое значение и в наше время. В этой книге он подробно описал около 880 растений, их отдельных частей и продуктов выделения, привёл их точные признаки, упорядочил терминологию. Бируни собрал и объяснил около 4500 арабских, греческих, сирийских, индийских, персидских, хорезмийских, согдийских, тюркских и других названий растений; эти синонимы важны для современного исследования истории фармакогнозии<sup>[12]</sup>.

Как исследователь Бируни подчеркивал необходимость тщательной проверки знания опытом, противопоставляя экспериментальное знание умозрительному. С этих позиций он критиковал аристотелевскую и авиценновскую концепцию «естественного места» и аргументацию против существования пустоты.

Помимо своего родного хорезмийского языка, Бируни владел арабским, персидским, греческим, латинским, тюркским, сирийским языками, а также ивритом, санскритом и хинди. Эти знания способствовали выработке им принципов перевода естественнонаучной терминологии с одного языка на

другой. Созданная Бируни на почве арабской графики система транскрипции во многом предвосхищала современную систему передачи индийских слов в урду.

Впервые на Среднем Востоке Бируни высказал мнение о возможности движения Земли вокруг Солнца и вокруг своей оси, определил длину окружности Земли. Произведя довольно точные астрономические и геодезические измерения, Аль-Бируни установил угол наклона эклиптики к экватору и исторический ход его изменения, описал изменение окраски Луны при лунных затмениях и солнечную корону при солнечных. Аль-Бируни утверждал одинаковую огненную природу Солнца и звёзд, в отличие от тёмных тел – планет, подвижность звёзд и их огромные по сравнению с Землёй размеры, высказывал идею о существовании сил тяготения.

В «Книге о нахождении хорд в круге» Бируни разработал ряд оригинальных математических методов и доказательств. В большом трактате по математической и описательной географии «Канон Масуда», между прочим, излагается тригонометрический метод определения географических долгот, близкий к современным триангуляционным геодезическим методам. Аль-Бируни принадлежит сведение задач о трисекции угла и удвоении куба к решению уравнений 3-й степени.

Аль-Бируни написал также обширный труд по топографии Средней Азии. Здесь особенно интересны его исследования изменений течения Амударьи в далёком геологическом прошлом. Исторический трактат Аль-Бируни «Разъяснение принадлежащих индийцам учений, приемлемых рассудком или отвергаемых», материал для которого был собран им во время индийских походов Махмуда, является важным источником по истории Индии раннего средневековья.

В 1038 г. Аль-Бируни написал «Книгу сводок для познания драгоценностей», в которой чрезвычайно точно определена плотность (удельный вес) многих минералов и даны подробные сведения о более чем пятидесяти минералах, рудах, металлах и сплавах.

Исключительная образованность сочеталась у Аль-Бируни с передовыми для его времени взглядами. Аль-Бируни подчеркивал необходимость тщательной проверки знания опытом: возникающие у исследователя сомнения, по его мнению, «устранять... мог бы опыт и повторное испытание». Он иронически относился к астрологии и религиозным суевериям, выступал против вражды между народами.

В завершенном в 1030 году труде «Индия, или Книга, содержащая разъяснение принадлежащих индийцам учений, приемлемых разумом или отвергаемых» аль-Бируни дал детальное научно-критическое описание быта, культуры и науки индийцев, изложил их религиозно-философские системы, достаточно точно переложив учение классической санкхьи, теорию космической эволюции, учение о связи души с «тонким телом» и др. Здесь же изложена знаменитая легенда о создателе игры в шахматы.

Астрономии ученый посвятил свыше 45 сочинений, главное из которых – «Канон Мас'уда по астрономии и звездам», в котором приведены подробные экспериментальные и математические доказательства всех излагаемых положений. Он рассмотрел гипотезу о движении Земли вокруг Солнца; он утверждал одинаковую огненную природу Солнца и звезд, в отличие от темных тел – планет, подвижность звезд и огромные их размеры по сравнению с Землей, идею тяготения. Аль-Бируни создал первую модель Земли (глобус), смог с помощью математических расчетов доказать, что Земля круглая и на другой части земли есть материк (Америка) и там живут люди (позднее его труды по астрономии использовал Галилей, как основу и смог полностью доказать форму Земли-шара). Аль-Бируни проводил наблюдения на построенном на-Насави в Рее стенном квадранте радиусом 7,5 м, выполняя их с точностью до 2'. Он установил угол наклона эклиптики к экватору, рассчитал радиус Земли, описал изменение окраски Луны при лунных затмениях и солнечную корону при солнечных затмениях.

За свою жизнь аль-Бируни написал 143 произведения, а 27 произведений с его участием создали другие авторы. Эти произведения, как уже

отмечалось, были посвящены научным вопросам по математике, астрономии, географии, философии. Трудно назвать отрасль научной деятельности, которой не занимался бы аль-Бируни.

## 2.5. Махмуд аль-Кашгари

Махмудибналь-ХусейнибнМухаммедал-Кашгари (*Махмудаль-Кашгари*, *Махмуд Кашгари*, букв. *Махмуд Кашгарский* или *Махмуд из Кашгара*; 1028 или 1029, г. Барсхан на юго-восточном берегу озера Иссык-Куль — 1101 или 1126, Опал, близ Кашгара) — выдающийся тюркский филолог и лексикограф. Родился в государстве Караханидов. Известен благодаря созданному им «Собранию тюркских наречий» (*«Диван лугат ат-турк»*) — словарю-справочнику различных тюркских языков.

Махмуд аль-Кашгари родился в городе Барсхан, столице крупного тюркского государства, называемого ныне Караханидским, в местной знатной семье. По предположению украинско-американского ориенталиста Омеляна Прицака, Махмуд Кашгарский происходил из клана Бограханов правящей династии Караханидов и был сыном Хусейна ибн Мухаммада, эмира города Барсхана, внуком правителя Кашгара Мухаммада Бограхана и правнуком Харуна (ал-Хасана) ибн Сулеймана Бограхана.

Махмуд аль-Кашгари получил хорошее по тем временам образование. Учился в кашгарском медресе Саджиа, где преподавали известные в регионе учителя, такие как Имам Захид Хусейн.

В 1056 году в Кашгаре к власти пришёл дед Махмуда, Мухаммад Бограхан, который через 15 месяцев решил передать власть своему сыну Хусейну, эмиру города Барсхана, отцу Махмуда Кашгари.

Но уже вскоре, в результате дворцового заговора, Хусейн и Мухаммад Бограхан были отравлены. В силу этого Махмуд в 1057 году был вынужден бежать из Кашгара. Он уходит на запад, в Мавераннахр, а оттуда отправляется в Багдад, где правят тюрки-сельджуки.

При этом Махмуд долгое время путешествует по землям, населённым тюркскими племенами.

В январе 1072 г. Махмуд аль-Кашгари прибыл в Багдад, принадлежавший в то время Сельджукидам, где у Кашгари созрел замысел книги, в которой бы давалось объяснение многих сторон жизни тюрков, их менталитета, обычаев, географии расселения, и, прежде всего, языка.

Примерно в 1075 году Махмуд преподносит багдадскому халифу аль-Муктади своё произведение «Словарь тюркских наречий» («Диван лугат ат-турк»).

Примерно в 1080 году Махмуд возвращается в Кашгар, где до октября 1083 г. продолжает работу над «Словарём тюркских наречий». Год его смерти — по одной версии, 1101-й, по другой — 1126-й. Не подлежит, однако, сомнению, что Махмуд Кашгари был похоронен в селении Опал, близ Кашгара.

Мазар Махмуда Кашгари в Опале, названный «Гробница священного учителя», был отреставрирован в 1984 году.

Махмуд Кашгари жил во времена расцвета тюрок-мусульман, когда тюрками были покорены многие земли, по его цитатам можно определить его собственные взгляды, он был сыном тюркского мира и любил свой народ.

Знаменитая книга Махмуда аль-Кашгари «Дивани лугат ат-тюрк» представляет собой энциклопедию, в которой собран и обобщён обширный историко-культурный, этнографический и лингвистический материал. «Дивани» аль-Кашгари — памятник тюркской культуры, увековечивший этические ценности и нормы поведения, специфическое мировосприятие тюркских народов в XI веке. В книге, наряду с древним зороастрийско-



шаманистским миропредставлением, запечатлены базовые элементы ислама и такой его ветви как суфизм.

Будучи младшим современником Юсуфа Хасс-Хаджиба Баласагуни, испытавшим его влияние — в особенности, во взглядах на роль и сущность языка — Кашгари ввёл в изучение

языков сравнительный метод и исторический подход, заложив основы того, что ныне мы называем тюркологией. Предшественником Кашгари был Абу Наср Мухаммад ибн-Мухаммад ибн-Тархан ибн-Узлаг аль-Рекс (Аль-Фараби), на чей труд «Диван аль-адаб фи байан лугат аль-'араб» («Собрание литературных произведений в изложении на языке арабов») опирался аль-Бируни. Тюркские названия лекарственных средств у Бируни и у Кашгари одни и те же. У Махмуда наряду с прекрасным арабо-филологическим образованием просматривается и основательное знание всех областей средневековой мусульманской науки.

Нельзя дать лучшей характеристики книге Махмуда Кашгари, воплотившей в себе весь его жизненный опыт и изыскания, чем его собственными словами:

«Словарь тюркских наречий», посвящённый халифу аль-Муктади, был составлен Махмудом Кашгари в 1072–1074 годах. Здесь он представил основные жанры тюркоязычного фольклора — обрядовые и лирические песни, отрывки героического эпоса, исторические предания и легенды (о походе Александра Македонского в область тюрков-чигилей), более 400 пословиц, поговорок и устных изречений. В одном из раджазов описывается разгром тюрками-мусульманами буддийского царства в Хотане:

Мы шквалом воды низверглись на них, Пробившись струями меж их городов, Храмы язычников сокрушив И Будде голову расколов!

«Диван» («Словарь») Махмуда Кашгари — единственный памятник тюркской диалектологии раннего периода, дающий представление о фонетических и морфологических явлениях и специфике диалектных форм. «Словарь» содержит также тексты устно-поэтического творчества тюркских племен и народов Средней Азии, Восточного Туркестана, Поволжья, Урала. Труд Махмуда Кашгари, написанный с применением научных методов арабской филологии, имеет и сегодня исключительную ценность для языковедов, фольклористов и литературоведов.

### **3. КАРТОГРАФИЯ НОВОГО ВРЕМЕНИ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ РАЗВИТИЯ**

#### **3.1. Современная картография**

Дальнейшее развитие капиталистических отношений в Зап. Европе, расширение экономических связей, колонизация новых территорий увеличивало потребность в новых картах различных масштабов и назначения, внедрения более точных методов съемок, составления и использования карт. Картографические работы заняли видное место в деятельности ряда академий наук (Парижской, Берлинской, Петербургской).

В конце XVIII в. большая работа проведена астрономом Ц.Кассини по созданию геодезической основы топографических карт для территории Франции с использованием триангуляции, что существенно повысило точность карт. Данный опыт использования триангуляции при составлении карт позже получил широкое распространение во многих странах Европы. На этой основе в XIX в. начались большие работы по созданию карт для военных целей. Во многих странах были организованы специальные военно-топографические подразделения, которые затем приобрели статус государственных картографических служб. В результате их работы уже к середине XIX в. многие европейские страны издали топокарты своих территорий с изображением рельефа способом штрихов.

Повышение требований к топокартам, в частности, в определении высот точек местности, углов наклона привело во второй половине XIX в. к применению способа горизонталей для изображения рельефа. В итоге, к концу XIX в. многие страны Европы, в том числе и Россия, составили обновленные, более точные и крупные по масштабу топографические карты с подробным изображением рельефа. Первая мировая война вызвала большое увеличение выпуска топокарт и явилась толчком к внедрению новых методов съемки, в частности аэрофотосъемки, позднее приведшей к коренному совершенствованию топографических съемок. Кроме обеспечения армии, топографические карты стали широко использоваться и для гражданских

целей при проведении различных научных исследований и составлении тематических карт. Тематические карты (климатические, геологические и др.) появились еще в XVII в, но они были немногочисленны. В XIX в. во всех крупных морских странах (в том числе и России) большое значение приобрело составление навигационных карт для целей мореплавания, были созданы специальные гидрографические службы. Уже к началу XX в. навигационные карты были составлены на все моря, по которым осуществлялось регулярное движение судов. В XIX-начале XX вв. Многие науки накопили большой фактический материал, который при отображении на картах давал возможность выявления связей исследуемых явлений между собой и с окружающей средой и устанавливать определенные закономерности в природе и обществе. Так, А.Гумбольдт в 1817 г. на основе карт с изотермами установил закономерности распределения температур на земном шаре. Во второй половине XIX в. многие науки (геология, метеорология, почвоведение, океанография, экономическая география и др.) стали широко использовать тематические карты в своих исследованиях. Карты позволяли выявлять закономерности размещения и взаимосвязей исследуемых явлений, а также их развития и прогнозирования. Таким образом, начиная с XIX в. для картографии характерно широкое развитие тематического картографирования.

При составлении различных карт и атласов в XIX в. и в последующем широко использовались картографические и описательные материалы экспедиций, организованных географическими обществами, в том числе и Русским географическим обществом, организованным в 1845 г.

В XIX в. во многих странах для коммерческого издания карт и атласов были созданы наряду с небольшими картоиздательствами крупные специализированные картоиздательские фирмы, в том числе картографическое издательство А.Ильина в Петербурге (1859).

Развитие русской картографии в XVIII-XIX вв. Русская картография при Петре I становится на путь научного развития. Главными достижениями

картографии при Петре I явились: подготовка кадров для картографических съемок и составления карт; проведение планомерной государственной съемки для создания генеральной карты России, организация экспедиций для картографирования морей; издание карт. Большой вклад в развитие картографии в России в начале XVIII в. внес выдающийся картограф того времени, обер-секретарь сената И.К.Кирилов – руководитель всей работы по картографированию страны в то время. Он ратовал за развитие русской картографии независимой от иностранной, за отображение своей страны на картах во всей ее полноте, планировал создать большой «Атлас Всероссийской Империи» в трех томах по 120 листов каждый, но из-за ранней смерти успел напечатать и подготовить к печати лишь 37 карт.

После смерти И.К.Кирилова картографические работы в стране перешли в ведение Географического департамента Академии наук, в котором был подготовлен и издан в 1745 г. первый полный «Атлас Российской». Департамент опубликовал более 250 географических карт, отразивших результаты государственных съемок и различных исследований. Большое влияние на развитие картографии в XVIII в. оказал великий русский ученый М.В.Ломоносов, возглавлявший Географический департамент с 1757 г. Он много сделал для подготовки картографо-геодезических кадров, для повышения точности съемок и картографических работ, обновления и совершенствования составления карт.

В конце XVIII в. по материалам генерального межевания были составлены и изданы атласы отдельных губерний и сводный атлас 42 губерний с генеральной картой России, а в начале XIX в. по этим же материалам была составлена многолистная карта России в масштабе 1:840 000. Выдающимся картографическим произведением середины XIX в. явилась трехверстная карта Европейской России (1:126 000), на которой рельеф изображен методом штрихов крутизны. Со второй половины XIX в. на крупномасштабных топокартах России для отображения рельефа вместо штрихов начали применять горизонтали.

В XIX в. в России, как и в странах Зарубежной Европы, все шире стало развиваться тематическое картографирование. Были созданы тематические карты по различным отраслям знаний. Особенно большое значение имели работы В.В.Докучаева по почвенному картографированию, А.А.Тилло по составлению гипсометрических карт Европейской России, П.П.Семенова-Тян-Шанского по картографированию экономики и населения.

После первой мировой войны активизировалась работа над международной миллионной картой мира и созданием в ряде стран национальных атласов. После второй мировой войны произошли определенные изменения в организации картографо-геодезических работ. Если до второй мировой войны картографо-геодезические работы преимущественно выполнялись военными ведомствами в их интересах, то позже многие виды работ передавались в ведение гражданских учреждений. Во многих зарубежных странах все большее значение приобретает тематическое и комплексное картографирование, изучение ресурсов Мирового океана и его картографирование, создание карт охраны окружающей среды, издание национальных и региональных атласов. Развиваются международные связи по картографии, которые привели к созданию в 1961 г.

Международной картографической ассоциации, председателем которой в течение ряда лет был К.А.Салищев. До этого научные связи в области картографии осуществлялись в рамках международных географических конгрессов, а с 1927 г. еще и Международного географического союза.

### Современная картография

Гринвичский меридиан стал международной точкой отсчета в 1884 году.

В 1900-х годах, карты стали более подробными благодаря улучшениям печати и фотографии, которые сделали производство карт дешевле и проще. Кроме того, начали активно развиваться дистанционные методы зондирования Земли, сначала аэрофотосъемка, а с запуском первых

спутников -космическая съемка, что позволило получить подробные карты всей поверхности Земли. В настоящее время цифровые карты занимают гораздо больший объем картографического, чем печатные.

### Технологические изменения

В области картографии, технологии постоянно совершенствовались в целях удовлетворения потребностей новых поколений картографов и пользователей карт. Первые карты были сделаны вручную с помощью кистей и пергамента и, следовательно, были разнообразны по качеству, а также ограниченными в распространении. Появление компаса, типографии, телескопа, секстанта, квадранта и нониуса позволило создавать более точные карты и дало возможность делать точные репродукции.

Достижения в фотохимической технологии, такие как литографические и фотохимические процессы, позволили создавать не искажающие форму карты, которые содержали мелкие детали и были устойчивыми к влаге и износу. Это также устраняет необходимость гравировки, что позволило ещё больше сократить время необходимое для воспроизведения карты.

В середине и конце XX века достижения в области электронных технологий привели к новой революции в области картографии. Особенно такие устройства как, плоттеры, принтеры, сканеры, аналитические стерео плоттеры, которые наряду с визуализацией, обработкой изображений, пространственным анализом и управлением базами данных, сделали производство печатных карт более простым, в частности, позволили производить карты, с различными характеристиками, без необходимости гравировки новой печатной пластинки.

### **3.2. Картография в Узбекистане**

Географическое картографирование – это системное картографическое моделирование (отображение и аналитика) геосистем. Она развивается как комплексное направление научных исследований, в задачу которого входят многостороннее отображение структурных связей, динамики геосистем как целостных природных и социальных экономических образований.

На протяжении многих лет развитие отечественной картографии в Узбекистане связано с именами Т.М.Мирзалиева, З.М.Акрамова, А.А.Рафикова, Э.Ю.Сафарова, И.А.Хасанова, Л.Х.Гулямовой, А.Эгамбердиева, А.Базарбаева, Ш.Азимова, Ж.С.Карабаева, Т.Карабаевой, Ж.М.Назирова, Ш.М.Мухитдинова, Г.Ш.Норходжаевой и др.

Большой заслугой Т.Мирзалиева стала организация 1967 г. вновь отделения картографии (которое было закрыто в 1956 г.). Именно его выпускники заложили фундамент развития картографии в Средней Азии.

Он написал первое учебное пособие на узбекском языке по картографии для студентов и преподавателей географии «География ўқитишда карталардан фойдаланиш» (Тошкент: Ўқитувчи, 1977, 159 стр.).

С 1970 по 1985 гг., регулярно пропагандируя свои идеи на всесоюзных и республиканских конференциях по вопросам создания комплексных национальных атласов, он добивался расширения картографических работ в республики. Именно ему принадлежат в республике использования аэрокосмических методов в географии благодаря чему был введен новый курс «Аэрокосмические методы в географии». Впервые им в республике была подготовлено и издано учебное пособие «Географик тадқиқотларда аэрокосмик усуллар» (Тошкент: 1984, 104 стр.). Эти работы открывали широкие возможности развития новой отрасли космической картографии. В 1987 г. обобщил свою научную деятельность и издал монографию «Космос халқ хўжалиги хизматида» (Тошкент: Фан, 159 бет). Кроме того, он вёл активную пропаганду этого метода на страницах журналов и газет. В 1980 г. для Т.Мирзалиева был годом воплощения задуманных планов: под его руководством издан в Москве «Атлас Узбекистана», где был основным исполнителем и главным научным редактором. Данный атлас заложил основы развития атласного картографирования в республике, куда были включены более 10 карт, разработанных лично Т.Мирзалиевым.

С 1988 г. Т.Мирзалиев работает зав. лабораторией картографии аэрокосмических методов в АН Узбекистана. Во время работы в отделе

географии он занимался комплексным картографированием территории Узбекистана. Особенно его интересовало атласное картографирование республики.

По решению правительства республики в 1982-1985 гг. был издан «Комплексный атлас Республики Узбекистан» в 2 томах.

Атлас является средством научных разработок и обобщением информации для использования во всех отраслях экономики, управления, науки, образования страны. Именно Т.Мирзалиев стал инициатором и ответственным редактором атласа, где был автором и соавтором более 50 карт.

В 1984 г. в честь 2000-летнего юбилея города Ташкента был издан географический атлас г. Ташкента. В этом популярном издании Т.Мирзалиев был научным редактором.

Согласно Указу Президента Республики Узбекистан И.А.Каримова в кратчайшее время в 1999 г. издан «Географический атлас Узбекистана», получивший положительные отзывы научной общественности в виде нескольких опубликованных статей. Данный атлас получил 3-ое место в республиканском конкурсе по учебным пособиям.

Учебник «Картография», изданный в 2002 г. (в семидесятилетие проф. Т.Мирзалиева) стал первым учебником по картографии на узбекском языке (Ташкент, 2002; 204 стр.). Данный учебник используется 23 вузах страны.

## 4. ВИДЫ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОСТАВЛЕНИИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

### 4.1. Картографические проекции и их искажения

При переходе от физической поверхности Земли к ее отображению на плоскости (на карте) выполняют две операции: проектирование земной поверхности с ее сложным рельефом на поверхность земного эллипсоида, размеры которого установлены посредством геодезических и астрономических измерений, и изображение поверхности эллипсоида на плоскости посредством одной из картографических проекций.

**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

$$x = f_1(B, L), \quad y = f_2(B, L),$$

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.

Поверхность эллипсоида (или шара) нельзя развернуть на плоскости подобно поверхности конуса или цилиндра. Поэтому непрерывность и однозначность изображения достигаются как бы за счет неравномерного растяжения (или сжатия), т.е. деформации поверхности эллипсоида при совмещении ее с плоскостью. Отсюда следует, что масштаб плоского изображения не может быть постоянным. Для наглядного представления о



**Рис. 2.** *Контуры России на картах, составленных в разных проекциях*

величине и характере деформаций, свойственных определенной проекции, рассматривают, как изображаются на плоскости бесконечно малые окружности, взятые в разных точках на поверхности эллипсоида.

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.

Иногда искажения картографических проекций очень заметны, например очертания материков выглядят непривычно вытянутыми или сплюснутыми, 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. 1 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:

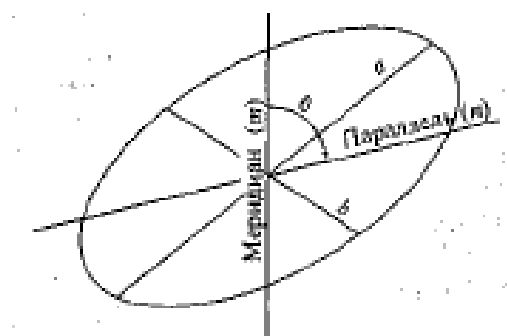
- ♦ **искажения длин** — вследствие этого масштаб карты непостоянен в разных точках и по разным направлениям, а длины, линий и расстояния искажены;

- ♦ **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. 2). 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.** 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.

Различают главный масштаб  $dS$ , равный масштабу модели земного эллипсоида, уменьшенного в заданном отношении для изображения на плоскости, и прочие масштабы, называемые частными. Частный масштаб  $dS'$  определяется как отношение бесконечно малого отрезка на карте (на плоскости) к соответствующему ему отрезку на поверхности эллипсоида. Отношение частного масштаба к главному, обозначаемое через  $\mu$ , характеризует искажение длин

$$\mu = \frac{dS'}{dS}.$$

Определив значения  $m$  и  $n$ , а также измерив угол  $\theta$ , 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  $\omega$  по формулам:

$$\begin{aligned} p &= m n \sin \theta; \\ a + b &= \sqrt{m^2 + n^2 + 2p}; \\ a - b &= \sqrt{m^2 + n^2 - 2p}; \\ \sin \frac{\omega}{2} &= \frac{a - b}{a + b} \end{aligned}$$

Если главные оси эллипса ориентированы по меридиану и параллели, то

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

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

Значения  $m$ ,  $n$ ,  $a$ ,  $b$  и  $p$  измеряют в процентах или в долях 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.

#### **4.2. Классификация проекций по характеру искажений**

**Равновеликие проекции** сохраняют площади без искажений. Такие проекции удобны для измерения площадей объектов, однако, и них значительно нарушены углы и формы, что особенно заметно для больших территорий. Например, на карте мира (рис. 3а) приполярные области выглядят сильно сплюснутыми.

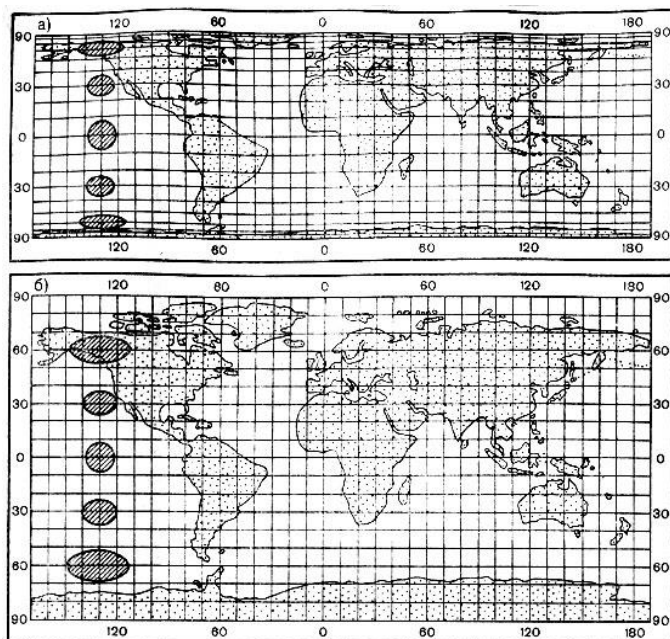
**Равноугольные проекции** оставляют без искажений углы и формы контуров, показанных на карте (ранее такие проекции называли конформными). Элементарная окружность в таких проекциях всегда остается окружностью, но размеры ее сильно меняются (рис. 3в). Такие проекции особенно удобны для определения направлений 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 уравниваются (рис. 3б).

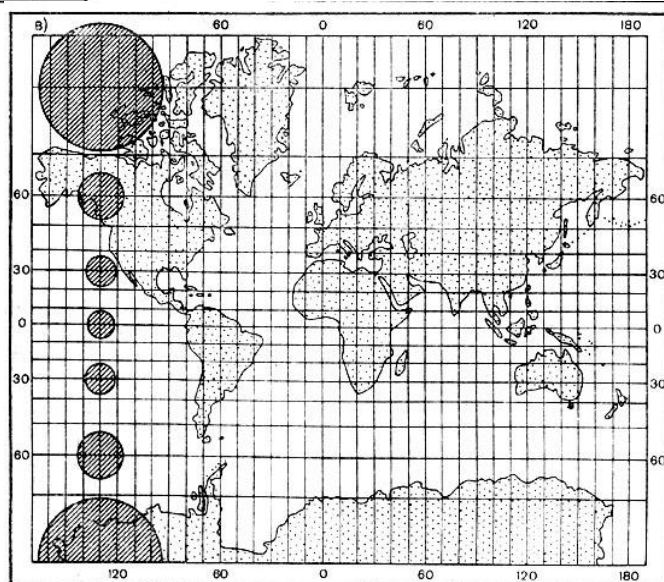
**Произвольные проекции** — это все остальные виды проекций, в которых в тех или иных произвольных соотношениях искажаются и

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.

**Рис. 4.** *Искажения в равновеликой (а), равнопромежуточной (б) и равноугольной (в) цилиндрических проекциях. Размеры и форма эллипсов искажений характеризуют искажения площадей и углов (форм).*



#### 4.3. Классификация проекций по виду нормальной картографической сетки

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

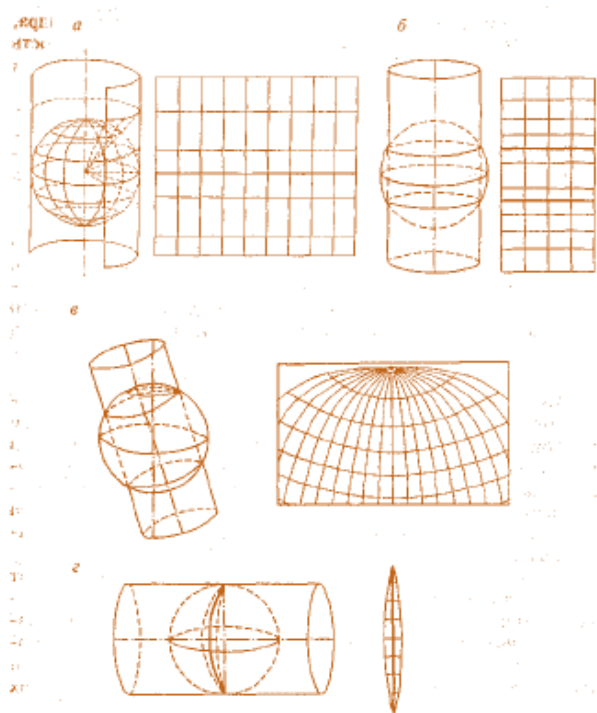
**Цилиндрические проекции** — проектирование шара (эллипсоида) ведется на поверхность касательного или секущего цилиндра, и затем его боковая поверхность разворачивается в плоскость (рис. 4). Если ось цилиндра совпадает с осью вращения Земли, а его поверхность касается шара по экватору (или сечет его 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.

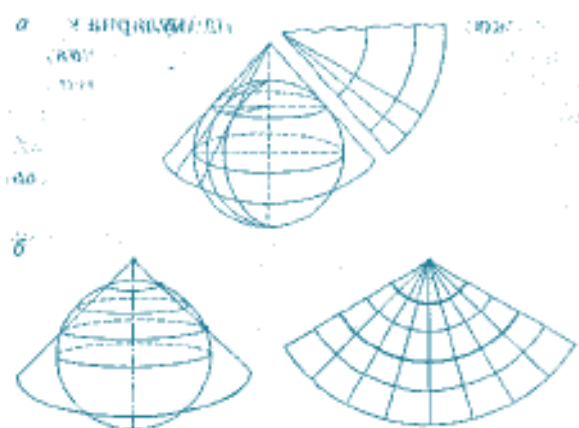
**Рис. 5. Цилиндрические проекции.**

*а* — развертка нормальной цилиндрической проекции



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

**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. 5). 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.

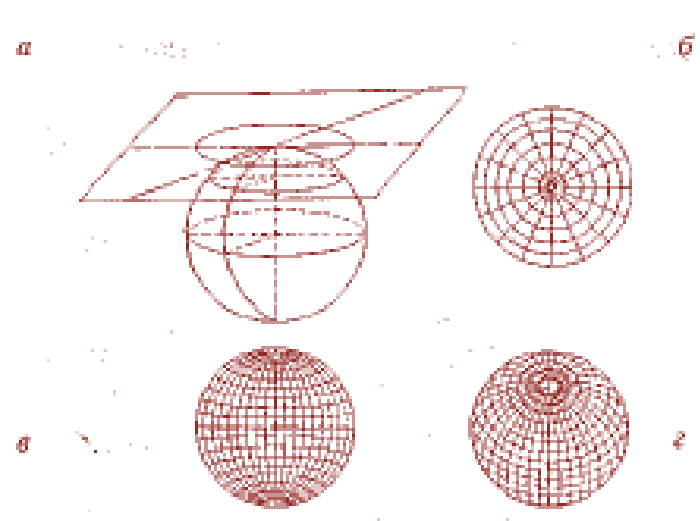
**Рис. 6.** Нормальная коническая проекция.

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

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. 6а). Параллели в ней являются концентрическими окружностями, а меридианы — радиусами этих

окружностей. В этой проекции всегда картографируют полярные области нашей и других планет.



**Рис. 7.** 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. 6в). А если проектирование выполнено на касательную или секущую вспомогательную плоскость, находящуюся под любым углом к плоскости экватора, то получается косая азимутальная проекция (рис. 6г).

Можно показать, что азимутальные проекции являются предельным случаем конических, когда угол при вершине конуса принимается равным  $180^\circ$ .

Среди азимутальных проекций выделяют несколько их разновидностей, различающихся по положению точки, из которой ведется проектирование шара на плоскость (рис. 7).

| 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   |

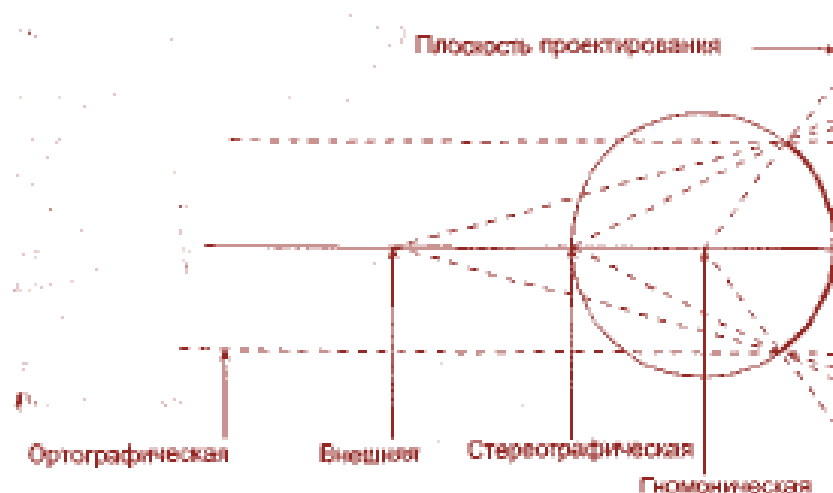


Рис. 8. Положение центра проектирования для азимутальных проекций.

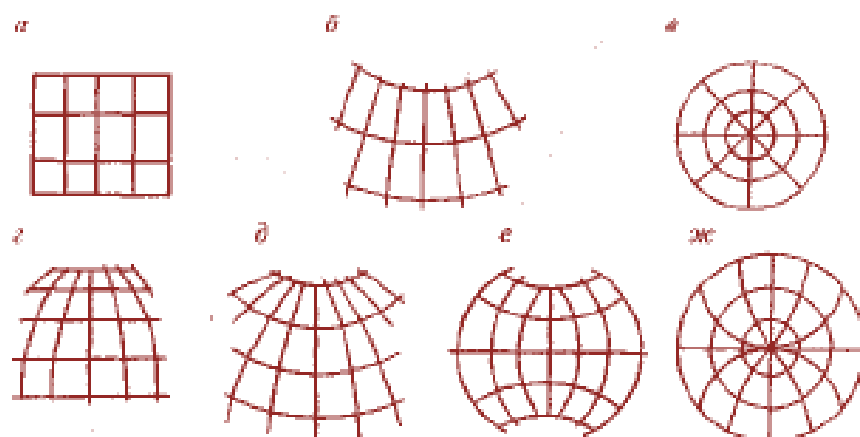


Рис. 9. Вид сетки меридианов и параллелей в разных картографических проекциях.

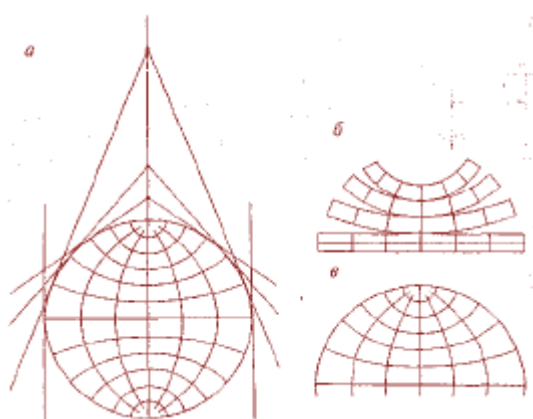
а — цилиндрическая; б — коническая; в — азимутальная; г — псевдоцилиндрическая; д — псевдоконическая; е — поликоническая, ж — псевдоазимутальная.

**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, псевдоазимутальные и другие проекции, полученные путем преобразования одной или нескольких исходных проекций. На рис. 8 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 удалением от среднего меридиана. Применяются для карт России, Евразии, других материков.



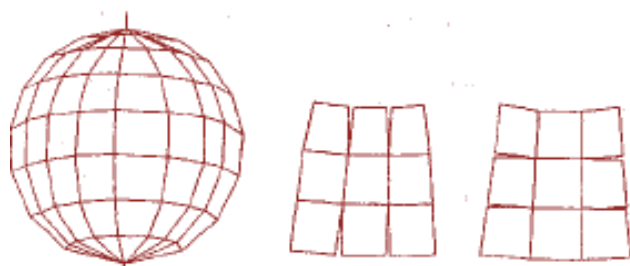
*Рис. 10.* Принцип построения поликонической проекции. *а* — положение конусов; *б* — полосы; *в* — развертка.

**Поликонические проекции** — проекции, получаемые в результате проектирования шара (эллипсоида) на множество конусов. В нормальных поли конических проекциях параллели представлены дугами эксцентрических окружностей, а меридианы — кривые, симметричные относительно прямого среднего меридиана (рис. 9). Чаще всего эти проекции применяются для карт мира.

**Псевдоазимутальные проекции** — видоизмененные азимутальные проекции. В полярных псевдоазимутальных проекциях параллели представляют собой концентрические окружности, а меридианы — кривые

линии, симметричные относительно одного или двух прямых меридианов. Поперечные и косые псевдоазимутальные проекции имеют общую овальную форму и обычно применяются для карт Атлантического океана или Атлантического океана вместе с Северным Ледовитым.

**Многогранные проекции** — проекции, получаемые путем проектирования шара (эллипсоида) на поверхность касательного или секущего многогранника (рис. 10). Чаще всего каждая грань представляет собой, равнобокую 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.



*Рис. 11. Схема многогранной проекции и расположение листов карт.*

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.

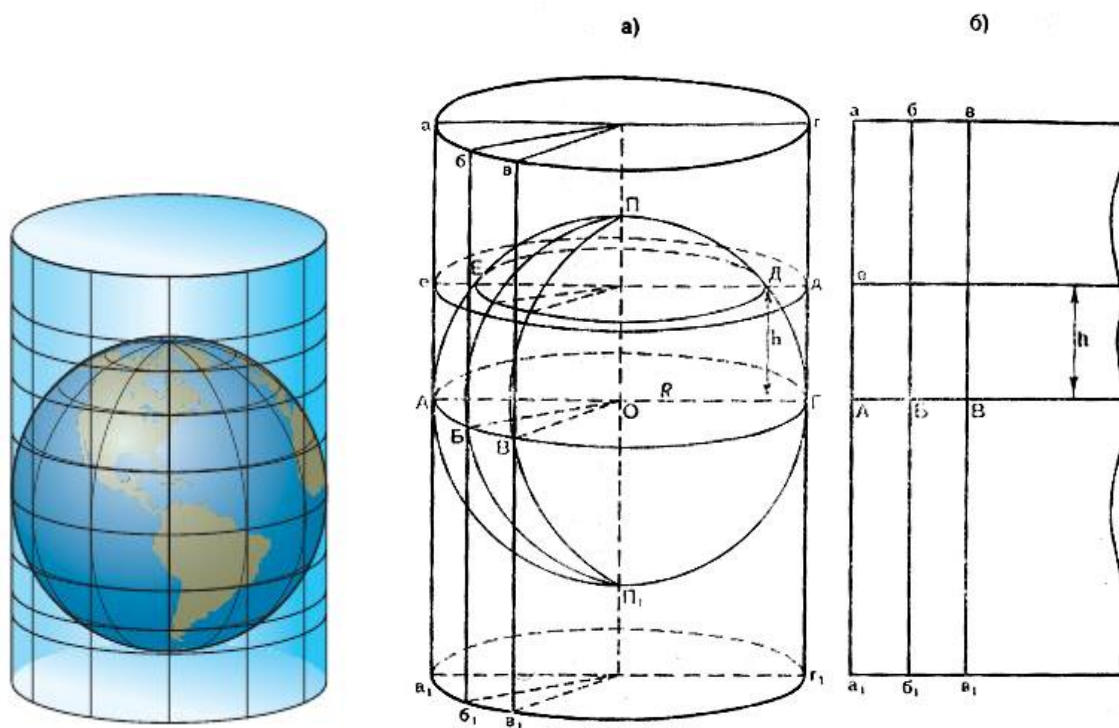
Существуют специальные атласы проекций, позволяющие подобрать нужную проекцию для любой территории. В последнее время созданы электронные атласы проекций, с помощью которых легко отыскать подходящую сетку, сразу оценить ее свойства, а при необходимости провести в интерактивном режиме те или иные модификации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

#### **4.4. Построение проекций**

В картографической практике распространена классификация проекций по виду вспомогательной геометрической поверхности, которая может быть использована при их построении. С этой точки зрения выделяют проекции: *цилиндрические*, когда вспомогательной поверхностью служит боковая поверхность цилиндра, касательного к эллипсоиду, или секущего эллипсоид; *конические*, когда вспомогательной плоскостью является боковая поверхность касательного или секущего конуса; *азимутальные*, когда вспомогательная поверхность - касательная или секущая плоскость.

Геометрическое построение названных проекций отличается большой наглядностью. Для простоты рассуждения вместо эллипсоида воспользуемся шаром.

Заклучим шар в цилиндр, касательный по экватору (рис. 11, а). Продолжим плоскости меридианов ПА, ПБ, ПВ, ... и примем пересечения этих плоскостей с боковой поверхностью цилиндра за изображение на ней меридианов. Если разрезать боковую поверхность цилиндра по образующей  $aAa_1$  и развернуть ее на плоскость, то меридианы изобразятся параллельными равноотстоящими прямыми линиями  $aAa_1$ ,  $бБб_1$ ,  $вВв_1$  ..., перпендикулярными экватору АБВ. Изображение параллелей может быть получено различными способами. Один из них - продолжение плоскостей параллелей до пересечения с поверхностью цилиндра, что даст а развертке второе семейство параллельных прямых линий, перпендикулярных меридианам.



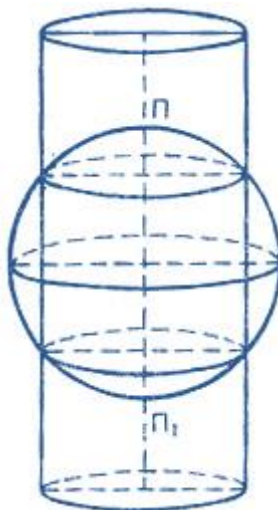
*Рис.12. Построение картографической сетки в равновеликой цилиндрической проекции*

Полученная цилиндрическая проекция (рис. 11, б) оказывается равновеликой, так как боковая поверхность шарового пояса АЕДГ, равная  $2\pi Rh$  (где  $h$  - расстояние между плоскостями АГ и ЕД), соответствует площади изображения этого пояса в развертке. Главный масштаб сохраняется вдоль экватора; частные масштабы по параллели увеличиваются, а по меридианам уменьшаются по мере удаления от экватора.

Другой способ определения положения параллелей основан на сохранении длин меридианов, т. е. на сохранении главного масштаба вдоль всех меридианов. В этом случае цилиндрическая проекция равнопромежуточна по меридианам.

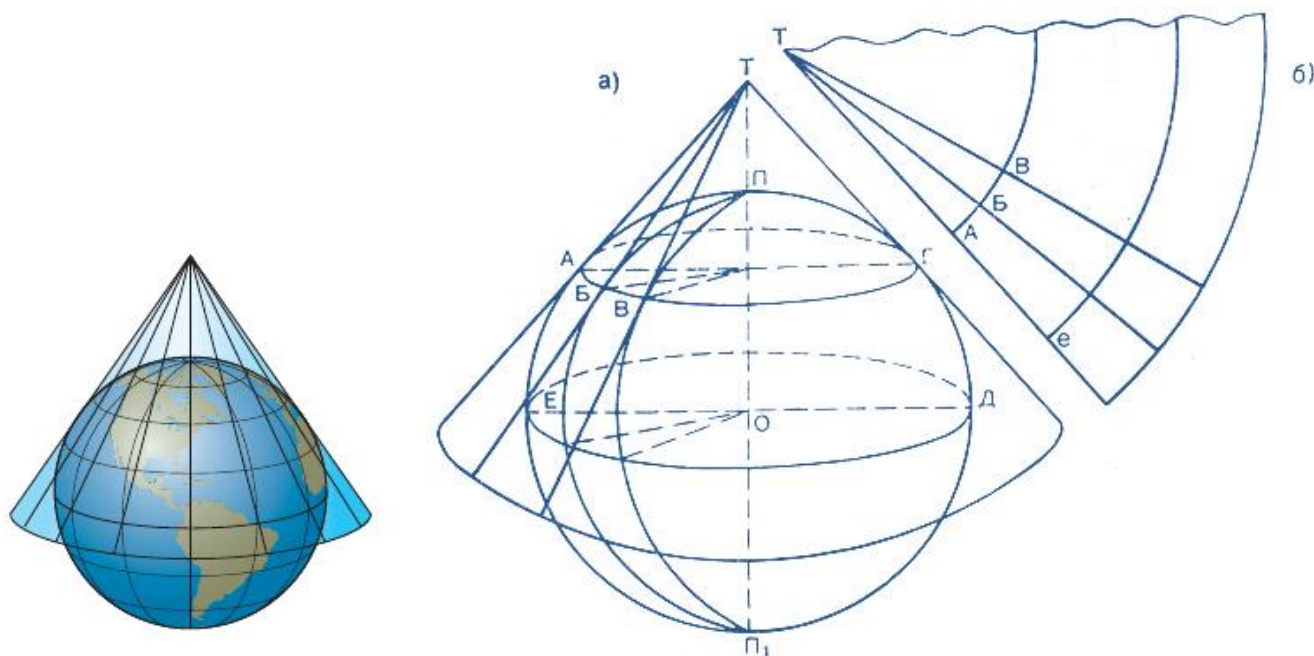
Для равноугольной цилиндрической проекции необходимо в любой точке постоянство масштаба по всем направлениям, что требует увеличения масштаба вдоль меридианов по мере удаления от экватора в соответствии с увеличением масштабов вдоль параллелей на соответствующих широтах. Нередко вместо касательного цилиндра используют цилиндр, секущий шар

по двум параллелям (рис. 12), вдоль которых при развертке сохраняется главный масштаб. В этом случае частные масштабы вдоль всех параллелей между параллелями сечения будут меньше, а на остальных параллелях - больше главного масштаба.



*Рис. 13. Цилиндр, секущий шар по двум параллелям*

Для построения конической проекции заключим шар в конус, касающийся шара по параллели АБВГ (рис. 13, а).



*Рис. 14. Построение картографической сетки в равнопро-межуточной конической проекции*

Аналогично предыдущему построению продолжим плоскости меридианов ПА, ПБ, ПВ, ... и примем их пересечения с боковой поверхностью конуса за изображение на ней меридианов. После развертки боковой поверхности конуса на плоскости (рис. 13, б) меридианы изобразятся радиальными прямыми ТА, ТБ, ТВ,..., исходящими из точки Г, причем углы между ними будут пропорциональны (но не равны) разностям долгот. Вдоль параллели касания АБВ (дуги окружности радиусом ТА) сохраняется главный масштаб.

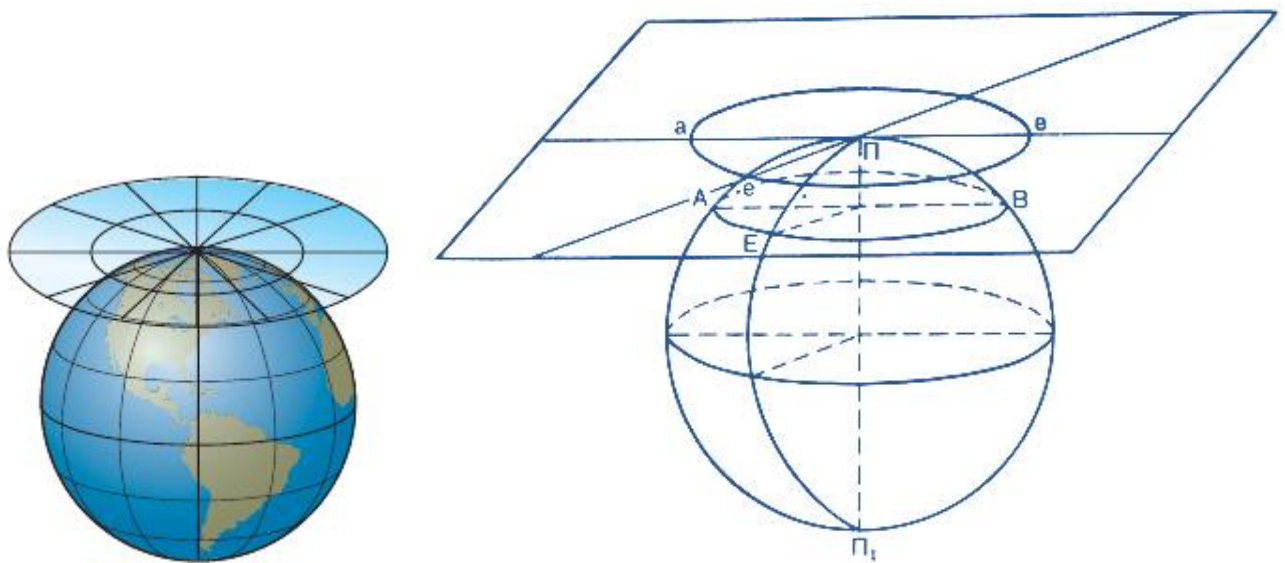
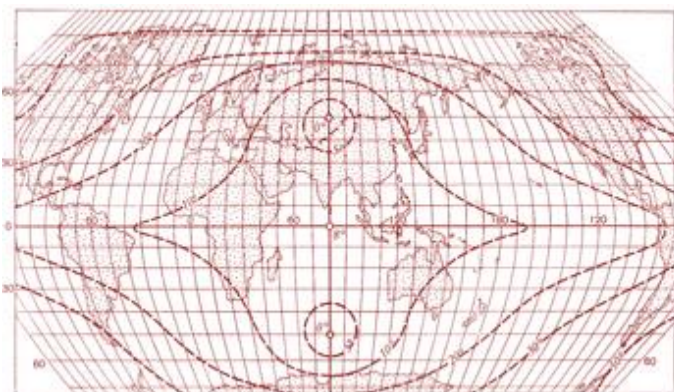


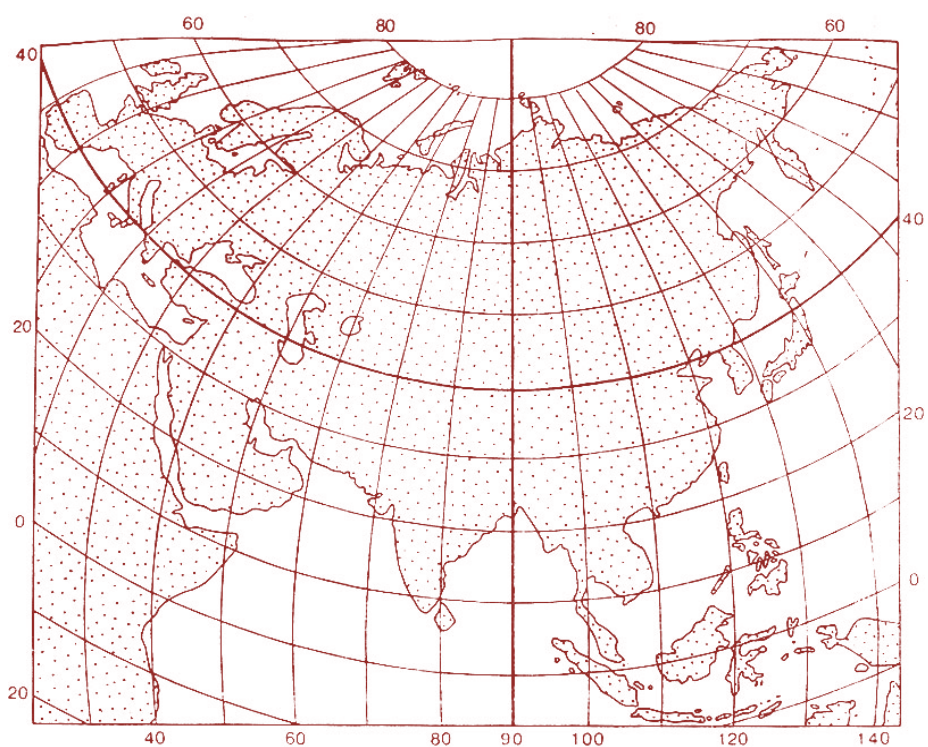
Рис. 15. Построение картографической сетки в азимутальной проекции

Положение других параллелей, изображающихся дугами концентрических окружностей, можно определить из разных условий, одно из которых - сохранение главного масштаба вдоль меридианов ( $AE = Ae$ ) - приводит к конической равнопромежуточной проекции. Для построения азимутальной проекции воспользуемся плоскостью, касательной к шару в точке полюса П (рис. 14).

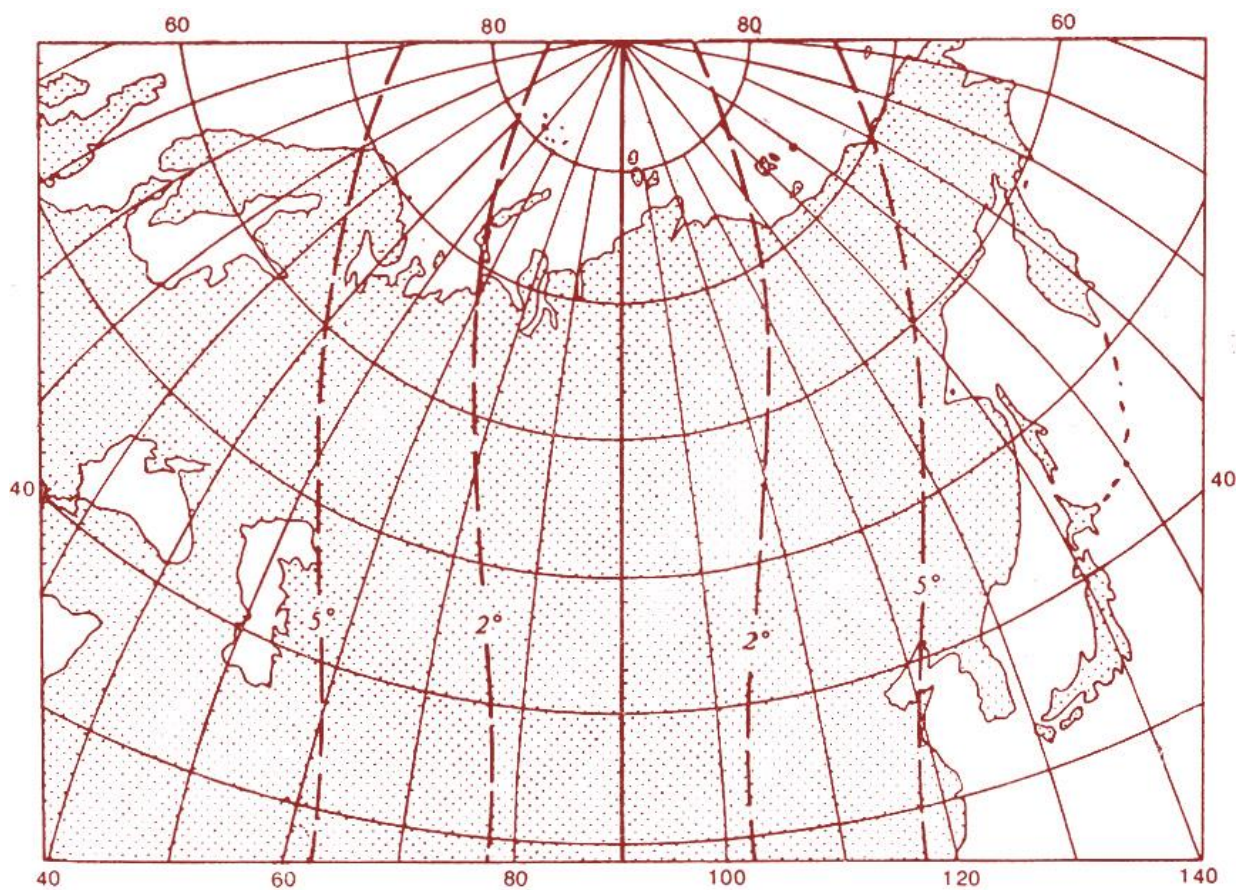


точке полюса П (рис. 14).

Рис. 16. Картографическая сетка в одной из псевдоцилиндрических проекций (с изоколами углов)



*Рис. 17. Картографическая сетка в одной из псевдоконических проекций*



*Рис. 18. Картографическая сетка в одной из поликонических проекций (с  
изоколами углов)*

Пересечения плоскостей меридианов с касательной плоскостью дают изображение меридианов  $\Pi_a, \Pi_e, \Pi_v, \dots$  в виде прямых, углы между которыми равны разностям долгот. Параллели, являющиеся концентрическими окружностями, могут быть определены различным путем, например, проведены радиусами, равными выпрямленным дугам меридианов от полюса до соответствующей параллели  $\Pi_A = \Pi_a$ . Такая проекция равнопромежуточна по меридианам и сохраняет вдоль них главный масштаб. Например, эта проекция использована на эмблеме ООН (рис. 15).

Проекция, при построении которых оси цилиндра и конуса совмещались с полярной осью земного шара, а плоскость размещалась касательно в точке полюса, называются нормальными.

К нормальным по виду сетки относят также проекции: *псевдоцилиндрические*, у которых параллели - прямые, параллельные друг другу, а меридианы - кривые, симметричные относительно среднего прямолинейного меридиана (рис. 16); *псевдоконические*, где параллели - дуги концентрических окружностей, а меридианы - кривые, симметричные относительно среднего прямолинейного меридиана (рис. 17); *поликонические*, параллели которых - дуги эксцентрических окружностей с центрами на среднем прямолинейном меридиане а меридианы - кривые симметричные относительно среднего меридиана (рис. 18), а также некоторые другие, рассматриваемые в курсе

математической картографии.

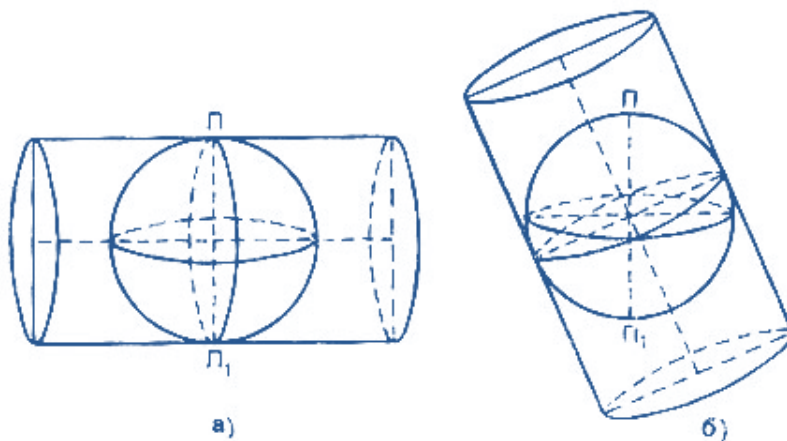


Рис. 19.

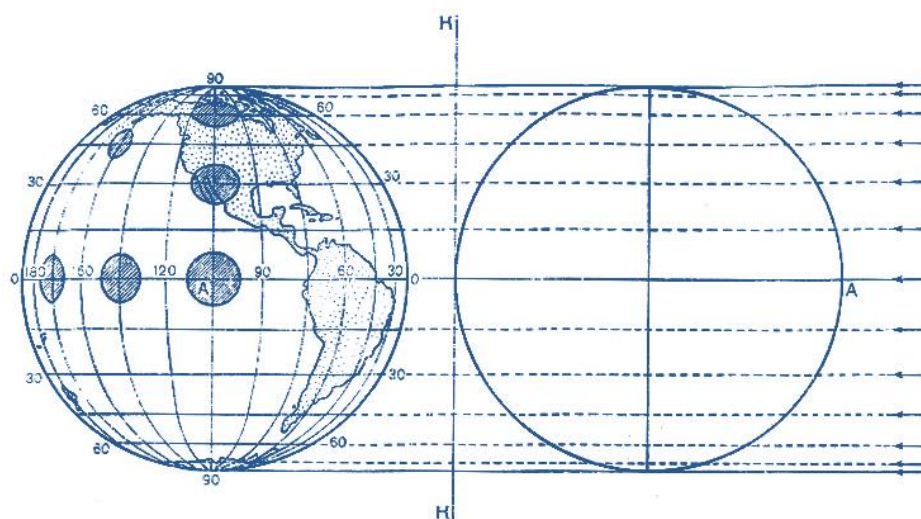
Положение цилиндра при поперечной (а) и косой (б) цилиндрических проекциях

Для цилиндрических и азимутальных проекций наряду с нормальной широко используют другие ориентировки цилиндра и плоскости: поперечные, когда ось цилиндра лежит в плоскости экватора (рис. 19, а), а плоскость касается шара в одной из точек экватора; косые, когда ось цилиндра (рис. 19, б) образует с полярной осью острый угол, а плоскость касается шара в какой-либо точке между полюсом и экватором.

Вообще говоря, сетки меридианов и параллелей в поперечных и косых цилиндрических и азимутальных проекциях образуются кривыми линиями, и потому классификация проекций по виду меридианов и параллелей производится применительно к нормальным сеткам.

Среди азимутальных проекций выделяют *перспективные*, получаемые проектированием поверхности шара на плоскость по закону перспективы посредством лучей из точки зрения, располагаемой на прямой, проходящей через центр шара и перпендикулярной плоскости касания (картинной плоскости). В частности, различают перспективные проекции: *ортографические*, когда точка зрения удалена в бесконечность и проектирование производится пучком параллельных лучей (рис. 20); в этой проекции мы практически видим поверхность Луны; *стереографические*, когда точка зрения располагается на поверхности шара и диаметрально противоположна точке касания картинной плоскости, стереографическая проекция равноугольна; любая окружность на поверхности шара изображается в этой проекции также окружностью; *гномонические*, когда точка зрения находится в центре шара; в этой проекции дуги всех больших кругов шара изображаются прямыми линиями.

Проекции, которые по виду сетки не подходят под рассмотренные, называются *условными*.



*Рис. 20. Построение картографической сетки в поперечной ортографической проекции: в правой части рисунка - проектирование пучком параллельных лучей на картинную плоскость  $KK$ , перпендикулярную плоскости рисунка; в левой - разворот картинной плоскости*

В практике современной картографии сетки получаются не посредством геометрических построений, а расчетным, аналитическим путем. В результате вычислений по формулам проекции определяют прямоугольные координаты пересечений меридианов и параллелей (узловых точек сетки), величину и распределение искажений; наносят узловые точки сетки и по ним проводят меридианы и параллели.

В настоящее время для изыскания и вычисления картографических проекций широко используются электронно-вычислительные машины и автоматическое построение сеток на графопостроителях - чертежных машинах автоматического действия.

#### **4.5. Выбор проекций**

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

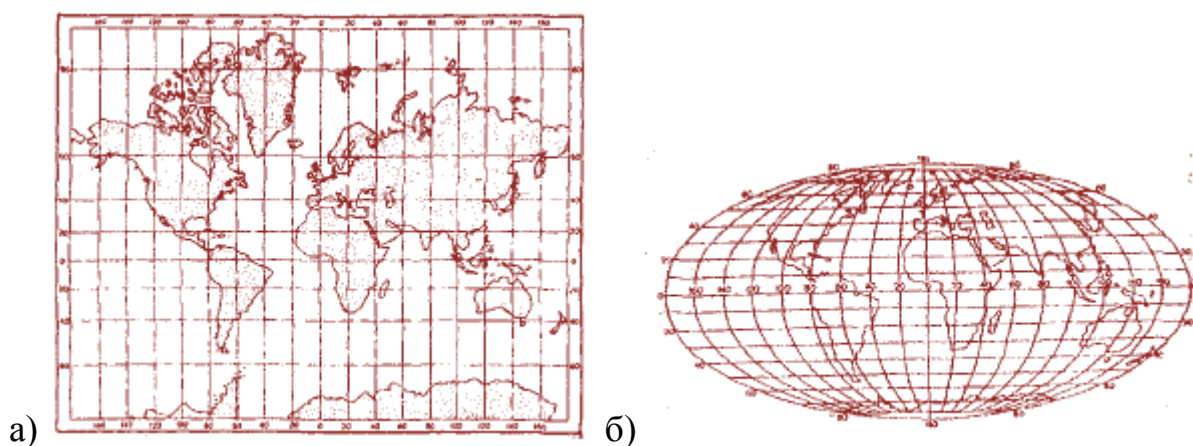
- ◆ географические особенности картографируемой территории, ее положение на земном шаре, размеры и конфигурация;
- ◆ назначение, масштаб и тематика карты, предполагаемый круг потребителей;

- ♦ условия и способы использования карты, задачи, которые будут решаться по 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.

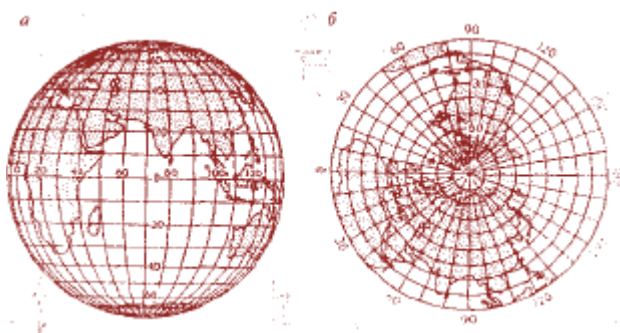
Значимость названных факторов может быть различной: в одном случае на первое место ставят наглядность (например, для настенной школьной карты), в другом — особенности использования карты (навигация), в третьем — положение территории на земном шаре (полярная область). Возможны любые комбинации, а следовательно, 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. 1). Для уменьшения искажений часто используют секущие цилиндры, а псевдоцилиндрические проекции иногда дают с разрывами на океанах.



*Рис. 21. Примеры проекций для карт мира.*

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



*Рис. 22. Проекции для карт полушарий.*

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

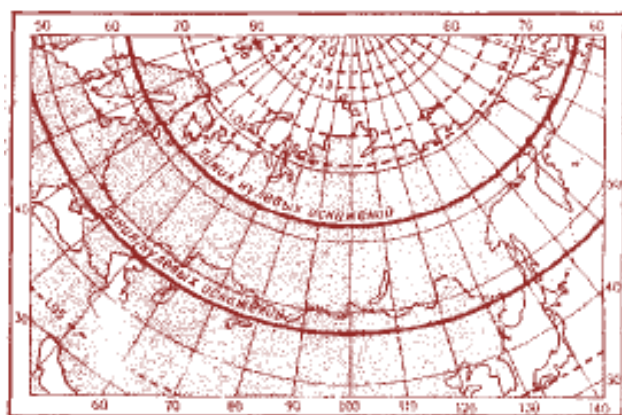
**Карты полушарий** всегда строят в азимутальных проекциях. Для западного и восточного полушарий естественно брать поперечные (экваториальные), для северного и южного полушарий — нормальные (полярные) (рис. 2), а в других случаях (например, для материкового и океанического полушарий) — косые азимутальные 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 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.

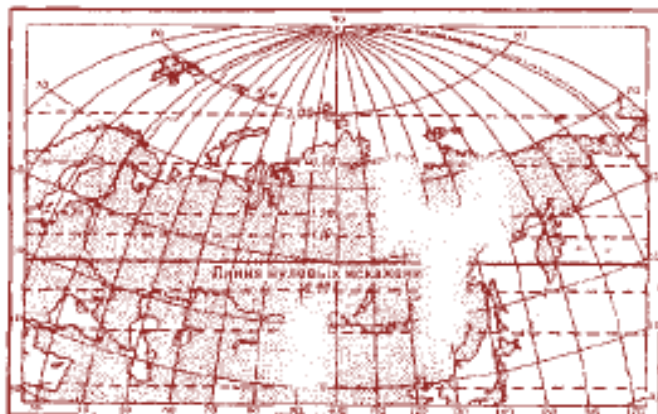
Карты отдельных стран, административных областей, провинций, штатов выполняют в косых равноугольных и равновеликих конических или азимутальных проекциях, но многое зависит от конфигурации территории и ее положения на земном шаре. Для небольших районов задача выбора проекции теряет актуальность, можно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

а)



*Соловьева. На обе сетки  
нанесены изоколы площадей.*

б)



*Рис. 23. Проекции для карт  
России и сопредельных государств.*

*а — нормальная  
равнопромежуточная проекция  
Каврайского; б — поперечно-  
цилиндрическая проекция*

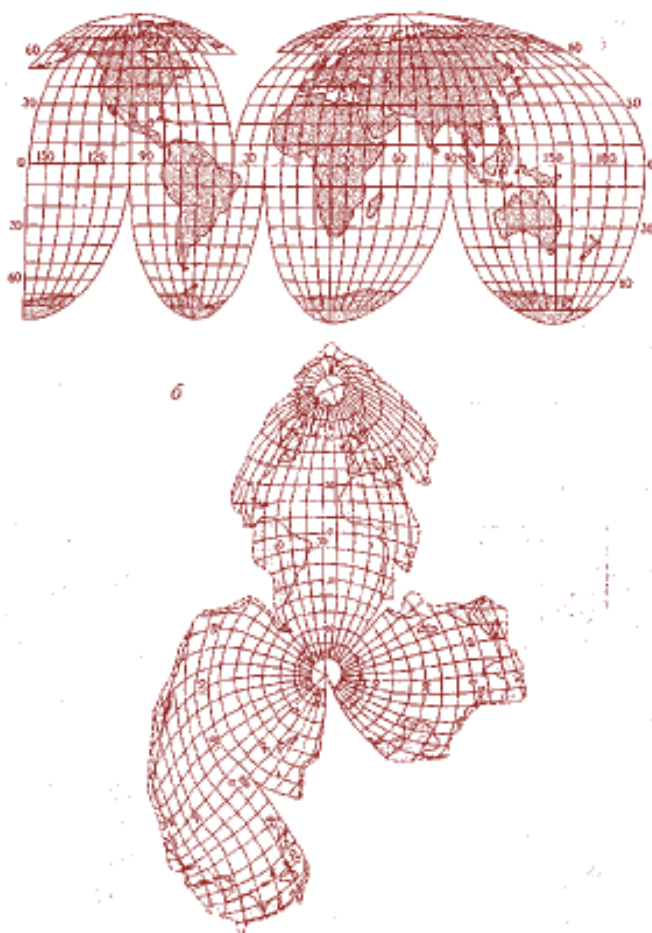


Рис. 24. Проекции с разрывами.

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

**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 ИТМ). 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.4 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 гео- графические факторы.

#### **4. 6. Распознавание проекций**

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

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

Существуют специальные таблицы-определители проекций для карт мира, полушарий, материков и океанов. Проведя необходимые измерения по сетке, можно отыскать в такой таблице название проекции. Это даст

представление о ее свойствах, позволит оценить возможности количественных определений по данной карте, выбрать соответствующую карту с изоколами для внесения поправок.

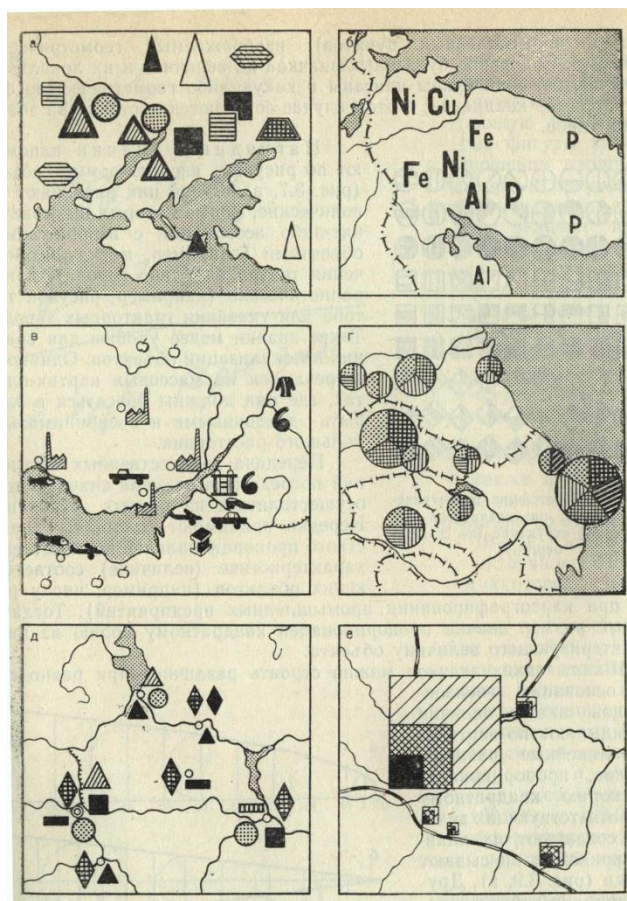
## 5. КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ

### 5.1. Способ значков и его сущность

Локализованные значки как особый способ картографического изображения используются для указания местоположения объектов, не выражающихся в масштабе карты или занимающих площадь меньшую, чем картографический знак, и вообще для передачи явлений, локализованных в конкретных пунктах. Например, на топографических картах значками показывают местные предметы: указатели дорог, радиомачты, отдельно стоящие деревья, имеющие значение ориентиров, и т.п. на тематических и общегеографических картах мелкого масштаба значки помимо указания местоположения и вида объектов часто выполняют и другие функции: характеризуют величину, значение объекта, его изменения во времени и т.д. например, значок населенного пункта может указывать тип поселения (город, поселок городского типа, сельское поселение), численность населения, административное значение. Значки удобно применять также для изображения промышленных и сельскохозяйственных предприятий, месторождений полезных ископаемых и т.п.

**Рис. 25.** Виды значков:

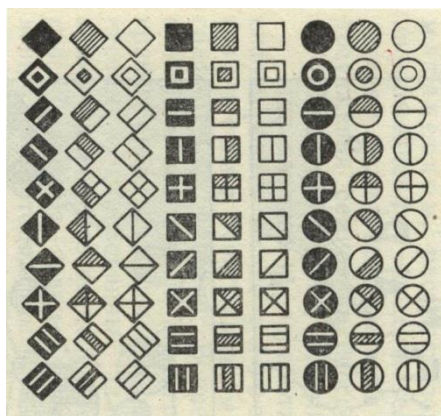
*а* — геометрические; *б* — буквенные; *в* — наглядные; *г* — структурные; *д* — раздельные; *е* — нарастающие



### 5.1.2. Основные виды значков

По своей форме значки могут быть абстрактными, буквенными и наглядными. Среди абстрактных значков наиболее употребительны геометрические фигуры: круги, квадраты, треугольники, прямоугольники, ромбы и т.п. (рис. 1, а). Они просты для выполнения, хорошо опознаются по легенде, занимают относительно мало места, точно указывают местоположение объекта, легко сравнимы по величине. Количество элементарных фигур невелико, но число обозначений можно увеличить, используя для значков разные цвета и видоизменяя их внутренний рисунок (рис. 2).

Буквенные значки – это одна или две начальные буквы, названия изображаемого явления, например Р или Al, обозначающие месторождения фосфора или алюминия (рис. 1, б). Применение буквенных значков сравнительно ограничено, так как они пестрят карту, не указывают точного местоположения объектов, плохо сопоставимы по величине, особенно для букв различной ширины и плотности рисунка (например, в случае букв I или W). Буквенные значки обычно используются, когда требуется отчетливо выделить какую-либо категорию объектов (например, месторождения полезных ископаемых) среди других (например, промышленных пунктов), изображаемых геометрическими значками. Сравнение буквенных значков по величине и их локализация облегчаются, если буквы вписаны в какую-либо геометрическую фигуру, например квадратик; в этом случае сочетаются



достоинства значков обоих типов.

*Рис. 26. Простейшие геометрические значки, различающиеся по внутренней структуре (по Э.Арнобергеру)*

Наглядные значки (пиктограммы) напоминают по рисунку изображаемые объекты (рис. 1, в). Среди них различают символические, форма которых вызывает какие-либо ассоциации с

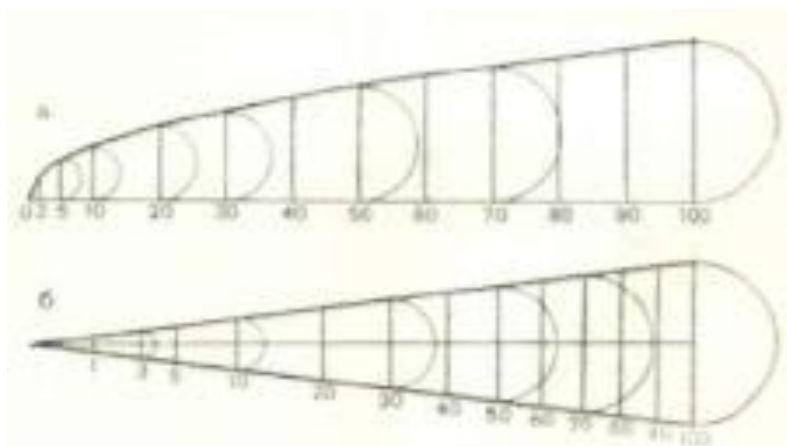
изображаемыми объектами (например, маска для обозначения театра на плане города, рисунок самолета обозначает аэродром, туристская палатка — кемпинг и т.п.), и натуралистические (например, рисунок трактора для указания тракторных заводов). Такие значки менее удобны для сравнения и локализации объектов. Однако они встречаются на массовых картах-плакатах, где они должны бросаться в глаза, быть доходчивыми и восприниматься с большого расстояния. Такие обозначения очень наглядны и чаще всего их используют на популярных туристских, рекламных, пропагандистских картах.

### **5.1.3. Значение изображения явлений на карте способом значков**

Передача количественных соотношений посредством размера значков может осуществляться на разных основаниях. Нередко принимают площадь значков строго пропорциональной количественной характеристике (величине) соответствующих объектов (например, числу рабочих при картографировании промышленных предприятий). Тогда линейный размер значка пропорционален квадратному корню из числа, характеризующего величину объекта.

Шкалы таких значков можно строить различно. При равноделенном основании горизонтальной шкалы величин откладывают по вертикалям линейные размеры пропорциональные корню квадратному из соответствующих величин, соединяют их плавной кривой и вписывают значки (рис. 3, а). Другой вариант той же шкалы показан на рис.3, б. Соизмеримость значков (или, как говорят, «масштабность» значков), точно пропорциональная величине объектов, называется абсолютной. Она наглядна, но неудобна, когда крайние величины картографируемых объектов сильно различаются между собой (например, население в больших, средних и малых городах). В этом случае приходится либо принять для крупных объектов чрезмерно большие значки, либо для малых брать совсем

микроскопические. И то и другое нежелательно. Поэтому при значительных различиях между крайними величинами картографируемых объектов либо прибегают к рисункам объемных фигур в виде изображенных в перспективе геометрических тел (например, в виде шаров, диаметр которых пропорционален кубическому корню из показателя величины объекта), либо используют условную соизмеримость в порядке убывающей прогрессии или произвольную, отражающую лишь общую тенденцию в изменении величин. Однако объемные фигуры употребляются редко. Как показывает опыт, даже в отношении площадных знаков их зрительное сопоставление обычно приводит к преуменьшению (недооценке) действительной величины крупных знаков. При объемных знаках глазомерная недооценка крупных величин проявляется еще сильнее.



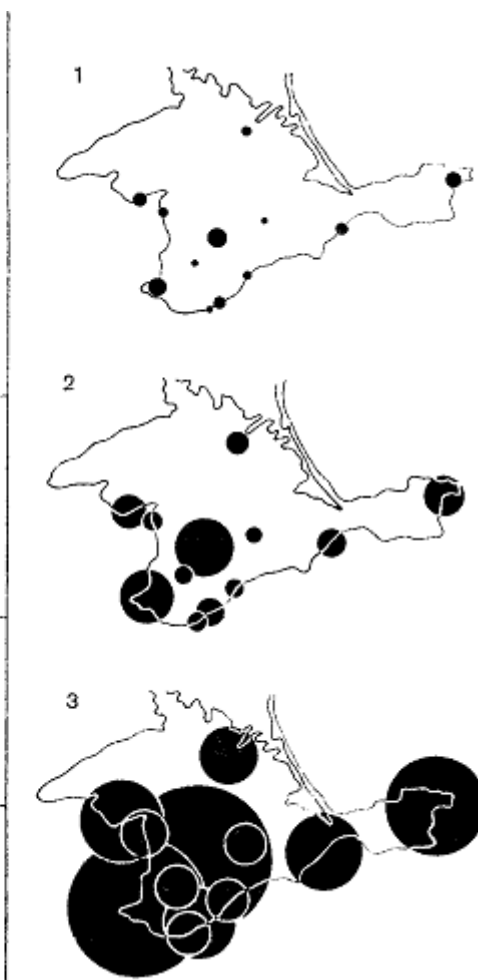
*Рис. 27. Примеры построения шкал геометрических значков*

Как при абсолютной, так и при условной соизмеримости значков их шкала может быть непрерывной либо ступенчатой, т.е. разбитой на интервалы. При непрерывной шкале размер знаков изменяется непрерывно вслед за изменением величины объекта. При ступенчатой шкале размер значков, постоянный в пределах каждого интервала и определяемый по среднему значению интервала, возрастает скачком при переходе к следующей ступени. Ступенчатые шкалы предпочтительны при изображении и группировке объектов по разрядам (классам) величин.

Рассмотрим некоторые принципы построения ступенчатых шкал. Удобство запоминания и пользования шкалой, а также легкость распознавания значков выдвигают два условия, общие для любых шкал: во-первых, разграничение ступеней круглыми числами; во-вторых, сокращение числа ступеней до 5-7, максимум до 10-12. Осуществление этих требований не предопределяет величины интервалов. Последние устанавливают, руководствуясь особенностями картографируемого явления и назначением карты.



**Рис. 28.** Различные шкалы значков



**Рис. 29.** Изменение зрительного эффекта при выборе различных оснований для шкалы людности городов

Простейший прием – выбор равных интервалов, т.е. построение шкалы по принципу арифметической прогрессии:  $a$ ,  $a+b$ ,  $a+b+b$ ,  $a+b+b+b$  и т.д., -

пригоден для характеристики однокачественных величин, изменяющихся в относительно ограниченных пределах. Когда же эти пределы широки и для характеристики малых величин существенны сравнительно небольшие изменения, мало влияющие на крупные величины, тогда предпочтительны шкала с кратными интервалами, которая строится по принципу геометрической прогрессии:  $a$ ,  $ak$ ,  $ak^2$ ,  $ak^3$  и т.д. числовая интерпретация такой шкалы, например менее 100; от 100 до 1 000; от 1 000 до 10 000; от 10 000 до 100 000; от 100 000 до 1 000 000; свыше 1 000 000, показывает, что она дифференцирует и малые и крупные величины (например, населенные пункты по их людности) при ограниченном числе ступеней.

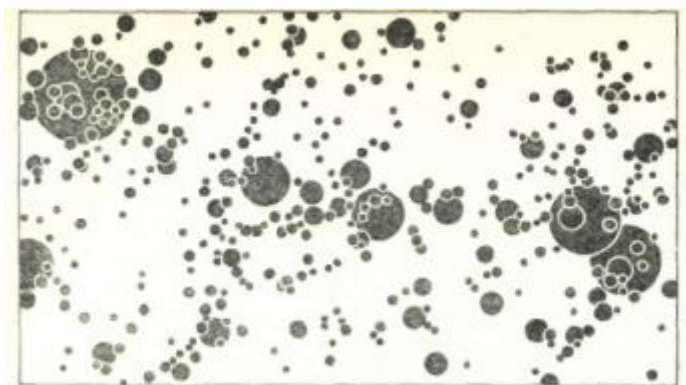
При разработке шкал учитывают также качественные различия картографируемых явлений (например, для населенных пунктов подразделение на городские и сельские) и их особенности на конкретной территории (например, крайние значения величин, распределение объектов по намеченным ступеням шкалы и т.п.).

Ступенчатая шкала не так определена, как непрерывная, но легче воспринимается и позволяет при работе над картой обойтись без циркуля и линейки и без арифметических подсчетов. Принадлежность значка к той или иной ступени может быть установлена на глаз. Рис. 4 воспроизводит шкалы, построенные по различным указанным выше принципам.

Основные шкалы значков (т.е. число единиц или другая величина, соответствующая  $1 \text{ мм}^2$  площади значка) выбирается так, чтобы обеспечить читаемость малых и вместе с тем не перегрузить карту изображениями крупных значков. Иллюстрацией служит рис. 5, показывающий в трех различных шкалах людность городов Крыма, где очевидно преимущество второго варианта.

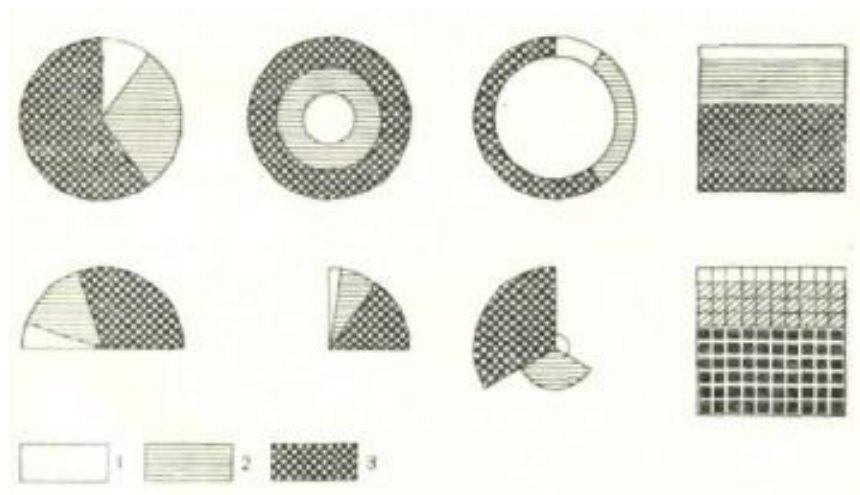
Значки как немасштабные изображения (размер которых может передавать непространственные характеристики) не выражают площадь, занимаемую на карте соответствующими объектами, но они позволяют определять на ней положение объектов, которое для правильных

геометрических значков обычно совпадает с их центром. В этом случае даже перекрывающиеся друг друга значки не оставляют сомнений о действительном размещении объектов (рис. 6).



*Рис. 30. Перекрытие значков в местах их сгущения (людность населенных пунктов)*

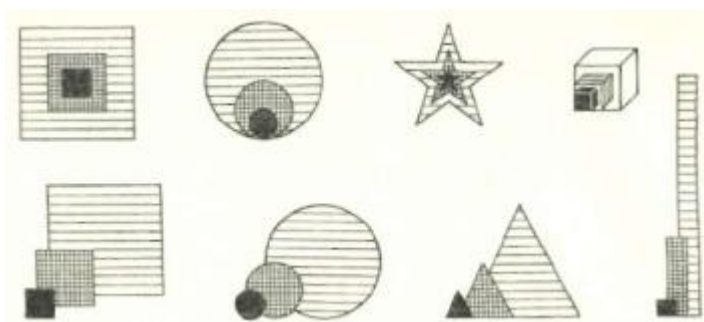
Положение осложняется, когда в одном и том же пункте оказывается несколько объектов. Если они однородны и соизмеримы, их можно объединить в общий суммарный (структурный) знак, например кружок, секторы которого характеризуют отдельные включенные в общий знак объекты как по виду, так и по величине. Так, предприятия разных отраслей промышленности, сосредоточенные в каком-либо населенном пункте, можно передать общим кружком промышленного пункта и разделить его по имеющимся отраслям промышленности на секторы, величина которых отражает соотношение отраслей, исчисляемое, скажем, по стоимости валовой продукции (рис. 1, г). Некоторые виды суммарных значков показаны на рис. 7 – фигурки в виде десятиугольников или «стопроцентных квадратов» облегчают подсчет соотношений.



**Рис. 31.** *Различные виды суммарных (структурных) значков. Каждый значок изображает пункт с предприятиями трех отраслей промышленности:*

*1 – текстильной (10 %); 2 – пищевой (30 %); 3 – машиностроительной (60 %)*

Если трудно объединить объекты вследствие разнородности показателей, то значки отдельных объектов размещают возле пунсонов соответствующих пунктов (рис. 1, д).

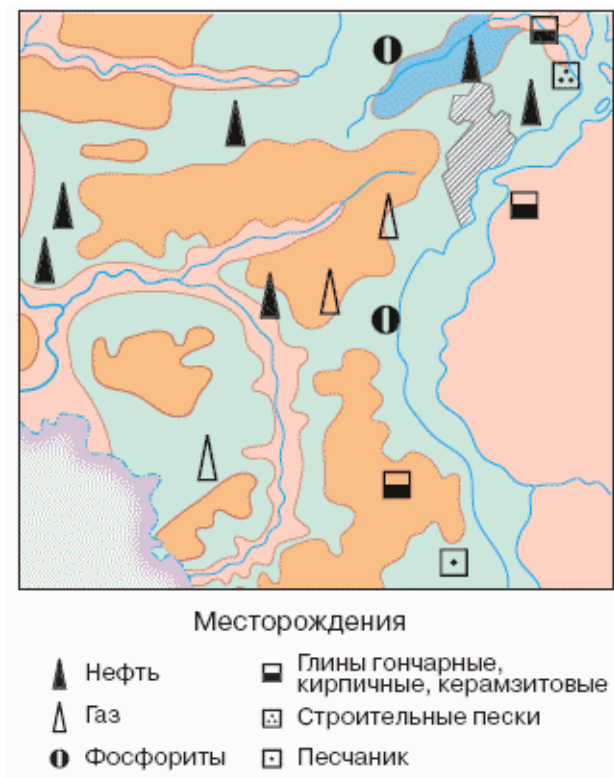
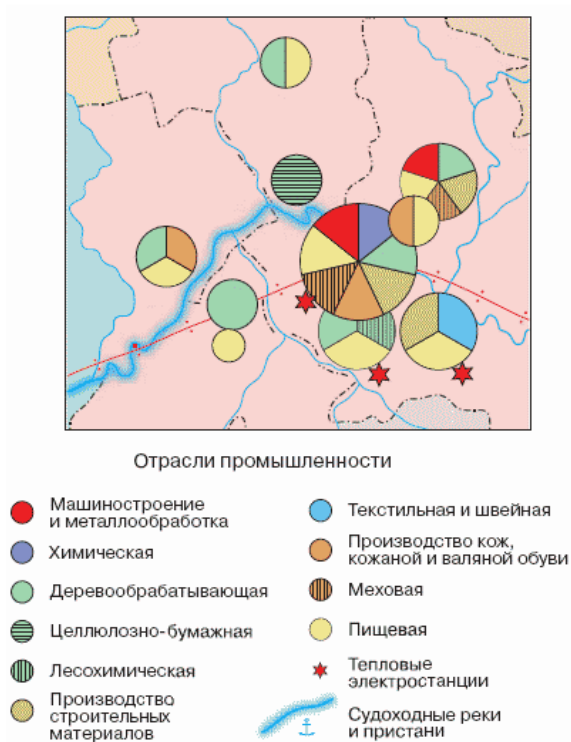


**Рис 32.** *Нарастающие значки различного рисунка*

Способ значков позволяет показывать динамику явлений, например рост объектов за определенный промежуток времени посредством «нарастающих значков» (рис. 8), т.е. при помощи двух или нескольких систем наложенных друг на друга значков, характеризующих величину объектов для указанных дат (рис. 1, е); темп роста – окраской значков и т.п.

Заметим, что на картах значки лучше всего различаются по цвету, затем по размеру и, наконец, по форме.

## Примеры



## **5.2. Использование способа линейных знаков на географических картах**

### **5.2. 1. Понятие о способе линейных знаков**

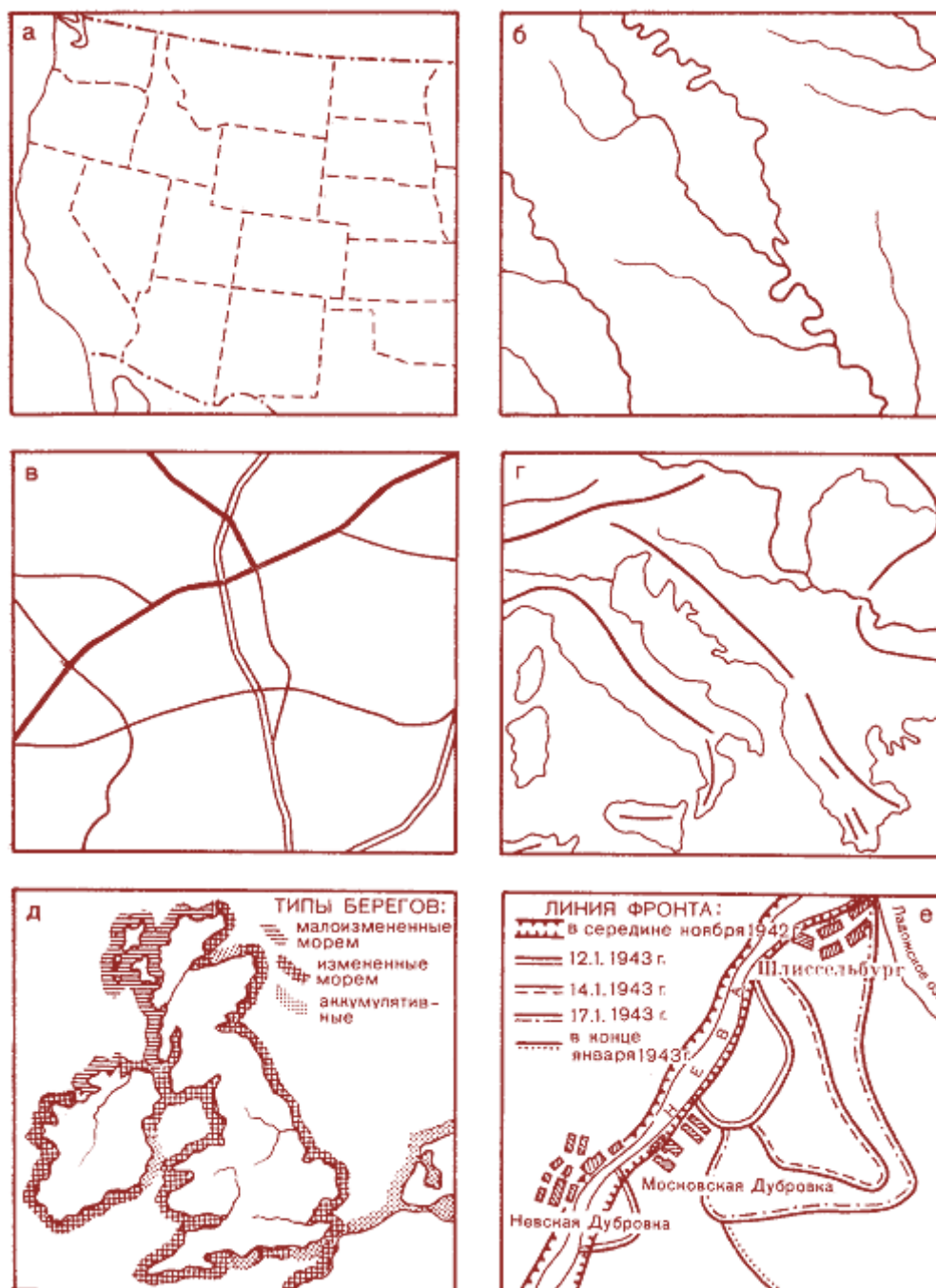
**Линейные знаки** – этот способ используется для отображения реальных или абстрактных объектов, локализованных на линиях. К ним относятся, например, береговые линии, разломы, дороги, атмосферные фронты, административные границы. Разный рисунок и цвет линейных знаков передают качественные и количественные характеристики объектов.

Линейный знак немасштабен по ширине, но ось его должна совпадать с положением реального объекта на местности. Линейными знаками можно отразить даже динамику объекта, например нанести положение береговой линии моря в разные стадии трансгрессии, передав тем самым постепенность затопления суши или иссушения моря.

Линейные знаки применяются, во-первых, для передачи линий в их геометрическом понимании, например для водораздельных линий, политических и административных границ, телеграфных кабелей и т.п. (рис. 1, а), во-вторых, для объектов линейного протяжения, не выражающихся по своей ширине в масштабе карты, например для рек, дорог и т.п. (рис. 1, б и в). Некоторые линии могут рассматриваться как зональные границы (или граничные полосы), например береговая линия как разграничение суши и водного пространства. Иногда линейные знаки подчеркивают основные направления объектов, вырисовывающихся на карте по своей площади; в качестве примера укажем скелетные линии рельефа: оси хребтов, гребней и т.п. (рис. 1, г).

Многие линейные объекты (природные и искусственные) имеют своеобразные пространственные очертания, четко проявляющиеся в форме линейных знаков на карте. Например, извилистость речной сети прекрасно контрастирует с геометрически правильным рисунком мелиоративных систем, прямолинейность автострад – с плавными изгибами железных дорог. Но основные средства для передачи качественных и количественных

особенностей линейных объектов (и их изменений во времени) заключены в рисунке, цвете и ширине знаков. Для выделения главных объектов увеличивают ширину знаков (рис. 1, в) или (и) их цветовую насыщенность.



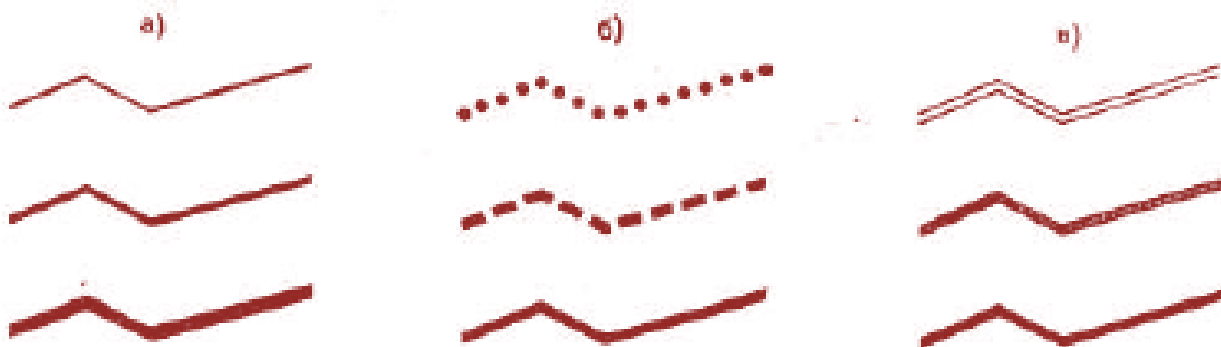
**Рис. 33.** Линейные знаки:

*а* – политических и административных границ; *б* – гидрографической сети; *в* – автомобильных дорог; *г* – основных направлений альпийской складчатости; *д* – типов берегов; *е* – изменяющегося положения фронта

### 5.2.2. Применение способа линейных знаков

Этот способ применяется на всех географических картах, ни одна карта не может обойтись без него, так как любая карта имеет свою основу, которая в основном изображается линейными знаками.

Линейные знаки применяются для отображения объектов и явлений, локализованных по линиям, передавая при этом их местоположение и особенности (границы политико-административного деления, дорожную сеть, гидрографию, тектонические разломы, границы оледенений, нефтепроводы и т.д.) (рис. 2). Способ линейных знаков выступает в двух вариантах: как категория линейных знаков на топокартах и как специальный способ на тематических картах, для отображения специальных объектов и явлений (обязательно в легенде должны быть пояснения этих объектов и явлений).

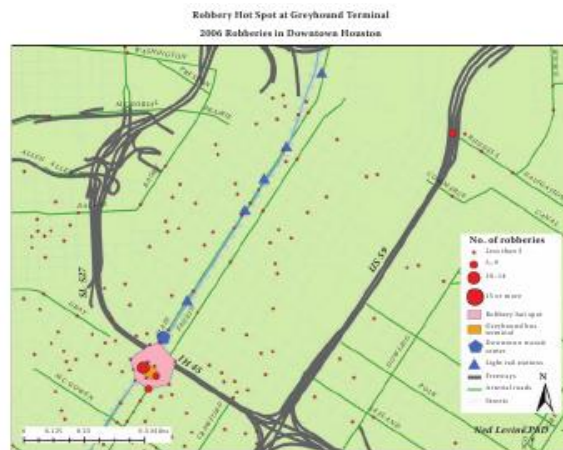


**Рис. 34.** Линейные знаки различаются:

*а – по ширине; б – рисунку; в - светлоте*

Рисунком и цветом обычно передаются качественные характеристики (виды дорожной сети, типы берегов, линии теплого и холодного фронтов, линии военных фронтов и т.д.), а шириной линейных знаков количественные (величины приливов, полоса затопления при половодьях и т.д.). Качественные различия линейных знаков на карте облегчаются тем, что многие линейные объекты имеют свое специфическое отображение. Например, прямолинейность автострад хорошо контрастирует с извилистостью речной сети. При значительной ширине линейных знаков





### 5.3. Значение способа изолиний в составлении географических карт

**Изолиниями** (от греческого «изос» - равный, одинаковый) называют линии на карте, проходящие по точкам с одинаковыми значениями каких-либо количественных показателей. Характерный пример изолиний –

горизонтالي или изогипсы, т.е. линии, соединяющие на земной поверхности точки одинаковой высоты, - основной способ изображения рельефа на топографических картах.

**Изолинии** – это кривые линии, соединяющие точки с одинаковой заданной величиной какого-либо показателя. Способ изолиний применяется для изображения количественных явлений, имеющих непрерывное распространение и постепенно изменяющихся в пространстве, таких как рельеф, температура, осадки, давление воздуха, даты наступления явления.

### **5.3. 1.Виды изолиний**

В зависимости от отображаемого явления изолинии носят название: изогипсы (горизонтали) – линии равных абсолютных высот, изотермы – линии равных температур, изогеты – линии равных количеств выпадающих осадков, изобары – линии равных давлений воздуха, изобаты – линии равных глубин, изогоны – линии равных магнитных склонений, изоколы – линии равных искажений на картах, изохроны – линии одной даты наступления явления, изодемы – линии одинаковой плотности населения и т.д.

**Изобáры**, линии на карте погоды, соединяющие точки с одинаковым атмосферным давлением (напр., 990 гПа, 1000 гПа и т. д.). С одной стороны от изобары давление больше отмеченного на ней, с другой – меньше. Поле изобар на карте позволяет очень наглядно представить осн. характеристики погоды на большой территории. Замкнутые изобары обычно очерчивают барические системы – циклоны и антициклоны. Количество и густота изобар означают интенсивность барических систем. Зоны сгущения изобар соответствуют областям сильного ветра, а редкие изобары – слабому ветру или безветрию. Осн. перенос воздуха в тропосфере параллелен изобарам, а направление определяется разницей в давлении: в Сев. полушарии ветер дует вправо, если впереди расположена область пониженного давления, и наоборот. Барическая ложбина (изгиб изобар в сторону повышенного давления) обычно отмечает неблагоприятные условия погоды; в ней часто

располагается атм. фронт; барический гребень (изгиб изобар в сторону понижения давления) обычно соответствует менее облачной погоде.

**Изоб́аты**, изолинии равных глубин; линии на карте, соединяющие точки с равными значениями глубин водного бассейна. К содержанию этого понятия практически относится всё, что сказано ниже об изогипсах или горизонталях. По рисунку изобат можно судить об обобщённом рельефе дна водоёма, морского и океанического дна. На мелкомасштабных картах могут иметь переменное сечение, напр. на шельфе до глуб. 200 м – 50; на континентальном или материковом склоне до глуб. 2500 м – 100 и 250 м; в пределах глубоководных равнин и впадин – 500, а ниже – 1000 м.

**Изогíпсы**, линии на карте, соединяющие точки с равными высотами земной поверхности над уровнем моря, передающие плановые очертания форм рельефа суши. Изогипсы представляют собой проекции на плоскость следов сечения рельефа уровнями поверхностями, проведёнными через заданный (выбранный) интервал, который называется **высотой сечения рельефа**. Изогипсы-горизонтали – осн. способ изображения рельефа на современных топографических, общегеографических, физических и гипсометрических картах. Важнейшее достоинство этого способа – его высокая метричность. В любом месте карты по изогипсам можно определить абсолютную и относительную высоту точек, форму и крутизну склонов, рассчитать морфометрические показатели вертикального и горизонтального расчленения. Благодаря изогипсам-горизонталям карты рельефа стали ценным источником информации при морфометрических определениях, статистических расчётах, математическом моделировании, в частности при создании цифровых моделей рельефа. В процессе изображения рельефа горизонталями весьма остро стоит проблема выбора высоты сечения. Для топографических карт установлены стандартные сечения в зависимости от масштаба карт (от 1:10 000 до 1:500 000) и характера изображаемого рельефа: плоскоравнинных открытых территорий; плоскоравнинных закрытых, равнинных пересечённых, холмистых территорий, а также песчаных

пустынь; предгорных и горных территорий; высокогорных территорий. В тех случаях, когда с помощью горизонталей осн. сечения не удаётся показать какие-либо существенные детали рельефа, применяют дополнительные – полугоризонталю, проведённые через половину высоты принятого сечения рельефа; иногда вводят вспомогательные горизонталю с произвольно выбранной высотой сечения. На мелкомасштабных физических и гипсометрических картах, охватывающих обширные территории, сечение рельефа может быть переменным для областей с различным рельефом: низменностей, возвышенностей и высокогорий.

### **5.3.2. Применение способа изолиний**

Превонаначально изолинии были предложены и по-прежнему широко используются для характеристики величины (или интенсивности) непрерывных и постепенно изменяющихся в пространстве явлений, таких, как высоты земной поверхности, магнитное склонение, температура воздуха, количество осадков и т.п. в зависимости от вида явлений многие изолинии носят особые названия. Так, линии соединяющие точки с одинаковым магнитным склонением, называют изогонами (от греческого «гония» - угол), с одинаковым количеством осадков – изогиятами (от греческого «гиетос» - дождь) и т.п. изолинии можно использовать также для передачи соотношений числа бездождных и дождливых дней, процента осадков, выпадающих в виде снега, и т.д.

Такие системы излиний отображают поверхности реальные (например, рельеф местности) или абстрактные (например, поверхность годового слоя осадков). Это обстоятельство важно для понимания процесса изолиний.

Схема этого процесса такова. Сначала на карте отмечают точки, на которых были определены тем или другим способом величины показываемого явления. Эти точки обычно находятся на земной поверхности, но могут определяться и на других поверхностях, например для температуры на высоте 50 км. Далее соединяют соседние точки прямыми линиями и, предполагая явления изменяющимся равномерно, интерполяцией находят

промежуточные точки, в которых явление должно выражаться в некоторых, наперед названных круглых или целых числах. Наконец, через равнозначные точки проводят плавные кривые – изолинии.

Однако равномерные изменения принадлежат скорее к исключениям, чем к правилу. Даже при интерполировании горизонталей между двумя соседними высотными отметками, принадлежащими одному скату, приходится считаться с различиями в крутизне скатов. Интерполирование же отметок на противоположных склонах долин (или хребта) оказывается грубой ошибкой. Равным образом, недопустимо интерполировать изотермы между пунктами, отделенными горным поднятием. Для правильного построения изолиний, особенно на картах мелкого масштаба, необходимо учитывать особенности картографируемого явления, представлять общие закономерности его размещения и в ряде случаев учитывать связи с другими явлениями, например связи рельефа с гидрографической сетью при нанесении горизонталей, температуры воздуха с рельефом при построении изотерм и т.п. подобную интерполяцию иногда называют географической. Местные особенности явления определяют своеобразие рисунка изолиний.

При использовании изолиний характеристика явления достигается не отдельно взятыми изолиниями, а их совокупностью, системой. Это определяет важность целесообразного выбора интервала между изолиниями и требует их согласования и совместного обобщения.

Интервал изолиниями желательно сохранять постоянным. Тогда частота изолиний позволяет зрительно судить о направлении быстрейшего горизонтального изменения показателя – горизонтальном градиенте. Величина интервала зависит в первую очередь от пределов, в которых колеблются значения явления. Чем шире пределы (в примере с горизонталями – чем значительнее колебания высот рельефа), тем больше интервал, и наоборот. К другим факторам, влияющим на величину интервала, относятся: масштаб карты (чем крупнее масштаб, тем, вообще говоря, мельче интервал), ее назначение и детальность исходных данных. Но постоянство

интервалов может оказаться невыгодным при мелких масштабах, когда один лист карты покрывает обширную территорию с большими различиями в характере изменений картографируемого явления. Например, сечение, оптимальное для передачи рельефа низменности, может дать перегруженное, трудно читаемое изображение горной страны, и, напротив, сечение, рассчитанное для горного рельефа, обычно приводит к обедненному изображению низменностей. Выход находят в увеличении сечений с высотой – постепенным интервалом называется **шкалой изолиний**. При использовании переменного интервала важно сохранить в шкале те изолинии, которые определяют качественные различия в размещении картографируемого явления. В качестве примера можно указать на карте рельефа 200-метровую горизонталь, ограничивающую низменности, на карте осадков – изолинии, разделяющие зоны избыточного, оптимального и недостаточного увлажнения, и т.п.

Оформление изолиний аналогично оформлению горизонталей. В разрывах и на концах изолиний подписывают соответствующие числовые значения. При многоцветном издании промежутки между изолиниями обыкновенно окрашивают различными цветами, изменяют их светлоту и насыщенность или применяют штриховку различного вида и силы, что делает карты более наглядными.

При послойной окраске горизонталей нулевая горизонталь отделяет различные цвета: голубой для вод и зеленый для низменностей. Такой же прием резкого различия цветов на изолинии, определяющей критическое значение явления, обычен и для других изолиний (например, смена цветов на нулевой изотерме – границе положительных и отрицательных температур). Вместе с тем общая последовательность цветов и их интенсивность должны показывать направление и последовательность перехода от низших значений величины к высшим и наоборот. Отметим также возможность применения послойной окраски без изолиний (со снятыми изолиниями).

Очень важно, что наряду со статической количественной характеристикой пространственной дифференциации континуальных явлений изолинии широко и успешно применяются для отображения временных изменений и динамики таких явлений. Ими показывают: изменения величины явлений с течением времени, например посредством изопор (от греческого «порейя» - ход) – годовые изменения магнитного склонения (Атлас океанов); перемещения в пространстве, например время пробега волны цунами, вертикальные движения земной коры – скорость ее поднятия и опускания в мм в год; время наступления (или одновременность) явлений, например посредством изохрон (от греческого «хронос» - время) – даты перехода средней суточной температуры через 0, +5, +10° в периоды подъема и падения температуры, даты сева и созревания различных сельскохозяйственных культур, сроки сезонных (фенологических) явлений мира растений и животных (карты в региональных комплексных атласах); длительность явлений, например продолжительность безморозного периода, число дней со снежным покровом и т.п.; повторяемость крепкого ветра и штормов в разные месяцы года и т.п. очевидно, в последнем применении изолинии могут служить для целей прогноза.

Подобно тому как все высотные отметки, используемые для проведения горизонталей, даются в одной системе мер и приводятся к одному уровню, так и количественные данные, привлекаемые для построения любого вида изолиний, должны быть сопоставимыми и однородными. Если явление (например, температура) изменяется не только в пространстве, но и во времени, то его величина в различных пунктах измеряется в некоторый общий момент времени (например, температура в 13 ч 1 января 2016 г.) или определяется как средняя для некоторого промежутка времени (например, средняя годовая температура) и т.п.

Существо изолиний может изменяться в зависимости от исходных данных и характера их обработки. Например, изотермы для определенного момента на поверхности земли показывают реальное распределение

температур, т.е. передают конкретные факты. Напротив, изотермы на суше, приведенные к уровню моря или среднегодовые изотермы, представляют научную абстракцию.

Изолинии чрезвычайно просты, наглядны и почти не требуют пояснений к легенде. Они хорошо сопрягаются с рядом других способов картографического изображения, но заметно теряют читаемость при совмещении на одной карте двух или более систем изолиний. Они удобны для построения на автоматических приборах. Принцип изолиний теперь часто применяют для картографирования дискретных явлений, лишенных непрерывности и постепенности изменений, с целью наглядного воспроизведения их плотности (например, населения) или интенсивности (например, процента земель под пашней). В этом. Случае используются показатели (например, средней плотности населения), относящиеся не к определенным точкам, а к площадям клеток какого-либо территориального деления (например, административного) или регулярной геометрической сетки (например, квадратной или гексагональной), либо другим целесообразно выбранным территориальным ячейкам постоянного размера. Для построения изолиний величины показателя относят к геометрическим центрам клеток либо к точкам, выбираемым с учетом особенностей размещения явления в пределах каждой площади (в «центрах тяжести»). На рис. 1 воспроизведена построенная таким образом карта плотности населения Алтайского края. Для таких явлений теряет силу предположение о постоянном изменении показателя, лежащее в основе построения изолиний. Так, если между вершиной и подошвой холма с высотами в 500 и 25 м обязательно наличие точек склона с высотами 400, 300 м и т.д., то переход от плотности населения в пределах городской черты, равной 500 человек на 1 км<sup>2</sup>, к плотности смежного сельского района в 25 человек на 1 км<sup>2</sup> может совершаться скачком, например через лесопарковую, малозаселенную зону. Поэтому отнесение плотности городского населения к центру города, а сельского – к центру сельского района и построение между этими точками

изолиний плотности в 400, 300 и т.д. человек на 1 км<sup>2</sup> оказывается произвольным. Но применение изолиний «не по назначению», в разрез с их континуальной природой, удобно и в том отношении, что облегчает зрительное сопоставление взаимосвязанных рассеянных явлений между



собой и с непрерывными явлениями.

**Рис. 35.** Применение псевдоизолиний для характеристики плотности населения Алтайского края

Характеристика явлений при этом способе передается совокупностью изолиний. При

этом очень важным является правильность выбора интервала между изолиниями. Интервалы между изолиниями желательно сохранять постоянными, но для некоторых карт (например, гипсометрических), в силу специфики картографического явления, приходится прибегать к переменным интервалам (специальным шкалам изолиний). В этих случаях важно сохранить в шкале те изолинии, которые определяют качественные различия в размещении картографируемого явления (например, 200метровую горизонталь на карте рельефа, ограничивающую неизменности). Построение изолиний выполняется путем интерполирования (нахождения по двум значениям величины промежуточной). Автоматическое построение изолиний проводится по цифровым моделям с помощью специальных интерполяционных программ. Значение изолиний подписывают цифрами в разрыве линий или на их концах. Цифры должны быть однородны, т.е. приведены к определенному значению (одному началу высот на гипсометрических картах; одной шкале температур, одному времени или быть средними и полученными на одной высоте от земной поверхности на

картах температур и т.д.). Чем гуще сеть точек, в которых проводились измерения, тем выше точность карты с изолиниями.

Изолинии иногда используют для показа явлений, величина которых изменяется не постепенно и сами явления не имеют сплошного распространения, например плотность населения, лесистость и т.д. Такие изолинии называют псевдоизолиниями, так как они соединяют числа, характеризующие явления не в точке, а на площади (пусть небольшой).

Способом изолиний можно показать не только статистические, неподвижные явления, но и картографировать динамические процессы, отображать сроки наступления явлений, скорости перемещения процессов и т.п. На динамических электронных картах изолинии могут смещаться сами, отображая перемещение явления (например, холодных и теплых воздушных масс).

Для большей наглядности площади между изолиниями закрашивают цветом, насыщенность которого увеличивается по мере увеличения количественного показателя или, в отдельных случаях, наносится штриховка, густота которой увеличивается с увеличением интенсивности картографируемого явления. На одной карте можно совместить несколько систем изолиний, но только для одной можно применить послойную окраску. Качественные различия между явлениями передаются цветом изолиний (например, красным цветом – изотермы положительных температур, синим – изотермы отрицательных температур, черным – изотермы нулевых температур).

Способ изолиний (изолиний с послойной окраской) широко применяется на климатических, гидрологических, тектонических, гидрогеологических и других картах. Преимущества данного способа заключаются в простоте, наглядности, отсутствия большой легенды. Изолинии хорошо сочетаются с другими способами.

### 5.3.3. Псевдоизолинии

В зарубежной картографии различают, по существу, и терминологически изолинии, построенные для непрерывных и дискретных явлений, называя первые изоритмами (от греческого «аритмос» - число) или изометрическими линиями, вторые изоплетами (от греческого «плетос» - величина). Последние точнее называть **псевдоизолиниями**. При разреженной сетке территориального деления они приводят к чрезмерному обобщению или даже к искажению действительности. Иногда псевдоизолинии сравнивают с «линиями форм» - приближенными горизанталями, которые не связаны с определенными высотами и дают лишь общее представление о рельефе земной поверхности. Это сравнение лишено основания. Рисунок псевдоизолиний может изменяться неузнаваемо при смене ранга территориальных единиц, по которым определяются показатели (например, при переходе от района к области при исчислении плотности населения). Псевдоизолинии можно рассматривать как обобщение картограмм.

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. 2). К тому же этот способ обладает высокой метричностью.



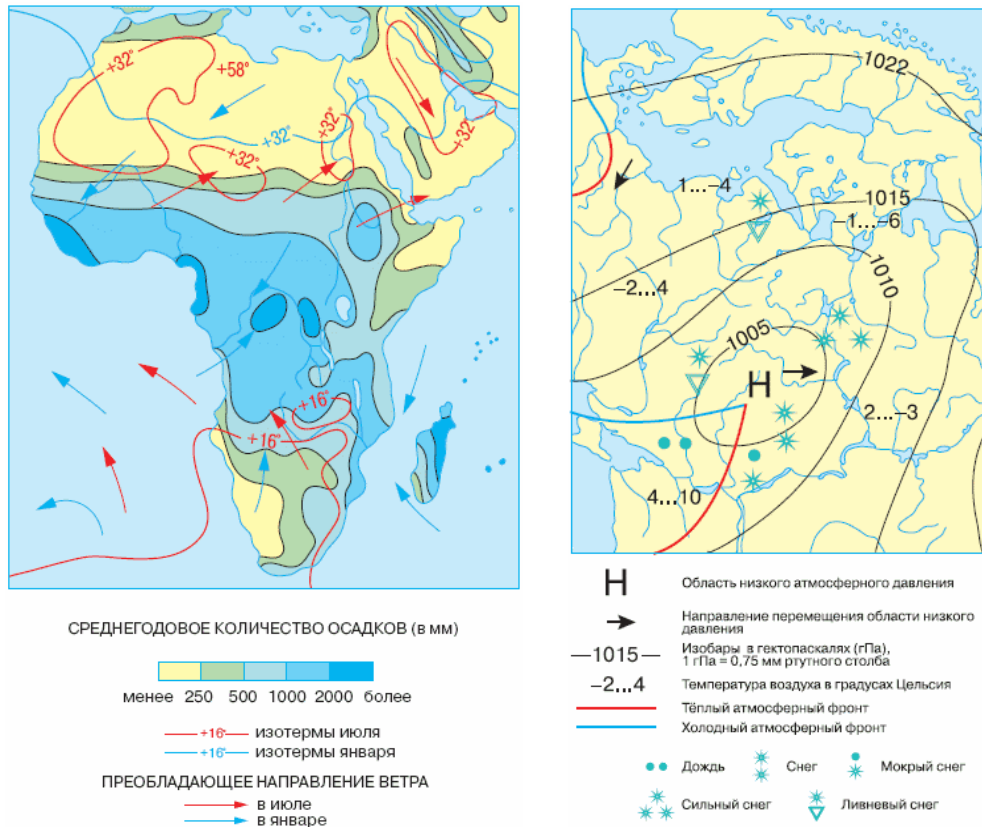
**Рис. 36. Псевдоизолинии**

Однако необходимо помнить о принципиальном различии между изолиниями и псевдоизолиниями. Последние отражают не реальные, а искусственные, абстрактные поля, например так называемый «промышленный рельеф» — плотность объектов индустрии на единицу площади или «поле расселения» — число жителей на 1 км<sup>2</sup>. 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.

Многие площадные показатели для псевдоизолиний получают в результате статистической обработки распределения величин, и поэтому такие условно-непрерывные поверхности, образуемые псевдоизолиниями, часто называют статистическими поверхностями. К ним прибегают для выявления закономерности пространственного размещения, взаимосвязей и динамики природных и социально-экономических явлений, в частности при определении корреляций, т.е. зависимостей, не имеющих строго функционального характера.

Заметим также, что карты в изолиниях, характеризующие географические явления как непрерывные распределения реальных или расчетных (абстрактных) величин, можно рассматривать как карты полей по аналогии с картами физических полей Земли — геомагнитного, гарвиметрического и др.

## Изолинии



### 5.4. Изображение способа качественного фона на географических картах и атласах

#### 5.4.1. Понятие о способе качественного фона.

Способ качественного фона применяют: а) для подразделения территории на группы однородных в качественном отношении участков, выделяемых по тем или иным природным, экономическим или политико-административным признакам, и б) для индивидуального районирования территории – ее дифференциации на целостные, неповторяющиеся районы, например физико-географические, часто описываемые в легенде под собственными названиями (Байкальская озерная котловина, Витимское таежное плоскогорье и т.п.). способ используется для характеристики явлений, сплошных на земной поверхности (например, ландшафтов),

занимающих на ней значительные площади (например, для лесов) или имеющих массовое распространение (например, для населения).

Способ качественного фона используется для передачи явлений, имеющих сплошное или массовое распространение, и показывает качественное подразделение территории (районирование) на однородные участки по тем или иным природным или социально-экономическим признакам.

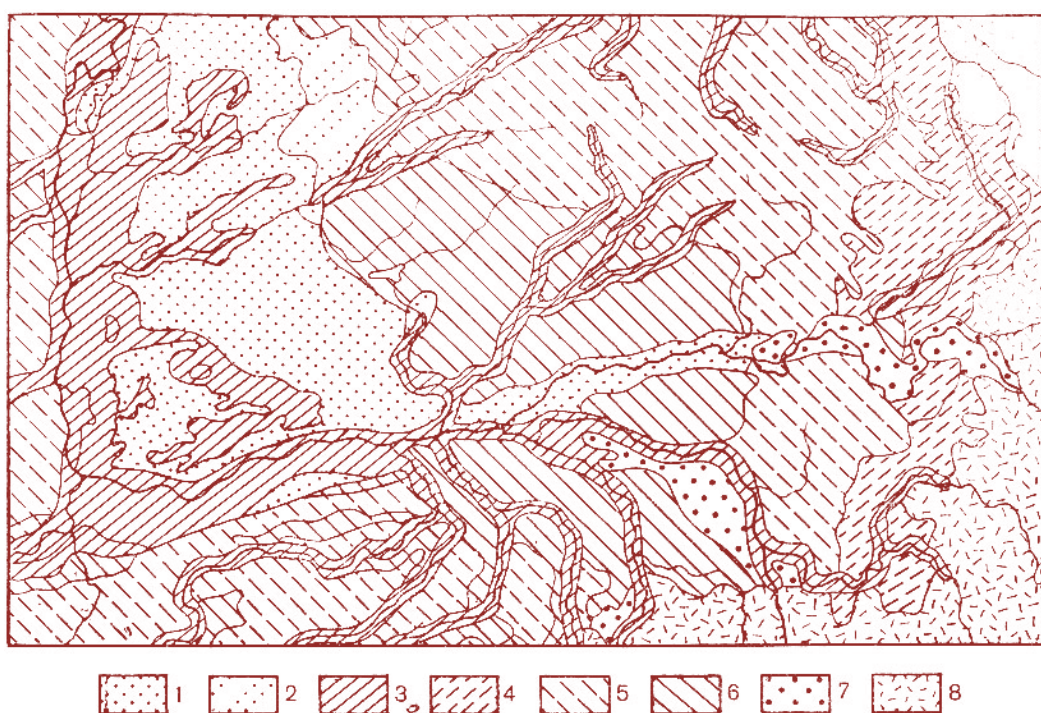
Однотипные участки закрашивают в принятый для данного типа цвет или покрывают установленной штриховкой, либо заполняют значками определенного вида или размещают надписи по территории карты в границах выделенных участков (например, название народов). Для улучшения читаемости карт могут применяться индексы (буквы) или цифры, особенно если выделенных участков много и среди них есть типологически повторяющиеся. Наиболее наглядными из всех изобразительных средств способа качественного фона являются краски, поэтому иногда этот способ называют способом «цветного фона», хотя это название неудачно, так как цветной фон может быть использован многими методами.

#### **5.4.2. Значение и применение способа качественного фона.**

Для изображения на карте явления по какому-либо признаку вначале разрабатывается классификация, согласно которой картографируемая территория делится на однородные участки. Для некоторых карт, например геологических, почвенных, разработаны типовые классификации, шкалы для раскраски и индексы. Разработка классификаций является весьма ответственной задачей, от выбора классификации может быть различное отображение картографируемого явления.

Основной путь выделения групп однородных участков – дифференциация территории по типам местности в соответствии с принятой классификацией, например геоботанической, ландшафтной,

сельскохозяйственной и т.п. В этом случае выбирают классификацию, используемую в соответствующей науке (генетическую, морфологическую, хронологическую и т.д.), или такую классификацию разрабатывают; далее в соответствии с ней ограничивают на карте однородные участки, после чего однотипные выделы окрашивают в присвоенный данному типу цвет или покрывают установленной штриховкой (рис.1). такие карты называют типологическими. Вообще говоря, в них можно заменять раскраску или штриховку выделов индексами или надписями, но этот прием лишен наглядности.



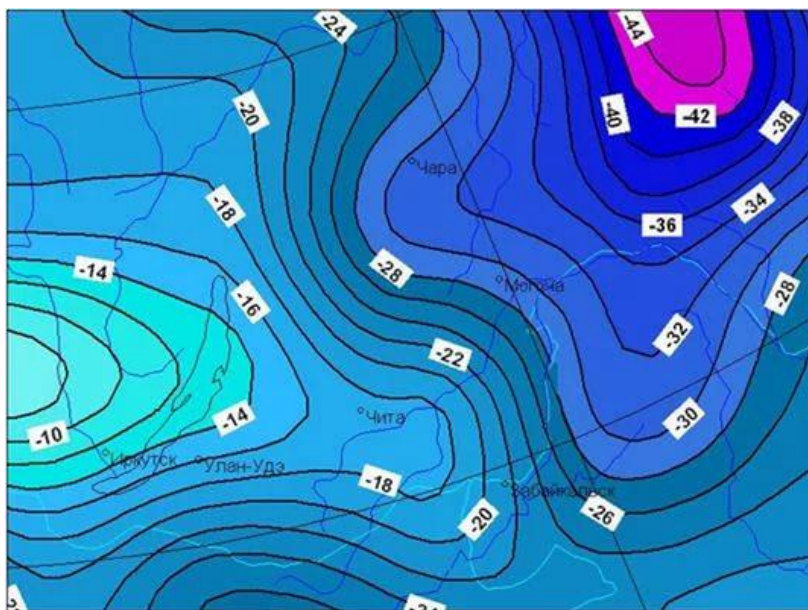
**Рис.37.** Применение способа качественного фона:

1 – торфяно-глеевые почвы; 2 – торфянисто-глеевые в комплексе с торфяно-глеевыми; 3 – пойменные дерновые; 4 – таежно-поверхностно-глеевые; 5 – таежно-поверхностно-глееватые; 6 – охристо-элювиально-глеевые; 7 – подзолы элювиально-гумусовые; 8 – дерново-слабоподзолистые

Наиболее определенны классификация, построенные на основе одного конкретного качественного признака, например характеристика населения по национальной принадлежности. Вполне конкретны также классификации, использующие ряд признаков последовательно на разных ступенях классификации. Например, на геологических картах, показывающих

геологическое строение местности, горные породы сначала расчленяют на осадочные и магматические, а затем осадочные подразделяют по возрасту, а магматические – по петрографическому составу. Значительно сложнее нескольких признаков, например при сельскохозяйственном районировании территории.

В зависимости от выбора и полноты признаков и от способа их соединения для одного и того же явления могут быть предложены различные классификации, и, следовательно, явление может найти на карте различное отражение. Например, для классификации рельефа на геоморфологических картах можно использовать различные признаки (генезис, возраст, морфологию рельефа и др.), каждый особо или в их сочетаниях. Поэтому разработка классификации представляет серьезную и ответственную научную задачу. На картах природы обычно применяют естественные систематические классификации. Для многих сюжетов (тем) чтение карты, выполненной по способу качественного фона, возможно только при знакомстве с принятой классификацией и требует особенно внимательного изучения легенды. Ее продуманное построение (выделение основных рубрик классификации, разграфка, выявляющая соподчиненность таксономических



единиц, и т.п.) облегчает такое изучение. Способ качественного фона может применяться только при условии распространения картографируемого явления по всей

изображаемой на карте территории (повсеместность распространения). Например, этим способом можно отобразить климатические зоны земного

шара, так как комплекс явлений, характеризующих климат (температура, осадки и т.п.) наблюдаются в любом месте земной поверхности. Но методом качественного фона нельзя показать распространение какого-либо отдельного вида животных или растений, размещение отдельного вида полезных ископаемых, в общем, все те явления, которые не имеют повсеместного распространения. Способ качественного фона неприемлем при картографировании явлений, которые хотя и распространены по всей изображаемой на карте территории, но различаются в этих пределах лишь по количественным показателям. Например, невозможно составить карту осадков, пользуясь способом качественного фона, хотя осадки имеют сплошное распространение по территории.

Качественные различия можно выделять по одному признаку, как, например, на политико-административных картах, где в основу деления положена административная принадлежность отдельных участков территории или характеристика населения по национальной принадлежности. Но гораздо чаще качественные различия (районирование) производится по совокупности многих показателей (составление ландшафтных, климатических карт, карт специализации сельского хозяйства).

Способ качественного фона широко применяется на картах природы (геологические, почвенные, геоботанические, физико-географического районирования и др.) и некоторых социально-экономических картах (сельскохозяйственное и другое районирование).

При составлении карт способом качественного фона границы участков наносятся либо на основе различных картографических и литературных источников, по аэроснимкам или на основе наблюдений и измерений в натуре, то есть в процессе полевых съемок (почвенных, геологических и т.д.). На одних картах четко разграничиваются качественные различия между картографическими объектами (например, границы политико-административного деления), на других, где смена одного типа другим

происходит постепенно через переходную полосу (например, при картографировании народов), применяют чересполосную («шахматную») окраску, при которой посредством изменения ширины полос или размера шашек можно передать соотношение величин картографируемых явлений в переходной полосе.

Преимущества способа качественного фона: легко сочетается с другими способами, т.к. при использовании прозрачных красок, все остальные графические построения карты читаются почти так же, как и выполненные на листе чистой бумаги; на одной карте можно показать много явлений, используя для этого цвет, штриховку, индексы или оцифровку, а также, размещенные по территории карты (например, название народов).

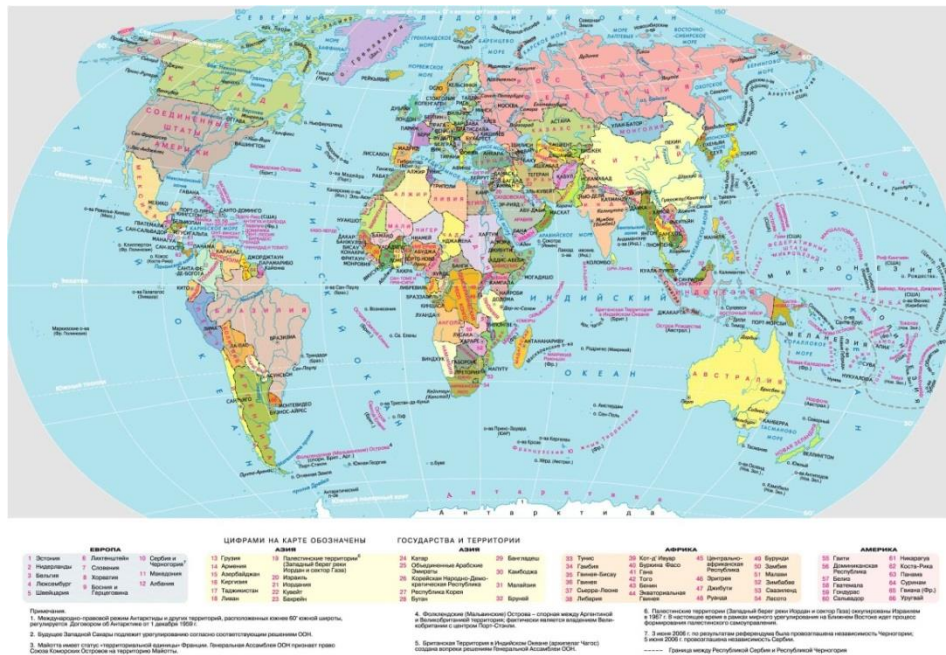
Использование качественного фона при картографировании явлений рассредоточенных на больших площадях, но малых по количественной величине (например, на карте народов СНГ, малые народности – эвенки, ханты и др.) и явлений, сосредоточенных на меньших площадях (например, украинцы, белорусы и др.) может привести к зрительной переоценке «удельного веса» малых народностей в населении СНГ. В этих случаях следует применять сильные (для отображения украинцев и белорусов) изобразительные средства (различную насыщенность цвета).

При подборе цветов стремятся к тому, чтобы типам картографируемого явления, сходным в качественном отношении, присваивать близкие цвета. Для некоторых карт, выполняемых по способу качественного фона, например для геологических, разработана стандартная шкала расцветки.

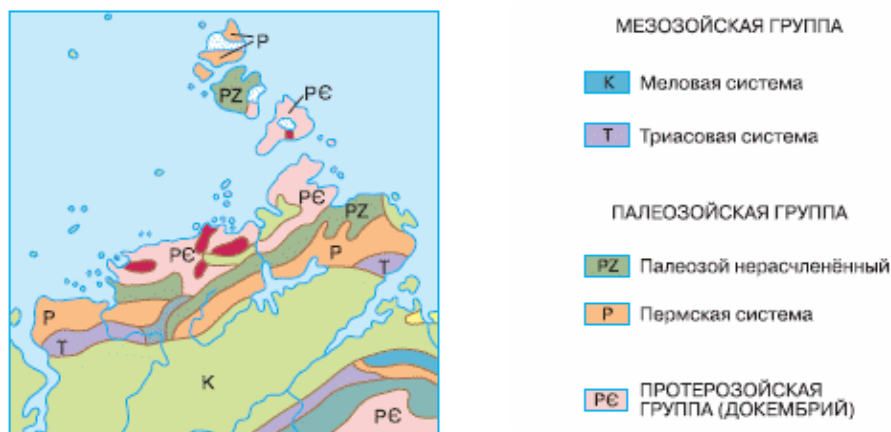
Широкое использование красок приводит к тому, что способ качественного фона иногда называют способом «цветного фона», хотя этот термин неудачен, так как фоновая окраска употребляется и в других способах (например, может сопровождать изолинии). В способе качественного фона цветные фоны нередко заменяются одноцветными штриховками (системами штрихов), отличающимися друг от друга рисунком и степенью затемнения фона карты или различного вида штриховыми значками.

Две цветные системы качественного фона не могут перекрывать друг друга. Но можно совмещать фоновую расцветку со штриховками и соединять, таким образом, на одной карте две и даже три системы качественного фона. Например, на почвенных картах нередко фоновая расцветка указывает генетические подразделения почв, а штриховка – их механические свойства.

Способ качественного фона легко сочетается с другими способами изображения.



Политическая карта мира



Фрагмент геологической карты



## 5.5. Способ количественного фона изображения явлений и процессов на географических картах

### 5.5.1. Значение способа количественного фона

Способ количественного фона применяют для подразделения (дифференциации) территории по определенному количественному показателю, например модулю стока, густоте и глубине расчленения рельефа, или комплексу показателей, например, характеризующих уровень экономического развития территорий.

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 коэдрастает или убывает в соответствии с изменением признака (рис. 1). Примерами использования количественного фона могут служить карты запасов гидроресурсов в речных бассейнах, карты районирования территории по степени расчленения рельефа и т.п.



*Рис. 38. Применение способа количественного фона*

### 5.5.2. Применение способа количественного фона

При этом способе обычно используют один из двух путей картографирования: 1) предварительное деление (районирование) территории по надлежаще выбранному основанию (например, по бассейнам рек, зонам деятельности школ, больниц и т.п.), определение для каждого территориального подразделения значения картографируемого показателя (например, модуля стока, степени обеспечения населения школьной или больничной сетью и т.д.) или комплекса показателей и, наконец, отнесение подразделений к соответствующим ступеням шкалы (или классам комплекса количественных характеристик); 2) определение значений количественного показателя (например, крутизны склонов) по всей площади карты и далее проведение границ участков, относящихся к различным ступеням шкалы – крутизны скатов (рис. 2), густоты расчленения рельефа и т.д. оформление сходно с принятым для способа качественного фона, но насыщенность расцветки или сила штриховки ступеней шкалы отражает рост показателей. Возможны и другие приемы оформления, например передача количественных показателей диаграммными знаками, размещаемыми в пределах соответствующих участков.



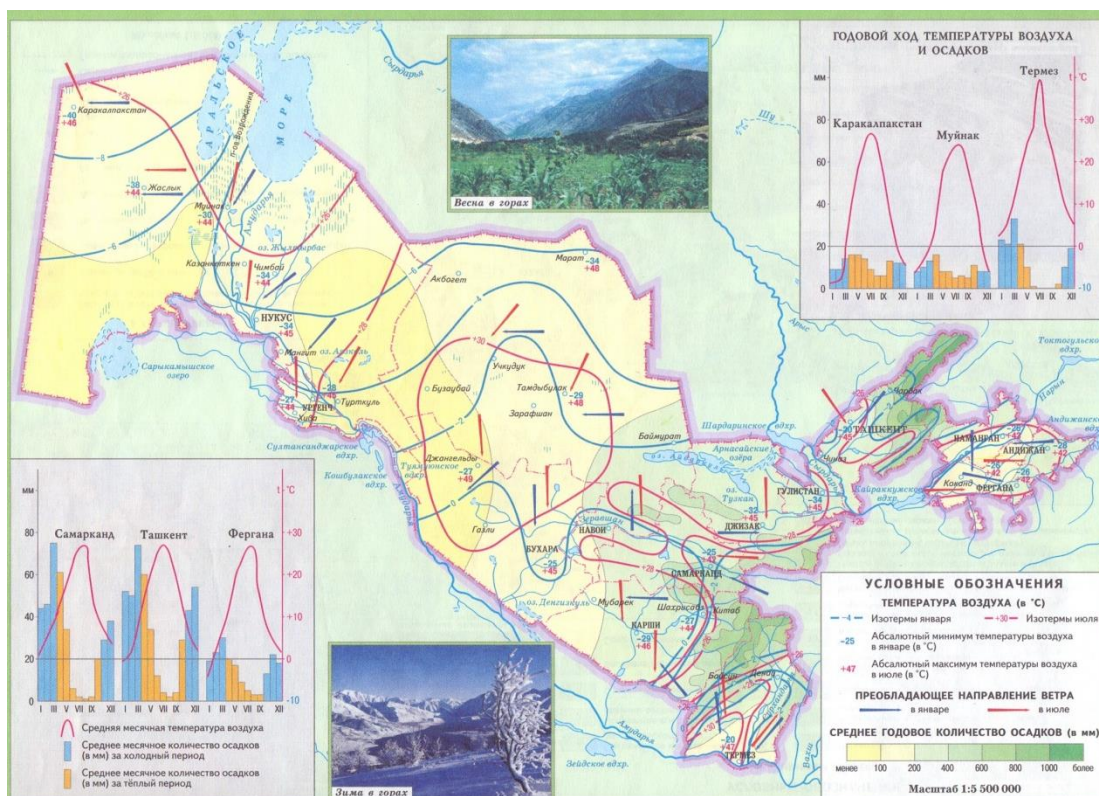
Рис.39. Количественный фон

Для этого способа важен рациональный выбор шкалы. При комплексе показателей синтетические характеристики, получаемые на ЭВМ математико-статистическими расчетами, обычно имеют смысл сравнительных оценок и служат для соответствующей группировки территориальных подразделений (стран, районов и т.п.).

Возможно сочетание способов качественного и количественного фона, например подразделение территории на карте народов по национальному составу населения с дополнительной характеристикой его плотности в пределах выделенных участков.

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

### Примеры для способа количественного фона



## 5.6. Способ локализованных диаграмм и их изображение на картах

### 5.6.1. Понятие о способе локализованных диаграмм

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 загрязнения 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. 1).

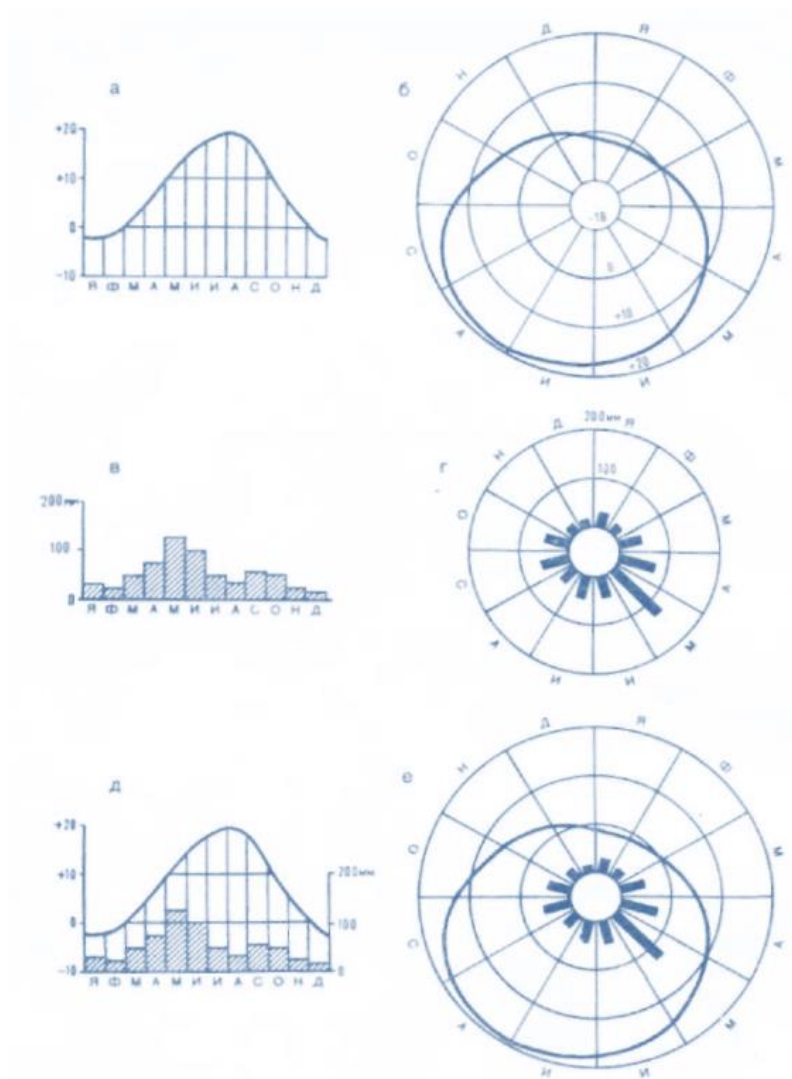


**Рис. 40.** Локализованные диаграммы

### 5.6.2. Применение способа локализованных диаграмм

Локализованные диаграммы, приуроченные к определенным точкам, широко используются для дискретной характеристики сезонных и других периодических явлений сплошного и линейного распространения – их ходе, величины, продолжительности, повторяемости и др. обычные сюжеты: годовой ход температуры, количество осадков по месяцам, динамика снегового покрова, распределение годового стока рек, направление и сила

ветров и т.п. точки для построения диаграмм выбираются в пунктах, наилучшим образом отражающих особенности прилегающих пространств (или участков линейного объекта).



**Рис. 41 .** Применение диаграмм для характеристики годового хода температур и осадков по месяцам:

- а – кривая распределения температур в декартовой системе координат;
- б – то же в полярной системе координат;
- в – столбчатая диаграмма осадков в декартовой системе координат;
- г – то же в полярной системе координат;
- д – совмещение диаграмм а и в;
- е – совмещение диаграмм б и г

Диаграммы, регистрирующие изменения во времени некоторого количественного показателя, часто строятся в декартовой или полярной

системах координат в виде кривой распределения (рис. 2, а и б) или столбчатой диаграммы (рис. 2, в и г). Очевидно, в одной диаграмме можно совмещать и сопоставлять несколько показателей, например на рис. 2, д и е – ход температуры и осадков.

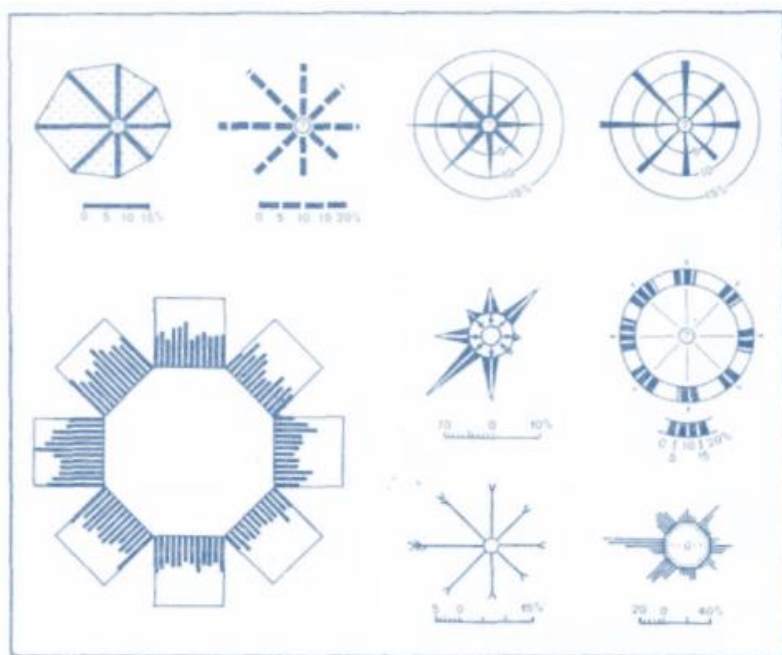
В виде «роз», т.е. в виде графиков распределения повторяемости (вероятности) направлений и величин явлений, локализованные диаграммы применяются для таких тем, как повторяемость и сила ветров разного направления (рис. 3), повторяемость ветрового волнения и зыби, повторяемость и скорость морских течений и т.п. оформление роз весьма разнообразно (рис. 4). Например, роза ветров на рис. 4 справа внизу показывает повторяемость ветров на разных высотах для района данной станции; ее лучи (пять на каждой стороне восьмиугольника) направлены к центру розы и обозначают (по часовой стрелке) ветры на определенных высотах, например 0,5, 1, 2, 3, 4 км; повторяемость ветра дается в процентах и изображается длиной луча, измеряемого от стороны восьмиугольника; цифры внутри розы показывают процент штилей для тех же высот.



**Рис. 42.** Применение локализованных диаграмм для характеристики повторяемости и скорости ветра

Иногда диаграммы обобщают наблюдения на определенных площадях, например в пределах градусных клеток (трапеций) заранее установленной величины (например, десятиградусных), и локализуются в их центрах. В этом случае диаграммы воспроизводят как бы осредненные характеристики, сопоставление которых в смежных клетках позволяет судить о пространственном изменении явлений сплошного распространения. Подобного рода графики используются также для выяснения и обобщенной характеристики повторяемости направлений неперiodических явлений, например преобладающих направлений тектонических разломов в пределах определенного региона.

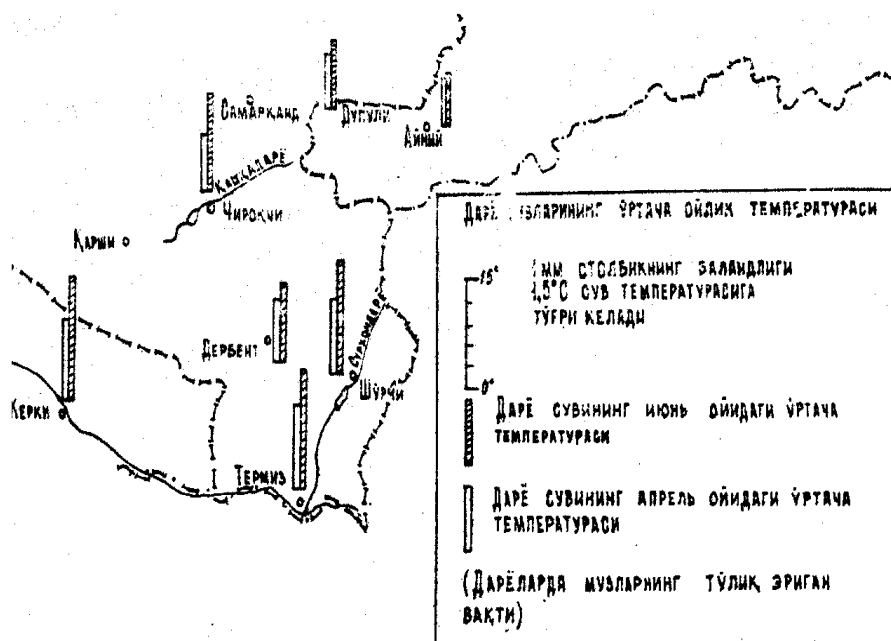
Отметим принципиальное отличие локализованных диаграмм, предназначенных для явлений сплошного или линейного распространения, от способа значков, применяемого для явлений, локализованных в пунктах.



**Рис. 43.** *Различные виды «роз» - графиков повторяемости направлений и величин явлений*

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.



*Рис. 44. Локализованные диаграммы*

## 5.7. Применение точечного способа в изображении явлений и процессов на основе статистических материалов

### 5.7.1. Сущность точечного способа

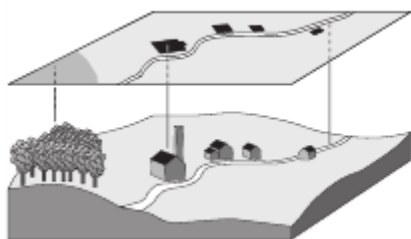
Этот способ применяют для показа явлений массового, но несплошного распространения с помощью множества точек, каждая из которых имеет определенный «вес», т.е. обозначает некоторое число единиц данного явления. Чаще всего точечным способом показывают размещение сельского населения (вес одной точки составляет, 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 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.

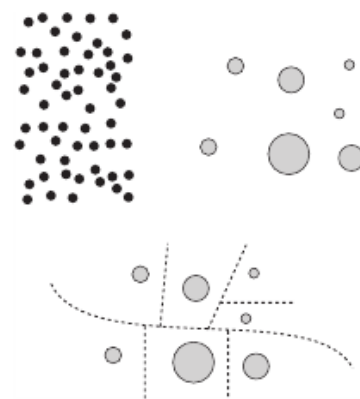
*Данные, которые должны визуализироваться, будут всегда обращаться к объектам или явлениям в действительности. Они могут быть высотами, измеренными в определенных пунктах, движение интенсивности измеренный вдоль сети маршрута, чисел жителей, живущих в области, или объеме холма в тысячах кубических метров. В отдельной секции мы обращаемся к определенным аспектам данных; здесь мы покажем графические средства, которые мы имеем в нашем распоряжении, чтобы представить их.*



**Рис. 45.** *Отношение точек, черт и участков к сути, линии, области и объектов объема, которые они могут представить*

*В картографии мы используем точки, черты и участки, чтобы представить местоположение и данные признака пункта, линии, области и объектов объема как в рис. 1 (Можно было упомянуть здесь, что определение пункта, линии и объектов области, то есть объектов, которые относятся, чтобы указать, линия и местоположения области, является вопросом масштаба: линия, которая представляет реку, должна была бы быть обменена на область, если масштаб карты увеличится. Зона застройки урегулирования была бы предоставлена точкой, если масштаб представления должен был*

уменьшиться достаточно). Это, кажется, очевидно, что данные пункта представлены точками и что данные области представлены участками, но есть больше к этому чем это. Рис. 2 обеспечивает пример различных видов данных пункта: точки равного размера, каждый обозначая ту же самую ценность (например 10 жителей), точки, которые изменяются по размеру и таким



**Рис. 46.** Различные типы точек, которые используются как символы области или пункт

образом представляют различные количества для определенных местоположений пункта (как в рис. 1), но - и это представлено дополнением границ - эти пропорционально размерные точки могут также обратиться к областям перечисления. В последнем случае точки можно было считать символами области, даже при том, что каждый из них сосредоточен на местоположении пункта (например пункт силы тяжести соответствующей области). Другое заявление точек для того, чтобы отдать ареальные данные находится в регулярном способе сетки. Ценность, действительная для области, может быть назначена на узлы в регулярной сетке, добавленной по области.

### 5.7.2. Использование точечного способа

Точечный способ используется для картографирования массовых рассредоточенных явлений, таких, как население, особенно сельское, посевные площади, животноводство и т.п. обозначают определенное количество объектов (единиц) картографируемого явления посредством точки (вернее, небольшого кружка), располагаемой на карте там, где соответствующее явление фактически размещено. В результате на карту наносят некоторое количество точек равной величины и одинакового значения, группировка (густота) которых дает наглядную картину размещения явления – мест концентрации и рассеяния, а число позволяет

определить его размеры (количество объектов) (рис. 3). Способ наиболее эффективен для явлений контрастного размещения.



*Рис. 47. Применение точечного метода для картографирования сельского населения Алтайского края*

В точечном способе существен целесообразный выбор «веса» точки, т.е. установление количества объектов, выражаемых одной точкой. При большом весе облегчается размещение точек в местах наибольшей плотности явления, но возникает трудность изображения отдельно расположенных групп объектов, меньших, чем вес точки. В последнем случае несколько групп, в сумме составляющих вес одной точки, как бы объединяют вместе и обозначают по месту наибольшей группы.

Точки малого веса удобны для районов малой плотности явления, но они могут сливаться там, где она велика. Практически вес точки подбирают возможно низким, но чтобы точки не сливались, между собой, так как при этом подсчет их становится невозможным, и начиная с плотности, приводящей к слиянию точек в пятно, любая более высокая плотность не найдет на карте своего выражения.

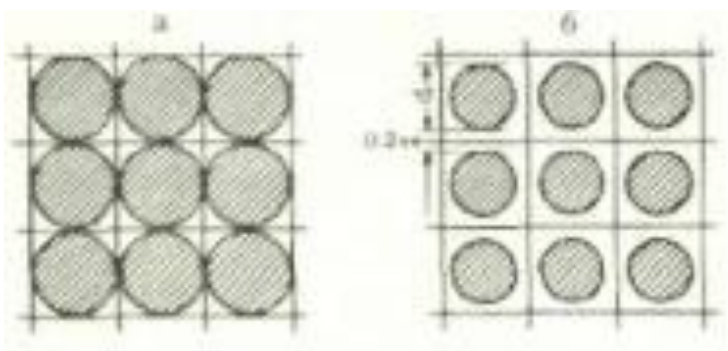
Разумеется, определение минимального веса точки неотделимо от выбора ее графического размера. Эти величины обусловлены обратной

функциональной зависимостью. При квадратной «упаковке» точек-кружков (рис. 4, а) их диаметр  $d$  (в мм) и число  $N$  на площади  $p$  (в мм<sup>2</sup>) связаны уравнением

$$N = \frac{p}{d^2} \quad (1)$$

Если не допускать слияния точек и оставлять между ними просвет в 0,2 мм (рис. 4), то уравнение примет вид:

$$N = \frac{p}{(d + 0,2)^2} \quad (2)$$



**Рис. 48.** Размещение точек по квадратам: а – соприкасающиеся; б – с просветами в 0,2 мм (увеличено в 10 раз)

Обычно диаметр точек выбирают в пределах 0,3-0,6 мм при оптимальном размере 0,4-0,5 мм. Их количество, исчисляемое на 1 см<sup>2</sup>, показано в табл. 1.

| Количество<br>точек в 1 см <sup>2</sup> | Диаметр точки, мм |     |     |      |
|-----------------------------------------|-------------------|-----|-----|------|
|                                         | 0,6               | 0,5 | 0,4 | 0,3  |
| Соприкасающихся                         | 278               | 400 | 625 | 1111 |
| Дискретных                              | 156               | 204 | 278 | 400  |

Зная максимальную густоту явлений в натуре –  $A$  объектов на  $P$  км<sup>2</sup> участка с наибольшей плотностью, легко установить минимально возможный вес  $S$  точки при заданном численном масштабе карты  $M$  и размере точки  $d$ . Для этого площадь  $P$  выразим в масштабе карты и переведем в мм<sup>2</sup>

$$p=10^{12}PM^2 \quad (3).$$

Определив число точек  $N$  по формуле (1) или (2), найдем

$$S=A/N \quad (4).$$

Эта величина обычно округляется в сторону увеличения.

Когда точечный способ применяется для передачи рассредоточенных площадей, например занятых посевами какой-либо культуры, можно согласовать графическую величину точки (ее площадь) с «весом» точки, переведенным в масштабе карты. Площадь  $P_0$  точки на карте равной, на местности будет соответствовать площадь

$$P_0 = \frac{0,8d^2}{10^{12}M^2} \quad (5)$$

Если величину  $P_0$  приравнять весу точки  $S$ , то площадь, занятая точками, будет равна общей площади посевов в масштабе карты.

Весу точки можно придавать одновременно абсолютное и относительное значение, устанавливая его равным определенной доле, например 1 промилле от общей величины картографируемого явления, скажем, от общего валового сбора пшеницы (так называемый процентно-точечный способ).

Иногда вес точки выбирают, исходя из распространенной группировки объектов, например учитывая на картах животноводства среднюю численность гурта, табуна, отары.

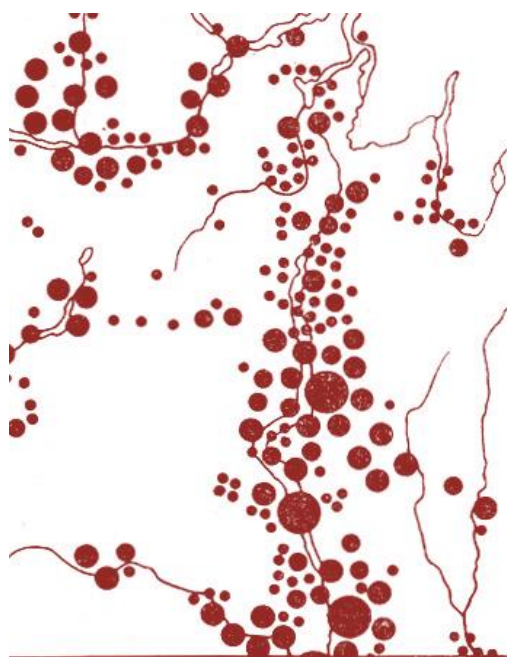
Простота и наглядность точечного способа обуславливают его широкое распространение, тем более что при введении разноцветных точек можно передавать не только количественные, но и качественные соотношения, а также динамику явления – его рост и сдвиги в размещении. Например, на картах населения по цвету точек можно различать его национальный состав; тот же прием позволяет показать динамику, например прирост посевных площадей за определенное время.

Принципиальное существо точечного способа не изменяется, если заменить точки-кружки другими миниатюрными фигурками, например прямоугольниками, четочками и т.п. но, поскольку кружки наиболее отчетливы и экономны, другой рисунок «точек» встречается как исключение. Он может быть использован, когда на одной и той же карте точечным способом изображают различные явления, особенно когда отказываются в силу тех или иных причин от использования точек разных цветов. В таком случае важно, чтобы «точки» разного рисунка составляли по своей силе одинаковое зрительное впечатление.

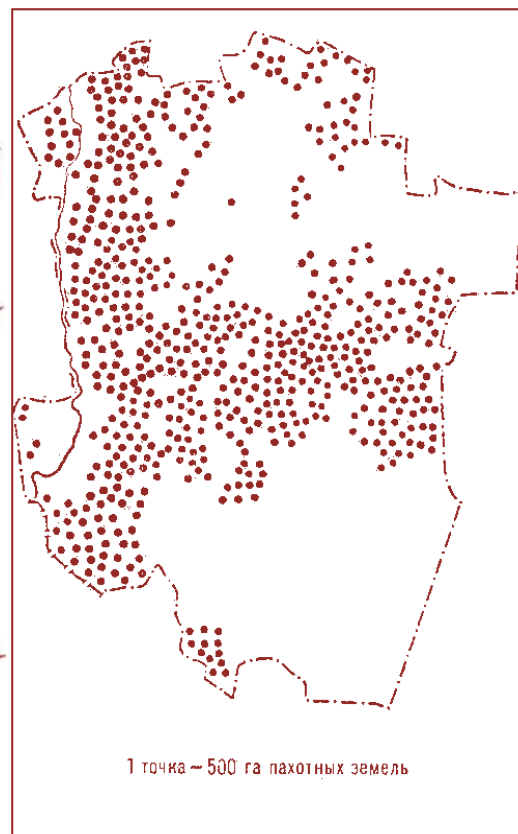
Другое дело, когда для одного и того же явления на одной и той же карте используются «точки», вернее, фигурки различного веса. Такое усложнение способа встречается при резких контрастах в плотности (густоте) явления. Желание сохранить особенности размещения в районах малой плотности и обеспечить различимость точек в районах максимальной плотности приводит к введению «точек» различных (двух или даже более) весовых значений (рис. 5). При этом надо стремиться обеспечить пропорциональность площади «точек» разной величины их весам.

Для точечной карты важна разумно выбранная топографическая основа (т.е. элементы общегеографической карты, входящие в содержание тематической карты). При сопоставлении карты она облегчает географически правильную локализацию точек, а при пользовании ею позволяет уяснить связи картографируемого явления с географической средой. В частности, следует выделять территории, где явления заведомо отсутствуют. Однако основа и надписи, бросающиеся в глаза, могут снизить эффект точечной карты. Поэтому при одноцветном издании точечной карты обычно снимают надписи и разреживают основу, а при многокрасочном отводят основу на второй план, печатая ее слабой краской, например серой.

## Точечный способ



ОРОШАЕМЫЕ ЗЕМЛИ  
в акрах



1 точка — 500 га пахотных земель

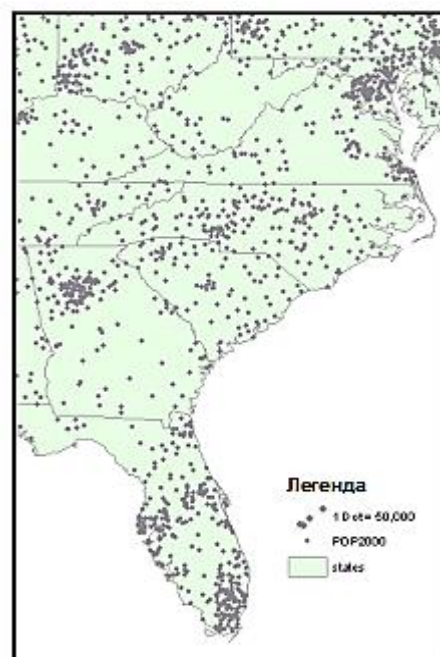
### ТОЧЕЧНЫЕ ЗНАКИ



Посевные площади

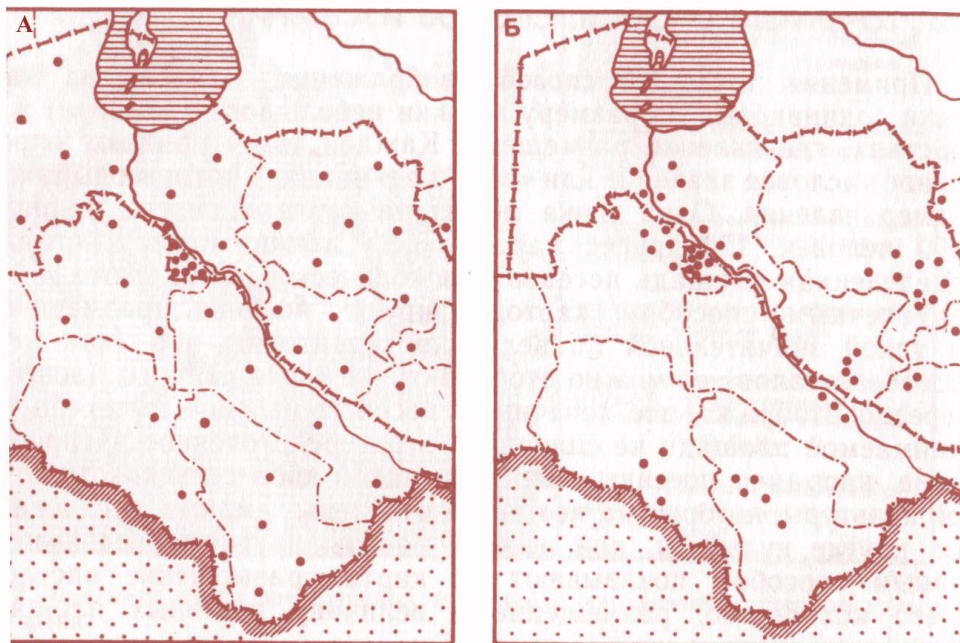
пшеницы овса

1 точка соответствует 500 га



Легенда

1 D ot = 50,000  
POP2000  
states



## 5. 8. Способ ареалов и его применение в картографических исследованиях

### 5.8.1. Способ ареалов и его сущность



Ареалом (от латинского «area» - площадь, пространство) называют область распространения какого-либо явления, например вида растений (рис. 1), животных, пахотных земель и т.п. По характеру размещения явления в пределах своего ареала может быть непрерывным, сплошным (например, оледенение) или рассеянным (например, ареал возделывания хлопчатника).

**Рис. 48.** *Различные приемы изображения ареалов:* а – граница ареала; б – штриховка ареала; в –

значки без указания границы ареала; г – надпись и граница ареала; д – надпись без границы ареала; е – сочетание границ ареалов трех растений

Различают ареалы абсолютные и относительные. Абсолютные называют ареал, вне которого данное явление, например некоторый вид животных, не встречается совсем. Относительный ареал более узок – он охватывает территорию, на которой то же явление обладает определенными свойствами, например вид животных (белка, крот) имеет плотность распространения, достаточную для промысловой охоты.

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).

#### **5.8.2. Особенности использования способа ареалов при создании карт**

Для передачи ареалов на картах (см. рис. 1) используются различные приемы: ограничение ареалов сплошной или пунктирной линией определенного рисунка; окрашивание ареала; штриховка ареала; равномерное размещение в пределах ареала штриховых знаков, нередко без указания его границы; указания ареала надписью, раскинутой в его пределах, или отдельным рисунком (например, значок пингвина для обозначения колонии пингвинов).

Если ареал располагается в пределах картографируемого района только частично, то на карте он может выразиться одной незамкнутой линией. Приемы с четкой границей предпочтительны для точно установленных на местности ареалов, тогда как оформление без обводки удобно для ареалов схематических, лишь приближенно указывающих область распространения

явления. Такая приближенность может быть результатом либо незнания действительных границ ареала, либо неопределенности границ в природе (например, у некоторых видов морских животных). Иногда в соответствии с назначением карты ареалы нарочито схематизируются для получения более простой и выразительной картины. Приближенное указание ареалов нередко встречается на общеэкономических картах, где группы или даже отдельные штриховые знаки показывают места распространения различных сельскохозяйственных культур. Такие знаки-ареалы могут напоминать по форме символ значкового способа, хотя они к нему и не принадлежат. Знаки-ареалы обозначают площади, тогда как значки передают объекты, локализованные в «точках».

Многообразие приемов оформления ареалов (например, окрашивание ареалов, ограничение их линиями различного рисунка и цвета, применение ареальных значков и др.) позволяет сочетать на одной и той же карте ряд ареалов, даже если они перекрывают друг друга. Это могут быть ареалы различных явлений (например, различных сельскохозяйственных культур), одного явления, характеризующие его внутренние отличия (например, большую или меньшую плотность) или изменения во времени (например, перемещение северной границы земледелия в России), а также сочетания названных ареалов.

Графические средства изображения ареалов весьма разнообразны: это могут быть границы, фоновая окраска, штриховка, значки, надписи, индексы (рис. 2). Напомним, однако, принципиальную разницу между значковым способом, когда каждый знак точно относится к объекту, локализованному в том или ином пункте, и значком ареала, характеризующим площадь. Точно так же знак границы отражает не линейный объект, а лишь оконтуривает ареал. Границы как графическое средство предпочтительны для абсолютных ареалов, а для относительных — есть смысл нанести лишь несколько значков или дать надпись без проведения границы, точное положение которой на местности неизвестно.



**Рис. 49. Ареалы**

В качестве главного способа картографического изображения ареалы используются преимущественно на зоогеографических картах, показывающих области распространения различных видов животных. Чаще они применяются в качестве вспомогательного, дополнительного способа. Например, на карте четвертичных отложений, исполненной качественным фоном, наносят ареалы различных оледенений, на карте магнитного склонения выделяют районы магнитных аномалий, на карте морских портов отмечают границы районов, к ним тяготеющих, и т.п. Столь же обычно соединение ареалов с внемасштабными знаками и точечным способом.

Некоторые ареалы можно рассматривать как частный случай способов качественного фона или изолиний. В первом случае ареал дает выборочную характеристику территории по качественному признаку как бы в результате использования одного из подразделений классификации, разработанной для качественного фона (выделение на карте области расселения какой-либо одной народности). Во втором случае ареал совпадает с изолинией, которая может быть единственной; например, ареал области, где не бывает средних суточных температур ниже  $0^{\circ}$ , ограничивается нулевой изотермой.

Иное положение занимают ареалы по отношению к внемасштабным знакам, для которых ареал является обобщением, когда он ограничивает и

заменяет собой группу немасштабных знаков, сосредоточенных на некоторой территории (например, изображение ареала золотопромышленного района вместо нанесения значков отдельных золотых приисков).

Ареалы нередко сопровождаются количественными показателями, выражающими либо суммарную величину явления внутри каждого ареала, иногда в динамике (например, добычу золота по годам в каждом бассейне посредством диаграмм-столбиков), либо среднюю интенсивность явления в нем (например, количество деловой древесины в среднем на 1 га лесопокрытых площадей).

## **5.9. Способ знаков движения и его значение в составлении природных, военных и исторических карт**

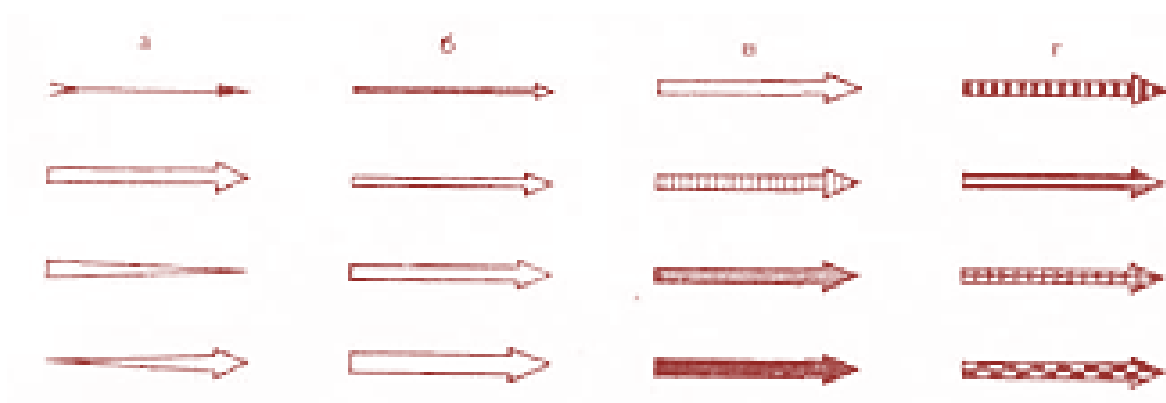
### **5.9.1. Способ знаков движения и его сущность**

Знаки движения служат для показа различных пространственных перемещений, относящихся и к природным, и к социально-экономическим явлениям (морские течения, перелеты птиц, маршруты путешествий, миграция населения, перевозки грузов и др.). очень часто их используют для наглядной передачи планов и хода военных операций. Другая область применения способа – это отображение различных связей – транспортных, экономических, торговых, финансовых, политических, культурных и т.д. Знаки движений применимы для явлений, любых по характеру размещения: для точечных (например, движение корабля); линейных (перемещение фронтов); площадных (рост лавового поля, конуса выноса), рассеянных (миграция животных); сплошных (перемещение масс воздуха). В соответствии с назначением карты и особенностями картографируемого явления при помощи знаков движения можно показать путь, способ, направление и скорость перемещения, качество, мощность и структуру движущегося явления. Разумеется, не всякое явление нуждается или может получить такую разностороннюю характеристику. Напротив, иногда

возникает необходимость во введении дополнительных показателей, например устойчивости морских течений, времени перелета птиц и т.п.

### 5.9.2. Особенности использования способа знаков движения при создании карт

Основным графическим средством для отображения движения и связей служат векторы, т.е. направленные отрезки (стрелки), которые могут различаться по ориентировке (показывающей направление перемещения или связи), форме, величине, цвету, светлоте, внутренней структуре (рис. 1). Причем для дифференциации по величине легко использовать два показателя: ширину и длину вектора: иногда применяют различное оперение стрелок. В качестве примера на рис. 2, е воспроизведен фрагмент карты течений, на которой длина стрелок характеризует устойчивость поверхностных течений, а толщина – скорость течений в узлах. Качественные различия обычно указывают цветом, например используют красные стрелки для теплых морских течений, синие – для холодных.



**Рис. 50.** Векторы, различающиеся:

*а – по форме;*

*б – величине (ширине);*

*в – светлоте;*

*г – внутренней структуре*

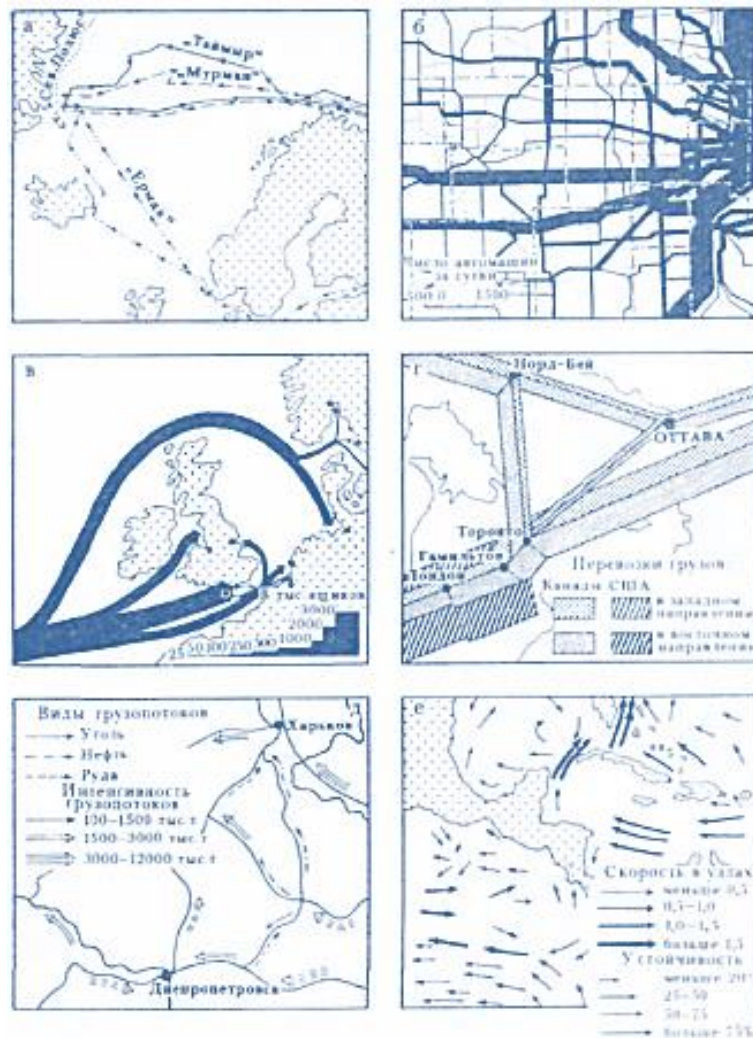
Другое распространенное графическое средство – ленты (полосы), различная ширина которых выражает мощность потоков пассажиров, грузов

и т.п. (рис. 2, б). Соизмеримость лент (аналогично способу значков) может быть абсолютной или условной, непрерывной или ступенчатой. Но если при абсолютной шкале линейный размер значка пропорционален корню квадратному из величины объекта, то ширина ленты пропорциональна мощности потока. Поэтому во изображение чрезмерной нагрузки карты лентами приходится уменьшать основание шкалы, что затрудняет зрительное сопоставление ширины ленты со шкалой, а при ступенчатой шкале вынуждает сокращать число интервалов (рис. 3, б). Дифференциацию по ступеням облегчает замена лент системой параллельных линий, число которых указывает ступень шкалы (рис. 3, в). Наиболее экономны скользящие векторы (рис. 3, г), размещаемые вдоль трассы потоков, но они менее наглядны, чем ленты.

Для передачи структуры потоков, например для выделения важнейших видов грузов, ленты прямого и обратного потоков иногда разделяются на составные части пропорционально весу выделенных грузов с соответствующей раскраской или штриховкой (рис. 2, г). при использовании скользящих векторов их цвет может указывать вид грузов, а величина – объем.

Знаки движения разделяются на точно передающие трассы перемещений (см. рис. 2, б) и схематические (рис. 2, в). Первые совпадают с железными дорогами, автомагистралями, водными путями и т.п. или показывают реальные маршруты (рис. 2, а), вторые вычерчиваются произвольно между пунктами (или районами) начала и конца движения. Часто такой схематизм вполне целесообразен. Он вызывается разными причинами: желанием упростить или обобщить картину, например при показе передачи электроэнергии от пунктов ее производства к местам потребления, когда топографическое положение линий электропередач не имеет какого-либо значения; существом явления когда пути и способы перемещения разнообразны или трудноопределимы, как бывает, например, с

ввозом капиталов, и т.п. Схематизация также вполне уместно при передаче различного рода связей.

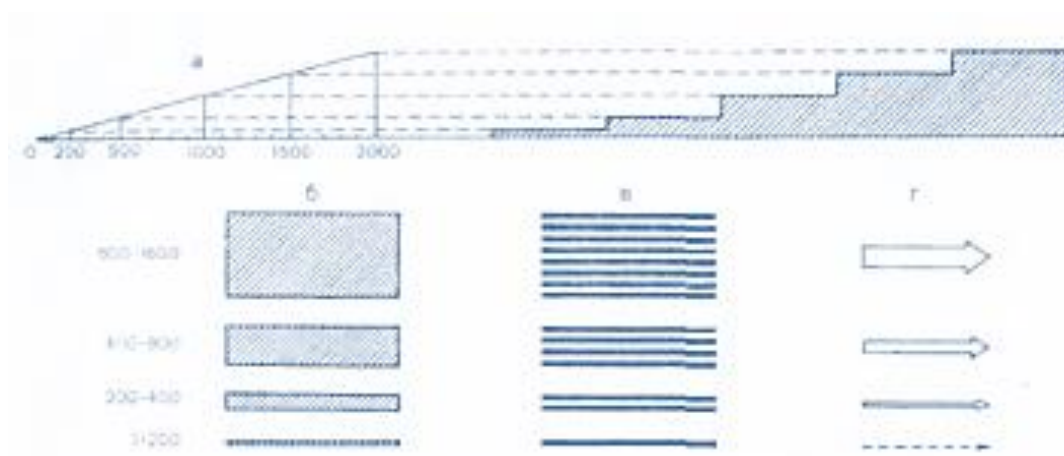


**Рис. 51.** *Различные виды знаков движения:*

*а – маршруты (пути плавания судов при снятии в 1938 г. станции «Северный полюс»); б – ленточные знаки потоков с передачей действительного пути (число автомашин за сутки по дорогам штата Иллинойс); в – схематизированные ленточные знаки грузопотоков (перевозка яблок из Тасмании в Европу); г – структурные ленточные знаки грузопотоков по железным дорогам в районе Великих озер; д – векторные знаки грузопотоков угля, нефти и руды; е – векторные знаки поверхностных морских течений*

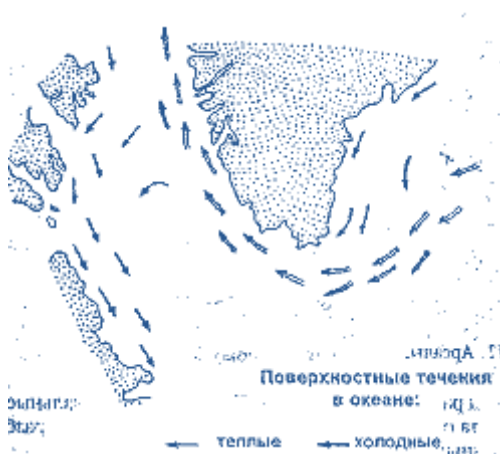
Знаки движения используют для показа пространственных перемещений каких-либо природных, социальных, экономических явлений (например,

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



**Рис. 52. Шкалы потоков:**

- а – непрерывная для ленточных знаков;*
- б – ступенчатая для ленточных знаков;*
- в – ступенчатая для системы параллельных линий;*
- г – ступенчатая для скользящих векторов*



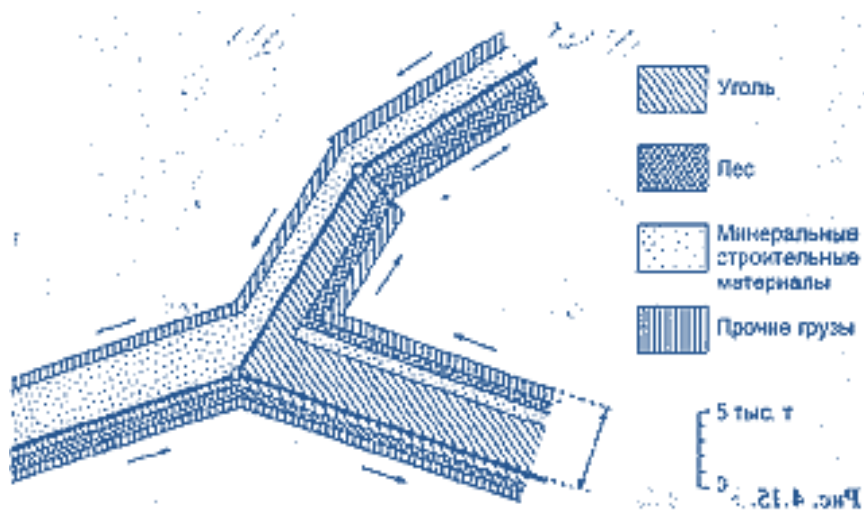
**Рис. 53. Знаки движения (векторы)**

*Различают два вида знаков движения:*

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

♦ *полосы (ленты) движения* — *полосы разной ширины, внутренней структуры и цвета.*

Векторы применяют, например, для показа теплых и холодных течений, ветров и т.п., а полосы движения — для изображения мощности и структуры потоков (например, железнодорожных перевозок, миграций населения). Ленты движения способны передать структуру потока, его напряженность, например объем перевозимых грузов, в соответствии с принятой шкалой: чем шире полоса, тем мощнее поток (рис. 5).



**Рис. 54.** Полосы (ленты) движения

## **5.10.. Задачи использования способа картодиаграммы на географических картах**

### **5.10.1. Способ картодиаграммы и его сущность**

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 сетка административного деления, по которой и производится сбор данных.

Графическими средствами служат любые столбчатые, площадные, объемные диаграммные знаки, отнесенные к районам или областям (рис. 1). Они могут быть структурными и показывать, например, долю разных отраслей в общем объеме производства в данном промышленном пункте. В одной административной единице можно дать несколько диаграмм для разных видов промышленности. Однако по картодиаграмме нельзя определить, где именно размещено то или иное производство, или в каком



конкретно городе потребляют больше всего электроэнергии, — все отнесено к району в целом. Этим способ картодиаграммы принципиально отличается от способа значков. Зато легко и предельно наглядно можно сравнить между собой целые районы или области.

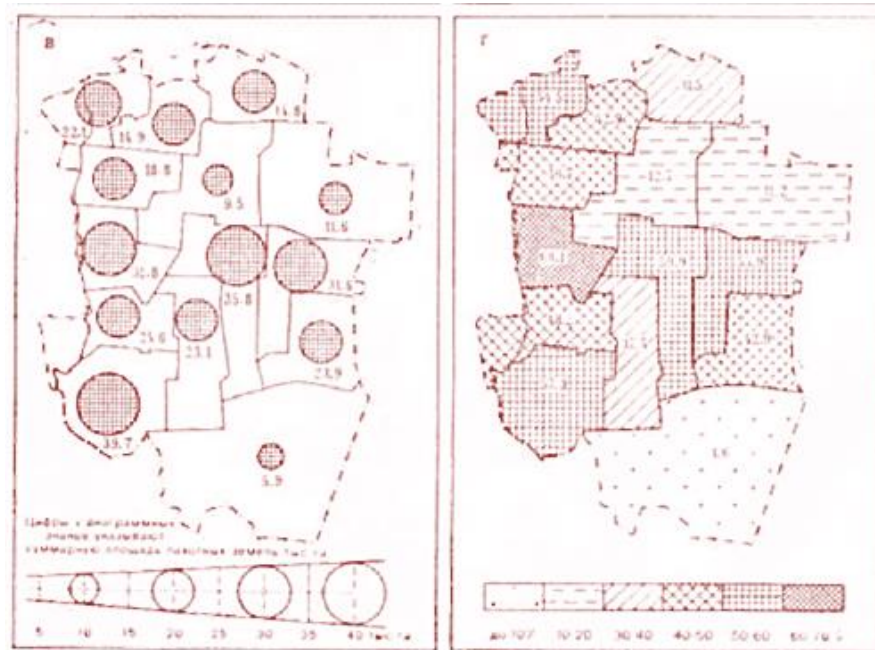
**Рис 55. Картодиаграмма**

### 5.10.2. Значение изображения на карте явлений и процессов способом картодиаграмм

Картодиаграммой называют способ изображения распределения какого-либо явления посредством диаграмм, размещаемых на карте внутри единиц территориального деления (чаще всего административного) и выражающих суммарную величину явления в пределах каждой территориальной единицы. Картодиаграммы используют, например, для наглядного сравнения: валовой продукции промышленности в ее натуральном или ценностном выражении, размера площадей – лесопокрытых, пахотных (рис. 2, в) и т.д.

Картодиаграммы (картограммы, описываемые в следующей лекции) имеют широкое применение, так как многие статистические материалы обрабатываются и публикуются не по отдельным населенным пунктам или

объектам, а суммарно, применительно к административному делению страны (пообластному, порайонному и т.п.) или по иным территориальным единицам. Такими единицами могут быть, например, на картодиаграмме запасы леса – лесные хозяйства, для рыбной промышленности – бассейны отдельных морей, озер или рек и т.п.



**Рис. 56.**

*Различные способы картографирования пахотных земель:*

Картодиаграммы (и картограммы) как бы пространственно локализируют статистические данные, но они не

показывают, как размещаются явления внутри отдельных территориальных

единиц, и потому

несовершенны с

географической

точки зрения.

Однако легкость и

быстрота

автоматизированн

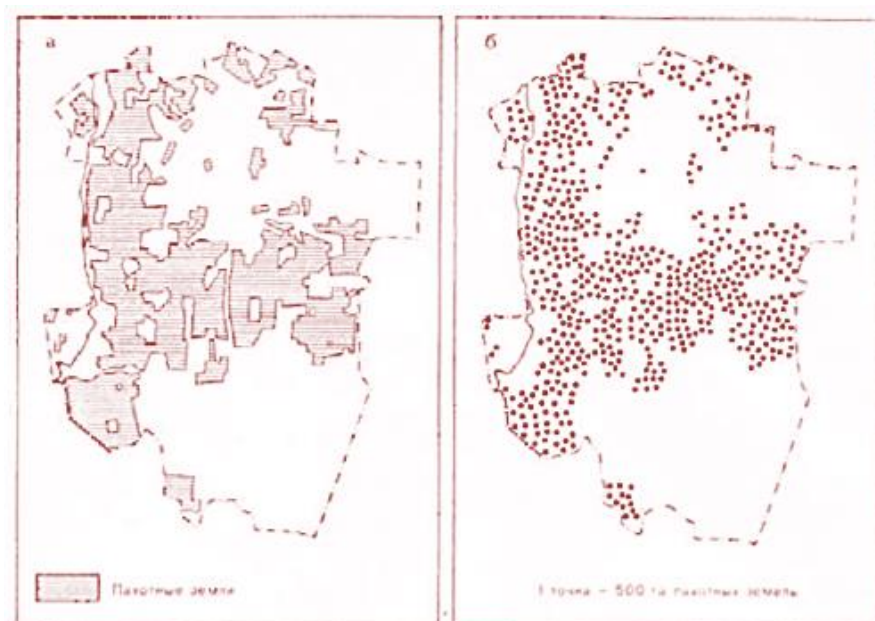
ого построения

картодиаграмм (и

картограмм) дали

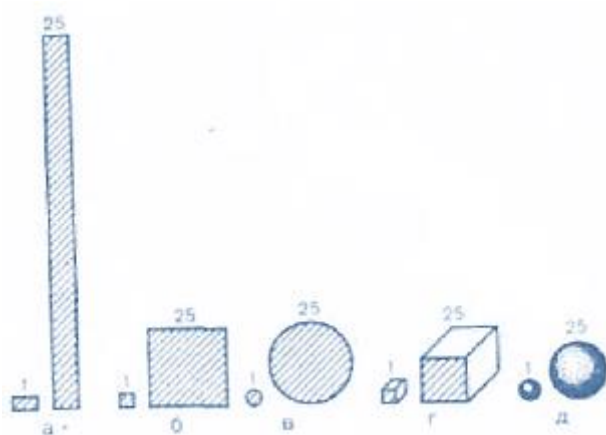
новый стимул к

их применению при картографическом обеспечении планирования и управления.



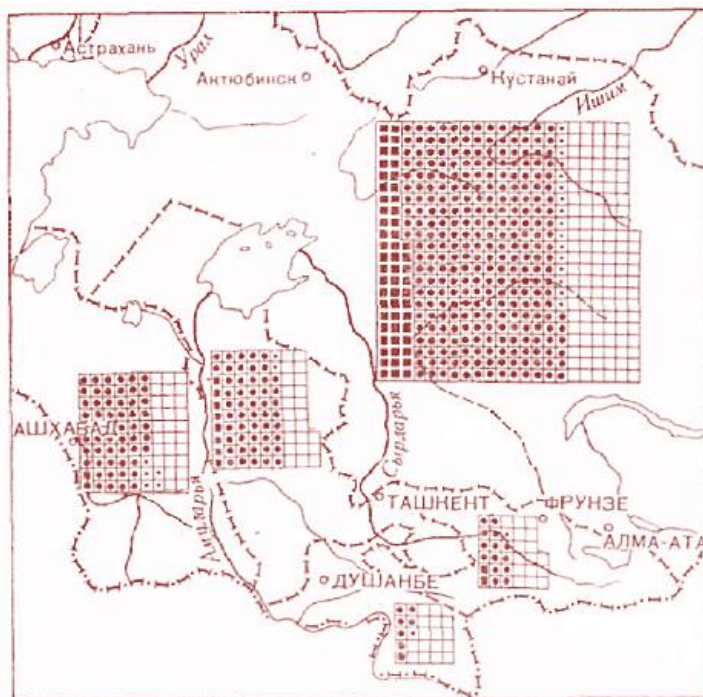
а – ареалы пахотных земель; б – точечный способ; в – *картодиаграмма с фигурами в непрерывной условной шкале (по крупным землепользованиям)*; г – *картограмма, процент площади под пахотными землями (по крупным землепользованиям)*

В картографии наиболее употребительные: линейные диаграммы – столбики, полосы и т.п., длина которых пропорциональна сравниваемым величинам (рис. 3, а); площадные диаграммы – квадраты, круги и т.п., площадь которых пропорциональна сравниваемым величинам (рис. 3, б, в; см. рис. 2, в); объемные диаграммы – кубы, шары и т.п., объем которых пропорционален сравниваемым величинам (рис. 3, г, д).



**Рис. 57.** *Различные виды диаграмм, характеризующие соотношение одних и тех же величин: а – линейные (столбчатые), б и в – площадные; г и д – объемные*

В то же время диаграммные фигуры могут быть структурными, если, например, квадраты, круги и другие фигуры подразделяются на части соответственно составу (структуре) изображаемого явления, например сообразно составу земельных угодий (рис. 4), пахотных площадей, структуре экспорта и импорта и т.д. для структурных диаграмм используются и другие построения, например звездные диаграммы, в которых длина лучей (от основания луча или центра фигуры) пропорциональна составным частям явления.

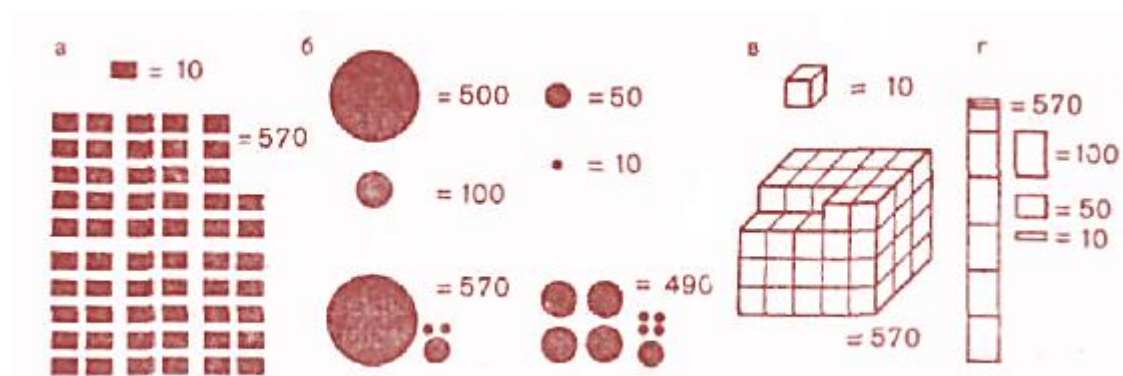


**Рис. 58.** Картодиаграмма со структурными фигурами:

1 – пашни, многолетние насаждения; 2 – сенокосы и пастбища; 3 – леса и кустарники; 4 – прочие угодья; 5 – 1 квадрат соответствует 600 тыс. га

О соотношениях величин лучше всего судить по линейной диаграмме, но она не экономна по размерам фигур. Меньше места требуют площадные и особенно объемные диаграммы: различия между их наибольшими и наименьшими фигурами не так значительны. Объемные диаграммы удобны для сильно различающихся величин. Однако зрительно соизмеримость площадных и тем более объемных диаграмм не так очевидна – различия в площадях и объемах представляются на картодиаграмме меньшими, чем в действительности.

Сопоставление величин облегчается, когда они показаны группами равнозначных фигурок (кружков, квадратиков, прямоугольников и т.п.), из которых каждая обозначает определенное количество единиц изображаемого явления (рис. 5, а). Если применяется несколько фигур разного количественного значения, то такой прием называют способом «разменной монеты» (рис. 5, б). Возможно также использование кубиков (рис. 5, в), деленных столбиков (рис. 5, г) и т.п.



**Рис. 59.** Различные графические приемы, облегчающие сопоставление величин диаграммных фигур:

*а* – группы равнозначных фигур («венский способ»); *б* – «способ разменной монеты»; *в* – способ кубиков; *г* – деленные столбики (по Э.Арнобергеру)

Картодиаграммы по внешнему виду напоминают способ значков, но по существу они глубоко различны. Значки указывают пункты нахождения изображаемых объектов и не связаны с территориальным делением. Границы территориального деления на карте со значками могут, вообще говоря, отсутствовать. Напротив, картограмма без показа административного или другого территориального деления немыслима. В то же время нет необходимости в подобной картографической основе.

В заключение отметим, что совмещение в пределах каждой территориальной единицы нескольких диаграммных фигур, например выражающих величину явления для ряда лет, или использование линейных графиков позволяет характеризовать посредством картодиаграммы изменение явлений во времени.

## 5.11. Способ картограммы и его значение при составлении тематических карт

### 5.11.1. Способ картограммы и его сущность

**Картограммой** называют способ изображения средней интенсивности какого-либо явления в пределах определенных территориальных единиц, чаще всего административных, не связанных с действительным,

географически обоснованным районированием этого явления. Например, посредством картограммы можно показать по областям или районам: среднюю плотность населения, выраженную количеством человек, которое приходится в среднем на 1 км<sup>2</sup> площади; среднюю заселенность, выраженную процентом лесной площади по отношению ко всей площади области (или района), и т.п.

В отличие от картодиаграммы, для составления которых служат абсолютные величины (например, количество населения по областям), в картограммах используются относительные показатели (например, средняя плотность населения), получаемые в результате деления двух рядов абсолютных величин, исчисленных для одних и тех же территориальных единиц, или же из подсчета процентных соотношений.

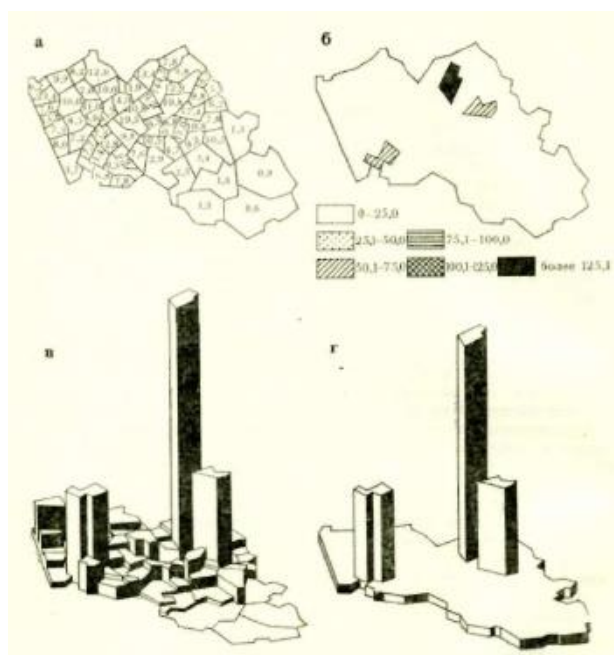
Картограммы часто привлекаются для иллюстрации изменений во времени с помощью относительных показателей, например в процентах прибыли или убыли населения по отдельным административным единицам. Для наглядности изображения каждую территориальную единицу обычно раскрашивают или штрихуют так, чтобы по насыщенности цвета или штриховки можно было судить об интенсивности явления. Обычно используют ступенчатую шкалу интенсивности. Расцветку (или штриховку), присвоенную какой-либо ступени шкалы, накладывают на те территории, где интенсивность попадает в интервал, назначенный для этой ступени. Автоматическое построение картограмм (рассматриваемое в курсе «Проектирование и составление карт») допускает также применение непрерывной шкалы, при которой сила штриховки каждой территориальной единицы пропорциональна вычисленной для нее средней интенсивности явления. В этом случае шкала при картограмме указывает штриховки для круглых значений интенсивности, относительно которых значения штриховки отдельных территориальных единиц определяются интерполированием на глаз. Для определения интервалов ступенчатой шкалы используют чаще всего арифметическую или геометрическую прогрессию.

Шкала арифметической прогрессии удобна, когда интенсивность изменяется постепенно с небольшой амплитудой. Но она малопригодна при большом и неравномерном разбросе величин (когда отдельные ступени шкалы могут оставаться неиспользованными) и при необходимости учета относительно небольших колебаний в интенсивности при малых ее значениях. В таких случаях обращаются к шкале, построенной в геометрической прогрессии.

О том, как много значит рациональный выбор шкалы, свидетельствуют рис. 1 и 2. На рис. 1, а указана плотность населения по районам Алтайского края. Рис. 1, б, 2, а и 2, б воспроизводят картограммы той же территории, построенные в трех шкалах: арифметической прогрессии, близкой к геометрической прогрессии, и равноделенного ряда (когда на каждую ступень приходится примерно одинаковое количество территориальных единиц); все шкалы имеют одинаковое количество ступеней (шесть). Для наглядности параллельно воспроизведены блок-диаграммы: на рис. 1, в с высотами столбиков, пропорциональными действительной плотности, а на рис. 1, г в том же вертикальном масштабе, но для средних значений соответствующих ступеней в шкалах арифметической прогрессии, геометрической (рис. 2, в) и равноделенного ряда (рис. 2, г). рисунки подтверждают преимущество шкалы

геометрической прогрессии при большом разбросе величин.

**Рис. 60.** Картограммы плотности населения Алтайского края, построенные с использованием различных шкал: а – исходные данные (количество человек на 1 км<sup>2</sup>); б – картограмма со шкалой в арифметической прогрессии; в и г – соответствующие блок-



диаграммы

Но есть более строгие пути выбора оптимальных шкал. Блок-диаграммы на рис. 1, г и 2, в и г образуют ступенчатые статистические поверхности. В каждой из этих блок-диаграмм можно сгладить ступени и рассечь образующую поверхность горизонтальными плоскостями – таков физический смысл псевдоизолиний.

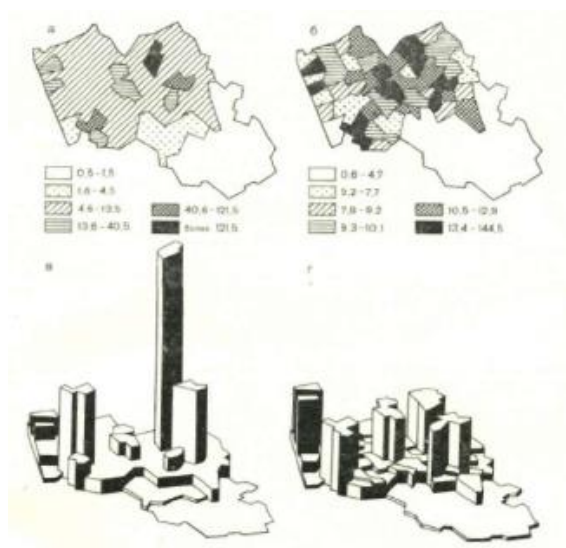


Рис. 61. Картограммы плотности населения Алтайского края, построенные с использованием различных шкал:

а – картограмма со шкалой в геометрической прогрессии; б – картодиаграмма со шкалой равноделенного ряда; в и г –

соответствующие блок-диаграммы

В современной картографии применяется много разновидностей картограмм, из которых дополнительно укажем структурные картограммы, показывающие процентное соотношение компонентов какого-либо явления в каждой единице территориальной сетки (рис. 3).



Рис. 62. Структурная картограмма, показывающая соотношение национального состава населения (по районам): а – казахи; б – русские; в – украинцы; г – прочие

К достоинствам картограмм относится простота их построения и восприятия. Но картограммы не показывают различий в интенсивности

явления внутри территориальных единиц. Они создают представление о равномерном распределении явления в пределах каждой территориальной единицы и о смене интенсивности на ее границах. Между тем, характер размещения может сильно различаться внутри отдельных территориальных единиц и в то же время оставаться почти неизменным при переходе через границу.

Подлинный характер размещения явлений искажается на картограммах из-за отсутствия связи между естественным районированием явления и принятой для картограммы сеткой территориального деления. В нашем примере очевидно отсутствие связи между размещением пахотных земель и границами крупных землепользований. Этот недостаток ослабляется с увеличением дробности территориального деления, например при переходе от деления по областям к делению по районам и вообще к малым территориальным единицам. При сетке территориального деления, соответствующего естественному районированию явления, картограмма переходит в способ количественного фона.

Возрастают в своем значении картограммы, составляемые по сетке строго геометрического деления территории километровыми линиями топографических карт, прямоугольниками и т.п. (рис. 4). В частности, картограммы с километровыми сетками, изготавливаемые непосредственно по топографическим картам, удобны для характеристики засоленности, распаханности и других процентных соотношений. Но особо широкое распространение для визуализации и пространственного анализа статистических данных получили картограммы, выполняемые на ЭВМ. При построчном печатании знаков ЭВМ они заполняют обообразно каждое их территориальных подразделений знаками соответствующей ступени шкалы. Нарастание силы знаков в шкале отражает интенсивность картографируемого явления.

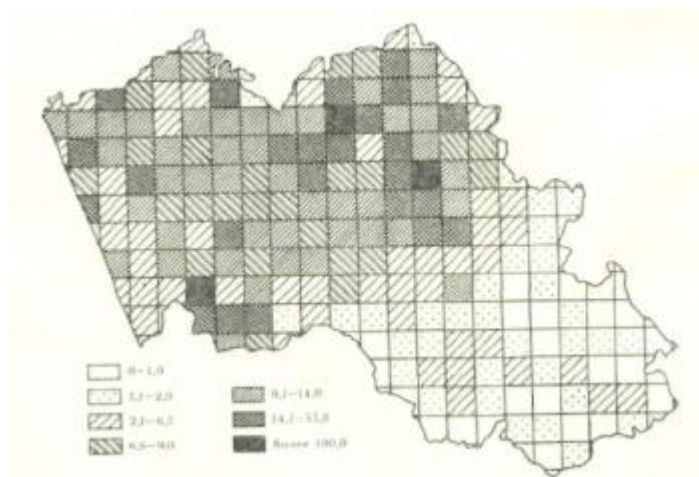


Рис. 63. Картограмма плотности населения Алтайского края, построенная по сетке координатных линий (квадратов)

### 5.11.2. Особенности использования способа картограмм при создании карт

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. 5).

Рис. 64. Картограмма



Иногда картограммы строят по сетке квадратов, вычисляя такие показатели, как плотность населения, овраженность, 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 **дозиметрическим способом**.

Картограмма, как правило, имеет **интервальную шкалу**, в которой интенсивность цвета или плотность штриховки закономерно меняются соответственно нарастанию или убыванию значения картографируемого показателя. Иногда картограммы становятся похожи на карты количественного фона с той, однако, разницей, что количественный фон всегда отнесен к областям естественного районирования, тогда как картограммы — к административным районам или ячейкам геометрической сетки.

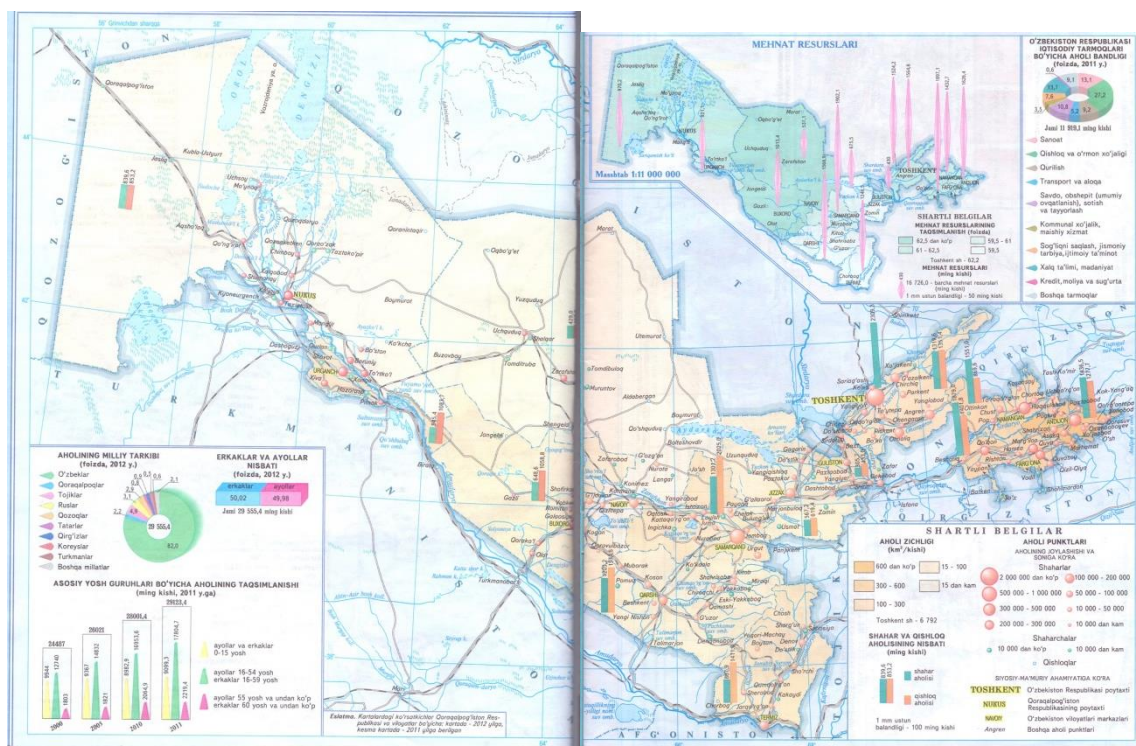


Рис. 65. Картограмма плотности населения по областям Республики Узбекистан (Атлас географический для школьников 8 класса).

## 6. НАДПИСИ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАЗВАНИЯ НА КАРТАХ И ЗАДАЧИ ИХ ТРАНСКРИПЦИИ

### 6.1 Надписи на картах

Цифровые и буквенные показатели играют важную роль в языке карты. Цифры применяются для уточнения количественных способов изображения (выделения наибольших, средних, наименьших величин), дополняют линейные и часть обозначений. Они несут очень большую смысловую нагрузку, значительно обогащают содержание карты. Благодаря знакам, мы легко ориентируемся на местности. Но иногда они могут и ухудшить ее читаемость. Большое количество надписей создает пестроту, они могут закрывать собой основное содержание карты, а также могут пересекать собой важные объекты (дороги, реки и др.). Например, на мелкомасштабных картах более половины полезной площади карты занимают подписи. Поэтому при составлении любого картографического произведения необходимо установить оптимальное количество наносимых надписей и тщательно продумать место их размещения. Выделяют следующие виды надписей:

1. *Собственные наименования объектов* - названия рек, озер, гор, городов и т. д. Например, Енисей, Томь, Яровое, Алатау, Томск, Асино и др;

2. Пояснительные надписи, которые передают:

- качественные характеристики (дуб, сосна, соленое, песчаный и др.);
- количественные характеристики (указание ширины дороги, ширины реки, высоты деревьев и др.);
- хронологические характеристики (даты событий, периоды развития каких-либо явлений, например, период доступности перевала и др.);
- пояснения к линиям движения («Путь Х. Колумба», «Путь Магелланна»);
- пояснительные характеристики картографической сетки («Северный полярный

круг», «к востоку от Гринвича», оцифровка параллелей и меридианов, километровой сетки).

3. Термины - понятия, относящиеся к объектам картографирования, например, «озеро», «залив», «хребет», «гора», «ручей» и др.).

Надписи на картах различаются рисунком шрифта, высотой и цветом. Рисунок шрифта, как правило, передает качественную характеристику объекта. Например, заглавными буквами принято на топографических картах подписывать судоходные реки; заглавными буквами прямого начертания - города, а строчными прямыми буквами - поселки сельского типа.

Для того чтобы усилить значение надписей в характеристике объектов и улучшить их читаемость, подписи выполняются разными цветами. Так, надписи гидрографических объектов передают синим цветом, рельефа - коричневым. Рисунок и цвет подписей дают качественную характеристику, а размер - количественную.

*Основными требованиями к размещению надписей являются:*

1. Надпись должна располагаться так, чтобы было ясно видно, к какому

объекту она относится, ее размещение не должно вызывать никаких сомнений;

2. Надписи не должны перегружать карту, пересекать друг друга и закрывать собой важные объекты (дороги, реки, границы и др.);

3. Размещение надписей должно обеспечивать их удобочитаемость.

При расположении надписей на картах учитывается характер локализации объектов: точечный, линейный или площадной;

4. У внемасштабных условных знаков подпись располагается рядом с объектом с правой стороны вдоль параллелей или параллельно северной и южной рамкам карты (плана). Если карта очень загружена, подписи можно разместить слева или сверху от объекта на любом свободном месте.

.Надписи разделяют на номенклатурные и собственные названия, общегеографические и тематические.

Надписи для площадных объектов размещаются по плавной кривой вдоль большой оси контура. Если объект имеет изогнутые очертания, то соответственно изгибается и надпись. Если подпись не помещается внутри объекта, например озера, то этот объект подписывается рядом.

Надписи очень тесно связаны с основным содержанием карты. Не все помещенные на карте объекты могут подписываться, например, часть рек может быть показана без надписей.. На картах делается отбор надписей в зависи мости от назначения, тематики, масштаба карты, а также от характера картографируемой территории. На мелкомасштабных картах названия объектов даются после отображения все го содержания карты.

При взгляде на карту надписи в первую очередь привлекают внимание читателя. Поэтому к выбору шрифтов предъявляют очень высокие требования. Они должны быть хорошо читаемы, компактны и пригодны для воспроизведения.

При создании карт очень важно правильно передать названия объектов. Этим занимается отдел транскрипции, которым руководит Межведомственная комиссия по географическим названиям.

**Транскрипция-** установление географических названий и правил их написания на картах.

При написании названий, особенно иностранных, необходимо:

- избегать искажений в написании;
- выбирать необходимый вариант наименования, если имеется несколько названий;
- избегать политических ошибок в наименовании;
- правильно применять ту или иную форму транскрипции.

Существует пять форм передачи названий на картах.

**1. Местная официальная форма-** строгое сохранение написания названия на государственном языке той страны, на территории

**которой находится подписанный объект.**

Эту форму удобно применять странам, пользующимся одним алфавитом. Эта форма не передает произношения географического названия. Для правильного произношения названий в местной официальной форме необходимо знать язык соответствующей страны.

**2. Фонетическая форма- передача звучания, но путем использования букв русского алфавита.** Пари - фонетическая передача названия столицы Франции **Paris**; Айова - название штата США **Iowa**. На отечественных картах фонетическая форма является основной при передаче иностранных названий.

**3. Транслитерация - побуквенный переход от одного алфавита к другому без учета произношения** (замена букв одного алфавита буквами другого). Эту форму используют редко, как правило, для труднопроизносимых названий. Указанные выше названия **Paris, Iowa** при транслитерации напишутся как **Парис, Иова**. В этой форме русские названия помещаются на иностранных картах.

**4. Традиционная форма** - написание географических названий в соответствии с исторически возникшей и твердо сложившейся традицией. Например, фонетическая передача на русском языке названия столицы Франции **Paris** произносится французами как Пари, но в России издавна и по традиции пишут и говорят Париж.

**5. Переводная форма** - перевод по смыслу географического названия. Например, острова Зеленого Мыса, Огненная Земля, берег Слоновой Кости, мыс Доброй Надежды и др.

В России создан и ведется каталог географических названий, главным назначением которого является контроль над изменениями названий. Его ведением занимается государственная картографо-геодезическая служба.

Все виды языка карты неразрывно связаны между собой. С одной стороны, для отображения одного и того же объекта или явления можно использовать различные способы графического изображения, с другой

стороны, важно учитывать количество используемых графических средств, их сочетаемость и взаимодополнение.

## 6.2. Виды надписей

Надписи на картах составляют важный элемент содержания, поясняют изображенные объекты, указывают их качественные и количественные характеристики, служат для получения справочных сведений. Они 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. 1).

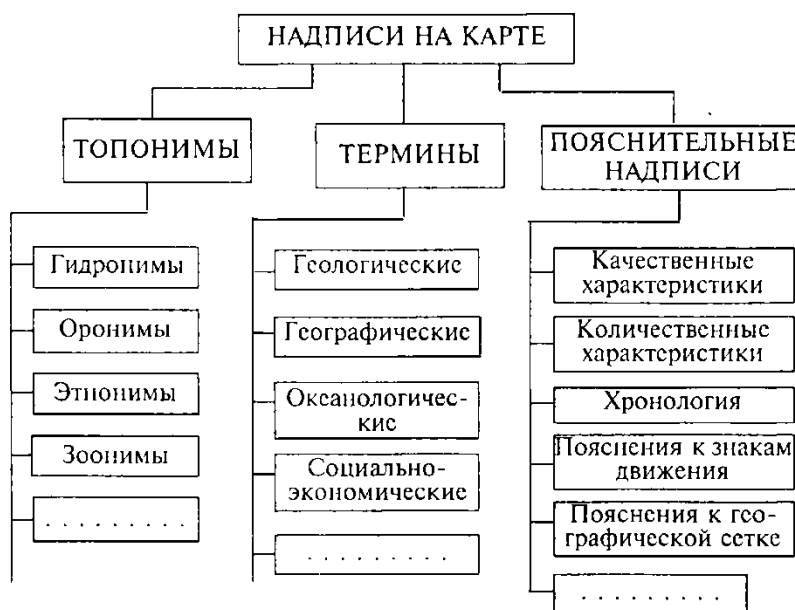


Рис. 66. Группы надписей на картах

**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, скорость 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»);

- оцифровка меридианов и параллелей и пояснения к линиям картографической сетки («Северный полярный круг», «К востоку от Гринвича»).

### **6.3. Формы передачи иноязычных географических названий**

Существует несколько форм передачи на картах иноязычных географических 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.

**Фонетическая форма** воспроизводит звучание (произношение) наименования, передаваемое буквами алфавита другого языка. Например, английское Atlantic Highlands в русской транскрипции выглядит как Атлантик-Хайлендс, а венгерское Miskolc как Мишкольц. Эту форму часто называют **условно-фонетической**, поскольку звуки иностранного языка не всегда можно точно передать буквами другого алфавита. Особые сложности возникают, например, при воспроизведении на картах произношения

китайских, японских 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 Теме приобрела окончание женского рода — Темза.

В табл. 4 приводятся примеры различных форм передачи географических наименований для нескольких наиболее известных топонимов.

Таблица

**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. 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». 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. 2). размера,

рисунка, наклона (рис. 2). Кроме того, разработаны специальные алгоритмы для оптимального, компактного, автоматического размещения надписей объектов (например, населенных пунктов) при их большой плотности на карте.



Рис.67. Образцы шрифтов, применяемых на топографических картах масштабов 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000.

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

### **6.5. 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 располагались вдоль параллелей либо горизонтально, т.е. параллельно северной и южной рамкам карты. При большой густоте надписей допускается их размещение слева или сверху от пункта или даже с плавным изгибом (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 уместается, 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.

## **7. ОСОБЕННОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ**

### **7.1. Принципы классификации географических 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, его 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.

Научная классификация карт: облегчает изучение свойств и закономерностей, присущих отдельным видам карт; находит отражение в организации картографического производства и способствует его рациональной постановке; необходима для каталогизации карт, их систематического размещения и хранения; наконец, что особенно важно для

картохранилищ, облегчает поиск нужных карт и выдачу их потребителям. Строгая классификация - обязательное условие для внедрения автоматизации в информационно-картографические службы.

Карты могут различаться (классифицироваться) по ряду признаков: масштабу, территориальному охвату, теме (т. е. предмету содержания), назначению, математической основе, эпохе, языку и т. п. Наиболее существенны первые четыре из названных признаков, определяющие содержание и характер географических карт. Классификации по другим признакам являются вспомогательными, но могут употребляться в конкретных целях. Например, классификация по эпохам удобна для картохранилищ исторических карт.

Любая научная классификация должна удовлетворять ряду логических требований.

Во-первых, обязательна последовательность перехода от общего понятия (например, класса) к частным (подклассу, роду и виду), т. е. постепенность расчленения широкого понятия на более узкие. Например, все карты делятся на общегеографические и тематические, но было бы неправильно подразделять карты на общегеографические, тематические и геологические, так как последние представляют один из родов карт природных явлений, которые в свою очередь являются классом тематических карт.

Во-вторых, на каждой ступени классификации необходимо применять определенное основание деления. Например, известно подразделение общегеографических карт по масштабу на обзорные, обзорно-топографические и топографические, но было бы нелогично классифицировать общегеографические карты на обзорные, обзорно-топографические, топографические и учебные, так как здесь использованы одновременно два признака: масштаб и назначение. Очевидно, среди учебных можно найти карты любых масштабов, в том числе обзорные и топографические. Весьма целесообразно использование одного признака

(например, предмета содержания) в качестве основания деления на всех ступенях классификации. Эти требования не исключают возможности дополнительного внутреннего деления и по другим признакам например выделения учебных карт среди общегеографических.

В-третьих при расчленении широкого понятия на более узкие сумма последних должна равняться объему широкого. Например, подразделение геологических карт на две группы - стратиграфические и тектонические - не достаточно, так как эти группы не охватывают всего многообразия геологических карт, в число которых входят также карты четвертичных отложений, гидрогеологические, полезных ископаемых и др.

Группы, выделенные на каждой ступени классификации должны четко различаться между собой, чтобы исключить возможность отнесения одной и той же карты к разным группам. Чем подробнее классификация, тем труднее реализация этого требования на практике.

Картохранилища, собирающие все виды картографических произведений, первоначально подразделяют их по форме, выделяя особо географические карты, атласы, рельефные карты, глобусы и т. д. В информационно-картографических учреждениях, концентрирующих также текстовые источники, необходимы отдельные рубрики для геодезических каталогов, наставлений и инструкций, лоций и других специальных описаний, статистических источников и т. д. Особую рубрику могут составлять цифровые модели карт, например в записи на магнитные ленты. Естественно, что классификации видоизменяются и совершенствуются в процессе развития картографии. Очень важно, чтобы они обладали гибкостью и допускали расширение по мере появления новых видов и типов картографических произведений без коренной ломки своей структуры.

## **7.2. Виды географических карт по содержанию**

При классификации карт по тематике (содержанию) прежде всего различают карты общегеографические и тематические.

Основные характеристики *общегеографических карт* определяются при прочих равных условиях масштабом карты. Поэтому они подразделяются в зависимости от масштаба на топографические, обзорно-топографические и обзорные.

Для *тематических карт* известно много классификаций в теоретических трудах и в практической работе картохранилищ, информационно-картографических служб и библиотек. Большинство классификаций строится на общих принципах соответствия структуре географических наук и наук о Земле. Вначале выделяются карты природных явлений (физико-географические) и карты общественных явлений (социально-экономические). Эти классы карт имеют внутреннее деление на родовые и далее видовые понятия.

Эта классификация может быть представлена в следующей схеме, где видовое подразделение развернуто только для карт геологических, рельефа земной поверхности, населения, экономики и инфраструктуры.

#### **Общегеографические карты:**

- топографические;
- обзорно-топографические;
- обзорные.

#### **Тематические карты**

Другое возможное усложнение схемы (применяемое в отдельных классификациях) состоит в выделении "межнаучных" тем, которые могут быть отнесены одновременно к различным рубрикам классификации. Например, карта, характеризующая климатические условия возделывания какой-либо культуры (например, хлопчатника), может быть отнесена к картам климата или сельского хозяйства либо выделена в особую группу агроклиматических карт.

### **7.3. Классификация карт по масштабу**

Значение *классификации карт по масштабу* определяется влиянием масштаба на содержание и особенности использования карт. В советской

картографии различают карты: крупномасштабные (1 : 200 000 и крупнее), среднемасштабные (мельче 1 : 200000 до 1 : 1000 000 включительно), мелкомасштабные (мельче 1 : 1000 000). В применении к общегеографическим картам эти группы карт называют топографическими, обзорно-топографическими и обзорными. Часто рубеж топографических карт переносят на масштаб 1 : 100 000. Для топографических карт используют также внутреннее деление на подгруппы: 1 : 5 000 и крупнее (часто называемые топографическим планами), мельче 1 : 5000 до 1 : 25 000 включительно, мельче 1 : 25000. В других странах можно встретить иные рубежи масштабной классификации с другой терминологией, хотя различия не принципиальны.

Указанное подразделение по масштабам обусловлено качественными особенностями выделяемых групп. Отдельные листы карт в мелком масштабе показывают страны или их крупные регионы, в среднем - области и малые страны, в крупном - районы или даже их части, т. е. системы разного порядка. Отсюда проистекают различия в характере и детальности отображения действительности, что естественно для системы низшей ступени, может терять значение с повышением ранга систем. Отметим также, что карты средних и крупных масштабов строят в проекциях с практически постоянным масштабом, что удобно для картометрических работ. Крупные масштабы почти не требуют внемасштабных знаков для площадных объектов. Они применяются для съемок и ориентирования на местности. Наконец, топографические планы практически исключают внемасштабную передачу объектов.

*Территориальная классификация* различает карты по пространственному охвату. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к логически обоснованной классификации, при подразделении карт по территории обязательна последовательность перехода от более общих понятий к частным. Поэтому первую рубрику классификации составляют карты, изображающие земной шар в целом

*(Наиболее полные классификации по пространственному охвату можно начинать с карт звездного неба, солнечной системы и ее планет.)*. Далее отдельно классифицируются карты суши и Мирового океана. Карты суши первоначально делятся по ее наиболее крупным частям - материкам. Внутри материков можно группировать карты двояко: либо по политическому и затем административно-территориальному делению, либо руководствуясь физико-географическим районированием.

Хотя политико-административное устройство подвержено изменениям, классификация карт по этому признаку имеет большое значение, поскольку подавляющая часть карт составляется для территорий, определяемых не природными, а политико-административными границами. Впрочем, при группировке карт отдельных государств по административному делению возможны два усложнения: включение в административные рубрики территориальных подразделений экономического значения (например, территориально-производственных комплексов) и выделение дополнительных рубрик для некоторых наиболее важных и физико-географических районов (например, для Кавказа и Урала в СССР). Эти дополнительные рубрики используются для карт природных условий и ресурсов, изготавливаемых для таких районов.

#### **7.4. Классификация карт по назначению**

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 (для данного масштаба), достоверной и научно обработанной информации. Это карты для специалистов, работающих в сфере наук о Земле и социально-экономических наук.

Культурно-просветительские карты ориентированы на широкие читательские круги, они дают упрощенную, если можно так сказать, «облегченную» картографическую трактовку для лиц, не имеющих специальной географо-картографической подготовки. Назначение этих карт — распространение знаний, пропаганда идей (например, бережного отношения к природно-историческим памятникам), разъяснение планов экономического развития и освоения территорий и т.п. Такие карты обычно имеют яркое, простое, доходчивое оформление, дополняются диаграммами, рису и ками, 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.

Применение классификации карт по назначению оказывается ограниченным ввиду многоцелевого назначения многих карт. Например, топографические карты одновременно удовлетворяют разнообразные нужды экономики, обороны и научных исследований; научно-справочные служат основой для ресурсных карт и широко используются в высшей школе, а также при планировании, проектировании, строительстве и руководстве экономики. Поэтому классификация по назначению практически используется в ее отдельных звеньях для карт, имеющих четко выраженное назначение (например, для учебных и туристских карт), или для внутреннего подразделения карт, общих по тематике. Например, среди общегеографических карт крупного масштаба целесообразно различать наряду с многоцелевыми топографическими картами их облегченные варианты, предназначаемые для определенного круга потребителей и видоизменения топографических карт, например карты туристские, учебные топографические и т.п. Наконец, классификация по назначению может быть полезной для планирования и организации картографического производства.

Классификация по территории и тематике, взятые порознь, недостаточно дифференцируют все многообразие карт, а классификация по назначению не допускает деления многоцелевых карт и, как было показано, условна для некоторых подразделений. Поэтому на практике обычно совместное использование классификаций. Классификация по территориальному признаку часто выбирается в качестве основной, а карты внутри отдельных ее рубрик распределяются по тематике (содержанию) и дополнительно по назначению. Общегеографические карты классифицируются внутри

территориальных рубрик по масштабам с выделением карт специального назначения.

При описании и размещении географических карт в картохранилищах приходится учитывать также их формат, форму, многолистные издания, серии различных, но объединенных общим названием карт и т.д. особо выделяются другие виды картографических изображений: рельефные карты, глобусы и т.п.

### **7.5. 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). Наиболее употребительные масштабы земных глобусов 1:30 000 000 - 1:80 000 000. Иногда изготавливают разъемные глобусы, с их помощью демонстрируется внутреннее строение планеты.

**Атласы** — систематизированные 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.

**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 изготавливают комплекты (или серии) прозрачных пленок с разным, но взаимно согласованным тематическим содержанием. При демонстрации можно совмещать несколько карт-транспарантов, показывая связи явлений или степень согласования слоев. Карты - транспаранты используют как

иллюстрации к лекциям и научным докладам либо как наглядные учебные пособия.

***Карты на микрофишах*** — миниатюрные копии с карт или атласов на фото- и киноплёнке. 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 аппликата  $z$ . 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 принятых для обычных карт координатах, проекциях, системах условных знаков с учетом правил генерализации и требований к точности. Подобно обычным картам они различаются по масштабу, тематике, пространственному охвату и т. п. 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*. 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.

## 8. КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ И ЕЁ ОСОБЕННОСТИ

### 8.1. 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<sup>2</sup> местности занимает всего лишь 1 см<sup>2</sup> 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<sup>2</sup>, 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 частных и деталей ради отчетливого изображения главных черт пространственного размещения.

Все это позволяет утверждать, что генерализация — одно из проявлений процесса абстрагирования отображаемой на карте действительности. Именно генерализация способствует формированию и воплощению в

картографической форме новых понятий и научных абстракций.

Сам процесс генерализации во многом противоречив. Во-первых, некоторые элементы 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.

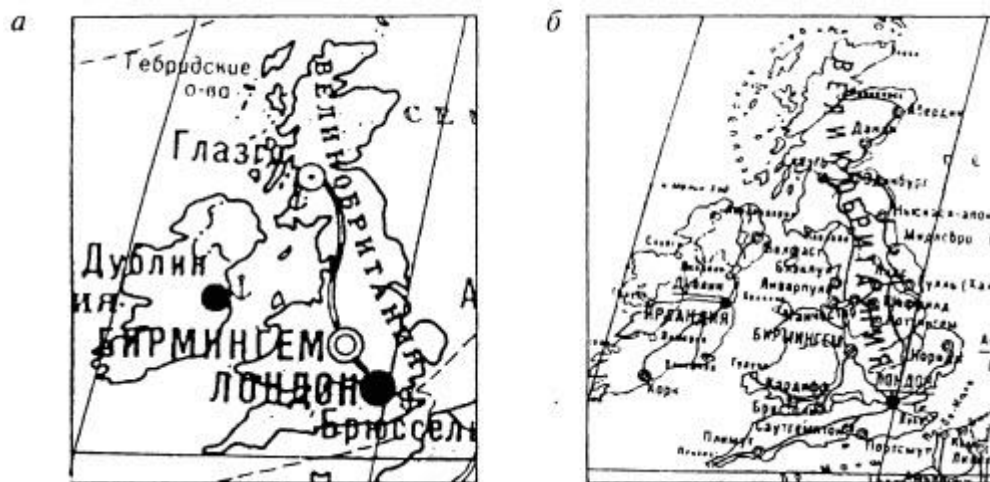
Процесс генерализации труднее других картографических процессов поддается формализации и автоматизации. Не все этапы и процедуры могут быть алгоритмизированы, не все критерии удастся однозначно формализовать.

## **8.2. 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.

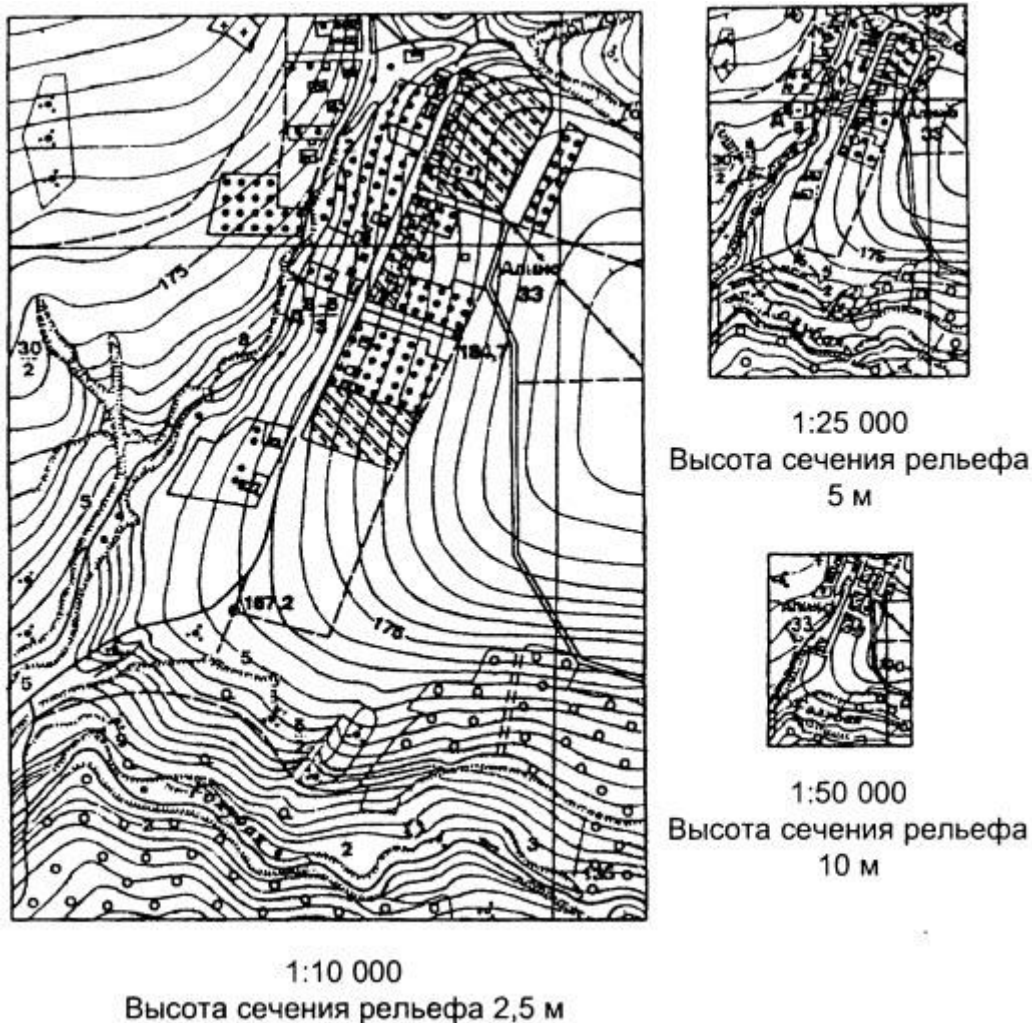
**Назначение карты.** На карте показывают лишь те объекты, которые соответствуют ее назначению. Изображение других объектов, не отвечающих назначению карты, только мешает ее восприятию, затрудняет работу с картой. Если, например, школьная учебная административная карта предназначена для демонстрации на 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. 1).



*Рис. 68. Влияние назначения карты на генерализацию. Фрагменты настенной школьной (а) и настольной (б) справочной карт одной и той же территории.*

**Влияние масштаба** проявляется в том, что при переходе от более крупного изображения к более мелкому сокращается площадь карты. Показать в мелком масштабе все детали и подробности невозможно, и поэтому неизбежны их отбор, обобщение, исключение (рис. 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.



*Рис. 69. Генерализация содержания топографической карты с уменьшением масштаба от 1:10 000 до 1:50 000.*

**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 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, карты-умозаключения. Они по самой сути своей не предполагают особой детальности.

***Особенности картографируемого объекта (или территории).***

Влияние этого фактора сказывается в необходимости передать на карте своеобразие, примечательные характерные элементы объектов или территории. Например, в степных или полупустынных районах 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.

***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.

### **8.3. 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.

*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 колеи — 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 изображает 500 голов крупного рогатого скота, а после генерализации — 1000 голов скота.

**Переход от простых понятий к сложным.** Этот вид генерализации связан с введением интегральных понятий и собирательных обозначений. Например, при переходе от крупномасштабной карты города к мелкомасштабной вначале изображение отдельных зданий заменяется изображением кварталов, потом дается лишь общий контур города, а далее — пунсон. На мелкомасштабной карте населенный пункт полностью теряет свои индивидуальные черты, пунсон характеризует лишь численность населения и административное значение города (рис. 3). 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.

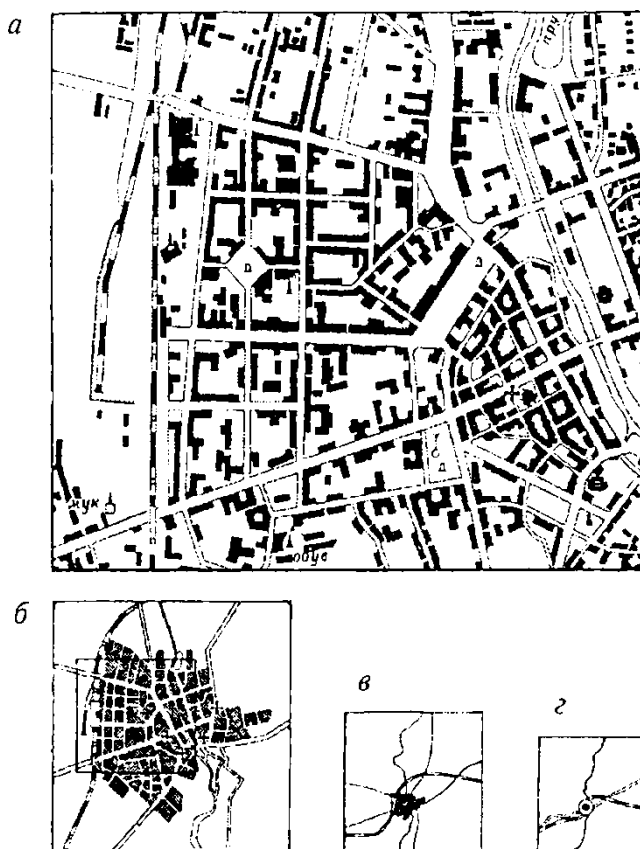


Рис. 70. Генерализация населенного пункта. Последовательная замена отдельных объектов (здания — *а*) собирательными знаками (кварталы, общий контур города — *б, в*) и абстрактным значком (пунсон — *г*).

**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 км<sup>2</sup>», 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 дм<sup>2</sup> карты» (остальные исключить). Этот критерий всегда дифференцирован соответственно особенностям картографируемой территории. Скажем, при переходе от топографических карт масштаба 1:200 000 к картам масштаба 1:500 000 норма нагрузки населенными пунктами в густонаселенных районах составляет  $\frac{1}{3}$  (т.е. на генерализованной карте сохраняется только третья часть населенных пунктов), на менее заселенных территориях —  $\frac{1}{2}$ , а в районах с очень редким расселением — показывают все населенные пункты.

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

**Объединение контуров (выделов)** — еще одно проявление геометрической стороны генерализации, связанное с группировкой, слиянием контуров. Выделы на карте объединяются, во-первых, в результате обобщения качественных и количественных подразделений в легенде, а во-

вторых, вследствие слияния (соединения) нескольких мелких контуров в один крупный. Так, отдельные небольшие ареалы месторождений какого-либо полезного ископаемого 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 заливов 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 излуины рек, мелкие озера в засушливых

степях, редкие и небольшие по площади выходы изверженных геологических пород посреди поля осадочных отложений и т.п.

*Рис.71.*

*Генерализация контуров дельты р. Дуная.*

*а — исходная карта масштаба 1: 500 000; 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.*

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. 4 показано, как в ходе генерализации 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.

#### **8.4. 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).

**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 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 drobных подразделений более крупными. 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. Если же явление показано знаками ареалов, то можно сократить дробность подразделений, укрупнить контуры ареалов, провести их слияние.

## 8.5. Влияние картографических знаков на генерализацию

Использование знаков влечет само по себе воспроизведение пространственной информации в абстрагированной понятийной форме (например, в виде знаков общих соответственно для городов, поселков городского типа и сельских поселений), воспринимаемой в мысленных образах объективной реальности. Вместе с тем система знаков, разработанная для конкретной карты, определяет возможность отображения пространства картографируемых объектов, их плановой конфигурации, равно как возможную подробность передачи знаками непространственных характеристик, что влияет на содержание карты, в первую очередь на пределы обязательного отбора. Например, если выбранные знаки леса позволяют выделять на карте контуры площадью не менее  $4 \text{ мм}^2$ , то это значит, что на карте масштаба  $1 : 100\,000$  могут быть показаны участки леса от  $4 \text{ га}$  и более, на карте масштаба  $1 : 1\,000\,000$  – от  $4 \text{ км}^2$  и т.д. Очевидно, границы отбора и обобщения зависят от минимальной площади контуров, размеров знаков и детализации линий. Они определяются физиологией способностью глаз видеть и различать детали изображения при чтении карты, поскольку другой фактор – техническая возможность выполнения и воспроизведения знаков – теперь не ставит ограничений.

На минимальный размер площадей объектов, передаваемых с сохранением свойственных им очертаний (конфигурации), воздействуют многие факторы: вид площадных обозначений для характеристики объекта, его значение, определенность границ объекта на местности, географическое окружение объекта и др. Поясним сказанное примерами. Когда объект (например, отдельные строения) изображается залитым или полым значком, то для него остаются справедливыми величины, указанные выше для минимальных размеров фигур. Но если полый контур (например, озеро) заливается внутри краской, то его площадь для восприятия цвета надо увеличить до  $1\text{--}2 \text{ мм}^2$ ; минимальный размер требует насыщенной окраски. При передаче фоновых расцветок фигурными сетками минимальный выдел

устанавливается в 3-5-10 мм<sup>2</sup> и даже более в зависимости от вида сетки. При размещении внутри контура штриховых обозначений (например, растительности) этот предел поднимается намного выше, в частности до 25 мм<sup>2</sup> для садов и различных плантаций на топографических картах.

Относительное значение объектов различных категорий побуждает назначать для более важных категорий меньший предел, чем для второстепенных. Предел повышается для объектов, слабо выраженных на местности или имеющих неясно очерченные границы.

Влияние географического окружения можно проследить на примере показа морских островов: они настолько четко выделяются на голубом фоне вод, что на русских картах масштабов 1 : 200 000 и 1 : 500 000 допускается применение знаков от 0,2 до 0,4 мм в поперечнике. Напротив, на участках карты, насыщенных разнообразным содержанием, читаемость мелких контуров сильно ослабевает. На картах с фоновыми расцветками минимальный размер контуров с цветными заливками увеличивается до 2 мм<sup>2</sup>, а ширина цветных полос – до 1-2 мм.

Многотемность содержания и различия в назначении географических карт разнообразят и усложняют генерализацию. Ее изучение применительно к отдельным видам карт относится к задачам тематических разделов картографии, например почвенной картографии в отношении почвенных карт, экономической картографии в отношении карт населения и экономики и т.п. Однако в картографической генерализации различных явлений, обладающих сходством по характеру размещения, есть ряд общих черт.

#### **8.6. Генерализация явлений, локализованных по пунктам**

Для картографирования явлений, локализованных по пунктам (в «точках»), употребляется способ значков. Одна из сторон генерализации – обобщение плановых очертаний – в этом случае теряет свое значение. Но другие стороны – обобщение количественной и качественной характеристик, отбор и замена индивидуальных объектов собирательными обозначениями –

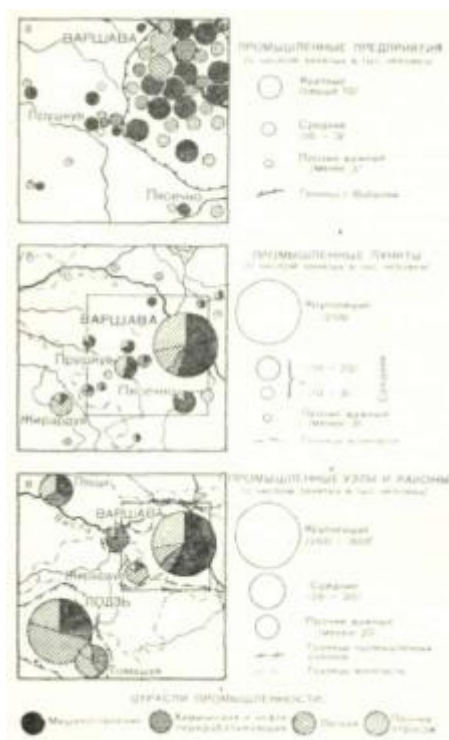
проявляются в полной мере.

Обобщение количественной характеристики выражается первоначально в переходе от непрерывной шкалы величин к шкале ступенчатой, а далее – в сокращении числа интервалов ступенчатой шкалы.

При обобщении шкал важно учитывать и сохранять границы ступеней, имеющие качественный смысл, например определяющие подразделения населенных пунктов по типу поселений на города и сельские поселения. В частности, в Канаде к городам относят все поселения, имеющие более 1000 жителей, в США – более 2500 жителей, в Индии – более 5000 жителей. Следовательно, эти грани следует учитывать в шкале людности на картах названных стран.

Для обобщения качественной характеристики используют разные пути: отказ от передачи некоторых качественных особенностей изображаемых объектов (например, административного значения населенных пунктов); замену видовых понятий родовыми (например, посредством объединения характеристик предприятий промышленного, сельскохозяйственного и

других отраслей машиностроения общей характеристикой машиностроительных предприятий); переход к системам высшего уровня (например, от отдельных промышленных предприятий к промышленным пунктам и далее к промышленным узлам – рис. 1).



**Рис. 72.** Генерализация карт промышленности посредством перехода от изображения отдельных промышленных предприятий (а – западная часть Варшавы и прилегающий район) к изображению промышленных пунктов (б – Варшава, Прушков и др.) и далее к промышленным узлам (в – Варшавский, Лодзинский и др.)

Отбор локализованных объектов часто подчиняют «цензовому» показателю. Например, на общегеографической карте страны наносят только те населенные пункты, людность которых, скажем, 100 и более человек, или на карте промышленности оставляют только те предприятия, стоимость годовой валовой продукции которых превышает некоторую сумму (10 млн. руб.). Для одной и той же карты иногда устанавливают не один цензовый показатель, а несколько, в зависимости от географических условий, например, особо для отбора населенных пунктов в густо-, средне-, слабо-, редко- и малонаселенных районах.

Другой прием отбора – «нормативный», когда определяют степень отбора объектов («норму представительства»). Она может быть различной в разных географических районах. Например, на общегеографических картах степень отбора населенных пунктов иногда выражают в виде процента исключаемых пунктов. Этот показатель может возрасти по мере перехода от районов с малой густотой населенных пунктов к районам, где плотность их велика. Он зависит также от величины населенных пунктов.

Весьма существенный путь отбора – это полное устранение второстепенных в качественном отношении объектов, например на мировой карте полезных ископаемых отказ от изображения месторождений строительных материалов, имеющих местное значение.

На отбор локализованных объектов влияют способ оформления значков, необходимость сопровождать значки подписями названий и, конечно, нагрузка карты речными объектами, иными по характеру размещения. Поясним сказанное примерами. На общегеографических картах мелкого масштаба населенные пункты изображаются пунсонами – условными знаками правильной геометрической формы, общими для определенных групп населенных пунктов. Эти пунсоны очень экономны по площади и потому позволяли бы на многих картах показ населенных пунктов без отбора, если бы не было необходимости сопровождать их названиями (это требование обычно для справочных карт).

Генерализация явлений, локализованных по пунктам, может приводить в пределе к характеристике явлений по площади, что связано с заменой одного способа изображения другим.

### 8.7. Генерализация явлений, локализованных на линиях

Явления, локализованные на линиях, обычно передаются способом линейных знаков. Очертания этих знаков указывают пространственное положение картографируемых объектов и очень часто определяют их важные характеристики. Например, по контуру береговой черты можно судить о типе и генезисе морского побережья. Правильное обобщение очертаний линейных объектов имеет первостепенное значение. При обоснованной генерализации фьордовое, щерное, риасовое и другие типы побережья прекрасно читаются на карте сколь угодно мелкого масштаба.

Рассмотрим геометрическое обобщение линий на примере гидрографической сети. Подробность передачи плановых очертаний реки с сохранением масштабных соразмерностей зависит от возможной детализации линейного рисунка, оцениваемой для линии толщиной 0,1 мм в 0,5 мм, чему на местности соответствуют: в масштабе 1 : 10 000 – 5 м, 1 : 100 000 – 50 м, 1 : 1 000 000 – 500 м, 1 : 10 000 000 – 5 000 м.



Рис. 73. Обобщение

гидрографической сети: а – изображение в масштабе 1 : 300 000; б – тот же участок в масштабе 1 : 1 500 000; в – увеличение рис. 6.9б до масштаба 1 : 300 000

Это предельная детальность, так как реки изображаются для наглядности постепенно утолщающимися линиями с переходом далее к изображению двумя линиями с общей шириной минимум в 0,5 мм. Уже на топографических картах преувеличение ширины знаков рек может достигать

5 раз. Отсюда очевидна неизбежность обобщения очертаний гидрографической сети начиная с карт крупного масштаба. Это обобщение проявляется в исключении незначительных островов, малых изгибов, меандр низшего порядка. За счет второстепенных особенностей более выпукло подчеркиваются важнейшие с тем, чтобы отобразить извилистость реки, характер извилистости, наличие островов и т.п. Сравнение рис. 2, а и 2, б дает представление об этой стороне генерализации.

Преувеличение ширины линейных знаков по сравнению с размерами соответствующих объектов в масштабе карты обычно для обозначений путей сообщений. Иногда знак железных дорог преувеличивает их ширину на карта в масштабе 1 : 25 000, 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000 соответственно в 3, 20 и 100 раз. Такое преувеличение, во-первых, затрудняет передачу небольших изгибов и характерных особенностей дорог, во-вторых, вызывает необходимость смещения объектов, лежащих возле дороги.

Однако во многих случаях целесообразна намеренная схематизация линейных очертаний, как например, линий электропередач на мелкомасштабной карте электрификации страны, когда важно показать не топографические особенности проложения этих линий, а связи центров выработки и потребления энергии.

Обобщение качественной характеристики в применении к линейным знакам наиболее очевидно в упрощении классификации картографируемых объектов. Например, многостороннее подразделение железных дорог на топографических картах по числу путей, ширине колен и виду тяги становится излишним на мелкомасштабных общегеографических картах, где ограничиваются лишь выделением магистральных (главных) линий, которые отличаются большими пассажирскими и грузовыми перевозками, используются для международных связей и т. п. Вообще говоря, при упрощении классификации для линейных объектов, относящихся к объединяемым ступеням классификации, используется общий условный знак. Другой путь обобщения качественной характеристики, не связанной с

упрощением классификации, состоит в распространении на малые линейные элементы обозначения преобладающего смежного элемента. Примером могут быть карты типов берегов (Морской атлас, т. 2, л. 13 и 14), на которых побережья с дробным и пестрым чередованием берегов разного типа при уменьшении масштаба изображаются знаком преобладающего типа. Если в таком чередовании трудно выделить преобладание берегов какого-либо конкретного типа, то сохраняют обозначение берегов того типа, который обязан современным процессам развития картографируемого побережья (например, преобладанию абразии или аккумуляции).

Обобщение количественной характеристики линейных объектов (например, водности рек, напряжений линий электропередач и т. п.) связано главным образом с обобщением используемых шкал, суть которого аналогична описанному выше обобщению шкал для явлений, локализованных по пунктам.

При экономичных обозначениях линейные объекты могут изображаться без отбора даже на картах мелких масштабов. Доказательством служат карты путей сообщения мира и материков (Атлас мира, 1967, с. 9, 48, 104 и др.) и карты гидрографической сети в комплексных атласах некоторых стран. Цель этих «паутинных» карт — показать реальные пространственные различия в густоте путей сообщения, гидрографической сети и т. п., что имеет определенный, но все же ограниченный интерес. Например, по густоте путей сообщения можно судить об экономическом развитии, по густоте речной сети — о климатических условиях и геологическом строении и др. Когда же линейные объекты показывают в их связях с другими явлениями, отбор необходим, чтобы сохранить существующие в натуре соответствия, например согласовать отбор путей сообщений с отбором населенных пунктов. Дороги, ведущие к населенным пунктам, не показываемым на карте, опускаются в первую очередь; из параллельно проложенных дорог оставляются лучшие. На картах мелкого масштаба, предназначенных для обзора больших территорий, например страны в целом, становится

излишним изображение путей местного значения.

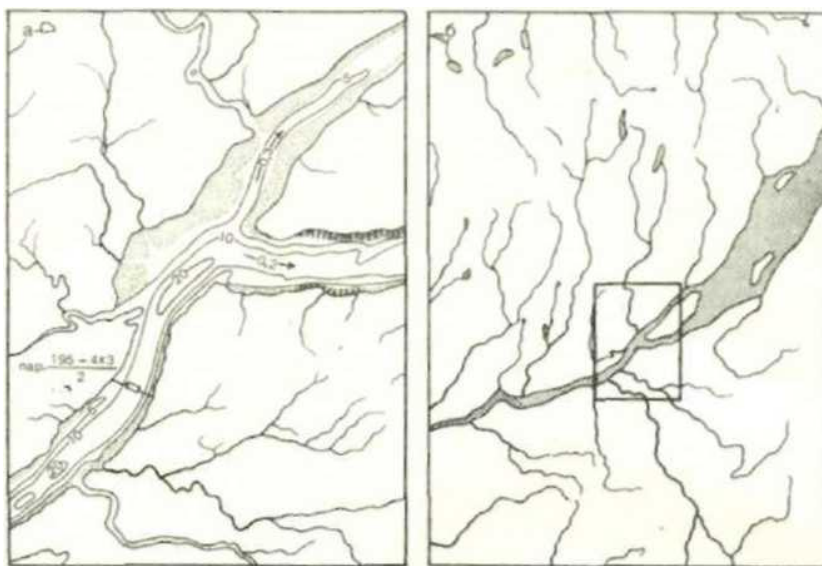


Рис. 74.  
*Изображение  
гидрографической  
сети: а –  
отображающее  
индивидуальные  
особенности рек; б –  
выявляющее  
особенности речных  
систем*

Отбор линейных объектов при переходе к меньшему масштабу нередко подчиняют количественному или качественному цензу. Распространенный случай использования количественного ценза — отбор речной сети на общегеографических картах, когда сохраняют реки, длина которых в масштабе карты превышает заданную величину, устанавливаемую с учетом назначения карты. Часто используют следующие цензы: 1 см — для топографических карт; 0,5 см — для мелкомасштабных карт справочных атласов; 2 см — для учебных атласов и т.д. Конечно, возможны отклонения от такого общего ценза. Например, реки меньшей величины сохраняются, если они являются стоком озер, облегчают чтение рельефа, обрисовывают водоразделы. Наконец, цензы дифференцируют применительно к особенностям географических ландшафтов. В частности, можно рассчитать цензы особо для каждого из выделенных районов так, чтобы обеспечить повсеместную передачу относительной густоты рек.

Пример использования качественного ценза — снятие с карты линейных объектов, принадлежащих к низшим ступеням классификации, скажем, границ административных районов.

Ранее не раз отмечалась характерная черта генерализации — переход от частных признаков к более общим, от видовых понятий к родовым. В

применении к линейным знакам эту черту рассмотрим на примере гидрографической сети (рис. 3). Топографическая карта способна отображать индивидуальные особенности отдельных рек: протяженность, очертания, ширину, скорость течения, наличие бродов и переправ, характер берегов и т. д. (рис. 3,а). По мере уменьшения масштаба многие из названных частных теряют свое значение и внимание переключается на выявление особенностей речных систем в целом (рис. 3,б). С этой точки зрения существенно: передать на карте соподчиненность рек, выделяя, например, посредством линий разной толщины главные реки, притоки 1-го порядка, 2-го и т. д.; сохранить относительную густоту речной сети и ее различия; отразить особенности строения речной системы (параллельная речная система, древовидная, решетчатая, радиальная и т. д.), обычно тесно связанные с орографией местности; выделить четко истоки главных рек, особенности дельт и т. п.

#### **8.8. Генерализация явлений сплошного распространения и локализованных на площадях**

При картографировании явлений сплошного распространения (таких, как рельеф земной поверхности, растительный покров, температуры воздуха и т.п.) преимущественно используют способы изолиний и способ качественного фона. К первому способу прибегают, когда требуется количественная характеристика явления, ко второму — качественная. Существо названных способов во многом определяет особенности генерализации.

Применительно к изолиниям генерализация проявляется в укреплении интервалов между изолиниями (т.е. в обобщении количественной характеристики) и в обобщении очертаний изолиний. Этот процесс удобно рассмотреть сначала в применении к изображению рельефа горизонталями. Как известно, он состоит в увеличении сечения рельефа и в обобщении рисунка горизонталей. Например, на русских топографических картах сечение укрупняется соответственно уменьшению масштаба и зависит от

характера рельефа картографируемой территории. Очевидно, нельзя гарантировать передачу горизонталями форм, высота которых менее принятого сечения. Для мелкомасштабных карт шкалу горизонталей выбирают в результате тщательного изучения рельефа картографируемой территории, в частности посредством построения профилей. При этом стремятся, чтобы в каждом высотном поясе величина интервала (сечения) была меньше относительной высоты тех форм рельефа, изображение которых необходимо, а нарастание интервалов происходило относительно медленнее, чем увеличение преобладающих углов наклона (во избежание ложного эффекта плосковершинности расчлененных горных систем).

Обобщение рисунка горизонталей не имеет ничего общего с механическим упрощением отдельных линий. Суть дела заключается в обобщении форм, передаваемых системой горизонталей. Например, при исключении лощины согласованно обобщают (срезают) изгибы всех горизонталей, рисовавших лощину. Вообще говоря, обобщение заключается в удалении сначала деталей форм, а затем и самих форм — малых или второстепенных. Этот процесс можно проследить на рис. 4, где по мере уменьшения масштаба сокращается число показываемых долин, что приводит к объединению смежных возвышенностей в одну общую форму, сохраняющую присущие обобщенным возвышенностям черты.

Но всякая система изолиний может быть представлена в виде поверхности, генерализацию которой возможно строить на принципах, используемых при обобщении рельефа. Во-первых, укрупняются интервалы между изолиниями.



**Рис. 75.** Генерализация рельефа в горизонталях а исходное изображение в масштабе 1 : 200 000; б — изображение в масштабе 1 : 500 000. в — изображение в масштабе 1 : 1 000 000

При использовании способа качественного фона генерализация проявляется прежде всего в обобщении классификации изображаемого явления. В общем случае такое обобщение можно представить как переход от отдельных объектов и их деталей к видовым и, далее, родовым понятиям или к системам более высокого уровня, например, на геоморфологических картах — как переход от деталей форм к изображению форм в целом, далее к группам форм, типам рельефа и т.д. Например, для аккумулятивной равнины в качестве деталей форм можно назвать наветренные и подветренные склоны барханов, в качестве целых форм отдельные барханы, в качестве групп форм — барханные пески, в качестве типа рельефа — эоловую равнину и т. п.

Дробность классификации устанавливаемая с учетом назначения карты, степени изученности и сложности картографируемого явления (например, горных пород на геологической карте) и соотносится с масштабом карты, а именно с возможностью графической передачи на карте наименьших по площади участков, выделяемых по этой классификации. Например, опыт детальных многоцветных геологических карт показывает, что минимальные выделения могут быть на этих картах в 2—3 и даже в 1 мм<sup>2</sup> для контуров простейшей формы. Отсюда, зная размеры этих выделов в натуре, нетрудно выбрать подходящий масштаб или при заданном масштабе найти оптимальное обобщение классификации.

При обобщении явлений, изображаемых способом качественного фона, допустимо:

в местах скопления мелких участков (контуров) переходить к обобщенному обозначению следующей ступени классификации (от видовых к родовым понятиям, например, на геологической карте, показывающей стратиграфические серии, объединять их обозначением яруса);

исключать второстепенные мелкие контуры, распространяя на них обозначение преобладающего контура;

преувеличивать отдельные мелкие, но важные контуры до размеров,

позволяющих сохранить их на карте (например, на геологической карте единичные выходы мезозойских отложений среди третичных и четвертичных толщ Западно-Сибирской низменности);

объединять мелкие, однокачественные контуры в более крупные, но с сохранением соотношения площадей и относительной дробности контуров.

Во многих случаях необходимо сохранять узкие полосы за счет некоторого преувеличения их ширины, например у речных пойм, с которыми связаны специфические виды почв, растительности и т.п., важные для отображения на соответствующих тематических картах. Возможности отображения мелких контуров увеличиваются: при замене малых участков ареальными немасштабными штриховыми пачками, разрабатываемыми наряду с площадными обозначениями для каждой ступени классификации; при введении собирательных обозначений для типичных чередований мелких контуров.

Два последних приема позволяют избегать переполнения карты мелкими контурами, что облегчает ее чтение. Например, на топографических картах немасштабными штриховыми значками показывают отдельные рощи, малые по площади, но имеющие значение ориентиров. Пример другого рола — замена перемежающихся участков полупустынной растительности и солончаков совместным изображением без указаний контуров. Названные приемы очень широко используются в почвенной картографии, в частности в виде собирательных обозначений комплексов почв, что позволяет поднять минимальные размеры почвенных контуров, показываемых на карте в зависимости от выраженности границ в природе (резкой, ясной, неясной) соответственно до 25, 50 и 400 мм<sup>2</sup>.

При генерализации явлений, картографируемых по способу качественного фона, уделяют большое внимание также обобщению границ участков, ставя целью сохранить присущий им характер естественных очертаний, например, на топографических картах округлую или продолговатую форму перелесков, правильную ориентировку песчаных

массивов, на почвенных картах — рисунок границ, обусловленный особенностями процессов почвообразования, влиянием рельефа, геологического строения, поверхностных вод и т.д. При обобщении границ учитывают также их пространственную определенность или, напротив, размытость при постепенном переходе от одного выдела к другому.

Разумеется, все сказанное выше справедливо в отношении генерализации явлений сплошного распространения как планетарных (например, климатических), так и локализованных на площадях любого охвата (воды Мирового океана или отдельного бассейна, вся суша или изолированная территория и т. п.).

При отображении явлений способом количественного фона генерализация выполняется посредством обобщения шкал количественных показателей и укрупнения выделов (сеток районирования).

Очень важен географический подход при обобщении границ, когда учитывают особенности распространения различных массовых явлений, например сопряжение ареалов сельскохозяйственных культур с определенными элементами рельефа, ареалов животных с границами их местообитаний, т.е. с определенными ландшафтами, урочищами и т. д.

Надо различать границы ареалов: строго локализованные (например, совпадающие с естественными рубежами — горными водоразделами, подошвами хребтов, тектоническими разломами и т.п.) и мало определенные, как бы размытые (например, свойственные зональным ареалам некоторых растений на равнинах), и при генерализации сохранять эти различия в рисунке границ (каемчатый рисунок ареала по подножию горного хребта, геометрически правильный по тектоническому разлому, плавный, малодетализированный для размытой границы и т. п.).

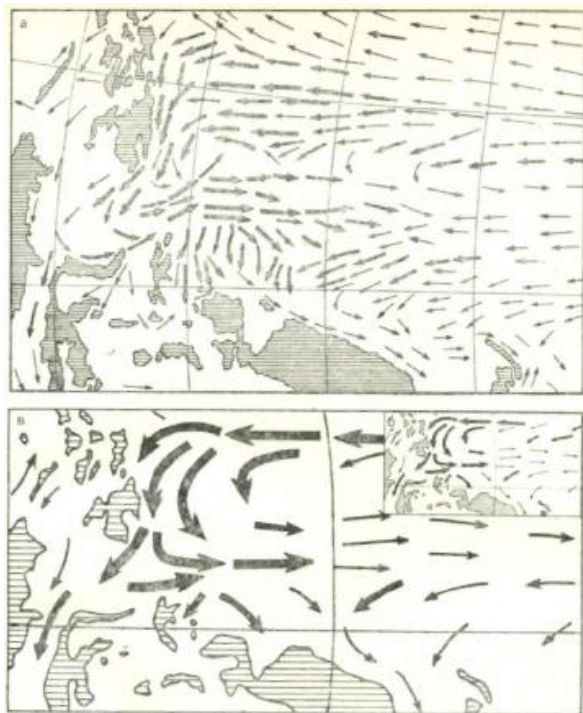
Говорить о генерализации в приложении к картодиаграммам или картограммам можно лишь с определенной долей условности. Для этих способов используют в порядке генерализации, во-первых, переход к территориальной сетке более высокого ранга, скажем, от районного деления

к областному или от областного к делению по странам (государствам) и, во-вторых, сокращение числа интервалов в ступенчатой шкале диаграммных знаков или в картограммной шкале интенсивности. Иногда это полезно, когда имеют в виду получить общее суммарное представление о распределении или интенсивности явлений в пределах крупных территориальных единиц.

### **8. 9. О генерализации показателей движения и связей**

При картографировании перемещений и связей широко используются все виды генерализации. Приведем некоторые дополнительные соображения.

Геометрическое обобщение планового рисунка, заключающееся в схематизации линий перемещений или связей, часто целесообразно по существу изображаемых явлений. Например, при картографировании потоков обычно теряет значение топографическая точность в положении лент, поскольку для раскрытия темы важны лишь пункты, где изменяются объем и структура грузов, число пассажиров и т.д. Особенно необходима схематизация в ориентировке систем векторов, когда они показывают генеральные направления движения, например морских течений (рис. 5). Для некоторых тем (например, для импорта и экспорта товаров) интересны не конкретные трассы, а только исходные и конечные пункты перемещения или исходные и конечные ареалы; в подобных случаях ленты или векторы располагаются произвольно между соответствующими пунктами, районами или странами.



*Рис. 76. Обобщение системы векторов, показывающих течения Тихого океана: а — исходная карта; б — обобщенная карта мелкого масштаба, выделяющая генеральные*

*направления течений; я — увеличение генерализованного изображения до масштаба исходной карты*

Отбор потоков часто подчиняют количественным цензам; например могут быть *сняты железные* дороги, годовой грузооборот которых менее 2 млн т. Разумеется, очень существенно географическое районирование цензов. Например, на карте миграций населения значение отдельных потоков определяется не только количеством мигрантов, но и процентным соотношением мигрантов и коренного населения; поток эмигрантов из малой страны может быть сравнительно невелик, но по своему большому проценту представлять значительный интерес.

Весьма эффективно введение собирательных знаков, например замена множества траекторий циклонов немногими основными путями их перемещений, например, отдельно для морских и континентальных циклонов с указанием их повторяемости или объединение стрел боевых ударов для перехода от тактических действий к характеристике оперативных задач и далее к достижению стратегических целей.

Подобные приемы не только упрощают изображение и облегчают его восприятие, но могут раскрывать основные закономерности процессов и таким образом повышать познавательную ценность карты.

#### **8.10. Отбор надписей**

Надписи органически связаны с содержанием карты, с показанными на ней конкретными объектами. Отбор надписей зависит от тематики, масштаба и назначения карты, а также от географических особенностей территории. Последний фактор воздействует на *общее* количество реально существующих названий — оно больше в обжитых, экономически развитых районах, изобилующих названиями населенных пунктов, природных объектов и хозяйственных урочищ. В малообжитых районах не только уменьшается число названий, но и видоизменяется их состав — чем слабее освоенность местности, тем выше доля физико-географических

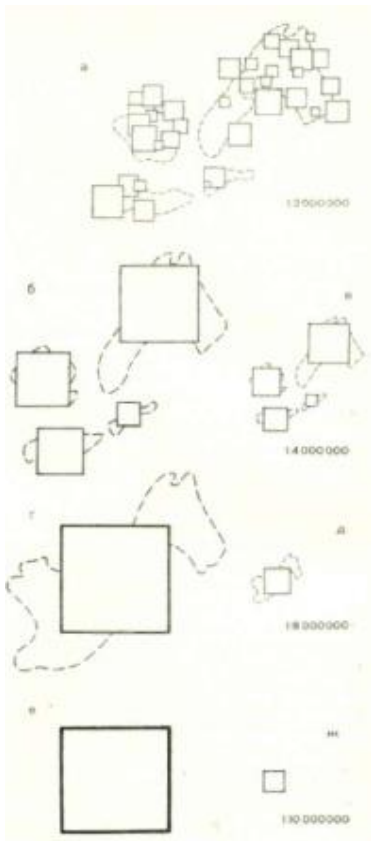
наименований.

Тематика карты предопределяет основные категории надписей и их относительное значение. Так, на гипсометрических картах основную массу надписей образуют названия элементов рельефа и гидрографии, тогда как названия населенных пунктов, помещаемых на карте для ориентировки, оказываются немногочисленными. Напротив, на политико-административных и картах промышленности населенные пункты приобретают первостепенное значение, причем выбор пунктов (и их названий) обусловлен особенностями этих карт. На политико-административной карте наибольшее значение имеют административные центры, на картах промышленности — пункты размещения производства.

Сюжет карты воздействует и на количество надписей. На общегеографических картах число надписей всегда относительно велико, но на многих тематических (например, климатических) надписи оказываются единичными.

По мере уменьшения масштаба карты ее содержание подвергается генерализации: исключаются менее значимые объекты, обобщаются детали и соответственно отбираются надписи. Последнему процессу свойственны две характерные черты. Одна из них проявляется в резком сокращении всякого рода пояснительных надписей, относящихся к генерализуемым деталям. Другая состоит в устранении названий, принадлежащих к нижним ступеням топонимической «иерархии», например названий населенных пунктов низших рангов (по административному значению, людности и т. п.), и во введении новых надписей — названий тех объектов высшего ранга, которые выявляются в целом лишь на картах мелкого масштаба.

Непосредственное влияние назначения карты на отбор надписей прекрасно видно при сопоставлении равномасштабных общегеографических карт: справочной и учебной стенной, различие в назначении которых отражается как в отборе, так и в оформлении надписей.



### 8.11. Влияние генерализации на выбор способов изображения

В предыдущих параграфах генерализация рассматривалась применительно к явлениям, различным по характеру размещения, т.е. точечным, линейным и др. Между тем представления о характере размещения конкретных явлений могут изменяться по мере генерализации в связи с уменьшением масштаба картографирования и с переходом к системам более высокого ранга.

**Рис. 77 .** Изменение способов изображения при последовательной генерализации: а — добыча угля по отдельным шахтам (значки в непрерывной шкале, масштаб 1:2000 000); б — добыча угля по отдельным ареалам бассейна (суммарные значки в той же шкале, масштаб 1:2000 000); в — то же в масштабе 1 : 4 000 000; г — добыча угля в бассейне (суммарный значок, контур бассейна обобщен, масштаб 1:2000 000); д — то же в масштабе 1 : 8 000 000; е — общая добыча угля в бассейне (суммарный значок без ареала бассейна, масштаб 1:2 000 000); ж — то же в масштабе 1 : 10000000

Пространственные ограничения при последовательном уменьшении масштабов нередко приводят к исчерпанию возможностей принятых способов изображения и вызывают в генерализации качественные скачки, связанные с переходом к другим характеристикам и способам изображения. Например, на топографических планах населенные пункты изображаются посредством точно локализованных знаков отдельных строений; с уменьшением масштаба сначала приходится переходить к показу пунктов в

виде кварталов, далее ограничиваться внешними контурами пунктов, а затем использовать для них внемасштабные значки-пунсоны, отмечающие какие-либо особенности населенных пунктов. Наконец, можно подойти к картографированию населенных пунктов на большой территории как к передаче массовых явлений, например характеризуя их густоту на местности.

Своеобразие этих переходов определяется спецификой явления и назначением карт. Например, добыча угля по отдельным шахтам, изображаемая локализованными значками в непрерывной или ступенчатой шкале (рис. 6,а), может быть показана в порядке генерализации суммарными значками добычи по отдельным ареалам бассейна (рис. 6, б и в), далее суммарным значком для бассейна в целом (рис. 6,г и д), а при дальнейшем уменьшении масштаба только значком, символизирующим бассейн и количество добываемого в нем угля (рис. 6,е и ж). Следующая ступень генерализации возможна в виде перехода к характеристике добычи угля по странам посредством картодиаграммы. В нашем примере последовательная смена приемов изображения такова: значки шахт, пропорциональные добыче угля (в непрерывной шкале); ареалы с диаграммными значками добычи (в непрерывной шкале); обобщенный ареал бассейна с суммарным диаграммным значком добычи (в той же шкале); значок бассейна, пропорциональный добыче угля (в той же шкале); картодиаграмма добычи угля по странам. Вместе с тем этот пример иллюстрирует последовательность системного усложнения объектов картографирования в результате перехода от отдельных шахт к их объединениям, угольным бассейнам, странам и т. д.

Разумеется, переход при генерализации от одних способов изображения к другим не снимает заботы о возможно полном отображении своеобразия размещения явлений; например, при замене на геологической карте знаков конкретных даек ареалом их распространения желательно сохранить знаки некоторых даек для указания их общей ориентировки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянт, А.М. Картография: учебник для бакалавров и магистров. – 3-е изд. / А.М. Берлянт. – М.: Астрель Пресс, 2011. – 464 с.
2. Давыдов, В.П. Картография: учебник / В.П. Давыдов, Д.М. Петров, Т.Ю. Терещенко; под ред. Ю.И. Беспалова. – СПб.: Проспект Науки, 2010. – 192 с.
3. Лурье, И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: учебник. – 2-е изд. – Книжный дом Университет (КДУ), 2010. – 424 с.
4. Божилина, Е.А., Географическое картографирование. Карты природы: учебное пособие для вузов / Е.А. Божилина, Л.Г. Емельянова, Т.В. Котова, – Книжный дом Университет (КДУ), 2010. – 316 с.
5. Чекалин, С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии: учебное пособие для вузов / С.И. Чекалин. – 3-е изд. – Академический проект, 2013. – 319 с.
5. Г. В. Прозорова. Современные системы картографии- учебное пособие Тюмень-2011