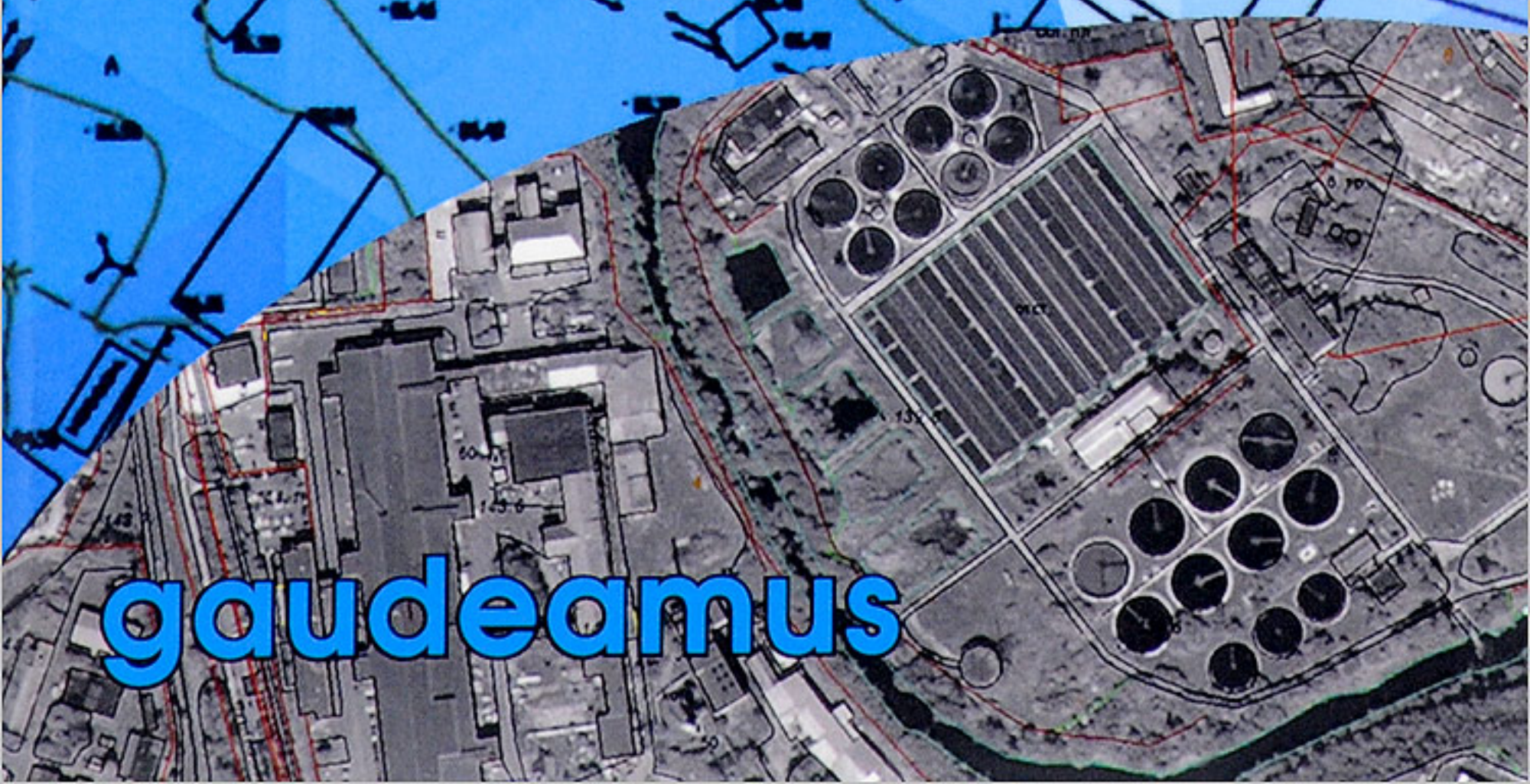
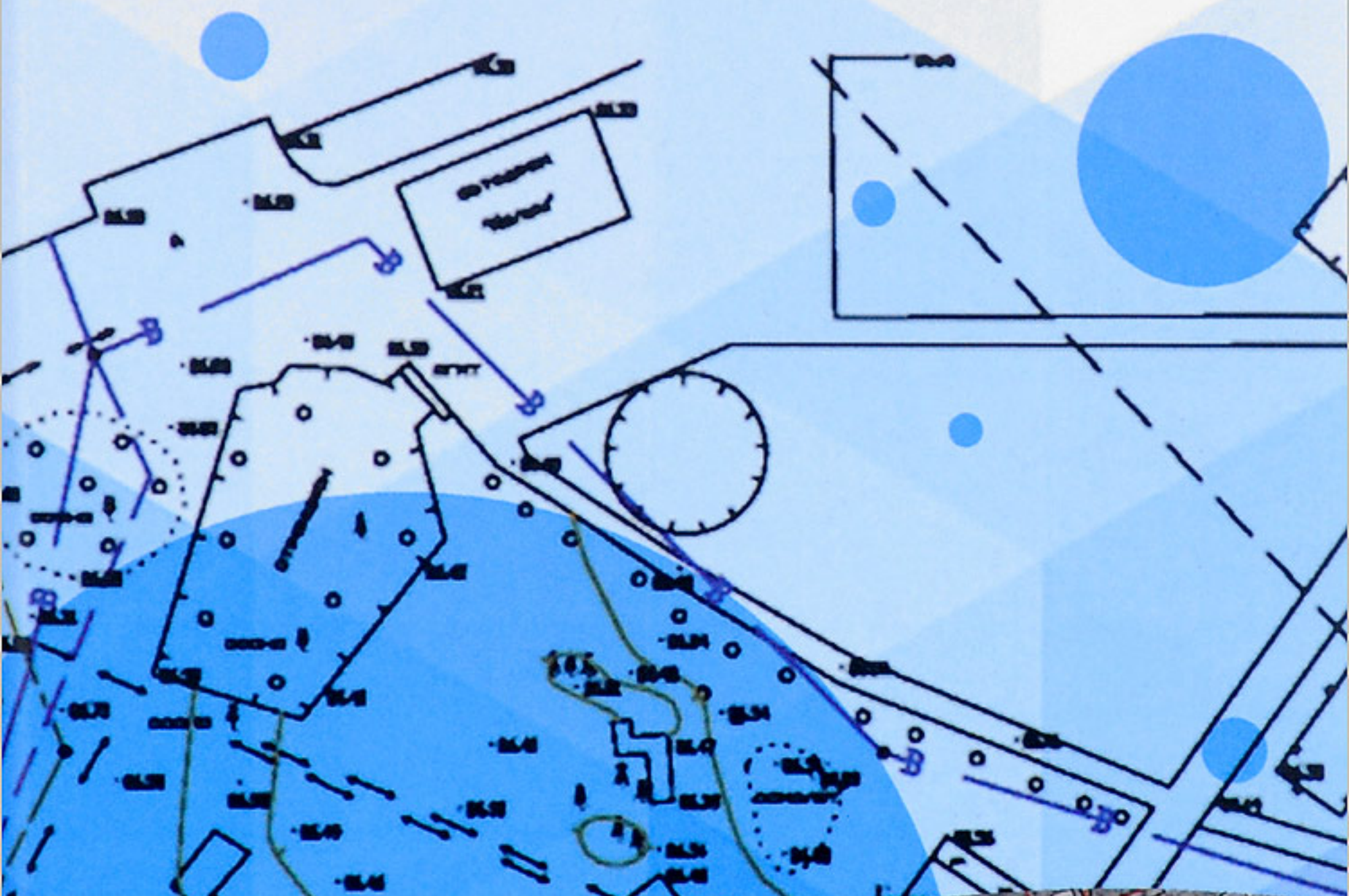


П.П. Лебедев

КАРТОГРАФИЯ



gaudeamus

Учебное пособие
для вузов

П.П. Лебедев

КАРТОГРАФИЯ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по образованию в области геодезии
и фотограмметрии в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по направлению
подготовки 21.03.03 – Геодезия и дистанционное зондирование
с присвоением квалификации (степени) «бакалавр»*

**«Академический проект»
Москва, 2020**

УДК 528.9 (681.3)
ББК 26.1
Л 33

РЕЦЕНЗЕНТ:

С.А. Сладкопелцев — д. т. н., профессор МИИГАиК

Лебедев П.П.

Л 33

Картография: Учебное пособие для вузов. — М.: Академический проект, 2020. — 153 с. — (Gaudeamus: Библиотека геодезиста и картографа).

ISBN 978-5-8291-2978-1

В учебном пособии раскрываются основные темы по общей картографии: исторические и теоретические основы картографии, элементы и виды карт, картографические проекции, генерализация, способы изображения, этапы создания географических карт, методы использования карт, геоинформационные основы, а также системы и технологии цифрового картографирования.

Для студентов и аспирантов вузов, обучающихся по специальностям «геодезия и дистанционное зондирование», «прикладная геодезия», «городской кадастр», «кадастр недвижимости», а также для научных и инженерно-технических работников, связанных с разработкой, созданием и использованием географических карт.

УДК 528.9 (681.3)
ББК 26.1

ISBN 978-5-8291-2978-1

© Лебедев П.П., 2017
© Оригинал-макет, оформление.
«Академический проект», 2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Карты благодаря своим особым информационным и познавательным свойствам сопровождают человечество и помогают ему существовать и развиваться на протяжении всей его истории и вместе с его развитием постоянно совершенствуются. Они прошли путь эволюции протяженностью более трех тысячелетий от примитивных «схем» расположения предметов местности первобытно-общественного периода через длительное становление и расцвет классических карт в эпоху «бумажных» информационных технологий до современных высокотехнологичных карт, обеспеченных цифровыми и компьютерными методами создания и анализа. С их помощью всесторонне и глубоко исследовано и продолжается освоение, использование и охрана ближнего пространства — географической оболочки, а также изучаются другие планеты и космические объекты.

Внедрение в картографическую практику цифровых технологий вывело географические карты на новый уровень пользовательских свойств, функций, возможностей и соответственно востребованности со стороны государства и общества. Сейчас трудно назвать вид деятельности, где не применяются удобные и эффективные географические карты.

Учебное пособие ориентировано на подготовку специалистов по направлениям «геодезия и дистанционное зондирование», «прикладная геодезия», «городской кадастр» и «кадастр недвижимости», которые непосредственно связаны с процессами составления карт. Поэтому важно, чтобы с его помощью у них сформировалось целостное комплексное представление о географических картах — эволюции, элементах, видах, структуре и функции, а также методах, системах и технологиях их создания, использования и распространения. С этой целью в учебном пособии логически взаимосвязаны, в доступной форме изложены и иллюстрированы необходимые и достаточные знания общей картографии, геоинформатики и цифровой картографии, дополненные методическими приложениями.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровое картографирование возникло на стыке картографии, уходящей своими корнями в глубокую древность, и молодой геоинформатики. Геоинформатика как наука о геоинформационных системах (ГИС), применяемых для работы с географической информацией, основным носителем которой являются карты, имеет в своих знаниях и разработках картографическую компоненту. Практически все виды современных ГИС так или иначе связаны с картами, которые могут быть источниками геоданных, способом их организации и формой представления, интерактивным средством редактирования и анализа их структур, конечным продуктом; в свою очередь средства ГИС ориентированы на создание и обработку карт. Таким образом, и научные основы цифрового картографирования, и знания главной составляющей этих основ — геоинформатики базируются на едином фундаменте общезначимых теоретических положений классической картографии.

РАЗДЕЛ 1. ИСТОРИЧЕСКИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАРТОГРАФИИ

Раздел включает в себя следующие темы:

- 1.1. Определение, краткая история развития и задачи картографии.
 - 1.2. Структура картографической науки и ее связи с другими науками.
 - 1.3. Основные научные понятия картографии.
-

1.1. Определение, краткая история развития и задачи картографии

Картография представляет собой отрасль научной и практической деятельности, которая занимается изучением, созданием и использованием различных видов карт и другой картографической продукции (планов, атласов, глобусов и т. д.).

Картография появилась сначала как практическая деятельность еще до появления письменности, более трех тысяч лет до н. э. Научные элементы стали применяться в картографии позже, в VIII – VII вв. до н. э. История ее развития имеет четко выраженные этапы, связанные с периодами развития науки, техники, экономики и общественных отношений [8].

Этап зарождения практической картографии приходится на эпоху первобытного общества и связывается с присвоением и использованием первобытными людьми для своего существования объектов окружающего ландшафта. Для того чтобы знать и помнить места расположения своих природных ресурсов, а также пределы принадлежащей общине территории, первобытные люди по пространственной аналогии строили примитивные карты окружающей территории, на которые наносили промысловые угодья, маршруты миграции животных, ориентиры границ и другие объекты. Эти рисунки территории с нанесенными границами и объектами промысла можно считать зачатками кадастра природных ресурсов в виде простейших карт. Общественная собственность на природные ресурсы и на территорию до появления государства и права является категорией только экономической, представляющей собой общественные отношения по поводу присвоения и примитивной производственной деятельности. Таким образом, предпосылкой зарождения карты и кадастра является необходимость иметь и хранить информацию о присвоенных в собственность территориях и расположенных на них объектах ландшафта, с тем чтобы регулировать внутри- и межобщинные отношения, упростить поиск своих промысловых угодий, планировать коллективную работу и охоту, ориентироваться в окру-

жающем пространстве, осваивать и фиксировать новые территории и ресурсы. Поскольку первобытный человек, прежде чем писать, научился рисовать на песке, глине, камнях, кости, дереве взаимное расположение предметов, для него это был единственный и, как потом оказалось, наиболее удачный способ «документальной» регистрации объектов ландшафта. До появления этого способа он пользовался «натурным» способом закрепления объектов «собственности» непосредственно на местности, который достался ему от животных, метящих присвоенные территории или объекты запахами, звуками или другими знаками.

Этап становления картографической деятельности относится к периоду 2 тыс. лет до н. э. — 100 лет н. э. включительно, начинаясь со времени появления частной собственности и, как следствия этого, образования государства в качестве инструмента для сохранения собственности и обеспечения власти над неимущими. С появлением государства и права собственность, помимо экономической, приобретает основную свою сущность — правовую. С тем периодом связаны уцелевшие до наших дней картоподобные изображения в виде глиняных табличек, принадлежащих народам древних стран Двуречья (Вавилонии, Ассирии, Урарту), обитавшим в долинах рек Тигра и Евфрата, а несколько позже в виде чертежей на папирусе, принадлежащих древним египтянам. Картоподобные изображения, соединявшие плановые и профильные очертания предметов, иногда сопровождаемые текстами, на которых показаны элементы топографии, земельные участки, городские постройки, рудники и другие объекты частной собственности, необходимы были при строительстве ирригационных сооружений, при установлении границ земельных наделов, при исчислении поземельных и других налогов, при городском и горном строительстве и для других целей. Кроме изображения небольших участков территории, содержащих кадастровую информацию, предназначенную для регулирования имущественных отношений и хозяйственных целей, в тот период появляются примитивные карты географического пространства, выходящего за рамки чисто прагматических (хозяйственных и имущественных) интересов. Достаточно сказать, что наравне с планами городов, золотых рудников, угодий и т. п. к тому периоду относятся вавилонская карта мира на глиняной табличке и греческая карта мира Анаксимандра из Милета. Картографическая деятельность начинает расширять свои географические, тематические и функциональные границы: с ее помощью открываются новые земли, новые сферы деятельности, накапливаются географические и другие сведения. Постепенно формируются первые атрибуты картографической науки — методы исследования и специальные знания. Значительные научные успехи были достигнуты в Александрии в III — I вв. до н. э., где были заложены научные основы географии,

геодезии и картографии. Глава Александрийской библиотеки Эратосфен первым выполнил градусные измерения длины земного меридиана, в своем труде «География» подробно рассмотрел вопрос о фигуре Земли, привел данные о размерах и форме ее обитаемых частей и нанес их впервые на фоне сетки параллелей и меридианов на карту. Научная картография того времени достигла своего зенита в Римской империи в начале (80-е гг.) Новой эры в трудах Клавдия Птолемея, в которых он предложил две новые картографические проекции — простую коническую и псевдоконическую, применяемые до сегодняшнего дня, методику сбора, систематизации и использования исходных данных, а также фактический материал о 8000 географических объектах, на основе которого построена карта мира и 26 карт крупных регионов Земли.

Этап развития картографических исследований и работ берет свое начало во втором столетии Новой эры и продолжается по сегодняшний день. Картография за этот исторический период превратилась в отрасль науки, техники и производства, охватывающую создание, изучение, хранение, распространение и использование карт и другой картографической продукции, оснащенную современными знаниями, методами, устройствами и технологиями. Научно-техническое совершенствование картографии сопровождалось и одновременно стимулировалось постоянным расширением пространства ее деятельности и сфер применения. Она вширь и вглубь (тематически) охватила все географическое пространство и приступила к изучению других планет и космического пространства. Сейчас трудно назвать отрасль хозяйства или вид деятельности, где не применяются карты (и картографирование). При этом картография не раздробилась на отдельные части и направления, а представляет собой целостную развивающуюся систему научных, технических и прикладных дисциплин, а также направлений практической деятельности, основанную на единых теории и методологии. Столь широкий объектный и прикладной охват картографии указывает на то, что ее методы универсальны и эффективны в отображении и изучении пространственно-временных аспектов и территориальной организации географических образований любого охвата и уровня сложности.

Современный период развития картографии отличается активным и повсеместным применением геоинформационных и других цифровых методов и технологий в практике создания, хранения, распространения и использования карт и соответственно внедрением геоинформационных знаний в систему научной картографии.

Ниже, в конце раздела, приведена хронологическая таблица значимых имен и событий в истории картографии от древнейших времен до начала ее широкой геоинформатизации.

Первая и **основная задача** картографии на **современном этапе** — обеспечение всех пользователей страны необходимыми, качественными и высокотехнологичными картами, выполнение которой, в свою очередь, зависит от решения **таких научных задач**, как разработка и внедрение новых эффективных методов и технологий картографирования, а также дальнейшего развития знаний и теоретических основ картографической науки.

1.2. Структура картографической науки и ее связи с другими науками

Современная картографическая наука состоит из дисциплин, которые специализируются:

- 1) на различных видах картографической деятельности;
- 2) на различных объектах и темах картографирования;
- 3) на различных направлениях картографирования.

В первую группу этих дисциплин входят общая теория картографии, математическая картография, редактирование и составление карт, оформление карт, издание карт, использование карт, экономика и организация картографического производства, история картографии, геоинформационное и цифровое картографирование.

Вторую группу дисциплин представляют географическая, планетная и астрономическая картографии; географическая картография в свою очередь включает в себя дисциплины по картографированию объектов Земли: общегеографическое, тематическое (компонентное), комплексное и атласное.

Третья группа включает дисциплины, специализирующиеся на создании карт для различных видов деятельности, отраслей и служб, в частности картография научная, кадастровая, экономическая, историческая, экологическая, военная, навигационная, учебная и др.

Картографическая наука непосредственно *связана* с тремя группами научных дисциплин: 1) смежными с ней методологически и технологически; 2) имеющими с ней общие объекты; 3) общенаучного характера.

Первую группу дисциплин представляют топография, геодезия, высшая геодезия, аэрофотогеодезия, фотограмметрия, дистанционное зондирование, геоинформатика, компьютерная графика, полиграфия.

Вторая группа — науки о природных комплексах, народном хозяйстве и населении; правовые науки, история, политология; управление, планирование, прогнозирование и др.

Картография также связана с такими *общенаучными* дисциплинами, как высшая математика, теория информации, информатика, теория систем, вычислительная техника, кибернетика, семиотика, психология и др.

1.3. Основные научные понятия картографии

Одним из самых применяемых традиционных понятий географической карты является определение, установленное стандартом терминов и определений картографии (ГОСТ 21667-78). В нем данное понятие трактуется как «построенное в картографической проекции, уменьшенное, обобщенное изображение поверхности Земли, показывающее расположенные на ней объекты в определенной системе условных знаков». Сегодня, когда географические карты создаются преимущественно средствами автоматизированных информационных систем, в трактовке понятия важно подчеркнуть информационную сущность карты, но при этом сохранить ее главные отличительные признаки.

С учетом сказанного, *географическая карта* представляет собой изображение информации об объектах Земли (геоинформации), построенное с применением картографической проекции, методов генерализации и графических обозначений. Объекты Земли — компоненты и комплексы географической оболочки и ее частей.

Картографическая проекция — математический закон отображения поверхности земного эллипсоида или шара на плоскости, который выражается системой уравнений, связывающих прямоугольные координаты с географическими.

Картографическая генерализация — обработка содержания исходных планово-картографических материалов с помощью методов и приемов обобщения и отбора информации и формирование содержания создаваемой карты с учетом ее масштаба, темы и назначения и географических особенностей объекта.

Картографический знак — графический носитель информации об объектах Земли; имеет три составляющие: графическую, информационную и предметную.

План — изображение информации об объектах Земли, построенное в крупном масштабе (1: 5000 и крупнее), с применением ортогональной проекции, методов генерализации и графических обозначений.

Атлас — сборник взаимосвязанных географических карт.

Цифровая карта — цифровой аналог традиционной карты, представленный в виде структур геоданных в памяти компьютера или на внешнем носителе.

Хронологическая таблица

Этапы	Даты	События и имена
I	III тыс. до н. э.	Древнейшие картографические изображения, сохранившиеся до наших дней
II	2400 – 2200 гг. до н. э.	Карта Месопотамии на глиняной табличке
	XIV в. до н. э.	Египетский план золотых приисков на папирусе
	VI в. до н. э.	Анаксимандр из Милета изготовил карту мира, первую из упоминаемых в Древней Греции
	VI – V вв. до н. э.	Пифагорейцы — учение о шарообразности Земли
	V в. до н. э.	Геродот писал о множестве известных ему изображений обитаемой Земли
III	276 – 194 гг. до н. э.	Эратосфен — первое градусное измерение; карта мира с меридианами и параллелями
	ок. 63 г. до н. э. — 20 г. н. э.	Страбон в своей «Географии» подвел итог развитию географических знаний в эллинистической Греции
	90 – 168 гг. н. э.	Клавдий Птолемей — «Руководство по географии», включавшее систематическое собрание географических карт
	IV в.	Пейтингерова таблица — римская дорожная карта
	VII – XIV вв.	Период монастырских карт в Западной Европе
	XIV – XV вв.	Портоланы — морские навигационные карты
	1472 г.	Первая известная печатная карта
	1477 г.	Первое издание «Географии» Птолемея в сопровождении карт
	XVI в.	Расцвет картографии в Западной Европе. Подробные карты Русского государства
	1542 г.	Карта Русского государства Ляцкого – Вида
	1569 г.	Меркатор (1512 – 1594) — карта мира в равноугольной цилиндрической проекции
	1595 г.	«Атлас» — систематическое собрание карт Меркатора
	ок. 1600 г.	Большой Чертеж «всему Московскому государству»
	1627 г.	Составление «Книги Большому Чертежу» — описание ко вновь вычерченному экземпляру «Большого Чертежа»
	1667 г.	«Чертеж Сибири» Петра Годунова
	1686 г.	Э. Галлей — карта ветров
	1698 г.	С. Ремезов — Чертеж всей Сибири
	XVIII в.	Начало систематических государственных съемок в России. Картографические работы в научных академических учреждениях. Использование триангуляции для картографических целей
	1701 г.	С. Ремезов — «Чертежная книга Сибири» — первый русский географический атлас
	1705 г.	Основана Гражданская типография в Москве для печатания «книг, карт и всяких листов»
	1720 г.	Начало планомерного осуществления государственной съемки России
	1731 г.	И. Кирилов — первый выпуск Атласа Всероссийской Империи
	1745 г.	«Атлас Российской» Академии Наук
	1750 – 1815 гг.	Топографическая карта Франции Кассини в масштабе 1:86 400, основанная на триангуляции
	сер. XVIII в.	Первые геологические карты
	1779 г.	Учреждена землемерная школа в Москве (в дальнейшем Межевой институт, Московский институт инженеров землеустройства (МИИЗ), а ныне Государственный университет по землеустройству (ГУЗ))
	1797 г.	Учреждено Депо карт

Этапы	Даты	События и имена
III	XIX в.	Проложение триангуляции и производство военно-топографических съемок и карт в государствах Европы; возникновение ряда отраслей специального картографирования
	1801 – 1804 гг.	Столистая карта Европейской России
	1816 г.	Начало государственной триангуляции в России
	1819 г.	Начало в России мензульных топографических съемок, основанных на триангуляции
	1822 г.	Учрежден Корпус военных топографов
	1845 г.	Основано Русское географическое общество. Начало работ по созданию трехверстной карты России
	1854 г.	Учреждено геодезическое отделение при Военной академии в С.-Петербурге
	1865 – 1871 гг.	Десятиверстная карта Европейской России
	1870 г.	Переход к изображению рельефа горизонталями на русских военно-топографических картах
	1891 г.	Решение о создании миллионной международной карты мира, принятое на международном географическом конгрессе в Берне
	XX в.	Распространение топографических съемок на все континенты. Развитие картографии в социалистических странах в целях поднятия и развития производительных сил. Государственная организация ряда отраслей специального картографирования. Усиление комплексного картографирования
	1914 г.	Комплексный Атлас Азиатской России
	15 марта 1919 г.	Декрет об учреждении Высшего геодезического управления
	1924 г.	Организация аэросъемочных работ в СССР
	1928 г.	Учрежден научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии
	1929 – 1931 гг.	Атлас промышленности СССР
	1930-е гг.	Аэрофотосъемка становится основным методом создания топографических карт; внедрение фотомеханических способов издания карт; начало массовых выпусков дорожных карт в связи с развитием автотранспорта
	1937 г.	1-й том Большого советского атласа мира
	1940 г.	Разработан эллипсоид Ф.Н. Красовского
	1941 г.	Гипсометрическая карта Европейской части СССР в масштабе 1: 1 500 000
	1945 г.	Завершение 1-го издания Государственной карты СССР в масштабе 1:1 000 000 (1940 – 1945)
	1946 г.	Постановление Совета Министров СССР о введении на территории СССР единой системы геодезических координат и высот, которая получила название системы координат 1942 г.
	1949 г.	Гипсометрическая карта СССР в масштабе 1: 2 500 000
	1950 г.	Морской атлас, т. I
	1950-е гг.	Развитие работ по комплексным атласам — национальным и региональным. Советские карты для высшей школы
	1953 г.	Морской атлас, т. II
	1954 г.	Атлас мира (изд. ГУГК при СМ СССР)
1956 г.	Геологическая карта СССР в масштабе 1:2 500 000	
1960 г.	Климатический атлас СССР, т. I	
1960 г.	Атлас сельского хозяйства СССР	

Этапы	Даты	События и имена
III	1960 г.	Карта растительности СССР в масштабе 1:10 000 000
	1960 г.	Карта лесов СССР в масштабе 1: 10 000 000
	1960 г.	Зоологическая карта СССР в масштабе 1:10 000 000
	1960 г.	Почвенная карта СССР в масштабе 1:10 000 000
	1962 г.	Климатический атлас СССР
	1964 г.	Атлас народов мира
	1964 г.	Физико-географический атлас мира
	1964 – 1976 гг.	Общегеографическая карта мира 1:2 500 000
	1966 г.	Тектоническая карта СССР в масштабе 1:2 500 000
	1967 г.	Атлас мира
	1967 г.	Атлас развития хозяйства и культуры СССР
	1968 – 1977 гг.	Государственная геологическая карта в масштабе 1:50 000
	1970 г.	Гидрогеологическая карта СССР в масштабе 1: 2 500 000
	1970 г.	Авиационно-климатический атлас СССР
	1972 г.	Агроклиматический атлас мира
	1972 г.	Атлас образования и развития Союза ССР
	1973 г.	Атлас лесов СССР
	1974 г.	Атлас мирового водного баланса
	1974 – 1980 гг.	Атлас океанов в 3 т.
	1977 – 1982 гг.	Атлас геологических и геофизических карт СССР
	1977 г.	Карта населения СССР в масштабе 1:2 500 000
	1979 г.	Учебный атлас мира
	1981 г.	Атлас миграции птиц СССР
	1982 г.	Атлас железных дорог СССР
	1982 г.	Гидрохимическая карта СССР в масштабе 1:10 000 000
	1983 г.	Атлас гидрологических и инженерно-геологических карт СССР
	1985 г.	Атлас ресурсов термальных вод СССР
	1985 г.	Атлас СССР
	1985 г.	Базовая карта промышленности СССР в масштабе 1:25 000
	1985 г.	Ландшафтная карта СССР в масштабе 1:25 000 000
	1986 г.	Земельные угодья мира в масштабе 1:15 000 000
	1986 г.	Почвенная карта мира в масштабе 1:15 000 000
	1987 г.	Геоморфологическая карта СССР в масштабе 1:2 500 000
1988 г.	Географические пояса и зональные типы ландшафтов мира в масштабе 1:15 000 000	
1989 г.	Атлас земельных угодий СССР	
1989 г.	Карта с.-х. районирования СССР в масштабе 1:4 000 000	
1989 г.	Карты полезных ископаемых в масштабе 1:500 000, 1:1 000 000, 1:1 500 000	
1990 г.	Карта растительности СССР в масштабе 1:4 000 000	
1990 г.	Гидрохимический атлас СССР	
1991 г.	Атлас геолого-картографической изученности территории СССР	
1991 г.	Карта лесов СССР в масштабе 1:2 500 000	
1991 г.	Атлас горючих сланцев СССР	
1995 г.	Геологический атлас России	
1995 г.	Атлас автомобильных дорог России	
1996 г.	Эколого-географическая карта РФ в масштабе 1:4 000 000	
IV	1996 г.	Компьютерный атлас нефтегазоносности недр России
	1997 г.	Электронный атлас «Наша Земля»
	1998 г.	Атлас природы и ресурсов Земли
	2008 г.	Национальный атлас России в 4 т.

РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕМЕНТЫ И ВИДЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

В разделе рассматриваются темы:

- 2.1. Элементы географических карт.
 - 2.2. Виды географических карт.
 - 2.3. Топографические карты.
 - 2.4. Кадастровые карты.
-

■ 2.1. Элементы географических карт

Географические карты состоят из трех основных частей: легенды, картографического изображения, дополнительных и вспомогательных сведений.

Легенда карты состоит из двух частей: текстовой или числовой и графической. Главным из этих двух частей является картографическое изображение, однако, учитывая тот факт, что его создание и «чтение» постоянно зависят от легенды карты, ее правомерно считать первичной и рассматривать первой.

Первая часть — это состав элементов информации карты, представленный, как правило, в виде классификационной системы, а вторая часть — система графических обозначений, из которых построено изображение на карте, *однозначно соответствующая* первой системе. Вместе они называются также системой условных обозначений.

Картографическое изображение — сложное составное образование, в котором есть видимая составляющая (форма, состоящая из графических обозначений) и содержательная составляющая (информация об объекте). Изображение на **тематической карте** включает в себя математическую основу, географическую основу и тематическое содержание, а на **общегеографической карте** — математическую основу и содержание.

Математическая основа обоих видов карт состоит из следующих элементов: главного масштаба, картографической проекции и сетки, опорных точек, компоновки карты. Топографическая карта дополнительно включает в себя сетку прямоугольной системы координат, геодезические пункты, разграфку, номенклатуру и минутную рамку.

Географическая основа тематической карты и содержание общегеографической карты включают в себя общегеографические компоненты территории (гидрографию, населенные пункты, пути сообщения, рельеф и др.), состав, характеристики и детальность отображения которых в первом случае зависят от темы карты, а во втором случае — только от масштаба. Географическая основа тема-

тических карт масштабов 1:1 000 000 и крупнее называется топографической основой.

Третья часть — это сведения, которые дополняют содержание карты или помогают пользователю работать с картой. Дополнительные сведения могут быть представлены в виде карт-врезок, фотокарт, картосхем, аэро- и космоснимков, блок-диаграмм, диаграмм, графиков, фотографий, рисунков, таблиц, текстов и т. д. и т. п. В качестве примеров вспомогательных сведений можно назвать график (шкалу) заложений на топографической карте или таблицу с номерами и названиями районов на административной карте субъекта Федерации.

2.2. Виды географических карт

Ориентироваться в океане произведенных за тысячелетия карт помогает их научная классификация на основе различных признаков, основными из которых считаются главный масштаб, территориальный охват, содержание и назначение.

По главному масштабу все географические карты подразделяются на три основные группы: крупномасштабные (от 1:2000 до 1:200 000), среднемасштабные (от 1:200 000 до 1:1 000 000), мелкомасштабные (мельче 1:1 000 000).

По территориальному охвату выделяют следующие виды карт: карты мира (охватывают всю поверхность Земли); карты полушарий (южного и северного, восточного и западного); карты материков и карты океанов; карты регионов (крупных физико-географических областей или групп государств, или групп морей); карты государств. В отношении Российской Федерации — это карты административных округов, субъектов Федерации, муниципальных образований, кадастровых блоков, массивов, кварталов и т. д. вплоть до земельного участка.

По содержанию все географические карты делятся на две группы: общегеографические и тематические.

Группа *общегеографических карт* подразделяется на три подгруппы: топографические (от 1:2000 до 1:1 000 000 включительно), обзорно-топографические (от 1:1 000 000 до 1:2 500 000), обзорные (мельче 1:2 500 000).

Тематические карты делятся на два класса: карты природного комплекса и карты социально-экономического комплекса. Первый класс в свою очередь делится на соответствующие компонентам природного комплекса тематические группы карт: геофизические, геологические, геоморфологические и рельефа, почвенные, геоботанические, климатические и метеорологические, гидрологические, океанологические, зоологические, ландшафтные и экологические. Каждая тематическая группа природных карт включает в себя множество карт, содержащих информацию по конкретной теме.

Например, в группу почвенных карт входят карты почвенных разновидностей, почвенных районов, почвенно-литологические, почвенно-мелиоративные, мощности горизонтов почв, кислотности почв, содержания подвижного фосфора, содержания обменного калия, эрозии почв, почвенно-экологические, агропроизводственной группировки почв, бонитетов почв и некоторые другие.

Второй класс в соответствии с компонентной структурой социально-экономического комплекса подразделяется на следующие тематические группы карт: населения, здравоохранения, образования и науки, культуры, жилищно-коммунального хозяйства, рекреации, туризма и спорта, земель и других природных ресурсов, а также промышленности, строительства, сельского хозяйства, лесного хозяйства, рыбного и охотничьего хозяйства, торговли, транспорта, связи и телекоммуникаций, информационных ресурсов, финансов, инвестиций, исторические, политические.

Пример перечня конкретных тем карт в тематической группе сельского хозяйства: природные условия сельского хозяйства, социально-экономические факторы сельского хозяйства, использование земель, экономические показатели сельского хозяйства, растениеводство, структура и урожайность культур, животноводство, структура и поголовье стада, сельскохозяйственные районы и многие другие.

По назначению, а именно по разнообразию пользователей, карты можно подразделять на группы общего, широкого и специального назначения. К группе *общего назначения* относятся карты, которыми пользуются практически все виды пользователей, например, топографические и кадастровые карты; к группе *широкого назначения* можно отнести навигационные, синоптические, почвенные, административные, экологические карты. *Специальные карты* используются в конкретных видах деятельности и отраслях: проектировании, планировании, управлении, строительстве, научных исследованиях, образовании, туризме, военном деле и др.

2.3. Топографические карты

На пересечении группы общегеографических карт и группы карт общего назначения находится особая разновидность географических карт, которые называются топографическими. Их прежде всего отличает содержание — сведения о предметах основных географических компонентов территории; полнота и детальность характеристик, а также точность локализации предметов; за это их называют *базовыми картами*. Как следствие этого их отличает назначение — самое широкое разнообразие функций и пользователей. Топографические карты имеют статус государственных, создаются по единым норма-

тивными, методическим и технологическим документам, а также в единых системах геодезических координат, картографической проекции, системе разграфки и номенклатуры, системах классификации и условных знаков предметов территорий.

Топографические карты содержат разнообразные сведения о следующих компонентах территории: населенных пунктах, промышленных, сельскохозяйственных и социально-культурных объектах, железных дорогах и сооружениях при них, шоссейных, грунтовых дорогах и тропах, гидрографии, рельефе, растительном покрове и грунтах, границах и ограждениях. Для обеспечения гибкости в соотношении уровня детальности и точности изображения предметов и уровня территориального охвата предметов они создаются в девяти масштабах, от 1:2000 до 1:1 000 000.

Полный масштабный ряд топографических карт следующий: 1:2000, 1:5000, 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000. Из них карты масштабов 1:200 000, 1:500 000 и 1:1 000 000 относятся к подгруппе обзорно-топографических, несколько уступающих основной подгруппе в точности и детальности, но ввиду большего охвата лучше показывающих географические закономерности и особенности территории.

Топографические карты, за исключением карты 1:1 000 000, создаются в проекции равноугольной поперечно-цилиндрической Гаусса — Крюгера, причем карты 1:2000 и 1:5000 с зоной 3°, а остальные — с зоной 6°. «Миллионная» карта создается в видоизмененной простой поликонической проекции. Все топографические карты являются многолистными — в определенной системе разделенными на листы. Система разграфки и номенклатуры топографических карт основана на разграниченности международной карты масштаба 1:1 000 000 на меридианные колонны (размером 6° и обозначаемые номерами), широтные ряды или полосы (размером 4° и обозначаемые латинскими буквами). Подробно данная тема изложена в параграфе 3.8. Рамками листов карт масштабов от 1:2000 и до 1:500 000 являются прямые линии меридианов и параллелей, образующие равно-сторонние трапеции. Кроме них картографическую сетку на листах карт представляют выходы меридианов и параллелей, нанесенные на их минутных рамках.

Кроме картографической сетки на листах топографических карт представлена сетка прямоугольной системы координат зоны. Листы миллионной карты ограничены прямыми линиями меридианов и параллелями в виде окружностей, между крайними меридианами расположены еще 5 меридианов, а между крайними параллелями — 3 параллели.

Отметим также, что важными элементами математической основы этих карт и одновременно их содержания являются пункты го-

сударственной геодезической сети 1, 2, 3 и 4-го классов и пункты сетей местного значения.

Топографические карты используются в инженерных изысканиях и проектировании объектов промышленности, транспорта, связи и др., при организации и проведении геодезических, кадастровых, землеустроительных и лесоустроительных работ, при планировании и проектировании развития и строительства городов и других населенных пунктов, в территориальном планировании, в прогнозировании и планировании развития экономики, социальной сферы и регионов, в разнообразных отраслевых и комплексных исследованиях природных и социально-экономических систем и их взаимодействия, для организации и проведения съемок (геофизических, геологических, геоморфологических, почвенных и др.), в проведении экологического и других видов мониторинга, при планировании охраны природных ресурсов и окружающей среды, при прогнозировании чрезвычайных ситуаций, в качестве основы и источника информации в тематическом картографировании.

2.4. Кадастровые карты

Карты (планы), создаваемые для целей государственного кадастра недвижимости (ГКН), называются *картографической основой кадастра*, а карты, создаваемые по его данным, называются *кадастровыми*. Первые необходимы для составления кадастровых карт, а также для ведения ГКН. В качестве основы кадастра используются фотокарты (фотопланы) масштаба 1:5000, созданные по данным дистанционного зондирования (аэрокосмической съемки), с разрешающей способностью 0,5 м в картографической проекции и системе координат, установленных для ведения ГКН, а также не содержащие сведений, отнесенных к гостайне. Они создаются на территории кадастровых округа, района, квартала и обновляются не реже одного раза в три года. Кроме фотокарт в качестве основ в кадастре используются векторные цифровые топографические карты (планы), создаваемые в государственной системе координат, в масштабах и с периодичностью обновления, зависящих от сложности и изменчивости территории.

Вторая группа включает в себя следующие виды картографических документов: публичные и дежурные кадастровые карты, а также кадастровые карты территорий муниципальных образований и субъектов РФ. Публичные кадастровые карты создаются для неограниченного круга пользователей и должны содержать следующий состав сведений: границы единиц кадастрового деления; государственную границу РФ; административные границы субъектов РФ, муниципальных образований и населенных пунктов; правовые гра-

ницы зон с особыми условиями использования территорий и земельных участков; контуры зданий, сооружений, объектов незавершенного строительства (ОНС) на земельных участках; номера единиц кадастрового деления, кадастровые номера земельных участков, зданий, сооружений и ОНС; сведения о форме собственности на земельные участки, здания, сооружения и ОНС; кадастровую стоимость земельных участков, зданий, сооружений и ОНС; площадь земельных участков, зданий; границы территориальных зон; разрешенное использование земельных участков. На дежурных кадастровых картах, предназначенных для кадастрового учета и ведения ГКН, кроме сведений публичных карт должны содержаться сведения об объектах, имеющих временный характер, а также пункты опорной межевой сети.

На кадастровых картах территорий муниципальных образований и субъектов РФ, предназначенных соответственно для органов местного самоуправления и органов исполнительной власти субъектов, должен содержаться перечень сведений дежурных карт в полном объеме.

В соответствии с основными классификациями географических карт кадастровые карты по содержанию являются тематическими, по назначению публичные карты — общего назначения, а дежурные и территориальные карты — специального назначения (соответственно для кадастра и органов управления).

РАЗДЕЛ 3. ТЕОРИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

В разделе рассматриваются темы:

- 3.1. Основные понятия теории картографических проекций.
 - 3.2. Классификация картографических проекций (КП).
 - 3.3. Формулы частного масштаба длин, масштаба площадей, искажения углов.
 - 3.4. Нормальные цилиндрические проекции (НЦП).
 - 3.5. Нормальные конические проекции (НКП).
 - 3.6. Азимутальные проекции.
 - 3.7. Проекции топографических карт и планов.
 - 3.8. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов.
-

3.1. Основные понятия теории картографических проекций

Картографическая проекция — математический закон отображения поверхности земного эллипсоида (или шара) на плоскости, который выражается системой уравнений, связывающих прямоугольные координаты с географическими. Общие формулы уравнений имеют вид:

$$\begin{aligned} X &= f_1(\varphi, \lambda), \\ Y &= f_2(\varphi, \lambda). \end{aligned}$$

Картографическая сетка — отображенная по формулам картографической проекции, построенная и графически изображенная на плоскости сетка географической системы координат.

Географическая система координат служит для определения положения точки на поверхности земного эллипсоида или шара значениями угловых величин широты и долготы. **Широта** — географическая координата, которая определяется значением угла между плоскостью экватора и направлением нормали к поверхности референц-эллипсоида или отвесной линии в данной точке. **Долгота** — географическая координата, которая определяется двугранным углом, заключенным между плоскостями, проходящими через начальный меридиан и меридиан данной точки. Географические координаты могут быть геодезическими и астрономическими. В случае использования при определении географических координат **нормали** к поверхности эллипсоида координаты называются геодезическими и обозначаются B и L ; а в случае применения **отвесной линии** к поверхности эллипсоида они называются **астрономическими** и обозначаются φ и λ . **Параллель** — линия, соединяющая точки одинаковых значений широты; **мериди-**

ан — линия, соединяющая точки равных значений долготы. Сеть параллелей и меридианов (как правило, регулярная) на эллипсоиде или шаре называется **сеткой географической системы координат** или **географической сеткой**.

Масштабы: **частный масштаб длин**, μ — отношение бесконечно малого отрезка в любой точке карты к соответствующему

бесконечно малому отрезку на поверхности эллипсоида $\mu = \frac{dS'}{dS}$

и является функцией географических координат и азимута, $\mu = f_3(\varphi, \lambda, \alpha)$; **главный масштаб** μ_0 — частный масштаб длин на главных элементах картографической сетки (например, на осевом меридиане в проекции равноугольной поперечно-цилиндрической (РПЦ) Гаусса — Крюгера, на средней параллели в проекциях нормальных конических или в точке полюса в нормальных азимутальных проекциях), на которых μ не изменяется (используется для обозначения общего масштаба карты, а также для определения искажения длин); **частный масштаб длин по меридиану** — m ; **частный масштаб длин по параллели** — n ; **масштаб площадей** p — отношение бесконечно малой трапеции в любой точке карты к соответствующей бесконечно малой трапеции на эллипсоиде,

$$p = \frac{dF'}{dF} = f_4(\varphi, \lambda).$$

Картографические проекции отображают длины отрезков, площади плоских фигур и горизонтальные углы с искажениями, которые измеряются соответствующими величинами: **искажения длин** — $v_\mu = (\mu - 1) \cdot 100\%$, где за 1 принято значение μ_0 ; **искажения площадей** — $v_p = (p - 1) \cdot 100\%$, где $1 = p_0$, **искажение углов** — $\omega = \Delta\alpha_{\max} = \alpha - \alpha'$, где α и α' — азимуты на эллипсоиде и на карте соответственно.

Эллипс искажений — закон распределения значений μ в любой данной точке карты в зависимости от азимута α ; закон описывается математически и изображается графически эллипсом (рис. 1); частным случаем эллипса, когда при равноугольном отображении значения частного масштаба по всем направлениям равны, является окружность. Формула закона основана на понятии *главных направлений*. Главные направления — это два взаимно перпендикулярных направления на карте (X, Y), значения частного масштаба длин по которым являются экстремальными (по одному — максимальным, $\mu = a$, а по другому — минимальным, $\mu = b$).

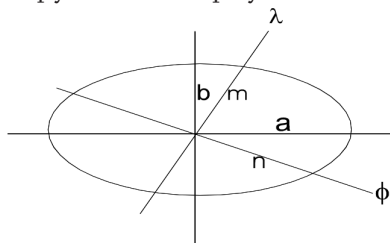


Рис. 1

В проекциях с ортогональными сетками $b = m$ и $a = n$.

Изокола — линия, построенная на картографической сетке, соединяющая точки с равными значениями искажений $v_{\mu'}$, $v_{\rho'}$, ω ; изоколы, так же как эллипсы искажений, применяются для изображения распределения значений искажений проекции на картах. Используются такие изображения при выборе проекций и для введения поправок в измеренные по картам значения длин, площадей и углов.

3.2. Классификации картографических проекций (КП)

Картографические проекции можно классифицировать по различным признакам, главными из которых являются: вид нормальной картографической сетки, характер (вид) искажений, положение полюса сферической системы координат.

На основании первого признака все КП подразделяются на **цилиндрические**, **конические** и **азимутальные** проекции и сходные с ними псевдоцилиндрические, псевдоконические и поликонические. Формулы цилиндрических проекций могут быть проиллюстрированы геометрически в виде цилиндра (рис. 7, а), описывающего эллипсоид и касающегося его поверхности по линии экватора или по линиям двух близких к нему параллелей (рис. 8).

Цилиндрические проекции образуют картографическую сетку прямоугольной формы (рис. 2, а). В псевдоцилиндрических проекциях параллели совпадают с цилиндрическими, а меридианы — дуги, симметричные относительно среднего меридиана (рис. 2, г).

Конические проекции иллюстрируются конусом, касающимся поверхности эллипсоида по линиям одной или двух параллелей (рис. 13, а); образуют сетку, меридианы которой — прямые линии, сходящиеся в общем центре, а параллели — дуги концентрических окружностей (рис. 2, б). В псевдоконических проекциях параллели совпадают с коническими, а меридианы являются дугами, симметричными относительно среднего меридиана (рис. 2, г). В поликонических проекциях параллели — дуги разноцентровых окружностей, а меридианы — кривые, симметричные относительно среднего меридиана, иногда имеющие точку перегиба (рис. 2, е).

Азимутальные проекции иллюстрируются плоскостью, которая

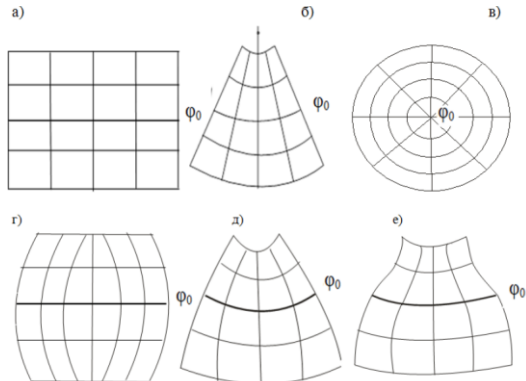


Рис. 2

касается эллипсоида в точке полюса и образует сетку, параллели которой — концентрические окружности, а меридианы — прямые, пересекающиеся в точке полюса (рис. 2, в).

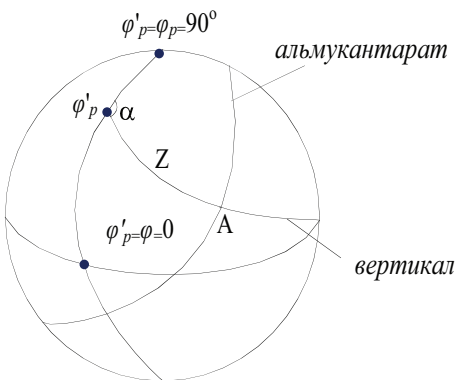
По характеру искажений различают **равноугольные**, **равновеликие** и **равнопромежуточные** проекции. *Равноугольные* проекции не искажают горизонтальные углы, но существенно искажают площади; главным условием получения этих проекций является равенство частных масштабов по всем направлениям, в том числе по параллелям и меридианам, $\mu = n = m$.

Равновеликие проекции не искажают площади, но существенно искажают углы. Главное условие этих проекций — во всех точках карты $p = 1$.

Равнопромежуточные проекции являются самым распространенным вариантом проекций, который называют произвольным. В них присутствуют все виды искажений, но их значения небольшие; главное условие этих проекций — частный масштаб длин по одному из главных вариантов направлений является постоянным.

Картографическая проекция, которая непосредственно (без использования вспомогательной сферической системы координат) отображает сетку географической системы координат, и образуемая ею картографическая сетка называется **нормальными**; в нормальных проекциях географическая и используемая полярная сферическая системы и соответственно их полюсы совпадают ($\varphi'_p = \varphi_p = 90^\circ$).

Картографическая проекция, в которой используется полярная сферическая система координат с полюсом, расположенным относительно географической системы координат на ее экваторе ($\varphi'_p = \varphi_p = 0^\circ$), называется **поперечной**. Картографическая проекция, в которой используется полярная сферическая система с полюсом, расположенным между географическим полюсом и экватором ($0^\circ < \varphi'_p < 90^\circ$), называется **косой**. Пример полярной сферической системы, используемой в поперечных и косых проекциях, изображен на рис. 3. Положение



точки A в системе определяется азимутом, который равен двугранному углу между плоскостями начального вертикала и вертикала, проходящего через точку A , а также зенитным расстоянием Z , равным длине дуги вертикала от полюса p' до точки A . Малые круги, перпендикулярные к вертикалам, называются **альмукунтаратами**.

3.3. Формулы частного масштаба длин, масштаба площадей, искажения углов

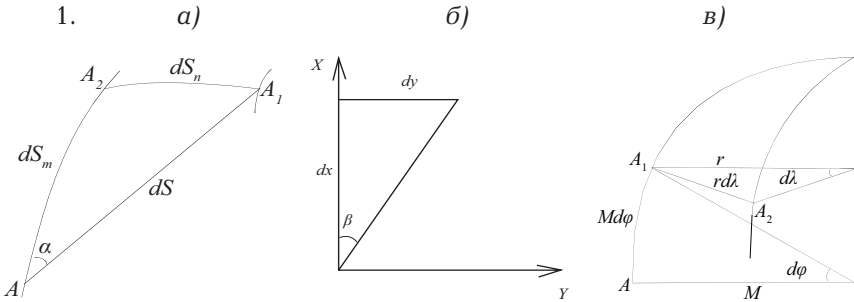


Рис. 4

Из бесконечно малого сфероидического треугольника AA_1A_2 на эллипсоиде (рис. 4, а) бесконечно малый отрезок $dS = \sqrt{dS_m^2 + dS_n^2}$; из соответствующего ему плоского треугольника (рис. 4, б) на карте $dS' = \sqrt{dx^2 + dy^2}$. Из треугольников на рис. 4, а и 4, в $dS_n = rd\lambda$, $dS_m = Md\varphi$, где r — радиус параллели, а M — радиус кривизны меридиана. Подставив в общую формулу частного масштаба длин $\mu = \frac{dS'}{dS}$ полученные выражения, имеем

$$\mu^2 = \frac{dx^2 + dy^2}{dS_m^2 + dS_n^2} = \frac{dx^2 + dy^2}{M^2 d\varphi^2 + r^2 d\lambda^2} \quad [2]$$

После дифференцирования и замен получим развернутую формулу частного масштаба длин:

$$\mu^2 = \frac{e}{M^2} \cos^2 \alpha + 2 \frac{f}{Mr} \cos \alpha \cdot \sin \alpha + \frac{g}{r^2} \sin^2 \alpha,$$

где e, f, g — коэффициенты Гаусса; M — радиус кривизны меридиана; r — радиус параллели; α — азимут отрезка AA_1 . Если $\alpha = 0^\circ$ (180°), то из данного выражения получается формула частного масштаба по меридиану: $m = \frac{\sqrt{e}}{M}$, а если $\alpha = 90^\circ$ (270°), то получится формула масштаба по параллели: $n = \frac{\sqrt{g}}{r}$. Для шара $\mu = m^2 \cos^2 \alpha + n^2 \sin^2 \alpha$.

Обобщенный вариант формулы частного масштаба длин имеет вид:

$$\mu = m^2 \cos^2 \alpha + mn \cos i \sin 2\alpha + n^2 \sin^2 \alpha. \quad (1)$$

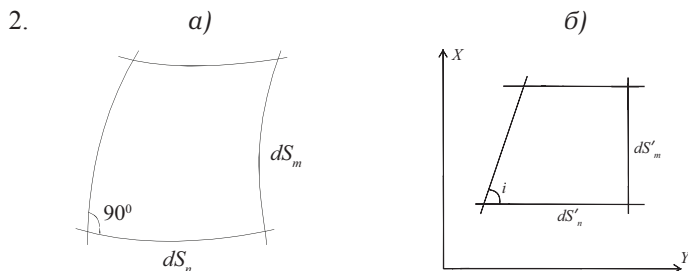


Рис. 5

Из рис. 5, а и 5, б площадь бесконечно малой трапеции на эллипсоиде $dF = dS_m \cdot dS_n$, а площадь соответствующей трапеции на карте $dF' = dS'_m \cdot dS'_n \sin i$, где i — угол между стороной и основанием трапеции. Подставив эти выражения в общую формулу масштаба площадей $p = \frac{dF'}{dF}$, получим $p = \frac{dS'_m \cdot dS'_n \cdot \sin i}{dS_m \cdot dS_n} = \left(\frac{dS'_m}{dS_m}\right) \cdot \left(\frac{dS'_n}{dS_n}\right) \cdot \sin i$ [1]. Зная, что отношения в скобках есть частные масштабы m и n , окончательная формула масштаба площадей получит вид:

$$p = mn \sin i. \tag{2}$$

Для проекций с ортогональной сеткой $p = mn$.

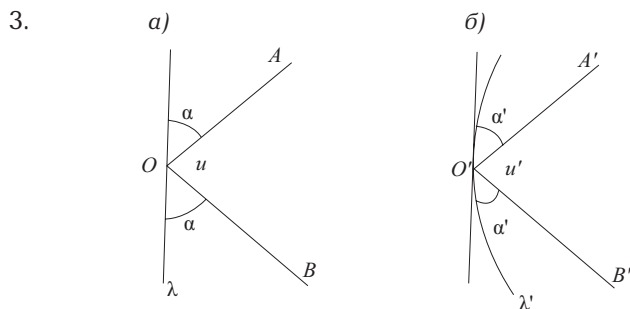


Рис. 6

Для получения формулы искажения углов воспользуемся рисунками (рис. 6, а, б) отрезков на эллипсоиде (OA и OB) и на плоскости ($O'A'$ и $O'B'$), имеющих азимуты соответственно α и α' и образующих углы u и u' . Из рисунков $u = 180 - 2\alpha$ и $u' = 180 - 2\alpha'$. Тогда искажения угла $u' - u = \Delta u = 2(\alpha - \alpha')$, или $\frac{\Delta u}{2} = \alpha - \alpha'$. Согласно формуле азимута в проекции с ортогональной сеткой [2] $\operatorname{tg} \alpha' = \frac{n}{m} \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha \frac{b}{a}$. После тригонометрических преобразований:

$$\sin(\alpha - \alpha') = \sin \frac{\Delta u}{2} = \frac{(a - b) \sin(\alpha + \alpha')}{(a + b)}.$$

В этом выражении Δu будет максимальным и обозначаться буквой ω при условии, если $\sin(a + a') = 1$, из чего следует, что $\sin \frac{\omega}{2} = \frac{a-b}{a+b}$. Для проекции с ортогональной сеткой эта формула имеет вид:

$$\sin \frac{\omega}{2} = \frac{|m-n|}{m+n}. \tag{3}$$

3.4. Нормальные цилиндрические проекции (НЦП)

Общие формулы и свойства НЦП

На рис. 7, а представлена геометрическая иллюстрация нормальных цилиндрических проекций с одной главной параллелью ($\varphi_0 = 0^\circ$).

Картографическая сетка этой проекции дана на рис. 7, б, из которого следует, что

$$x = f(\varphi); y = \beta\lambda,$$

где β — константа, значение которой зависит от радиуса главной параллели, $\beta = r_0$.

Из рис. 7, в, г: $m = \frac{dx}{Md\varphi}$; $n = \frac{dy}{rd\lambda} = \frac{\beta}{r}$.

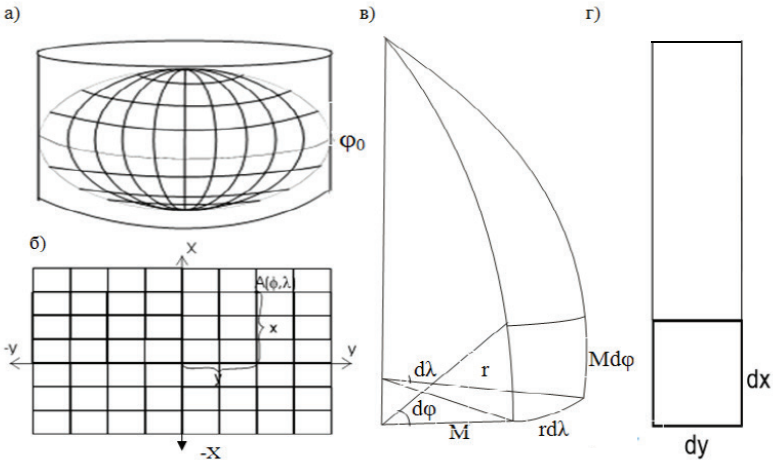


Рис. 7

Искажения в данном классе проекции зависят от φ , но на главных параллелях они отсутствуют. Если $\varphi_0 = 0$, то НЦП применяют для

крупномасштабного картографирования территорий, расположенных по обе стороны (южнее и севернее) экватора, в пределах полосы шириной $6^{\circ} - 7^{\circ}$, и вытянутых вдоль него (рис. 8, а); если проекция имеет две главные параллели (расположенные на краях этой полосы), то зона с небольшими значениями искажений увеличивается примерно в два раза, до $12^{\circ} - 14^{\circ}$ (рис. 8, б). Кроме того, данный класс проекций применяют для обзорных (мелкомасштабных) карт мира.

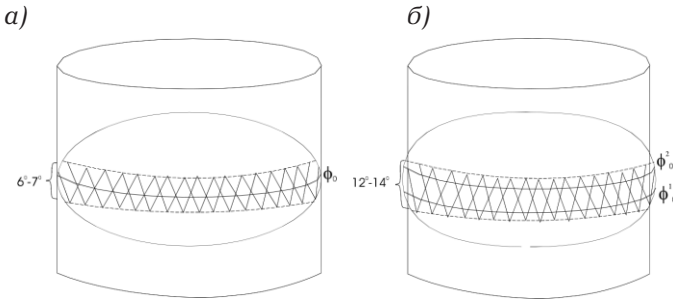


Рис. 8

Равноугольные проекции (Меркатора)

Полная расчетная формула $x = f(\varphi)$ данной проекции выводится при условии $m = n$ в следующей последовательности [2].

Подставив в равенство $m = n$ правые части общих формул m и n , получить $\frac{dx}{M d\varphi} = \frac{\beta}{r}$, тогда $dx = \frac{\beta M}{r} d\varphi$.

Записать формулу в виде интеграла $x = \beta \int \frac{M d\varphi}{r}$.

После его определения $x = \frac{\beta}{Mod} \lg U + C$,

где $Mod = \ln(e)$ — модуль перехода от натуральных логарифмов к десятичным; e — эксцентриситет эллипсоида; $\lg U$ выбирается из специальной таблицы по значениям φ ; C — постоянная интегрирования, которая при совмещении оси Y с экватором равна 0.

Расчетная формула y совпадает с общей формулой — $y = \beta \lambda$.

Формулы равноугольных проекций

$$x = \frac{\beta}{Mod} \lg U; y = \beta \lambda; p = mn = m^2 = n^2; n = \frac{\beta}{r}; \omega = 0.$$

Картографическая сетка и эллипсы искажений, представляющие собой окружности, в этой проекции показаны на рис. 9. Поскольку в ней не искажаются горизонтальные углы, то равноугольные цилиндрические проекции применяются для морских навигационных карт, на которых удобно наносить курс движения судна в виде прямых линий, называемых *локсодромиями*.

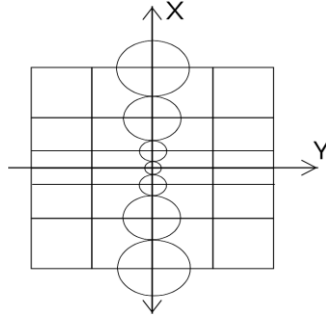


Рис. 9

Локсодромия — соединяющая две точки прямая на карте (рис. 10, б), которой на поверхности эллипсоида или шара соответствует линия, пересекающая меридианы под одним и тем же углом α (рис. 10, а).

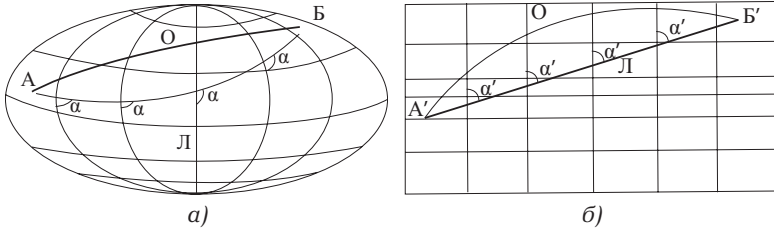


Рис. 10

Равновеликие проекции

Развернутая формула $x = f(\varphi)$ в данной проекции выводится при условии $p = 1$, $m = \frac{l}{n}$ следующим образом [2].

Подставив в равенство $m = \frac{l}{n}$ значения m и n из общих формул проекции, получим

$$\frac{dx}{Md\varphi} = \frac{r}{\beta}, \text{ тогда } dx = \frac{Mr}{\beta} d\varphi;$$

преобразовав последнюю формулу для шара (поскольку данный класс проекций применяется только для обзорных карт), находим

$$dx = \frac{R^2 \cos \varphi}{\beta} d\varphi,$$

где R — радиус земного шара.

Проинтегрировав полученное выражение $x = \frac{R^2}{\beta} \int \cos \varphi d\varphi$, находим $x = \frac{R^2}{\beta} \sin \varphi + C$. Поскольку ось Y совмещена с экватором, то $C = 0$.

Как и в равноугольной проекции, y определяется по формуле

$$y = \beta \lambda.$$

Формулы равновеликих проекций

$$x = \frac{R^2}{\beta} \sin \varphi, y = \beta \lambda, \beta = r_0, m = \frac{l}{n}, n = \frac{\beta}{r}, \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\omega}{4} \right) = n.$$

Сетка и эллипсы искажений данного класса проекций имеют вид, показанный на рис. 11. Площади всех эллипсов в данной проекции равны.

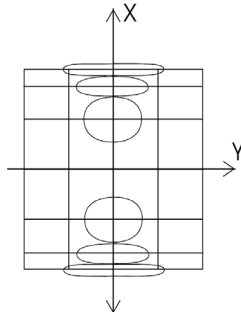


Рис. 11

Равнопромежуточные проекции

Конкретная формула $x = f(\varphi)$ данного класса проекций выводится из условия $m = 1$ [2].

Подставив значение m из общих формул проекций, имеем

$$\frac{dx}{M d\varphi} = 1;$$

преобразовав для шара, получим $dx = R d\varphi$.

После интегрирования последнего выражения $x = R\varphi + C$.

Поскольку ось Y совмещена с экватором, $C = 0$.

Как и в других цилиндрических проекциях, y определяется по формуле $y = \beta\lambda$.

Формулы равнопромежуточных проекций

$$x = R\varphi; \quad y = R\lambda; \quad n = p, \quad m = 1; \quad \sin \frac{\omega}{2} = \frac{m-n}{m+n}.$$

Сетка и эллипсы искажений данной проекции изображены на рис. 12.

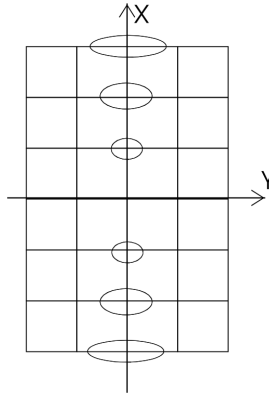


Рис. 12

3.5. Нормальные конические проекции (НКП)

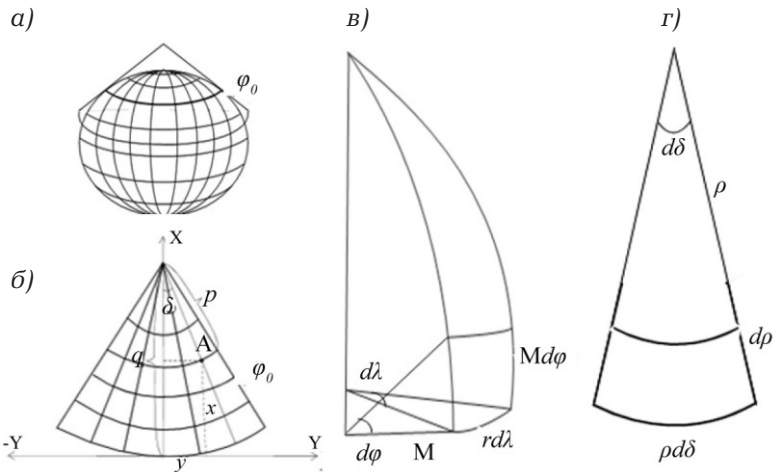


Рис. 13

Общие формулы и свойства НКП

На рис. 13, а показан геометрический смысл нормальных конических проекций с одной главной параллелью. Картографическая сетка, образованная данной проекцией, изображена на рис. 13, б, из которого следует, что

$$\rho = f(\varphi), \delta = \alpha\lambda,$$

где α — параметр, который в конических проекциях меньше 1 и зависит от φ_0 ($\alpha = 0$ в цилиндрической проекции, $\alpha = 1$ в азимутальных проекциях).

Из рис. 13, в, г (знак "—" обозначает обратную зависимость между ρ и φ):

$$m = -\frac{d\rho}{M d\varphi}, n = \frac{\rho d\delta}{r d\lambda} = \frac{\alpha\rho}{r}.$$

Значения искажений в данном классе проекций зависят только от φ . На главных параллелях, значения широты которых могут находиться в интервале $40^0 - 70^0$, искажения отсутствуют, поэтому эти проекции применяют для картографирования объектов, вытянутых вдоль параллелей и расположенных в средних широтах. НКП применяют для средне- и мелкомасштабного картографирования. Для картографирования объектов, имеющих широтную протяженность менее 7^0 , применяют проекцию с одной главной параллелью, а объектов, имеющих протяженность по широте более 7^0 , применяют вариант проекции с двумя главными параллелями, причем первый вариант применяют для карт субъектов РФ небольшого и среднего размера, а второй вариант — для карт крупных по площади субъектов РФ и Федерации в целом.

Как следует из рис. 13, б, связь прямоугольных и полярных координат узловых точек картографической сетки в этой проекции выражается формулами

$$x = q - \rho \cos \delta, y = \rho \sin \delta,$$

где q — расстояние между начальными точками координатных систем; ρ — радиус параллели; δ — полярный угол.

Равноугольные проекции

Расчетную формулу $\rho = f(\varphi)$ данной проекции выводят при условии $m = n$ [2].

Подставить в равенство $m = n$ вместо m и n их значения из общих формул, тогда

$$-\frac{d\rho}{Md\varphi} = \frac{\alpha\rho}{r}; \frac{d\rho}{\rho} = -\alpha \frac{Md\varphi}{r}.$$

Написать формулу в интегральном виде:

$$\ln \rho = \ln C - \alpha \int \frac{Md\varphi}{r}.$$

Далее получим: $\ln \rho = \ln C - \alpha \ln U, \rho = \frac{C}{U^\alpha},$

где величина U зависит от φ и определяется по картографической таблице.

Полярный угол в данной проекции определяется по формуле

$$\delta = \alpha\lambda.$$

Формулы равноугольных проекций

$$x = q - \rho \cos \delta, y = \rho \sin \delta, \rho = \frac{C}{U^\alpha}, C = \frac{r_0 U_0^\alpha}{\alpha},$$

$$\alpha = \sin \varphi_0, \delta = \alpha\lambda, m = n, p = m^2, \omega = 0.$$

Сетка и эллипсы искажений данной проекции изображены на рис. 14.

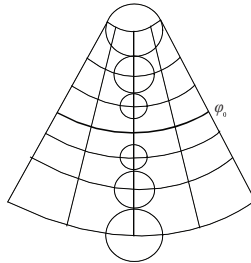


Рис. 14

Равновеликие проекции

Полную формулу $\rho = f(\varphi)$ этой проекции получают при условии

$$\rho = 1, m = \frac{l}{n} \quad [2].$$

Подставить в последнее равенство значения m и n , получится

$$-\frac{d\rho}{Md\varphi} = \frac{r}{\alpha\rho}, \text{ откуда } \rho d\rho = -\frac{Mr}{\alpha} d\varphi.$$

Записать в виде интеграла и определить его, тогда

$$\rho^2 = -\frac{2}{\alpha} \int M r d\varphi = C - \frac{2}{\alpha} S,$$

где S — площадь сфероидической трапеции с разностью долгот в 1 радиан и протяженностью от экватора до текущей параллели; ее значение находится по φ в картографических таблицах. Формула полярного угла не меняется, $\delta = \alpha\lambda$.

Формулы равновеликих проекций

$$x = q - \rho \cos \delta, y = \rho \sin \delta,$$

$$\rho = \sqrt{2 \frac{(c-S)}{\alpha}}, \text{ где } \alpha = \sin \varphi_0, c = S_0 + \frac{r_0^2}{2\alpha},$$

$$\rho = 1, \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \frac{m-n}{2}, \text{ или } \sin \frac{\omega}{2} = \frac{m-n}{m+n}.$$

Сетка и эллипсы искажений данной проекции изображены на рис. 15.

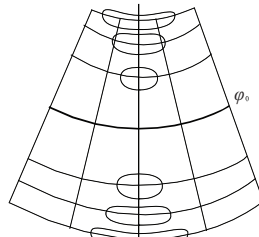


Рис. 15

Равнопромежуточные проекции

Формулу $\rho = f(\varphi)$ данной проекции выводят из условия $m = 1$ [2]. Подставить из общих формул НКП значение m , тогда

$$-\frac{d\rho}{M d\varphi} = 1, \alpha d\rho = -M d\varphi.$$

Проинтегрировать и получить

$$\rho = -s + C = C - s,$$

где s — длина дуги меридиана от экватора до текущей параллели; ее значение определяется по φ в картографических таблицах.

Формулы равнопромежуточных проекций

$$x = q - \rho \cos \delta, y = \rho \sin \delta, \rho = C - s, C = s_0 + \frac{r_0}{\alpha},$$

$$m = 1, n = \frac{\alpha \rho}{r}, \alpha = \sin \varphi_0,$$

$$\rho = n, \sin \frac{\omega}{2} = \frac{l - n}{l + n}.$$

Сетка и эллипсы искажений данной проекции изображены на рис. 16.

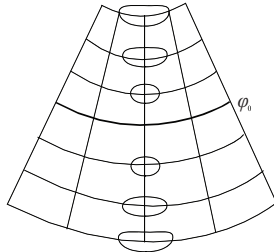


Рис. 16

3.6. Азимутальные проекции

Нормальные азимутальные проекции (НАП)

Геометрический смысл нормальных азимутальных проекций показан на рис. 17, а.

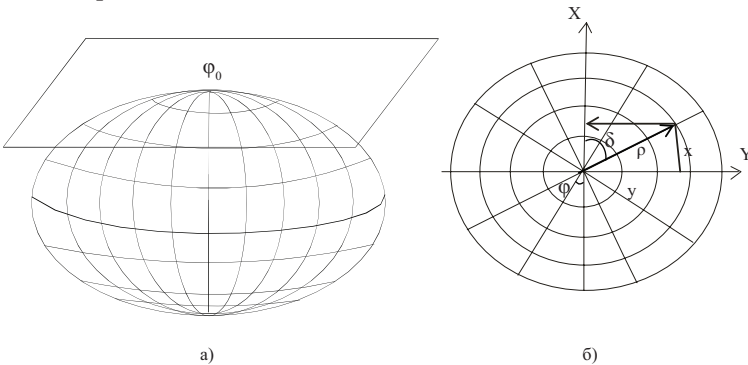


Рис. 17

Картографическая сетка в этой проекции (рис. 17, б) сходна с сеткой конической проекции: здесь параллели — концентрические

окружности, а там — части концентрических окружностей; здесь меридианы — прямые, пересекающиеся в полюсе, а там — прямые, сходящиеся к полюсу (но в нем не пересекающиеся). Поэтому они в теории проекций рассматриваются как частный случай нормальных конических проекций, в которых параметр $\alpha = 1$, поэтому их формулы выводятся аналогично формулам конических проекций с учетом данного условия. Поскольку в азимутальных проекциях искажения в точке полюса отсутствуют, то эти проекции применяются для картографирования полярных областей Арктики и Антарктики. Так же как рассмотренные конические проекции, НАП бывают равноугольными, равновеликими и равнопромежуточными с соответствующими для каждого вида формулами, сеткой и распределением искажений.

Перспективно-азимутальные проекции (ПАП)

В этих проекциях поверхность земного шара с радиусом R проецируется по закону линейной перспективы на плоскость K из точки наблюдения T (рис. 18). Если точка наблюдения находится перед плоскостью (T_n), то проекция образует позитивное изображение поверхности, а если за шаром (T_n) — негативное изображение.

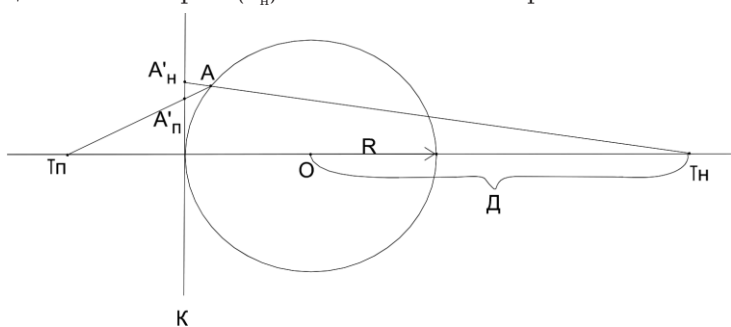


Рис. 18

Последний вид проекций подразделяется на подвиды в зависимости от расстояния (D) от точки T_n до центра шара O :

- 1) $D = 0$ — гномонические; 2) $D = R$ — стереографические;
- 3) $R < D < \infty$ — внешние; 4) $D = \infty$ — ортографические.

Они имеют следующее значение. Гномонические применяют для целей навигации. Стереографические проекции применяют для карт звездного неба. Внешние проекции используются для карт Северного и Южного полушарий Земли или других планет. Ортографические применяют для картографирования планет и других шарообразных небесных тел.

3.7. Проекции топографических карт и планов

Равноугольная поперечно-цилиндрическая (РПЦ) проекция Гаусса–Крюгера

Данная проекция, геометрическая иллюстрация которой показана на рис. 19, применяется для отечественных топографических карт. В ней отображается поверхность меридианной зоны (координатной зоны) протяженностью 6° или 3° (рис. 19, а) при следующих условиях:

- 1) средний меридиан отображаемой зоны (рис. 19, б) принимается за осевой и является на плоскости осью абсцисс (X) с сохранением длины дуги этого меридиана, а экватор — осью ординат (Y) (рис. 19, в);
- 2) полюс используемой сферической системы координат располагается на географическом экваторе, $\varphi'_p = \varphi_s = 0^\circ$;
- 3) сохраняются углы отображаемых фигур и направлений, $m = n$.

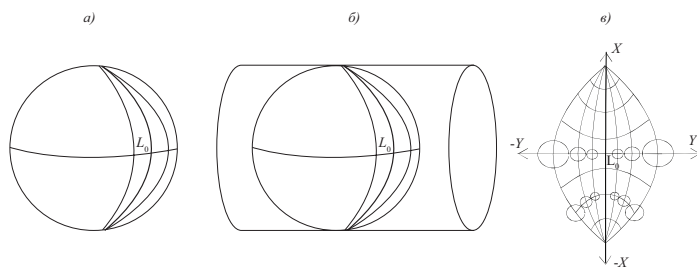


Рис. 19

Упрощенные формулы X и Y , а также формулы других величин проекции имеют вид:

$$\begin{aligned}
 x &= S + \frac{l^2}{2} r + r \sin B + \dots, \\
 y &= lr + \frac{l^3}{6} r + r \cos^2 B \cdot \dots, \\
 \mu &= 1 + 0,000152(l^\circ)^2 \cos^2 B, \\
 m &= n, p = m^2, \omega = 0,
 \end{aligned}$$

где $l = \lambda - L_0$, $L_0 = N_3 \cdot 6^\circ - 3^\circ$, $N_3 = N_K - 30$, $B = \varphi$;

S — длина дуги меридиана от экватора до текущей параллели;

r — радиус текущей параллели;

L_0 — долгота осевого меридиана зоны;

N_K, N_3 — номера меридианных колонки и зоны.

Прямоугольные координаты и другие параметры картографической сетки данной проекции определяются по книге «Таблицы

координат ...», в которой, кроме координат и параметров сетки и методики их определения, также изложена теория данной проекции.

Образуемая проекцией картографическая сетка схематически показана на рис. 20, в. Значения искажений длин и площадей, как следует из формул и рисунка проекции (рис. 19, б), зависят существенно от l и незначительно от B : чем больше $|l|$ и меньше B , тем значения искажений больше, и наоборот. На осевом меридиане искажения равны 0, а максимальные значения v_μ и v_p находятся в точках пересечения крайних меридианов зоны с экватором ($v_\mu = 0,14\%$, $v_p = 0,28\%$).

Ортогональная проекция (ОП)

Ортогональная проекция применяется для топографических и тематических планов при условии, что размер картографируемого участка территории позволяет отображать его объекты, не выходя за пределы заданной точности:

$$r = \sqrt[3]{3R^2 \Delta l} \quad (\text{для планов без рельефа});$$

$$r = \sqrt{2R \Delta h} \quad (\text{для планов с рельефом}),$$

где R — радиус земного шара; Δl , Δh — заданные точности соответственно по длине и высоте; r — радиус круга на местности, в пределах которого обеспечивается заданная точность.

Схематически проекцию можно описать и графически проиллюстрировать следующим образом (рис. 20). Уровенная поверхность (У.П.) участка территории (1) принимается за плоскость (2), точки которой отображаются на прямоугольную систему координат (3), а затем с уменьшением на плане (4).

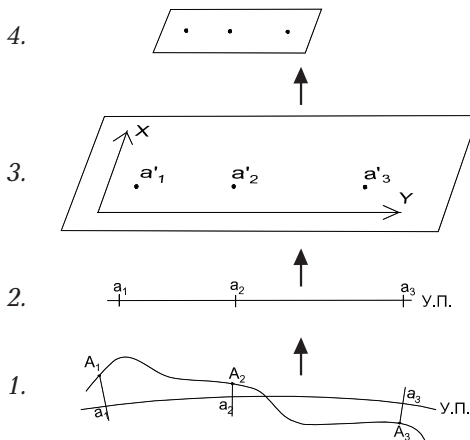


Рис. 20

3.8. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов

Система разграфки и номенклатуры отечественных *топографических карт* основана на делении на ряды и колонны и их обозначениях карты мира масштаба 1:1 000 000. Каждый лист карты этого масштаба образован пересечением широтных рядов размером 4° и меридианных колонок размером 6° ; первые обозначаются латинскими буквами от экватора, а вторые — арабскими цифрами от меридиана с долготой 180° с запада на восток. Таким образом, номенклатура листа данной карты состоит из буквы ряда и номера колонки (рис. 21), например, лист на пересечении ряда *L*, ограниченного параллелями $\varphi_{ю} = 44^{\circ}$, $\varphi_{с} = 48^{\circ}$, и колонки, ограниченной меридианами $\lambda_{з} = 12^{\circ}$ и $\lambda_{в} = 18^{\circ}$, имеет номенклатуру *L-33*.

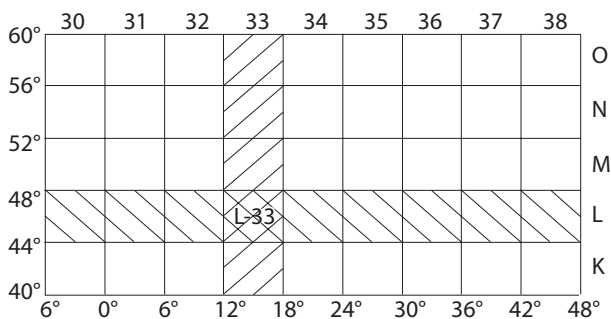


Рис. 21

Каждый такой лист делится на 144 листа масштаба 1:100 000, образованных пересечением рядов, протяженностью $20'$, и колонок, протяженностью $30'$. Порядок нумерации листов — слева направо, сверху вниз (рис. 22).

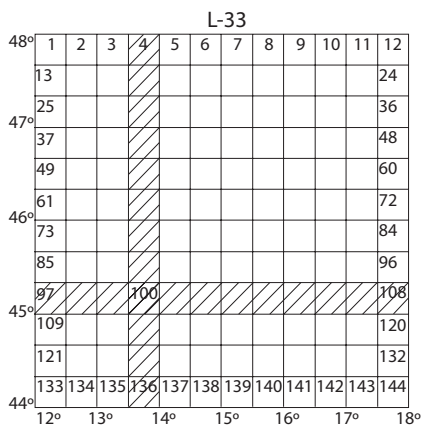


Рис. 22

Лист карты масштаба 1:100 000 делится на 4 листа масштаба 1:50 000 (рис. 23), каждый из которых — на 4 листа масштаба 1:25 000 (рис. 24), каждый из которых, в свою очередь, на 4 листа карты масштаба 1:10 000 (рис. 24). Дважды заштрихованный на рис. 24 лист масштаба 1:10 000 под номером 3 будет иметь номенклатуру L-33-100-Б-г-3.

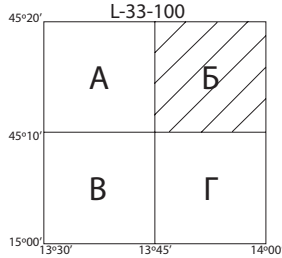


Рис. 23

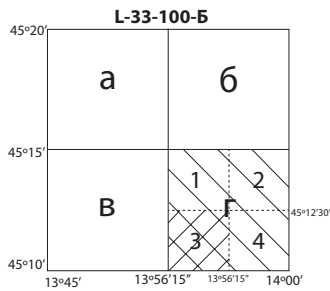


Рис. 24

Для определения номенклатуры листа масштаба 1:5000, а на его основе — номенклатуры листа масштаба 1:2000 необходимо вернуться к карте масштаба 1:100 000. В этом случае лист данной карты необходимо поделить на 16 рядов и 16 колонок, из чего получится матрица, каждой клетке которой будет соответствовать лист масштаба 1:5000 (рис. 25), который, в свою очередь, делится на 9 листов масштаба 1:2000 (рис. 26).

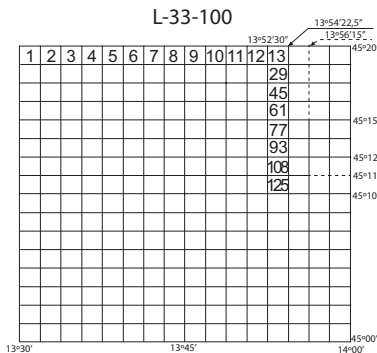


Рис. 25



Рис. 26

Для топографических планов система разграфки основана на делении плана 1:5000 на планы 1:2000, которые, в свою очередь, подразделяются на планы масштабов 1:1000 и 1:500 (рис. 27). Планы имеют следующие размеры: 1:5000 — 400 × 400 мм; 1:2000, 1:1000, 1:500 — 500 × 500 мм.

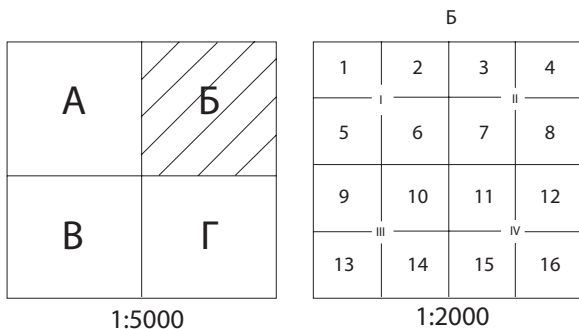


Рис. 27

РАЗДЕЛ 4. КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ЗНАКИ И СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ

В разделе рассматриваются темы:

- 4.1. Картографические знаки: элементы и виды.
 - 4.2. Способы изображения информации на картах.
 - 4.3. Легенда карты. Картографические шкалы.
-

■ 4.1. Картографические знаки: элементы и виды

Главным элементом устройства и функционирования изображения на карте является картографический знак, который имеет три составляющие — графический носитель, информацию, которая в носителе заложена, и предмет территории, который отражает данная информация. Первая составляющая знака строится из графических средств и их свойств или переменных.

Информационная составляющая знаков на карте включает в себя два вида сведений о предметах территории — позиционные и атрибутивные. *Позиционные сведения отражают пространственные свойства и отношения предметов*, такие как размерность и местоположение. Размерности предметов — нульмерные, одномерные, двумерные и трехмерные, обозначают соответственно точкой, линией, замкнутой линией (контуром), системой замкнутых непересекающихся линий. Этими графическими элементами фиксируется пространственное положение предметов.

Атрибутивные сведения о предметах территории описывают различные непространственные свойства, отражающие их содержательную сущность. Данный вид сведений подразделяется на *количественные* и *качественные*. Первые обозначаются количественными переменными графических средств: размером и структурой диаграмм, светлотой и насыщенностью цвета, ориентировкой и плотностью штриховки и др.; вторые — такими переменными, как форма и цвет диаграмм, тон цвета, текстура рисунка и др. [5].

■ 4.2. Способы изображения информации на картах

В теории картографии сформулированы **логические правила**, предписывающие встречающиеся при картографировании сочетания **позиционных** и **атрибутивных** сведений о предметах территории обозначать определенными графическими средствами и пе-

ременными [5]. Эти правила получили название **способы изображения информации на карте**. В теории предусмотрено 11 основных способов изображения: значковый, линейных знаков, ареалов, качественного фона, количественного фона, картограммы, картодиаграммы, локализованных диаграмм, линий движения, точечный, изолиний.

Значковый способ применяют в тех случаях, если позиционные сведения представлены точками (сетью точек), а атрибутивные сведения — качественной характеристикой и (или) количественным показателем; изображается данное сочетание позиционных и атрибутивных сведений соответственно размером и (или) цветом или формой диаграммы (рис. 28).

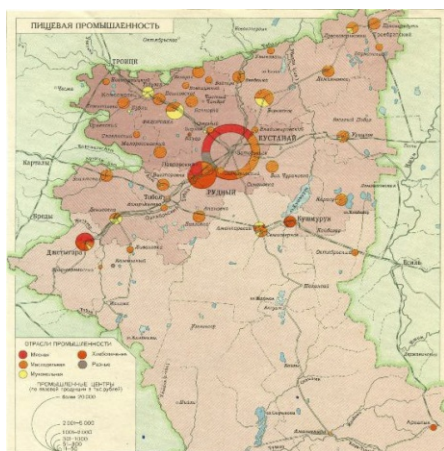


Рис. 28. Фрагмент карты отраслей промышленности из Атласа Кустанайской области. М.: ГУГК, 1963

Данное сочетание сведений встречается, в частности, при картографировании предметов территории, пространственные размеры (площадь) которых не выражаются в масштабе карты. Используемые в способе диаграммы, привязанные к точкам и называемые *значками*, могут быть количественными и качественными, а также простыми, комплексными и структурными. На рис. 28 (а также рис. 36, б, грузооборот станций и торговых портов) показан пример структурной разновидности значкового способа.

Способ линейных знаков применяют, когда позиционные сведения — сеть линий, а атрибутивные сведения — качественная и (или) количественная характеристика. Данное сочетание изображается линиями или диаграммами в виде полос (рис. 29). Способ выбирают для обозначения линейных предметов (границ, дорог, ручьев, инженерных коммуникаций и т. п.), ширина которых не выражается в масштабе составляемой карты.



Рис. 29. Фрагмент карты путей сообщения из Атласа Кустанайской области

Способ ареалов применяют при сочетании несвязных контуров, которые, собственно, и являются ареалами, или мест размещения предметов, и качественной характеристики; сочетание изображается цветовым тоном или символьным рисунком предметов. Применяются две разновидности способа: с определенной границей (рис. 30, а) и с неопределенной (рис. 30, б). Данный способ выбирают для изображения рассредоточенных по территории площадных предметов одного вида, например лесов, посевов с/х культуры, мест обитания диких животных и т. п.



Рис. 30, а. Карта мест залегания полезных ископаемых из Справочного географического атласа. М.: ГУГК, 1986



Рис. 30, б. Фрагмент зоогеографической карты из Атласа Новосибирской области ▶
М.: ГУГК, 1971

Способ качественного фона — при сочетании связанных контуров (покрытия) и качественной характеристики. Сочетание изображается цветовым тоном или текстурным рисунком (рис. 31). Способ применяется для изображения пространственных частей (контуров)

непрерывного объекта, выделенных по одному (или нескольким) качественному признаку. К непрерывным относятся объекты так называемого покровного типа: почвы, растительность, геологические отложения, климат, ландшафт, земельные ресурсы и т. п.

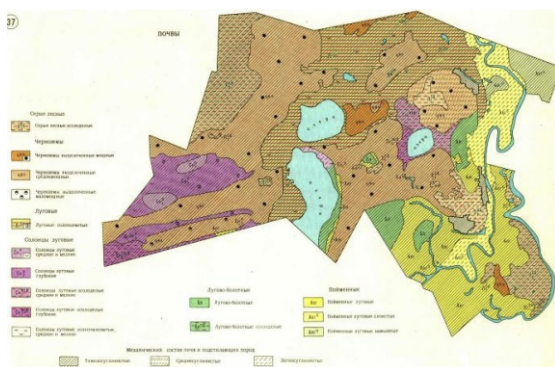


Рис. 31. Фрагмент карты почв из Атласа Тюменской области. М.: ГУГК, 1971

Способ количественного фона — при сочетании связанных контуров (покрытия) и количественной характеристики. Данное сочетание изображается насыщенностью цвета или плотностью штриховки (растра) (рис. 32) и применяется в тех случаях, когда части непрерывного объекта выделены по количественному признаку. В отличие от следующего внешне сходного с ним способа картограммы, в котором контуры заданы административными или кадастровыми границами, в данном способе они не заданы, а устанавливаются в процессе картографирования.

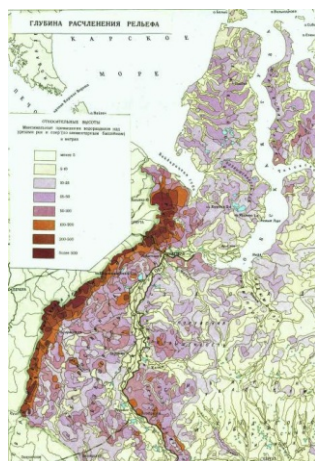


Рис. 32. Фрагмент карты «Глубина расчленения рельефа» из Атласа Тюменской области

Способ картограммы — при сочетании связанных контуров (покрытия) и *относительного* показателя; сочетание изображается светлотой (насыщенностью) цвета или плотностью штриховки (растра) (рис. 33). Способ применяется для изображения распределения значений относительного статистического показателя по *территориальным единицам* (административным, кадастровым, хозяйственным).

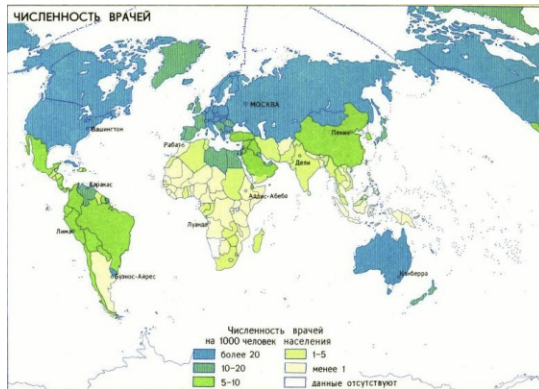


Рис. 33. Карта «Численность врачей»
из *Справочного географического атласа*

Способ картодиаграммы — при сочетании связанных контуров (покрытия) и *абсолютного* показателя; сочетание изображается либо размером, либо размером и структурой диаграммы (рис. 34). Способ применяется для изображения распределения значений абсолютного статистического показателя по *территориальным единицам* (административным, кадастровым, хозяйственным). Диаграммы могут быть простыми, комплексными и структурными.

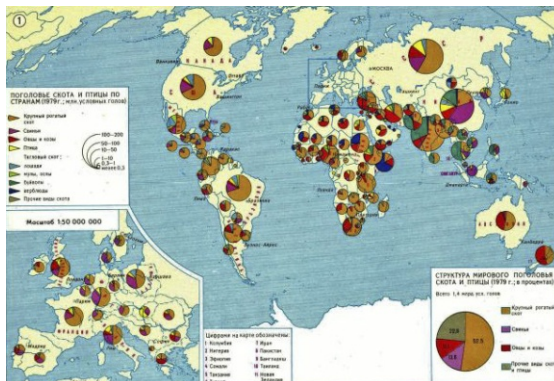


Рис. 34. Карта поголовья скота из *Справочного географического атласа*

Способ локализованных диаграмм применяют при сочетании точек и данных изменения количественной характеристики во времени или от направления; сочетание изображается диаграммами

в виде графиков (рис. 35) (в том числе графиков, называемых «розой ветров»). Способ в основном применяется для изображения изменений значений во времени и пространстве характеристик климата. Графики, которые могут быть столбчатыми или непрерывными, в прямоугольной или полярной системе координат, привязаны к точкам наблюдения за объектом (в данном случае к метеостанциям).

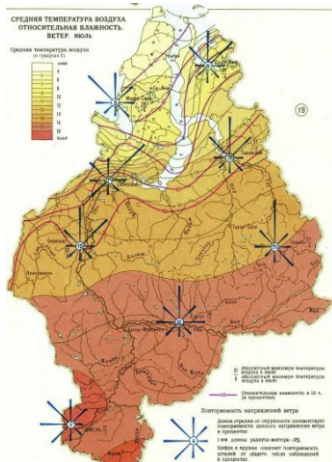


Рис. 35. Климатическая карта из Атласа Тюменской области

Способ линий движения применяют при сочетании линий перемещения, а также качественной и (или) количественной характеристик; сочетание изображается векторами (для природных явлений, рис. 36, а) и диаграммами в виде простых или структурных полос, называемых эшпорами (для социально-экономических объектов, рис. 36, б).

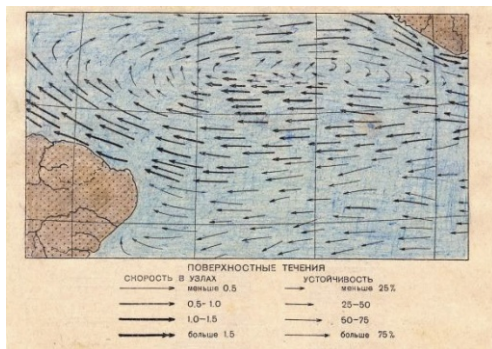


Рис. 36, а. Карта поверхностных течений из учебника К.А. Салищева «Картография». М.: Высшая школа, 1971

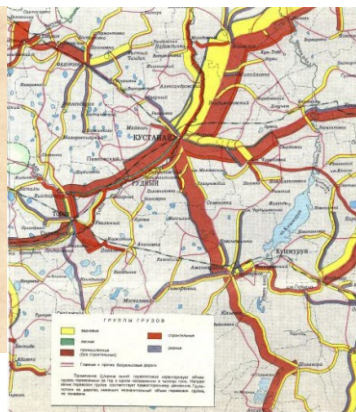


Рис. 36, б. Фрагмент карты групп грузов из Атласа Кустанайской области

Точечный способ применяют при сочетании точек или малоразмерных ареалов и количественной характеристики. В качестве графического средства используется диаграмма в виде точки, которой присвоено определенное значение (вес) характеристики (рис. 37). Иногда для изображения контуров с большим разбросом площади используют разновеликие и соответственно разновесные точки.

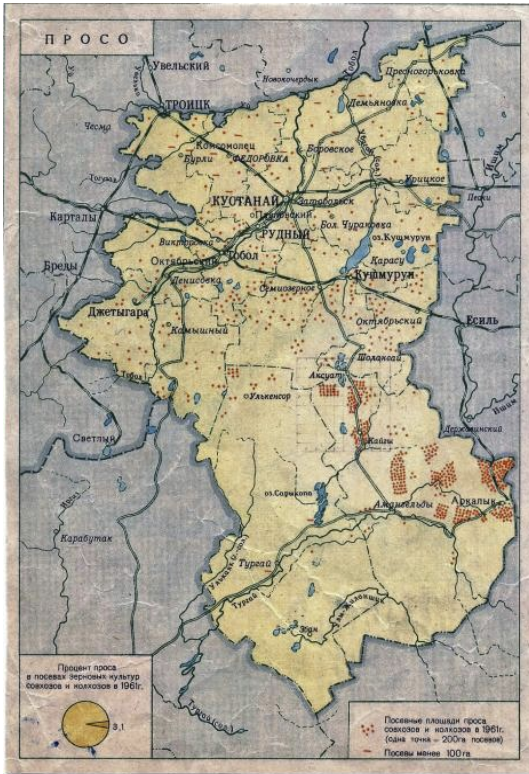


Рис. 37. Карта «Просо»
из Атласа Кустанайской области

Способ изолиний применяют для изображения поверхности в виде системы непересекающихся линий, соединяющих через определенный интервал точки одинаковых значений количественной характеристики — *изолиний*. Изолинии получают конкретное название в зависимости от названия изображаемой характеристики: изогипсы, изотермы, изоаномалы, изобары, изоклины, изоцены, изохоры, изохроны и т. д. Разновидности способа: простые изолинии, например изображение относительной влажности, и изолинии с послойной окраской, например изображение средней температуры воздуха в составе карты на рис. 37.

4.3. Легенда карты. Картографические шкалы

Легенда является неотъемлемой частью карты, которая включает в себя информационные элементы, предоставленные в текстовом или числовом виде, и однозначно соответствующие им графические элементы, из которых построена главная часть — изображение. Если информационные элементы — качественные характеристики, то они, как правило, организованы в легенде в виде классификационной системы, а если они — числовые значения количественных показате-

телей, то они организованы в виде числовой шкалы. Главными видами классификационных систем являются иерархические и фасетные; остальные виды (типологические, территориальные и др.) — производные от главных. В качестве примера приведем иерархическую классификацию стратиграфических подразделений (классов или таксонов), используемую при создании геологических карт, в которой каждый следующий таксон рангом ниже предыдущего: группа, система, отдел, ярус, зона, комплекс, серия, свита. В качестве примера фасетной классификации, которая основана на независимых классификационных признаках, образующих классы их значений (фасеты), приведем систему подразделения строений, используемую при создании кадастровых карт:

- назначение: жилое, нежилое, многоквартирное;
- материал наружных стен: деревянные, кирпичные, бетонные;
- состояние: эксплуатируемое, аварийное, разрушенное, строящееся.

Пример типологической классификационной системы, используемой при создании экономических карт (общеекономических, отраслей промышленности):

Отрасли промышленности:

Обрабатывающая:

Машиностроение:

- железнодорожное;
- автомобильное;
- судостроение;
- ...

Текстильная:

- шерстяная;
- льняная;
- шелковая;
- ...

Добывающая:

- каменный уголь;
- нефть;
- торф;
- железная руда;
- фосфориты;
- калийная соль;
- ...

Промышленные предприятия:

Годовой объем выпускаемой продукции, млн руб.:

менее 50, 50 — 100, 100 — 500, 500 и более.

Легенда, основанная на числовой шкале, будет называться **картографической шкалой**. По характеру зависимости значений количественного показателя и обозначающей его графической переменной выделяют **абсолютные** и **условные картографические шкалы**. Если они связаны между собой функциональной зависимостью, то такая шкала относится к абсолютным, или *пропорциональным*, а если нестрогой зависимостью, то к условным, или *ранговым*. К примеру,

шкала, в которой картографируемый показатель A обозначен размером (в частности, радиусом R) круговой диаграммы и зависимость между ними выражена формулой $AK = S = R^2$, где K — коэффициент пропорциональности (основание масштабности) шкалы, является абсолютной; в этом случае радиус диаграммы R будет определяться по значениям A по формуле $R = \sqrt{AK}$.

Числовые шкалы в структурном отношении бывают *непрерывными, дискретными* или *округленными* и *ступенчатыми*. Ступенчатые числовые шкалы в структурном отношении подразделяются на *равноинтервальные, плавновозрастающие, плавнубывающие* и *произвольные*. Непрерывная числовая шкала представляет собой ряд измеренных или вычисленных с точностью с 0,1; 0,01; 0,001 и т. д. и возрастающих (убывающих) значений показателя, например, *высота снежного покрова в см* в январе на территории Тюменской области: 25,0; 25,1; 25,5; ...; 99,3; 99,8; 100.

Дискретные шкалы состоят из возрастающих (убывающих) целочисленных — счетных или округленных значений показателя, например, для приведенного показателя: 25, 26, 28..., 99, 100.

Ступенчатые шкалы строятся из рядов возрастающих (убывающих) непрерывных или дискретных значений показателя путем разбиения их (рядов) на группы (ступени), например, 25 — 30, 30 — 35, 35 — 40, ..., 90 — 95, 95 — 100 (от 25 до 30, от 30 до 35, от 35 до 40, ..., от 90 до 95, от 95 до 100). Абсолютная картографическая шкала применяется как для непрерывных, так и дискретных данных. Так, в частности, данные второго примера, обозначаемые площадью круговой диаграммы, в легенде могут быть представлены в виде графика (рис. 38), изображающего зависимость ее радиуса от значений показателя $R = 1,2\sqrt{A}$. На нем по любому значению A можно определить радиус обозначающей его диаграммы, и наоборот.

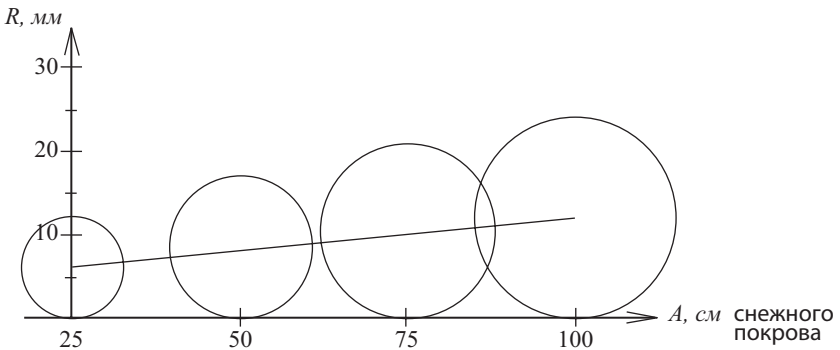


Рис. 38

Ниже изложена универсальная **методика**, основанная на количестве значений показателя и формы графика «ранг — значение» (рис. 39), разработки всех возможных типов ступенчатых шкал на

примере данных стоимости земли (тыс. руб./га) для составления карты кадастровой оценки земельных участков [5].

1. По формуле $n = 5 \lg N$ определить количество (целое число) ступеней (групп) шкалы, где N — количество земельных участков в таблице. Эта формула рекомендована в теории статической группировки данных для определения оптимального количества ступеней в зависимости от объема совокупности (в нашем случае числа участков или числа значений показателя).

2. Проранжировать участки по значениям показателя в таблице (присвоить первый ранг участку, имеющему максимальное значение, второй ранг — следующему по значению участку и т. д., см. таблицу 1); составить график «ранг — значение показателя» (рис. 39, а).

Таблица 1

Номер участка	Тыс. руб./га	Ранг	Номер участка	Тыс. руб./га	Ранг
1	14,1	15	11	16,5	14
2	18,8	13	12	45,0	1
3	8,6	19	13	21,1	12
4	41,5	3	14	24,9	11
5	10,0	18	15	39,4	4
6	13,2	16	16	43,5	2
7	38,4	5	17	35,3	5
8	32,5	8	18	27,2	10
9	6,3	20	19	11,8	17
10	30,6	9	20	33,3	7

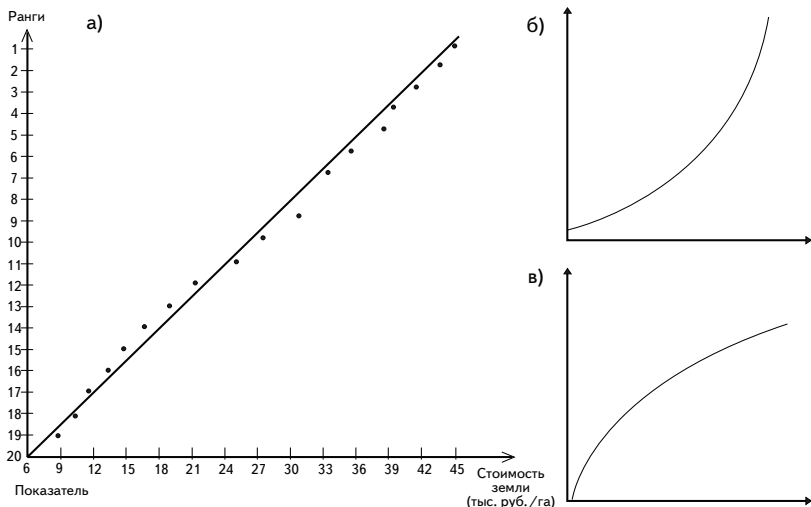


Рис. 39

По форме графика выбрать тип числовой шкалы:

а) если точки распределены более или менее равномерно по прямой (или близко к ней), как на рис. 39, а, — равноинтервальная числовая шкала;

б) если точки распределены более или менее равномерно по плавно вогнутой (или близко к ней), как на рис. 39, б, — шкала с постепенно возрастающим интервалом, причем при небольшом ее прогибе — подтип арифметической шкалы, а при большом прогибе — подтип геометрической шкалы;

в) если точки распределены более или менее равномерно по плавно выпуклой (или близко к ней), как на рис. 39, в, — шкала с постепенно убывающим интервалом;

г) если точки распределены неравномерно (с разрывами и уплотнениями) (рис. 40) — произвольная шкала, которая может быть без разрывов и с разрывами (уточненная).

3. Для получения **равноинтервальной шкалы** необходимо сначала определить интервал ступеней по формуле

$$\Delta = \frac{(a_{max} - a_{min})}{n},$$

где a_{max} , a_{min} — максимальное и минимальное значения показателя; после чего a_{min} принять за нижнее значение первой ступени \underline{A}_1 , прибавить к нему интервал Δ и получить верхнюю границу первой ступени \bar{A}_1 .

К \bar{A}_1 прибавить t , равную точности данных (данные с одним знаком после запятой имеют $t = 0,1$, с двумя $t = 0,01$ и т. д.), и получить \underline{A}_2 , к \underline{A}_1 прибавить Δ и получить \bar{A}_2 и т. д., до тех пор, пока будут известны \bar{A}_{n-1} и \underline{A}_n . За верхнюю границу последней степени A_n принять a_{max} . Таким образом, ступени равноинтервальной числовой шкалы, за исключением первой ступени, вычисляются по формулам

$$\bar{A}_i = \bar{A}_{i-1} + \Delta, \quad \underline{A}_i = \bar{A}_{i-1} + t.$$

В результате обработки данных, приведенных в таблице 1 и на рис. 39, получена следующая **равноинтервальная** шкала:

- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| 1) 6,3–12,8; | 2) 12,9–19,3; | 3) 19,4–25,8; |
| 4) 25,9–32,3; | 5) 32,4–38,8; | 6) 38,9–45. |

4. При получении **шкалы с постепенно возрастающим интервалом** необходимо учитывать степень прогиба графика. Если кривизна распределения точек небольшая, следует выбрать вариант **арифметической шкалы**; если же кривизна существенная, то вариант **геометрической шкалы**.

В первом случае сначала необходимо определить сумму всех номеров ступеней $K = \sum_{i=1}^n i$, общий интервал $\Delta = \frac{(a_{max} - a_{min})}{K}$, а затем интервал для каждой ступени Δ_i по формуле $\Delta_i = \Delta \cdot i$.

После этого приступают к определению границ ступеней шкалы по формулам: $\bar{A}_i = \bar{A}_{i-1} + \Delta$, $\underline{A}_i = \underline{A}_{i-1} + t$, начиная с первой ступени: $\underline{A}_1 = a_{min}$, $\bar{A}_1 = a_{min} + \Delta_1$, $\underline{A}_2 = \bar{A}_1 + t$, $\bar{A}_2 = \bar{A}_1 + \Delta_2$ и т. д.

Если допустить, что данные таблицы 1 распределились на графике в виде плавной кривой с небольшим прогибом, тогда по этим формулам будут получены следующие значения K , Δ и Δ_i :

$$K = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21;$$

$$\Delta = (45,0 - 6,3) : 21 = 1,84;$$

$$\Delta_1 = 1 \cdot 1,84 = 1,8;$$

$$\Delta_2 = 2 \cdot 1,84 = 3,68 = 3,7;$$

$$\Delta_3 = 3 \cdot 1,84 = 5,52 = 5,5;$$

$$\Delta_4 = 4 \cdot 1,84 = 7,36 = 7,4;$$

$$\Delta_5 = 5 \cdot 1,84 = 9,20 = 9,2.$$

В результате вычислений получена следующая *арифметическая числовая шкала*:

- | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1) 6,3 – 8,1; | 2) 8,2 – 11,8; | 3) 11,9 – 17,2; |
| 4) 17,3 – 24,4; | 5) 24,5 – 33,4; | 6) 33,5 – 45,0. |

Во втором случае при вычислениях границ ступеней используются десятичные логарифмы и антилогарифмы, а полученные с их помощью шкалы называют **геометрическими**. Сначала необходимо определить коэффициент по формуле

$$K = \frac{(\lg a_{max} - \lg a_{min})}{n},$$

а затем нижние границы шкалы по формуле $\underline{A}_i = 10^{(\lg \underline{A}_{i-1} - K)}$, начиная с последней ступени:

$$\underline{A}_n = 10^{(\lg a_{max} - K)}; \underline{A}_{n-1} = 10^{(\lg \underline{A}_n - K)}; \underline{A}_{n-2} = 10^{(\lg \underline{A}_{n-1} - K)}$$

и т. д., а также верхние границы по формуле $\bar{A}_{i-1} = \bar{A}_i - t$.

Пример вычислений коэффициента:

$$K = (\lg 45 - \lg 6,3) : 6 = (1,6532 - 0,7784) : 6 = 0,1458$$

и нижних границ ступеней:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 6) 1,6532 – 0,1458 = 1,5074; | $10^{1,5074} = 32,17 = 31,2;$ |
| 5) 1,5074 – 0,1458 = 1,3616; | $10^{1,3616} = 22,99 = 23,0;$ |
| 4) 1,3616 – 0,1458 = 1,2158; | $10^{1,2158} = 16,43 = 16,4;$ |
| 3) 1,2158 – 0,1458 = 1,0700; | $10^{1,0700} = 11,75 = 11,8;$ |
| 2) 1,0700 – 0,1458 = 0,9242; | $10^{0,9242} = 8,40 = 8,4;$ |
| 1) 0,9242 – 0,1458 = 0,7784; | $10^{0,7784} = 6,00 = 6,0.$ |

В результате получена следующая *геометрическая шкала*:

- | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1) 6,3 – 8,4; | 2) 8,4 – 11,7; | 3) 11,8 – 16,3; |
| 4) 16,4 – 22,9; | 5) 23,0 – 32,1; | 6) 32,2 – 45,0. |

5. При получении **шкалы с постепенно убывающим интервалом** необходимо применять формулы, аналогичные формулам для разработки постепенно возрастающих шкал, только определение границ необходимо начинать в первом случае с последней, а во втором случае — с первой ступени.

Пример вычисления нижних границ убывающей арифметической шкалы:

- 6) $45,00 - 1 \times 1,84 = 43,16 = 43,2$;
- 5) $43,16 - 2 \times 1,84 = 39,48 = 39,5$;
- 4) $39,48 - 3 \times 1,84 = 33,96 = 34,0$;
- 3) $33,96 - 4 \times 1,84 = 26,60 = 26,6$;
- 2) $26,60 - 5 \times 1,84 = 17,40 = 17,4$;
- 1) $17,40 - 6 \times 1,84 = 6,36 = 6,3$.

На их основе получена следующая *постепенно убывающая арифметическая шкала*:

- 1) $6,3 - 17,3$; 2) $17,4 - 26,5$; 3) $26,6 - 33,9$;
- 4) $34,0 - 39,4$; 5) $39,5 - 43,1$; 6) $43,2 - 45$.

6. Определение границ ступеней **произвольной шкалы** выполняется графически непосредственно на графике, на котором «просветы» делятся пополам, а полученные средние точки проецируются на ось показателя. Соответствующие им значения показателя принимаются за верхние границы ступеней \bar{A}_i , по которым определяют нижние границы соседних ступеней: $\bar{A}_i + t = \underline{A}_{i+1}$ (рис. 40).

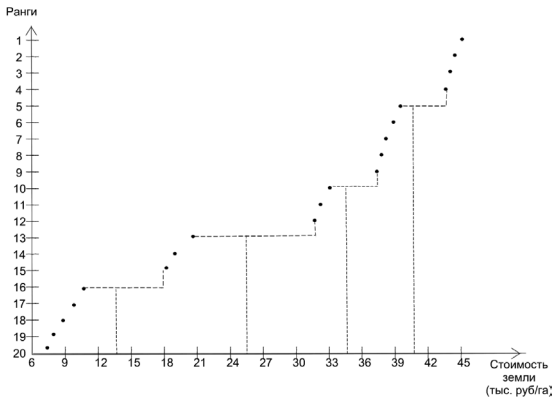


Рис. 40

Если количество таких естественных ступеней получилось меньше или больше n , то в первом случае наиболее крупные интервалы шаг за шагом разбиваются на 2 интервала до тех пор, пока их суммарное количество не станет (в рассматриваемом примере $n = 6$) равным значению n , а во втором случае попарно объединяются наи-

более мелкие интервалы, пока их количество не станет равным n , в частности 6. В примере, приведенном на рис. 41, «просветами» образовано пять естественных ступеней:

- 1) 6,3 – 14,0; 2) 14,1 – 25,8; 3) 25,9 – 35,3; 4) 35,4 – 41,5; 5) 41,6 – 45,0.

Чтобы, согласно методике, получить шестиступенную шкалу, очевидно, первую ступень, которая имеет небольшие значения границ ступеней, но сравнительно большие интервал ($\Delta_1 = 7,7$) и количество значений показателя ($N_1 = 5$), следует разделить на 2 равные части и в итоге получить окончательную произвольную шкалу:

- 1) 6,3 – 10,1; 2) 10,2 – 14,0; 3) 14,1 – 25,8;
4) 25,9 – 35,3; 5) 35,4 – 41,5; 6) 41,6 – 45,0.

При определении ступеней произвольной шкалы с разрывами в качестве границ берутся значения, соответствующие непосредственно первой и последней точкам их «уплотнений» на графике. Такого рода шкала, полученная по графику на рис. 41, имеет вид:

- 1) 6,3 – 10,5; 2) 8,2 – 20,4; 3) 31,6 – 33,0; 4) 37,7 – 39,4; 5) 43,6 – 45,0.

7. Выполнить проверку правильности полученной тем или иным способом шкалы с помощью значений параметров Δ_i и N_i (соответственно интервала ступени Δ_i и количества участков (значений) в ступени N_i). При этом необходимо придерживаться следующих требований:

а) распределение значений Δ_i по ступеням должно соответствовать логической структуре данной шкалы, а значения N_i от ступени к ступени для всех типов шкалы не должно изменяться или может изменяться, но плавно, без скачков;

б) в шкале не должно быть пустых ступеней, то есть ступеней, в которых $N_i = 0$.

Шкалы, в которых эти правила не соблюдены, необходимо переделать или исправить. Например, если ошибочно при картировании данных, представленных в таблице 1 и на графике (рис. 39, а), была получена шкала с параметрами Δ_i и N_i :

Ступени	Δ_i	N_i
1) 3,6 – 9,5	3,2	2
2) 9,6 – 18,9	9,3	6
3) 19,0 – 20,5	1,5	0
4) 20,6 – 33,1	12,8	5
5) 33,2 – 38,8	5,6	3
6) 38,9 – 45,0	6,1	4

в которой не соблюдены правила равноинтервальности, равенства или плавности изменения N_i и недопустимости пустых ступеней, она должна быть пересчитана заново либо исправлена, например, таким

образом, чтобы интервалы ступеней 1) и 3) были увеличены за счет уменьшения ступеней 2) и 4):

Ступени	Δ_j	N_j
1) 6,3 – 12,0	5,7	3
2) 12,1 – 16,0	3,9	4
3) 16,1 – 24,0	7,9	3
4) 24,1 – 33,1	9,0	4
5) 33,2 – 38,8	5,6	3
6) 38,9 – 45,0	6,1	4

РАЗДЕЛ 5. КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ

В разделе рассматриваются темы:

- 5.1. Определение, факторы и принципы картографической генерализации.
 - 5.2. Методы и приемы генерализации.
-

■ 5.1. Определение, факторы и принципы картографической генерализации

Слово «генерализация» буквально означает «выбор главного или существенного». Научный термин «**картографическая генерализация**» может быть определен как обработка содержания плано-картографических материалов с помощью методов обобщения и отбора информации и формирования информации создаваемой карты с учетом ее масштаба, темы и назначения. Слово «метод» в определении имеет принципиальное значение, так как отражает научную сущность сложного процесса генерализации. Генерализация исходных материалов проводится на этапе составления оригинала создаваемой карты, а ее параметры, а также методика и образцы выполнения разрабатываются на этапе проектирования карты и подробно излагаются в программе карты (или редакционных указаниях к ней).

При проектировании и выполнении генерализации необходимо учитывать следующие **факторы**: тему, назначение и масштаб создаваемой карты, а также географические особенности картографируемого объекта.

Целью генерализации является формирование содержания создаваемой карты, соответствующего указанным в программе параметрам карты и ее объекту. Чтобы этого соответствия добиться, необходимо основываться на следующих научных **принципах**:

- знание структуры и функций объекта, а также его связей с другими объектами;
- отображение существенных элементов, свойств и связей объекта;
- сохранение структурных закономерностей и географических особенностей объекта, в том числе сохранение площади, положения и подобия формы преобразуемых элементов.

■ 5.2. Методы и приемы генерализации

Генерализация исходных картографических материалов выполняется с помощью трех основных методов: отбора (исключения)

элементов изображения, обобщения состава информации, геометрического обобщения элементов изображения.

Метод отбора элементов изображения заключается в исключении из изображения исходной карты отдельных элементов в соответствии с обоснованными и установленными в редакционном документе карты *цензами и нормами*.

Ценз — это предельное значение количественной или качественной характеристики элемента, а **норма** — предельно допустимая нагрузка элементов на единицу площади.

Цензовый отбор элементов, которые могут быть точечными, линейными и площадными, выполняется по геометрическим параметрам отображаемых ими предметов или по характеристикам их свойств. Например, в отношении рек параметром, как правило, является протяженность русла, контуров почвенного и растительного покрова — площадь, а в отношении населенных пунктов характеристиками отбора элементов являются людность и административное значение.

Нормативный отбор заключается в исключении второстепенных элементов в местах их избыточного скопления на исходной карте с целью нормализации нагрузки и соответственно читаемости изображения создаваемой карты.

Метод обобщения состава информации заключается в логическом объединении классов (таксонов), из которых состоит классификационная система легенды исходной карты. К нему чаще всего прибегают в тех случаях, когда темы исходной и создаваемой карт близки или совпадают, а масштаб создаваемой карты в несколько раз мельче исходной. Объединение таксонов выполняется на основе сходства содержащихся в них характеристик элементов, а также структурных и функциональных связей между элементами. В качестве примера ниже приведены классификации исходной и обобщенной карт почвенного покрова масштабов 1:10 000 и 1:25 000, фрагменты которых даны на рис. 44, а, б.

Исходная классификация	Обобщенная классификация
1 — дерново-подзолистые;	I — дерново-подзолистые;
2 — дерново-подзолистые глееватые;	
3 — дерново-подзолистые глеевые;	
4 — дерново-слабоподзолистые;	
5 — светло-серые лесные оподзоленные;	II — светло-серые лесные;
6 — светло-серые лесные;	
7 — светло-серые лесные глееватые;	
8 — светло-серые лесные глеевые;	
9 — темно-серые лесные оподзоленные;	III — темно-серые лесные;
10 — темно-серые лесные;	
11 — темно-серые лесные глееватые;	

12 — черноземы оподзоленные;	}	IV — черноземы;
13 — черноземы выщелоченные;		
14 — черноземы луговые;		
15 — черноземы глееватые;		
16 — торфянисто- и торфяно-глеевые;	}	V — торфяные.
17 — торфяные.		

Что касается числовых шкал, то их обобщение в зависимости от структуры шкалы исходной карты может выполняться путем перехода от непрерывной шкалы к округленной, от округленной к ступенчатой и от ступенчатой к ступенчатой с меньшим количеством, но большим размером интервалов. Например, ступенчатая шкала с интервалом 5 см и количеством групп 15, приведенная в параграфе 4.3, может быть преобразована в шкалу с интервалом 15 см и количеством групп 5: 25 — 40, 40 — 55, 55 — 70, 70 — 85, 85 — 100.

Метод геометрического обобщения элементов изображения.

Этот метод генерализации заключается в геометрическом преобразовании плановых очертаний элементов содержания непосредственно на изображении, которое проводится после того, как выполнены отбор элементов и обобщение состава содержания. При его выполнении используются следующие основные приемы обработки изображения исходных картографических материалов.

Упрощение формы линейных и площадных элементов при сохранении типичных или характерных их очертаний (рис. 41). При выполнении данного приема важно соблюсти целесообразный баланс географического соответствия и точности положения элементов: для обзорных карт он решается в пользу географического соответствия, а для карт, предназначенных для измерений, — в пользу точности положения элементов. Применительно к административным и имущественным границам он всегда решается в пользу точности.

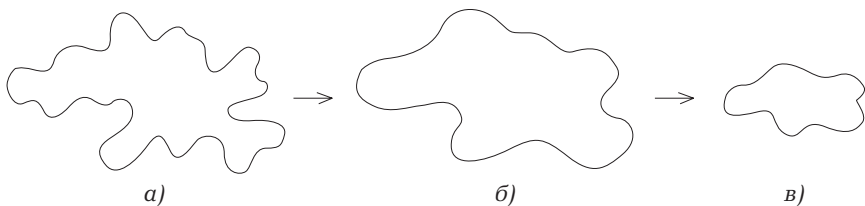


Рис. 41

Объединение повторяющихся сочетаний мелкогабаритных (меньше ценза) разнородных контуров в комплексный контур, которому присваивается собирательный класс на основе процентного соотношения суммарной площади классов объединяемых контуров (рис. 42).

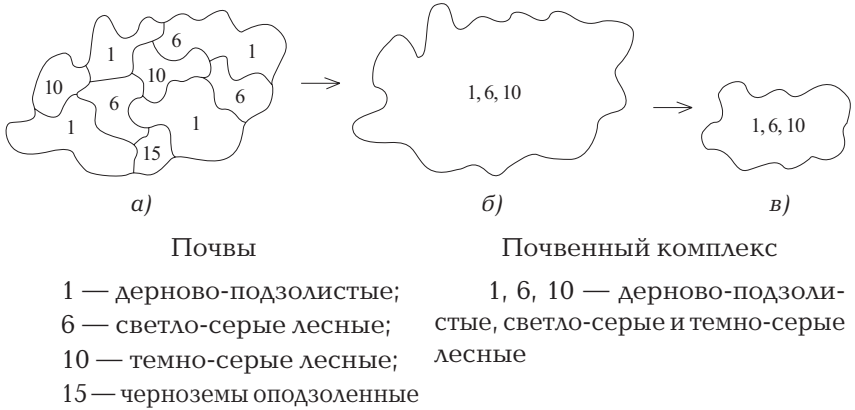


Рис. 42

Объединение контура и вкраплений в нем мелких контуров, сходных с ними классов в единый контур, которому присваивается класс преобладающего контура (рис. 43).

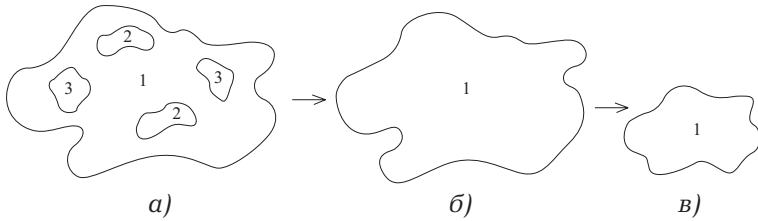


Рис. 43

Объединение смежных разнородных контуров в единый контур, если они после процедуры обобщения состава в легенде включены в один и тот же таксон обобщенной классификации. Приведенная на рис. 44 иллюстрация приема основана на исходной и обобщенной классификациях почв, приведенных в качестве примера метода обобщения состава содержания (без применения других приемов геометрической генерализации).

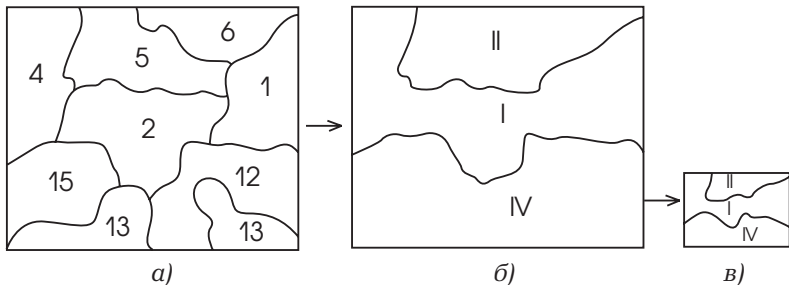


Рис. 44

Ниже приводятся заимствованные из различных источников рисунки фрагментов карт для иллюстрации и пояснения особенностей генерализации в отношении элементов, изображающих русло реки (рис. 45 из книги «Справочник по картографии». М.: Недра, 1988), населенный пункт (рис. 46 из учебника К.А. Салищева «Картоведение». М.: МГУ, 1976), рельеф (рис. 47 из учебника П.А. Вахрамеева «Картография». М.: Недра, 1981), горные породы (рис. 48 из учебника М.А. Берлянт «Картография». М.: АспектПресс, 2002).

Генерализация изображения русла реки выполнена с применением *отбора* отдельных мелкоразмерных (меньше ценза) элементов реки (старичных озер и рукавов), а также *геометрического обобщения* извилистости береговых линий русла и линий самого русла с сохранением характерных для равнинных рек строения (наличия рукавов, излучин, меандров и стариц), формы и установленной в редакционных указаниях точности положения элементов.

Генерализация изображения населенного пункта при переходах от масштаба к масштабу (рис. 46, а, б, в) выполнена с применением *обобщения состава* содержания исходной карты и соответствующего *объединения* структурных элементов изображения. Обе операции выполнены путем последовательного перехода к элементам следующего структурного уровня: от строений к кварталам, от кварталов к частям населенного пункта, от частей к объекту в целом.

Генерализация изображения рельефа (рис. 47, а, б) выполнена с применением *обобщения состава* содержания, в частности увеличения высоты сечения между основными горизонталями, *упрощения* извилистости горизонталей и *исключения* малоразмерных форм рельефа (ям, курганов, промоин, обрывов и др.).

Генерализация изображения залегания горных пород, представленного на рис. 48, а, б, в, выполнена с применением методов отбора (2), *обобщения* состава содержания (4) и двух приемов *геометрического обобщения* — упрощения формы контуров (1) и объединения смежных контуров пород, относящихся к родственным таксонам (3). Отбор применен к отдельным контурам, площадь которых меньше установленных для геологических карт цензов. Обобщение состава выполнено в отношении двух пар родственных таксонов на фрагменте б и одной пары на фрагменте в. На фрагменте б в одном случае объединены таксоны Юрской системы среднего отдела, J_2 и сочетания среднего и верхнего отделов, J_{2+3} в один таксон среднего отдела J_2 , а в другом случае объединены таксоны Пермской системы среднего отдела татарского яруса P_{2t} и казанской свиты P_{2Kz} в один таксон P_2 . На фрагменте в верхний и средний отделы Юрской системы объединены в один таксон J . Кроме того, на втором фрагменте таксоны отделов Триасовой (T_1), Меловой (K_1) и Пермской (P_2) систем переведены в таксоны старшего ранга соответственно T, K, P . С помощью приемов геометрического обобщения детальность форм и структу-

ры залегания горных пород стали существенно проще, однако главные черты геологического строения данной территории не только сохранены, но и стали более очевидными.

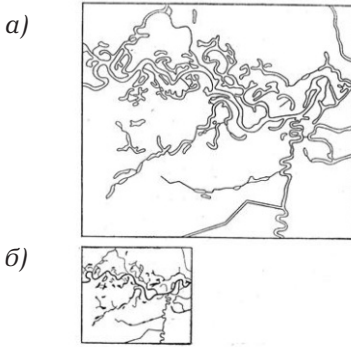


Рис. 45

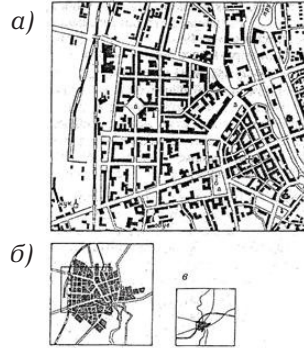


Рис. 46

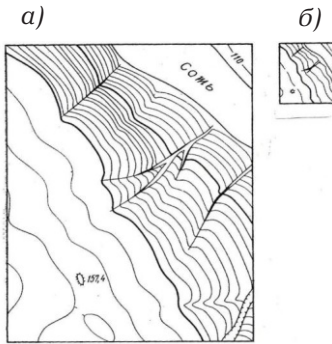


Рис. 47

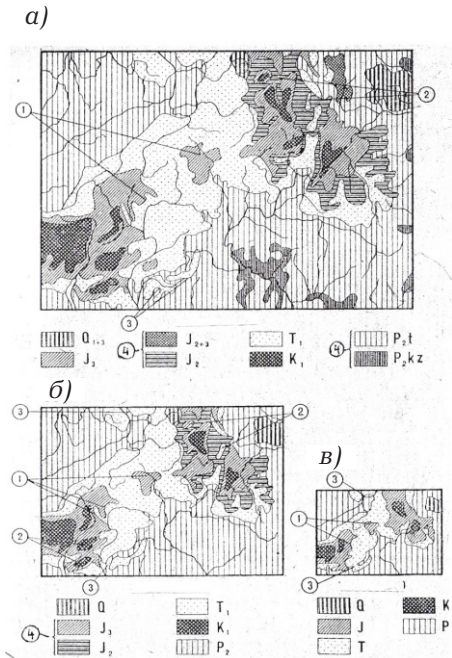


Рис. 48

РАЗДЕЛ 6. ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

В разделе раскрываются следующие темы:

- 6.1. Виды и структура технологий.
 - 6.2. Проектирование карты.
 - 6.3. Составление карты.
 - 6.4. Подготовка к изданию и издание карты.
 - 6.5. О возможностях автоматизации картографических работ.
-

6.1. Виды и структура технологий

В зависимости от источников информации создания карт можно выделить следующие виды технологий: геодезические, фотограмметрические, картографические и комбинированные. В геодезических технологиях источником информации являются материалы съемочных работ с применением геодезических методов и устройств. Фотограмметрические технологии основаны на аэро- или космической съемке и последующей обработке снимков. В собственно картографических технологиях собираются и обрабатываются готовые плано-картографические и другие материалы. Комбинированные технологии строятся на различных сочетаниях основных видов.

В зависимости от обеспеченности всего цикла работ или отдельных его этапов компьютерными средствами технологии можно подразделять на традиционные, автоматизированные и автоматические.

Рассмотрим, из каких этапов состоят основные виды традиционных технологий.

Геодезические технологии имеют следующую типовую последовательность этапов.

1. Проектирование карты (плана) и технологии работ.
2. Геодезическое обоснование.
3. Геодезическая съемка.
4. Подготовка материалов съемки.
5. Составление оригинала карты.
6. Подготовка карты (плана) к изданию.
7. Издание карты (плана).

Фотограмметрические технологии имеют следующую типовую структуру.

1. Проектирование карты (плана) и технологии работ.
2. Геодезическое обоснование.
3. Аэрофотосъемка.
4. Плано-высотная привязка снимков.

5. Фотограмметрическое сгущение.
6. Трансформирование снимков.
7. Дешифрирование снимков.
8. Составление авторского оригинала карты.
9. Подготовка составительского оригинала карты.
10. Подготовка карты (плана) к изданию.
11. Издание карты (плана).

Картографические технологии состоят из следующих основных этапов.

1. Проектирование карты и технологии работ (редакционно-подготовительный этап).
2. Составление оригинала карты (составительский этап).
3. Подготовка карты к изданию.
4. Издание карты.

6.2. Проектирование карты

Редакционно-подготовительный этап состоит из следующих видов работ.

1. Подготовка задания на проектирование.
2. Разработка предварительной программы карты.
3. Сбор исходных материалов.
4. Изучение объекта картографирования.
5. Разработка программы (проекта) карты.

При подготовке задания на карту устанавливаются основополагающие характеристики создаваемой карты — объект (тема и территория), масштаб и назначение, которые определяют проекцию, содержание и оформление карты, а также технологию работ по ее созданию.

Анализ задания на карту, первоначальное ознакомление с имеющимися исходными материалами, а по ним и с объектом картографирования, изучение карт, аналогичных создаваемой, позволяют подготовить **предварительную программу карты**. В ней устанавливается масштаб, проекция и содержание проектируемой карты, а также должен быть определен перечень необходимых исходных материалов и тех организаций, которые этими материалами располагают.

Цель стадии работ по **сбору исходных материалов** — подготовка информационной базы, достаточной по своему составу, детальности, точности и актуальности, для проектирования и составления создаваемой карты. Собранные материалы анализируются, систематизируются и описываются в разделе программы карты «Исходные материалы», к которому прилагается схема их расположения на территории объекта.

Изучение объекта — важное условие познать структуру и географические особенности объекта и на этой основе разработать содержание карты, определить параметры и подготовить образцы генерализации исходных планово-картографических материалов. Результаты данной стадии редакционно-подготовительных работ оформляются в виде раздела программы под названием «Характеристика объекта». Географические особенности объекта обобщенно представляются в виде карты, показывающей деление его территории на географические районы, в качестве приложения к разделу.

Далее на подготовленной научной и информационной базе последовательно проектируются математическая основа, содержание и оформление карты, а с учетом последних также разрабатываются технологии составления, подготовки к изданию и издания карты; результаты работ представляются в соответствующих разделах программы.

При проектировании **математической основы** обосновывается главный масштаб карты, выбирается и обосновывается картографическая проекция, определяются параметры картографической сетки, выбираются опорные точки, разрабатывается компоновка карты. Результаты оформляются в текстовой и графической частях раздела «Математическая основа карты». Графическая часть раздела включает в себя схему картографической сетки и «Макет компоновки карты».

При проектировании **содержания тематической карты** определяют состав информации **географической основы**, который коррелирует с темой создаваемой карты, и состав основной информации, которая раскрывает тему (и потому называется **тематическим содержанием**) и соответствует масштабу и назначению карты. Для тематического содержания определяется соответствующий способ (способы) его изображения; на его основе для элементов тематического содержания подбираются соответствующие графические средства и переменные и разрабатывается **легенда карты**. В редакционных указаниях по составлению карты определяются цензы, излагается методика и прилагаются образцы генерализации исходных планово-картографических материалов. Проектные решения оформляются в виде раздела «Содержание и оформление карты», графическими приложениями к которому являются «Легенда карты», «Образцы генерализации» и «Образцы составления и оформления карты».

В разделе «Технология работ» излагаются разработанные применительно к имеющимся технологическим условиям и с учетом сложности и особенностей создаваемой карты технологические **схемы составления, подготовки к изданию и издания карты**, в которых по каждому этапу работ даются редакционные указания, в которых излагаются необходимые материалы, методы, технические

средства и процессы, а также требования, предъявляемые к промежуточным и конечным результатам.

По окончании редакционно-подготовительных работ должны быть выполнены и переданы на следующий этап два основных продукта — оформленные **исходные материалы** и **программа карты**. На следующем этапе первый продукт выполняет роль источника информации создаваемой карты, а второй — методического руководства проведения работ и модели создаваемой карты.

6.3. Составление карты

Данный этап работы в зависимости от сложности составляемой карты, а также обеспеченности работ специальными устройствами и компьютерными средствами может выполняться различными технологиями: традиционной, традиционной с привлечением компьютерных средств, комбинированной, автоматизированной или безбумажной, выполняемой в среде какой-либо системы. Традиционными технологиями могут составляться капитальные синтетические и комплексные картографические произведения, требующие привлечения огромного количества разнообразных исходных материалов и большого коллектива авторов — специалистов из разных отраслей науки. Менее сложные синтетические или оригинальные карты могут составляться комбинированными технологиями. Безбумажные технологии применяются для составления несложных или типовых карт. Учитывая, что последние технологии подробно рассматриваются в разделе 9, здесь имеет смысл кратко изложить структуру и содержание этапа, основанного на традиционной технологии с использованием на разных стадиях работ компьютерных программ и устройств.

Этап состоит из следующих видов работ.

1. Техническая подготовка исходных материалов.
2. Вычисление элементов математической основы.
3. Построение элементов математической основы.
4. Перенос информации исходных карт и планов.
5. Генерализация перенесенной информации.
6. Оформление элементов содержания.
7. Компонировка и общее оформление оригинала карты.

Техническая подготовка исходных карт и планов заключается в переоформлении (утолщении, изменении цвета) некоторых линейных элементов изображения, если перенос информации с них будет выполняться фотомеханическим или оптическим способом.

Второй вид работ заключается в вычислении с требуемой точностью прямоугольных координат узловых точек картографической сетки и опорных точек по формулам проекции создаваемой карты;

выполняется, как правило, с помощью специальных программ на компьютере.

Построение элементов (узловых и опорных точек) **математической основы** в традиционной технологии выполняется на чертежной бумаге, наклеенной на жесткую (алюминиевую) основу, с помощью координатографа. В компьютерном варианте по полученным координатам или по параметрам картографической сетки на бумаге с помощью графопостроителя или плоттера вычерчиваются элементы сетки и наносятся опорные точки. Данные элементы могут быть также выполнены в цифровом виде средствами графического редактора.

Цель операции **переноса информации**, применяемой в традиционной технологии, — нанесение позиционных сведений (точек, линий, контуров) элементов изображения исходных материалов на подготовленную математическую основу одним из представленных ниже **способов** с использованием опорных точек.

Фотомеханический способ основан на фотографировании исходных материалов с помощью фоторепродукционных аппаратов, печати по полученным негативам бледно-голубых копий и монтировании копий при условии совмещения идентичных опорных точек на математическую основу. Это наиболее точный и затратный способ. Он применяется при условии совпадения проекции исходных карт и создаваемой карты.

Оптический способ заключается в получении с помощью картографического проектора оптического изображения исходного материала, совмещении его опорных точек с идентичными точками на математической основе и фиксации позиционных сведений его элементов карандашом. Способ несколько менее точный, чем первый, но более дешевый; применяется не только при совпадении, но и сходстве проекций исходных и создаваемой карт, поскольку в проекторах предусмотрена незначительная трансформация изображений.

Копировальный способ предполагает получение сканерных серых копий исходных карт, оформление черной тушью на полученных копиях позиционных сведений элементов изображения и перенос при совмещенных опорных точках позиционных элементов с помощью проектора или светостола на математическую основу. Данный способ менее точный, чем второй, но наиболее доступный; как и первый, он не допускает различия в проекциях исходных и создаваемой карт.

В безбумажной технологии, выполняемой в среде графического редактора, вместо операции переноса представленная в виде растра исходная карта преобразуется (векторизуется) в набор компонентов ее содержания, представленных в виде слоев, из которых формируется содержание создаваемой цифровой карты.

Генерализация исходной информации в зависимости от способа переноса информации может выполняться после переноса, частично в процессе переноса и перед переносом. После переноса генерализация проводится, если он (перенос) выполнен фотомеханическим способом. При переносе оптическим способом можно одновременно выполнять отбор информации, а остальную генерализацию провести после переноса. При применении способа копирования генерализацию лучше сначала выполнить на серой копии, а затем оформленные вместе с другими элементами результаты генерализации перенести на математическую основу. Генерализация выполняется по методическим указаниям и образцам, которые разработаны в программе карты.

Генерализация, как уже говорилось, является сложным научным процессом, поэтому автоматизирована она может быть частично. В пакетном режиме могут быть выполнены операции отбора элементов и «упрощения» формы линейных и площадных элементов путем удаления некоторых малозначимых поворотных точек.

Оформление элементов содержания выполняется в строгом соответствии с легендой карты и образцами оформления, предусмотренными в программе.

Компоновка и общее оформление оригинала карты выполняются по макету компоновки.

Конечными продуктами этапа составления карты могут быть два вида оригиналов — **авторский оригинал** и **составительский оригинал** создаваемой карты. Первый составляется непосредственно специалистом (группой специалистов) в области знания, к которой относится тема создаваемой карты. Второй выполняется картографом-составителем на высоком техническом уровне в строгом соответствии с программой карты; он полностью отвечает требованиям конечного продукта этапа составления. Как правило, качество авторского оригинала этим требованиям не отвечает, поэтому на его основе изготавливается передаваемый на следующий этап составительский оригинал.

6.4. Подготовка к изданию и издание карты

Этап подготовки карты к изданию в условиях современного полиграфического производства в значительной своей части выполняется автоматизированными технологиями, в частности, изготовление расчлененных оригиналов карты для создания печатных форм. Однако, чтобы лучше понимать сущность процесса подготовки карты к изданию, имеет смысл кратко рассмотреть его на содержательном уровне.

Этап **подготовки карты к изданию** имеет целью улучшение графического качества картографического изображения, полученного на этапе составления, и изготовление тиражных печатных форм для передачи их на этап издания тиража карты.

В процессе подготовки карты к изданию выполняются следующие основные виды работ:

- фоторепродуцирование составительского оригинала, изготовление негативов, а с их помощью бледно-голубых копий оригинала;
- чистовое цветоделительное черчение на бледно-голубых копиях штриховых издательских оригиналов (на каждом оригинале черной тушью вычерчиваются штриховые элементы одного цвета);
- изготовление масок отдельно для штриховых и фоновых элементов (для каждой краски, которыми будет печататься тираж карты, изготавливается собственная маска);
- создание пробных штриховых и фоновых печатных форм;
- печать пробных оттисков (штрихового, фонового и совмещенного) на пробопечатном станке;
- техническое редактирование пробных оттисков;
- исправление масок по замечаниям технического редактора;
- изготовление штриховых и фоновых тиражных печатных форм.

Всего данный процесс насчитывает более 15 видов работ; кроме того, он разветвлен на два больших подпроцесса, специализирующихся по видам элементов изображения, — работы со штриховыми элементами и работы с фоновыми элементами, каждый из которых, в свою очередь, разветвлен на малые подпроцессы по видам красок, которыми элементы будут напечатаны на карте. Так, например, при подготовке топографической карты к изданию в результате выполнения работ со штриховыми элементами необходимо изготовить три штриховые печатные формы (для черной, коричневой и синей красок), а в результате выполнения работ с фоновыми элементами необходимо изготовить четыре фоновые печатные формы (для зеленой, голубой, оранжевой и желтой красок).

Очевидно, что в автоматизированных технологиях, например СТР и СТР, такие работы, как фоторепродуцирование, цветоделительное чистовое черчение и изготовление масок, выполняются средствами издательских картографических систем, а также издательских модулей в составе универсальных ГИС или АКС (автоматизированных картографических систем).

Главной конечной продукцией этапа являются **тиражные печатные формы**, количество которых равно количеству красок, необходимых при издании карты. Оттенки насыщенности цвета на картах получают применением на фоновых печатных формах в качестве печатающих элементов различной конфигурации и плотности растров, а оттенки цветового тона — совмещением растровых слоев

красок различного цвета (сходным со способом лессировки). В картографическом производстве применяются печатные формы, с помощью которых выполняется плоская печать, в отличие от высокой печати, применяемой для издания текстов, и глубокой печати, применяемой для издания художественных репродукций.

Печатающие элементы на плоской печатной форме находятся практически на одном уровне с пробельными элементами (рис. 49, а). Они, благодаря особым физико-химическим свойствам, удерживают типографскую краску, в то время как пробельные элементы удерживают воду. На формах для высокой печати печатающие элементы возвышаются над пробельными элементами (рис. 49, б), а на формах для глубокой печати — наоборот (рис. 49, в).



Рис. 49

Этап издания завершает технологический цикл создания карты. Его целью является производство запланированного количества экземпляров (тиража) карты и окончательная (товарная) их обработка. Небольшой тираж карты (от 10 — 15 до 100 экземпляров) издается на **пробопечатном офсетном станке**, на котором на этапе подготовки карты к изданию изготавливают пробные оттиски для проверки качества печатных форм. Большой тираж, исчисляемый сотнями, тысячами, десятками (а иногда и сотнями) тысяч экземпляров, издается на технологически более совершенных и более производительных **многокрасочных офсетных машинах**. Устройства обоих типов работают на базе **офсетного цилиндра**, обтянутого резиновым покрытием, называемым офсетной оболочкой, которая при соприкосновении с печатной формой «снимает» нанесенный на ее печатающие элементы слой краски и при последующем соприкосновении с бумагой мягко, без раздавливания наносит этот слой на нее. На станке вращающийся и движущийся горизонтально офсетный цилиндр снимает краску с закрепленной в плоском горизонтальном положении печатной формы и наносит на закрепленную в плоском горизонтальном положении бумагу; за один прогон офсетного цилиндра на лист бумаги наносится всего одна краска. Все операции на станке (раскатка краски на печатную форму, установка печатной формы и бумаги и др.), кроме движения и вращения цилиндра, снятия им краски с формы и нанесения на бумагу, выполняются вручную.

Принцип работы и возможности офсетной машины существенно другие. Работа и взаимодействие всех узлов в машине основаны на вращении, все операции автоматизированы, за один прогон листа бумаги на нее наносятся все необходимые краски и из машины за секунды выходит напечатанный экземпляр карты.

6.5. О возможностях автоматизации картографических работ

Автоматизация картографических технологий основана на применении АКС (автоматизированных картографических систем) и ГИС (геоинформационных систем). Четыре этапа создания карты по причине различий в сложности работ автоматизированы неодинаково. На этапе проектирования, где основную творческую интеллектуальную работу выполняет картограф-редактор или редакция, компьютерным системам отведена роль технического помощника.

На этапе составления средствами компьютерных систем в зависимости от сложности создаваемой карты могут выполняться все виды работ или их часть. Сложные комплексные и синтетические карты, основанные на согласовании, взаимоувязке и генерализации большого тематического, временного и масштабного разнообразия планов, карт, снимков и других материалов, а также новые оригинальные карты требуют при составлении обязательного и значительного участия опытных картографов-составителей. Не очень сложные, простые и типовые карты практически полностью выполняются средствами системы. Картографическая генерализация сама по себе сложный научно-информационный процесс, поэтому составление даже несложных карт полной автоматизации пока не поддается.

Этап подготовки карты к изданию может быть полностью выполнен средствами издательской АКС, за исключением печати пробных оттисков, которые изготавливаются на пробопечатном станке типографическими красками, и их технического редактирования.

Что касается издания карт: если тираж карты насчитывает до 10 – 15 экземпляров, его печатают на графопостроителе или цветном плоттере; если, как уже было сказано, тираж составляет до 500 экземпляров, его издают на пробопечатном станке; а если более 100 экземпляров, то издают на многокрасочных офсетных машинах.

РАЗДЕЛ 7. МЕТОДОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

В разделе раскрываются следующие темы:

- 7.1. Способы и методы работы с географическими картами.
 - 7.2. Математические методы обработки картографической информации.
-

■ 7.1. Способы и методы работы с географическими картами

Географические карты не являются самоцелью; они создаются для того, чтобы с помощью информации, которая в них содержится, пользователи могли решать разнообразные пространственные задачи. Содержащаяся в картах информация имеет различные структурные особенности и степень доступности, поэтому в дисциплине об использовании карт (картопользовании) разработано множество способов и методов ее «извлечения» из карт. Можно, в частности, назвать следующие способы работы с географическими картами: визуальный, инструментальный, графический, графоаналитический, аналитический и компьютерный.

Визуальный способ заключается в обзоре или анализе карты без применения каких-либо приспособлений или специальных методов получения информации.

Инструментальный способ предполагает при работе с картой применение измерительных инструментов: планиметра, курвиметра, сколки, измерителя, масштабной линейки и других.

Графический способ заключается в построении по картографическому изображению различных графических отображений выборочных распределений: профилей, графиков, разрезов, диаграмм и т. д.

Графоаналитический способ сочетает в себе применение графических средств (как правило, палеток) и несложную математическую обработку выборочных данных; включает в себя две группы методов — картометрические и морфометрические. Группа картометрических методов применяется для определения по картам координат, высот, длин, расстояний, площадей, объемов, углов; морфометрические методы — для определения углов наклона поверхностей, вертикального и горизонтального расчленения поверхностей, экспозиции склонов, а также извилистости, формы, густоты и плотности линейных и площадных объектов.

Аналитический способ включает в себя методы математического анализа, математической статистики, теории вероятностей, теории информации, теории графов и другие, с помощью которых могут

выполняться как аналитические, так и синтетические операции с картами с целью получения разнообразной производной информации.

Компьютерный способ предполагает работу с цифровыми и электронными картами средствами ГИС и может при необходимости включать в себя все методы, о которых говорилось выше. Однако, кроме операций, основанных на рассмотренных методах, ГИС могут выполнять некоторые специальные процедуры, например оверлейные (объединения двух и более слоев в один), полигональные (построение полигонов Тиссена, триангуляций Делоне), вычисления центроидов и др.

7.2. Математические методы обработки картографической информации

Математические методы применяются для выявления на картах и получения скрытой от непосредственного восприятия и недоступной для измерений и простых методов информации: пространственных закономерностей; составляющих пространственных структур (подструктур); сложных интегральных пространственных структур; разнообразных структурных показателей.

Применяемые в картопользовании математические методы можно объединить в четыре группы по типам пространственных структур, на которые они ориентированы, а внутри каждой группы разделить на две подгруппы, одна из которых предназначена для анализа, а другая — для синтеза. На географических картах, как известно, встречаются четыре основных типа пространственных структур: поверхности, контурные или площадные, линейные и точечные. В процессе обработки этих структур математическими методами могут выполняться две противоположные по своей сущности операции: разложение структур на составляющие — анализ и слияние структур в более сложные образования — синтез. При выполнении анализа исходная структура на карте либо расчленяется на несколько более простых структур (аналитические карты), либо из нее извлекаются требуемая подструктура (производная карта) или требуемые структурные показатели. При выполнении синтеза две или более исходные пространственные структуры соединяются в новую комплексную или обобщенную пространственную структуру (комплексную или обобщенную синтетическую карту) либо «свертываются» в один или несколько обобщенных структурных показателей [5].

Аналитическая подгруппа **методов обработки поверхностей** включает в себя аппроксимацию данного типа структур алгебраическими многочленами, полиномами, сплайнами, а также сглажи-

вание осреднением. В синтетическую подгруппу методов работы с данными структурами входят операции сложения (вычитания), умножения (деления), методы корреляционного анализа (определение пространственного распределения значений коэффициентов парной, ранговой и частной корреляции, корреляционного отношения), методы многофакторного (дисперсионного, компонентного и факторного) анализа, методы анаморфоза (преобразования физической поверхности в «реальную» (транспортную или экономическую) в зависимости от транспортной обеспеченности или экономической ценности территории).

В аналитическую подгруппу **средств обработки контурных структур** входят методы оценки сложности структуры, территориальной группировки контуров, оценки топологического положения, оценки формы и ориентировки контуров. В подгруппу синтеза данного типа структур входят методы сложения и вычитания структур, оценки связей (полихорический и тетрахорический показатели), оценки пространственного соответствия (информационными показателями энтропии и избыточности).

Аналитическую подгруппу **средств обработки линейных структур** составляют методы оценки топологических свойств сетей, оценки пропускной способности сетей, оценки густоты сетей. В подгруппу средств синтеза линейно-сетевых структур входят методы корреляционного анализа, территориальной группировки, прогноза развития.

Точечные структуры на картах анализируются с помощью методов оценки густоты, оценки регулярности, определения ближайшего соседства. При синтезе этих структур применяют методы территориальной группировки, корреляционного анализа, прогноза развития.

Ниже приводятся формулы, правила и примеры основных методов анализа и синтеза двух наиболее распространенных видов структур, представленных на географических картах способом изолиний (поверхности) и способом качественного фона (площадные или контурные) [5].

Анализ поверхностей на картах можно выполнять с помощью методов алгебраических *многочленов* [1].

Для этого поверхность $h = F(x, y)$ на географической карте необходимо представить аппроксимирующей ее функцией (трендом):

$$h = f(x, y) + t,$$

где $f(x, y)$ — аппроксимирующая функция; t — остаток аппроксимации.

Далее $f(x, y)$ следует разложить на составляющие и представить уравнением:

$$h = \sum_{i=1}^n f_i(x, y) + t.$$

Отыскание численных значений составляющих выполняется при условии минимума отклонений $f(x, y)$ от $F(x, y)$:

$$\sum_{j=1}^m t_j^2 = \sum_{j=1}^m [F(x_j, y_j) - f(x_j, y_j)] = \min,$$

где m — число точек палетки, по которым определяются отклонения.

При разложении $f(x, y)$ на составляющие методом алгебраических многочленов она представляется в виде суммы координат в возрастающей степени:

$$f(x, y) = A_{00} + A_{10}x + A_{01}y + A_{20}x^2 + A_{02}y^2 + \dots + A_{nm}x^n y^m,$$

где A — коэффициенты элементов разложения, которые необходимо определить.

Для вычислений A с карты снимают значения h_i ; с их помощью составляется система уравнений, которая решается по способу наименьших квадратов.

Поверхность на карте, аппроксимируемая:

1) многочленом первой степени будет представлена в первом приближении, плоскостью;

2) многочленом второй степени — во втором приближении, искривленной плоскостью;

3) многочленом третьей степени — более близкой к реальной поверхности, с меньшей, чем во втором приближении, суммой квадратов отклонений, и т. д. до тех пор, пока точность аппроксимирующей поверхности не станет соответствовать требуемой величине.

Ниже приведен пример разложения фрагмента карты урожайности картофеля, заимствованного из книги В.Т. Жукова, С.Н. Сербенюка и В.С. Тикунова «Математико-картографическое моделирование в географии» (М.: Мысль, 1980) (рис. 50, 0), на составляющие поверхности (тренды) первой (рис. 50, 1), второй (рис. 50, 2) и третьей (рис. 50, 3) степеней, а также на поверхности, отображающие распределение их отклонений от реальной поверхности (рис. 50, 1', 2', 3').

Разложение поверхностей **методом полиномов** отличается от рассмотренной тем, что аппроксимирующее уравнение выражается в виде независимых ортогональных многочленов $f_k(x)$ и $f_l(y)$:

$$\bar{h} = f(x, y) = \sum_{k=0}^n \sum_{l=0}^m A_{kl} f_k(x) f_l(y),$$

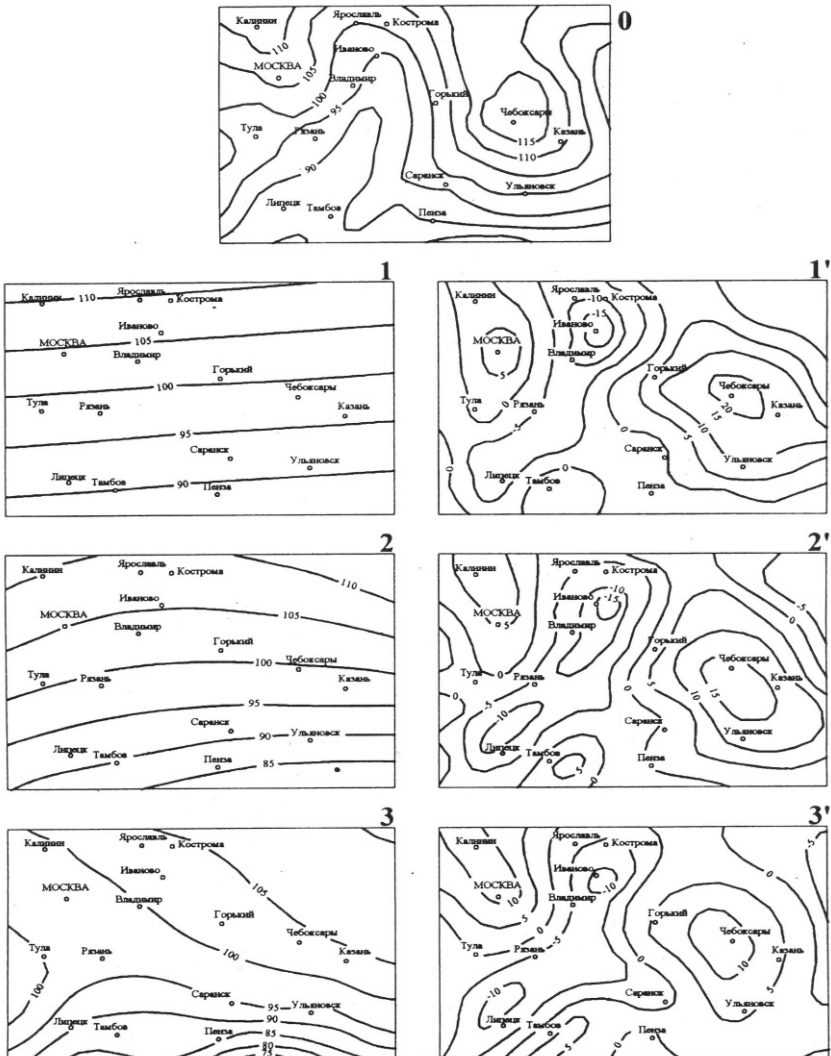
где A_{kl} — коэффициенты; k и l — степень полинома (соответственно от 0 до n и от 0 до m).

Если произведение $f_k(x) f_l(y)$ обозначить S_{kl} , то аппроксимирующее уравнение будет иметь вид системы:

$$\bar{h} = f(x, y) = A_{00}S_{00} + A_{10}S_{10} + \dots + A_{nm}S_{nm},$$

решение которой по способу наименьших квадратов дает выражение для определения значений коэффициентов (кроме первого):

$$A_{kl} = \left(\sum_{k=0}^n \sum_{l=0}^m h_i \cdot S_{nm} \right) : \left(\sum_{k=0}^n \sum_{l=0}^m S^2_{nm} \right).$$



Первый коэффициент вычисляется по отдельной формуле

$$A_{00} = \frac{\sum_{i=1}^{nm} h_i}{nm}.$$

Точность аппроксимации методом полиномов оценивается формулой определения средних квадратических ошибок:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{nm} t_i^2}{nm}}.$$

Синтез поверхностей выполняется в основном с помощью корреляционных методов, в частности метода парной корреляции, метода частной корреляции, метода множественной корреляции и метода корреляционного отношения. Первый метод применяется для оценки тесноты связи между поверхностями, отображающими распределение двух показателей A и B на одной территории, если связь между ними прямолинейная, с помощью коэффициента r_{ab} [1]. Для установления формы связи между поверхностями и выполнения всех необходимых вычислений с обеих карт с помощью квадратной палетки снимают значения сопоставляемых показателей: a_i и b_i . После этого по значениям показателей строится график, на котором точки, отражающие связь между ними, могут распределиться: а) узкой полосой, которую можно аппроксимировать прямой линией; б) узкой полосой, аппроксимируемой кривой линией; в) в виде «облака», указывающего на отсутствие связи.

Если точки на графике распределились как в первом случае, то далее определяется коэффициент r_{ab} по формуле

$$r_{ab} = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - M_a) \cdot (b_i - M_b)}{n \delta_a \delta_b},$$

где n — число снятых с карт пар значений a_i и b_i показателей A и B ; M_a и M_b — среднее арифметическое значение показателей A и B ; δ_a и δ_b — среднее квадратическое отклонение значений показателей:

$$\delta_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^2}{n} - M_a^2}; \quad \delta_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n b_i^2}{n} - M_b^2}.$$

Значение средней квадратической ошибки r_{ab} определяется по формуле

$$m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}.$$

После вычисления коэффициента r_{ab} составляется уравнение регрессии:

$$\bar{b}_i = k_1 a_i + k_2,$$

где k_1, k_2 — коэффициенты, определяемые по формулам

$$k_1 = r \frac{\delta_b}{\delta_a}, \quad k_2 = M_b - k_1 M_a.$$

С помощью полученного уравнения вычисляют значения показателя \bar{B} , которые отличаются от значений показателя B и зависят только от показателя A . Полученные значения \bar{b}_i наносят на карту; по ним выполняется интерполяция и проводятся изолинии регрессионной поверхности \bar{B} , показывающей распределение значений \bar{b}_i по территории в зависимости от показателя A .

Посредством вычитания из поверхности B поверхности \bar{B} по формуле $\Delta b_i = b_i - \bar{b}_i$ будет получена поверхность ΔB , которую называют *остаточной поверхностью*.

Ниже приведен пример синтеза фрагментов карты плотности застройки городских земель (рис. 51, а) и карты удаленности земель от центра города (рис. 51, б) по изложенной методике. На основе вычислений коэффициента r , оценивающего зависимость показателя плотности застройки (b_i) от показателя удаленности (a_i), и значений показателя \bar{b}_i получены регрессионная поверхность (рис. 51, в) и остаточная поверхность (рис. 51, г) [5]. Полученная синтетическая карта B отражает основную закономерность распределения плотности застройки, которая обусловлена главным образом фактором удаленности земель от центра: форма ее распределения практически повторяет идеальную куполообразную форму распределения показателя удаленности.

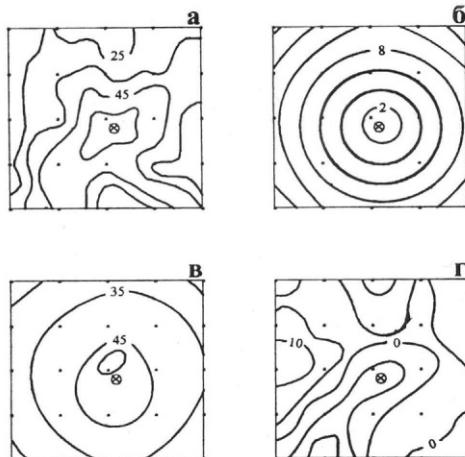


Рис. 51

Метод частной корреляции применяется для определения влияния показателя C на связь между показателями A и B с помощью коэффициента r_{ab}/c , который вычисляется по формуле

$$r_{ab}/c = \frac{r_{ab} - r_{ac}r_{bc}}{\sqrt{(1-r_{ac}^2) \cdot (1-r_{bc}^2)}},$$

где r_{ab} , r_{ac} , r_{bc} — коэффициенты парной корреляции.

С его помощью можно, например, установить степень влияния на зависимость плотности городской застройки от удаленности показателя транспортной доступности земель.

Метод множественной корреляции используется для оценки связи между показателем A и совокупностью показателей ($B, C, D \dots L$). Формула оценивающей связь коэффициента основана на коэффициентах парной корреляции.

Метод корреляционного отношения применяется в том случае, если корреляционный график, о котором говорилось выше, имеет криволинейную форму. Формулы вычисления коэффициента связи η_{ab} основаны на использовании матрицы частот значений показателей A и B и величин, получаемых в результате ее обработки.

Анализ контурных структур на картах, составленных способами качественного фона и ареалов, может выполняться с помощью методов теории вероятностей и теории информации. Структуру этих карт можно, в частности, описать матрицами вероятностей совместных событий [5]. Вероятность совместного события

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n},$$

применительно к карте, если ее пространство для удобства описания представить дискретно в виде прямоугольной решетки с шагом $\Delta x = \Delta y$, насчитывающей n ячеек (точек), и вычисления выполнять отдельно по направлениям X и Y , — это доля пар смежных ячеек, занятых элементами i и j ее классификационной системы, состоящей из m классов, в общем количестве пар точек. Структура описывается двумя матрицами размером $m \times m$ — P_x и P_y , в диагональные клетки которых записываются доли сменных пар ячеек p_{ii} , принадлежащих одинаковым классам и связывающих ячейки в контуры; другие элементы — доли пар ячеек p_{ij} , принадлежащих разным классам и связывающих между собой соседние контуры. Матрица вероятностей является численным обобщением контурной структуры по одному из двух направлений, представляющая ее в суммарных относительных значениях: а) занимаемой каждым классом площади на карте; б) протяженности границ (смежности) между классами. Дальнейший анализ заключается в работе с матрицами P_x и P_y с помощью следующих операций.

1. Ранжирование классов и отношений смежности между ними по значениям p_{ii} и p_{ij} с целью определения устойчивых попарных сочетаний в описанной в матрицах структуре.

2. Построение цепочек устойчивых сочетаний и представление их в виде графов.

3. Вычитание и осреднение матриц P_x и P_y для определения асимметричности структуры $\Delta P_{xy} = P_x - P_y$ и получения общей матрицы $P = (P_x + P_y)/2$.

Кроме того, используя метод оценки энтропии матриц P_x , P_y и P , можно оценить степень структурной сложности анализируемой карты по формуле

$$H = \sum_j^m \sum_i^m p_{ij} \log_2 p_{ij} .$$

Пример применения матриц P_x и P_y , некоторых операций с ними и оценки на их основе сложности контурной структуры карты показан ниже. Изображенный на рис. 52, а фрагмент карты земельных угодий имеет матрицы контурной структуры:

$$P_x = \begin{vmatrix} 0.033 & 0.045 & 0.021 \\ 0.011 & 0.422 & 0.111 \\ 0.022 & 0 & 0.333 \end{vmatrix} ; P_y = \begin{vmatrix} 0.067 & 0 & 0.011 \\ 0.222 & 0.455 & 0.033 \\ 0.011 & 0.222 & 0.378 \end{vmatrix} .$$

После их вычитания и осреднения получены матрицы:

$$\Delta P = \begin{vmatrix} -0.034 & 0.045 & 0.010 \\ -0.211 & -0.033 & 0.078 \\ 0.011 & -0.022 & -0.045 \end{vmatrix} ; P = \begin{vmatrix} 0.050 & 0.023 & 0.016 \\ 0.116 & 0.438 & 0.072 \\ 0.017 & 0.011 & 0.356 \end{vmatrix} .$$

Структурная сложность карты, оцененная энтропией по матрице P , равна 2,206 (двоичных единиц). Для сравнения структурная сложность генерализованного фрагмента, показанного на рис. 50, б, оценивается значением 1,571 (двоичных единиц).

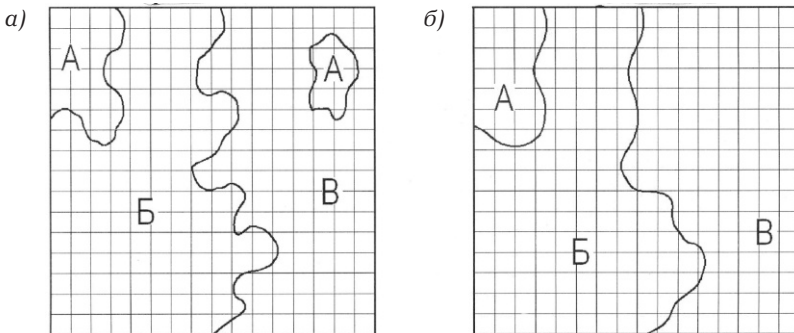


Рис. 52

Матрицы вероятностей являются численным аналогом структуры изображенного на карте объекта, количественно описывающим соотношения размеров классов контурных элементов и степени их смежности. По ним можно устанавливать структурные закономерности и особенности объекта, наиболее повторяющиеся классы и их сочетания (каркас структуры), преобладающие форму и ориентировку контуров. Общий энтропийный показатель, реагирующий на любые, даже самые незначительные изменения в структуре, является адекватной оценкой ее сложности.

Кроме того, приведенный пример применения метода демонстрирует возможность математического моделирования процесса картографической генерализации как преобразования структуры изображенного объекта карты.

Синтез контурных структур можно выполнять с применением полихорического метода, тетрахорического метода и метода определения взаимного пространственного соответствия [1]. Первый метод применяется для оценки тесноты связи показателем ρ , который вычисляется с использованием таблицы учета количества сочетаний классов признаков на сопоставляемых картах по формуле

$$\rho = \sqrt{(S-1) - \frac{(t_a-1) \cdot (t_b-1)}{n} : \sqrt{(t_a-1) \cdot (t_b-1)}},$$

где

$$S = \sum_{i=1}^{t_a} \left(\frac{1}{n_{a_i}} \sum_{j=1}^{t_b} \frac{p_{ij}^2}{n_{b_j}} \right);$$

ρ — частота точек в клетке ij учетной таблицы;

a_i и b_j — классы признаков на карте A и на карте B ;

n_{a_i} и n_{b_j} — частота встречаемости классов a_i и b_j , соответствующих числу точек в столбце i и в строке j таблицы;

n — общее число точек, по которым выполнялся учет количества сочетаний;

t_a и t_b — количество классов в легендах карт.

Тетрахорический метод применяется для оценки связи показателем S между картами A и B , составленными способом ареалов. При сопоставлении карт возможны четыре случая сочетания контуров:

- 1) a_1 — контуры совпадают;
- 2) b_1 — имеется контур карты A ;
- 3) a_2 — контуры отсутствуют;
- 4) b_2 — имеется контур карты B .

Вычисление показателя S выполняется по формуле

$$S = \frac{a_1 a_2 - b_1 b_2}{\sqrt{(a_1 + b_1) \cdot (b_2 + a_2) \cdot (a_1 + b_2) \cdot (b_1 + a_2)}}.$$

Наиболее эффективным из указанных методов при синтезе контурных структур является метод определения взаимного **пространственного соответствия**, формулы которого заимствованы из теории связи [5]. Для оценки соответствия контурных структур двух карт используется показатель избыточности сообщения R , который вычисляется по формуле

$$R = 1 - \frac{H}{H_{max}},$$

где H — совместная энтропия структур обеих карт:

$$H = H_{ab} = - \sum_i^n \sum_j^m p_{ab} \log_2 p_{ab};$$

H_{max} — сумма энтропий обеих карт:

$$H_{max} = H_a + H_b = \left(- \sum_i^n p_a \log_2 p_a \right) + \left(- \sum_j^m p_b \log_2 p_b \right).$$

Значения показателей энтропии определяются по расчетной матрице, выделенной в таблице 2 жирными линиями, в каждой клетке которой сверху вниз размещаются значения величин:

1) n_{ij} — количество точек палетки, в которых сочетаются класс i карты A с классом j карты B ;

2) $p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n}$ — вероятность сочетания классов ij ;

3) $p_{ij} \log_2 p_{ij}$ (значение этого выражения определяется по соответствующей таблице).

Ниже приводится пример сопоставления фрагментов карты агропроизводственной группировки почв (рис. 53, а) и карты использования земель (рис. 53, б). С помощью палетки и подсчетов n_{ij} , p_{ij} и $p_{ij} \log_2 p_{ij}$ была получена матрица и суммарные значения этих величин по ее строкам и столбцам (см. табл. 2).

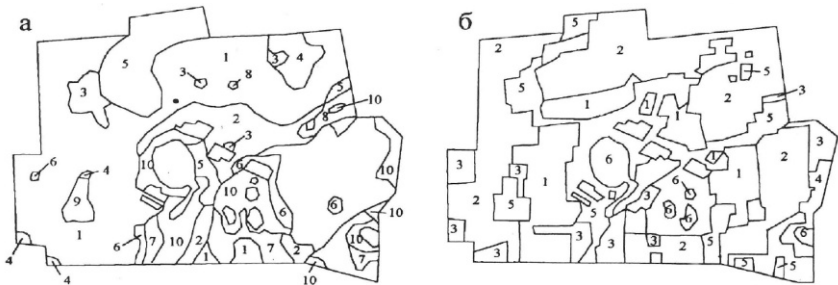


Рис. 53

Таблица 2

Номер агрогруппы	Номер угодья					Суммарные значения
	1	2	3	4	5	
I	13	31	1	1	7	53
	0,138	0,330	0,011	0,11	0,074	0,563
	0,397	0,528	0,066	0,066	0,269	0,486
II	1	3	2	-	6	12
	0,011	0,032	0,021		0,064	0,128
	0,066	0,152	0,113		0,244	0,383
III	1	6	2	2	7	18
	0,011	0,064	0,021	0,021	0,074	0,191
	0,066	0,244	0,113	0,113	0,269	0,455
IV	1	-	-	-	2	3
	0,011				0,021	0,032
	0,066				0,113	0,152
V	-	1	1	1	6	8
		-	0,011	0,011	0,064	0,085
			0,066	0,066	0,244	0,313
Суммарные значения	16	40	6	4	28	91
	0,170	0,425	0,064	0,043	0,299	1
	0,435	0,526	0,244	0,186	0,521	

Нижние величины в суммарной строке матрицы представляют собой значения $p_b \log_2 p_b$, а нижние величины в суммарном столбце — значения $p_a \log_2 p_a$. Значение показателя избыточности в примере оказалось высоким ($R = 0,86$). Это, безусловно, указывает на то, что при организации использования земель на данной территории учитывали существенную роль агропроизводственных свойств почвенного покрова.

РАЗДЕЛ 8. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

В разделе рассматриваются следующие темы:

- 8.1. Основные понятия геоинформатики (ГИ).
 - 8.2. Структуры, функции и виды ГИС.
 - 8.3. Компоненты ГИС.
 - 8.4. Организация геоданных в ГИС: структуры, модели, форматы.
 - 8.5. Основные геоинформационные технологии (ГИТ).
 - 8.6. MapInfo — геоинформационная система картографического назначения.
 - 8.7. Особенности растровых ГИС.
 - 8.8. О мобильных ГИС.
-

8.1. Основные понятия геоинформатики (ГИ)

Геоинформатика — отрасль научной и практической деятельности, специализирующаяся на разработке, применении и развитии геоинформационных систем (ГИС) и технологий (ГИТ).

ГИС — аппаратно-программный комплекс, предназначенный для автоматизированной и автоматической обработки геоданных и создания различных геоинформационных продуктов.

Геоинформация — сведения об объектах Земли, имеющие пространственную (координаты и геометрические отношения) и атрибутивную (сущностные характеристики) составляющие; в среде ГИС она представлена, соответственно, пространственными и атрибутивными геоданными.

Геоинформационная технология (ГИТ) — отдельная функция ГИС, с помощью которой может быть создана какая-либо структура геоданных или выполнена какая-либо операция с ней.

Геоинформационное картографирование (ГИС-картографирование) — создание, хранение и использование карт средствами ГИС; как правило, включает в себя несколько ГИТ.

Цифровое картографирование — создание, хранение и использование карт средствами автоматизированных картографических систем (АКС); в состав АКС, кроме ГИС, могут входить другие виды информационных систем, например автоматизированная фотограмметрическая система (АФС).

Веб-картографирование — процесс отображения, создания, распространения, анализа и обработки цифровых карт с использованием средств Интернета.

Цифровая карта (ЦК) — аналог традиционной карты, представленной в виде взаимосвязанных структур геоданных в памяти компьютера или на внешнем носителе.

Электронная карта (ЭК) — цифровая карта в памяти компьютера, выведенное на экран изображение которой представлено в полном соответствии с требованиями к аналогичной традиционной карте.

8.2. Структуры, функции и виды ГИС

Одна структура ГИС вытекает непосредственно из ее определения, согласно которому она состоит из трех взаимодействующих компонентов: аппаратной базы, программных средств и геоданных. Четвертый и главный «компонент» ГИС — это специалисты (разработчики проектов, администраторы, программисты, операторы и др.), обеспечивающие работу системы и в ней непосредственно участвующие. Эту структуру можно назвать **компонентной**.

Другая структура, которую можно назвать **функциональной**, вытекает из того представления, что все системы состоят из взаимосвязанных элементов (подсистем), специализирующихся на определенных функциях или технологических операциях, в совокупности образующих функциональные и технологические возможности систем. Обобщенная функциональная структура ГИС имеет в своем составе следующие основные подсистемы: 1) ввода; 2) хранения; 3) отображения; 4) обработки и анализа; 5) вывода (рис. 54).

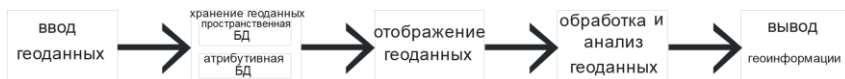


Рис. 54. Обобщенная функциональная структура ГИС

Отличие подсистем ГИС от аналогичных подсистем других видов информационных систем заключается в том, что все они ориентированы для работы не только с **атрибутивными**, но и с **пространственными данными**. Это отличие особенно заметно в подсистеме хранения данных, которая состоит из **двух типов БД** — соответственно **пространственной и атрибутивной**.

Полный перечень функциональных возможностей различных видов ГИС слишком большой, чтобы его давать целиком. Обобщенно его можно представить в виде следующих функциональных групп.

- Формирование разнообразных структур геоданных: растров, слоев, пространственных БД, атрибутивных БД.

- Преобразования геоданных: координатные, проекционные, модельные, форматные и некоторые другие.

- Отображение, управление данными и редактирование.
- Обработка, измерения, анализ и моделирование пространственных данных.
- Создание и обработка 3D-структур, включая ЦМР.
- Составление цифровых и бумажных карт, подготовка других видов документов.
- Хранение геоданных, ЦК и документов.

В геоинформатике существует множество различных **классификаций ГИС**, основанных на их назначении, территориальном охвате, сферах применения, функциональных возможностях, архитектуре, структурах данных и других признаках.

Наиболее емкой и показательной из всех перечисленных классификаций ГИС является их подразделение по функциональным возможностям. По этому признаку они подразделяются на *полнофункциональные*, или универсальные, *специальные*, или профессиональные, и *простые*, или непрофессиональные. Первые обладают полным набором возможных функций и базируются на рабочих станциях и компьютерных сетях. Вторые обладают наборами функций, ориентированными на определенные задачи (например, создание БД или ЦК) и сферы применения (например, научные исследования, проектирование, планирование, кадастр). Они, как правило, базируются на персональных компьютерах и потому иногда их называют настольными ГИС. Третью группу составляют небольшие системы преимущественно справочного назначения для широкого круга непрофессиональных пользователей.

При выборе системы важно знать, с каким видом пространственных данных — векторным или растровым, и в каком режиме — полном или частичном, она с ними работает. Систему, работающую только с одним из этих видов пространственных данных, называют соответственно либо *векторной*, либо *растровой*. Если в системе предусмотрено частичное использование другого вида данных, то ее можно отнести к смешанному классу: растрово-векторной или векторно-растровой.

Немаловажное значение также имеет архитектурный класс системы — *открытый* или *закрытый*, указывающий на возможности изменения или дополнения состава и функций системы.

8.3. Компоненты ГИС

Из определения ГИС следует, что ее основными компонентами являются аппаратная база, программные средства и геоданные. Кроме того, в ее обеспечение входят также языки, классификаторы, библиотеки и другие средства.

Технические устройства, на которых базируются ГИС, можно объединить в **три функциональных блока** (рис. 55):

- 1) устройства **ввода геоданных**;
- 2) устройства **хранения, отображения, обработки и анализа геоданных**;
- 3) устройства **вывода информации**.



Рис. 55

Основными устройствами **первого блока** являются **дигитайзеры** и **сканеры**, предназначенные для преобразования геоинформации, содержащейся в снимках, планах и картах, в цифровой вид.

Дигитайзер — это устройство для полуавтоматического цифрования плано-картографических и других графических материалов и представления содержащихся в них информационных элементов в виде последовательностей прямоугольных координат. Обвод элементов и ввод их характеристик при цифровании выполняется вручную, а определение и регистрация координат — автоматически. По принципу определения координат дигитайзеры бывают сетчато-проводниковые и акустические. В устройствах первого типа регистрируется локальное изменение электрического потенциала сетки из проводников под визиром или, наоборот, принимаемое сеткой излучение электромагнитных волн визира. В акустических дигитайзерах координаты съемника информации определяются в зависимости от времени распространения звукового сигнала, возникающего от электрического разряда. Дигитайзеры характеризуются разрешением, точностью, размером рабочей области, скоростью передачи значений координат. *Разрешение* — длина шага, или дискрета, с которой считывается информация. *Точность* — это величина погрешности в определении координат, зависящая от длины шага.

Сканер — устройство для автоматического цифрования аэро- и космоснимков, плано-картографических и других материалов и представления их изображений в растровом виде. Принцип работы сканера заключается в преобразовании светового сигнала в электрический, а последнего в цифровой код цвета или яркости. При сканировании цветных материалов световой сигнал проходит через набор светофильтров. По конструктивному признаку сканеры бывают планшетные, барабанные и роликовые. Основные характери-

стики сканеров: *разрешение* — количество пикселей на единицу длины; *точность* — погрешность отображения длины линии в процентах или положения точки в миллиметрах, зависит от величины разрешения; *разрядность* — количество двоичных единиц, используемых для кодирования информации о цвете каждого пикселя (черно-белые сканеры имеют разряд 1, полутонные (монохромные) — 8 (256 оттенков серого или другого цвета); цветные — 24 (более 16,5 млн цветовых оттенков); размер области сканирования; допустимая толщина документа; скорость сканирования.

Основные устройства **второго блока** — **компьютерная база и дисплей**. В качестве компьютерной базы ГИС могут выступать персональный компьютер, рабочая станция и компьютерная сеть. Персональные компьютеры используются для специализированных ГИС, рабочие станции — для полнофункциональных ГИС, компьютерные сети — для многомодульных ГИС, включающих различные специализированные подсистемы или системы, состоящие в свою очередь из рабочих мест. В состав компьютерных сетей, как правило, входят рабочая станция с портами, персональные компьютеры с сетевыми адаптерами, контроллеры для обеспечения связи, а также специальные программы и терминалы для обмена данными.

Характеристики компьютеров и серверов: количество процессоров, объем оперативной и дисковой памяти в гигабайтах; быстродействие (частота процессора) в мегагерц; операционная система; для сетей дополнительная характеристика — пропускная способность.

Основными характеристиками дисплеев являются размер экрана, разрешающая способность, число одновременно выводимых цветов.

В **третьем блоке** основным устройством ГИС является **графопостроитель**, или **плоттер**, который применяется для вывода геоинформации на бумагу, пластик или светочувствительную пленку путем автоматического черчения, напыления, гравирования или фотофиксации. Графопостроители характеризуются следующим перечнем свойств: принципом построения изображения, средством нанесения графических элементов, цветностью, точностью, производительностью, размером изображения. По принципу построения изображения они бывают *векторные* (строят изображение только из точек и линий) и *растровые* (строят изображение построчно). Средствами нанесения графических элементов могут быть перья, форсунки, электростатическое напряжение, лазерный или световой луч.

Программное обеспечение (ПО) ГИС напрямую зависит от функциональных возможностей, назначения и других характеристик системы, поэтому состав программ, входящих в комплект ГИС-пакетов, заметно различается. Однако если отвлечься от различий в составе ГИС-пакетов и обратить внимание на принципиальные особенности этого состава по сравнению со средствами других типов информационных систем, то мы получим **основные программы обоб-**

щенного ГИС-пакета. Их можно сгруппировать в соответствии с функциональной структурой ГИС.

Группу средств, обеспечивающих работу **подсистем ввода**, составляют следующие основные программы: *драйверы, конвертеры, векторизаторы и др.* Драйверы обеспечивают связь прикладных программ с устройствами ввода геоданных. Конвертеры необходимы для преобразования геоданных из одного формата в другой. Векторизаторы применяются для преобразования растровых данных в векторное представление.

В **группу средств хранения** входят: системы управления базами данных (СУБД) 2,0000000 — программы и языки, обеспечивающие создание, ведение, обработку и использование атрибутивных и интегральных БД; программы управления слоями или слоевыми БД; программы создания и поддержки библиотек проекций, символов и условных знаков; программы управления цифровыми картами.

Программы группы отображения обеспечивают визуализацию геоданных на всех стадиях их прохождения в системе. В эту же группу можно отнести программы, поддерживающие графический интерфейс пользователя и обеспечивающие его взаимосвязь с прикладными программами и геоданными.

Самую большую **группу** образуют программы, с помощью которых выполняют различные виды **специальной обработки и анализа геоданных**. Учитывая картографическую направленность читаемого курса, имеет смысл из всего их разнообразия рассмотреть основные программы, обеспечивающие работы по составлению и использованию цифровых карт. К ним, в частности, относятся средства, обеспечивающие координатные и проекционные преобразования плоских структур, топологическую коррекцию векторных данных или топологизацию, геокодирование, геометрические вычисления, создание и обработку ЦМР, формирование легенды, символизацию (оформление) слоев, сшивку слоев и листов, операции со слоями (оверлей), буферизацию и зонирование, анализ линейных сетей и другие виды картографических операций.

Группа программ вывода информации обеспечивает подготовку макетов карт, генерацию документов и их выдачу в цифровом и бумажном виде.

К **другим средствам**, обеспечивающим функционирование ГИС, относятся языки программирования и запросов, классификаторы предметной области, библиотеки программ и графики, различные таблицы и журналы.

Язык программирования используется в системах открытого типа для создания различных приложений и тем самым расширения их функций и возможностей.

Язык запросов необходим в системах управления базами данных. Он определяет структуру (синтаксис) и содержание (семантику) ко-

манд для работы с базами данных. В большинстве ГИС используется стандартизированный язык SQL (структурированный язык запросов).

Классификатор предметной области — это классификационная система, описывающая структуру (состав, характеристики и отношения) предметной области и соответствующая ей система кодовых обозначений. Он необходим для распределения геоданных по слоям и создания легенд.

Как правило, в ГИС применяются классификационные системы, построенные по иерархическому или фасетному принципу. В иерархической системе множество предметов и их признаков подразделяются на соподчиненные группы или классы. Примером такой системы является классификация населенных пунктов по административному значению: центр РФ, центры субъектов РФ, города федерального подчинения, города областного (республиканского) подчинения, центры городских округов, прочие населенные пункты. Фасетная система подразделяет предметы на группы, или фасеты, одного ранга на основе независимых признаков. Например, классификация строений имеет три фасета — назначение, материал, состояние, каждому из которых соответствуют значения:

назначение — 1) жилое, 2) нежилое;

материал — 1) деревянное, 2) кирпичное, 3) бетонное;

состояние — 1) эксплуатируемое, 2) строящееся, 3) разрушенное.

Другой составляющей классификатора являются краткие кодовые обозначения его элементов. Этими обозначениями могут быть цифры, буквы и цифры с буквами. Кодовые обозначения образуют структуры четырех типов: порядковые, параллельные, последовательные и серийно-порядковые. Порядковый код применяется в иерархических классификаторах и образуется последовательно из кодов классов первого, второго и т. д. рангов. Параллельный код применяется для фасетных классификаторов и образуется из обозначений элементов фасет. Порядковый код представляет собой числа натурального ряда. Серийно-порядковый код также применяется в иерархических классификаторах, когда для обозначения классов закрепляются диапазоны или серии чисел натурального ряда.

Библиотека программ — средство, применяемое в ГИС для организации, хранения и использования программных модулей различного целевого назначения, например для преобразования слоев из проекции источника в проекцию создаваемой карты или для решения специальных пользовательских задач.

Библиотека графики применяется для хранения и использования стандартных графических элементов (точек, линий, геометрических фигур, диаграмм) и картографических условных обозначений.

В ГИС используются различные **данные**, которые можно подразделить на **виды** на основе таких признаков, как отношение к объекту, значение, содержание, способ организации, форма и уровень

предоставления. По отношению к объекту данные подразделяются на основные, или геоданные, которые описывают непосредственно предметную область, территорию или ее компоненты, и вспомогательные, или служебные, которые описывают или обозначают геоданные.

Геоданные по значению подразделяются на базовые (инфраструктурные), тематические и специальные.

Базовые геоданные — геоданные, содержащие общезначимые детальные и полные сведения о предметной области; являются основой создания тематических и специальных геоданных; имеют общее назначение.

Тематические геоданные содержат сведения о конкретных сторонах, компонентах и свойствах предметной области.

Специальные геоданные содержат сведения о предметной области, ориентированные на конкретные пользовательские задачи.

В структурном отношении, как уже указывалось, геоданные имеют пространственную и атрибутивную составляющие.

Пространственная составляющая геоданных отображает размерность (точка, линия, контур, поверхность) элементов предметной области, их местоположение или позицию (географические или прямоугольные координаты), а также топологические отношения (смежности, инцидентности, направления).

Атрибутивная составляющая данных описывает сущностную (содержательную) часть предметной области — классы и разнообразные свойства предметов.

По типу организации геоданные делятся на текстовые, числовые, табличные, графические и аналитические (формулы).

По форме и уровню предоставления они подразделяются на растровые и векторные, логические и физические записи.

К **служебным данным** относятся метаданные, идентификаторы, метки, коды, имена и др.

Метаданные — это данные о данных, в частности о структурах геоданных; к ним относятся паспорта, каталоги (директории), справочники, файлы с характеристиками основных файлов; в них содержатся характеристики структур: объект, тема, состав, год создания, местонахождение и др.).

Идентификатор — это уникальный номер, присвоенный элементу слоя для осуществления взаимосвязи составляющих геоданных — пространственной и соответствующей ей атрибутивной.

Индекс — обозначение поля таблицы атрибутивной БД.

Метка — внутренняя точка полигона, необходимая для его связи посредством идентификатора с атрибутивной БД.

Код — цифры, буквы, символы и сигналы, используемые для компактного и удобного в обработке обозначения различной информации; применяются в классификаторах и для представления данных.

Имя — краткое обозначение файла; имя может иметь расширение из 1–3 букв, которое следует за именем после точки для указания содержания или назначения файла.

8.4. Организация геоданных в ГИС: структуры, модели, форматы

Структура геоданных — это массив геоданных, связанных между собой какими-либо отношениями (логическими, геометрическими, математическими, топологическими и некоторыми другими). В ГИС для организации геоданных применяют такие виды структур геоданных, как слой, растр, 3D, база данных (БД).

Слой применяется для организации векторных геоданных и представляет собой совокупность пар или последовательность пар плоских координат, описывающих положение, взаимное размещение и геометрические отношения однотипных по размерности предметов территории, относящихся к одному классу. Например, слой элементов гидрографии «колодцы, источники и родники», описывающий размещение указанных предметов, представляет собой точки в плоской системе координат; слой гидрографических элементов «каналы и ручьи» — линии на плоскости; а слой «реки и озера» — контуры на плоскости. В приведенном примере все предметы относятся к одному классу «гидрография» и трем типам размерности (точки, линии и контуры), поэтому данные об их размещении будут представлены тремя слоями.

Растр — структура, применяемая для организации растровых данных, представляющая собой матрицу, ячейки которой содержат атрибутивные или спектральные данные и имеют координаты. Принципиальные различия слоя и растра заключаются в том, что слой содержит только пространственную составляющую геоданных, а растр совмещает в себе как пространственную, так и атрибутивную составляющие.

3D — это структура, которая кроме плоскости (X , Y) имеет еще одну координату — аппликату (Z); применяется для организации пространственных данных, описывающих поверхности географических тел (рельефа) и геофизических полей (гравитационного, магнитного, электрического).

База данных (БД) — структура организации данных, применяемая для их накопления, хранения, а также манипулирования ими, которая не зависит от прикладных программ. Создание БД и работа с ней осуществляются с помощью собственных программ, называемых системами управления базами данных (СУБД). В ГИС используются три вида БД: атрибутивные, пространственные и совместные, или интегральные.

Атрибутивные БД (АБД) — это классические базы данных, имеющиеся в составе всех типов информационных систем. Различают три основные модели организации АБД: *иерархические, сетевые и реляционные*. В ГИС используются главным образом реляционные АБД, состоящие из таблиц, столбцы которых соответствуют характеристикам предметов и называются полями, а строки соответствуют принадлежащим предметам конкретным значениям характеристик и называются записями. Отдельная таблица содержит значения характеристик предметов одного класса или вида. СУБД состоит из программных и языковых средств и обеспечивает создание БД, ее поддержку (поиск, сортировку, добавление и исправление таблиц, создание новых таблиц, привязку их к пространственной БД), а также выполнение запросов пользователей с помощью структурного языка SQL.

Пространственные БД (ПБД) подразделяются на *слоевые и объектно-ориентированные*. Последние в структурном плане основаны на отношениях между предметами в рамках какой-либо классификационной системы предметной области, применяются редко, поэтому рассматриваться не будут. В первых БД геоданные сгруппированы в геометрически и тематически однородные плоские структуры (слои) и представляют собой упорядоченные слоевые наборы. Важно отметить, что такая организация данных хорошо согласуется с компонентной организацией традиционной карты. Отдельному слою ПБД соответствует отдельный компонент содержания карты, а набору слоев — географическая основа карты, карта или несколько карт. Кроме того, слоевая организация ПБД удобна для хранения, отображения, обработки и анализа геоданных как послойно, так и в различных сочетаниях слоев. Каждый слой логически (и часто физически) представляет собой отдельную единицу хранения и имеет собственную систему идентификаторов. Для совместного управления и использования АБД и ПБД связаны между собой идентификаторами и системными таблицами, а их средства управления соединены для взаимодействия программным интерфейсом. Достоинствами совместной БД (можно назвать ее ПАБД) являются возможности выполнять запросы к АБД по ПБД и наоборот, а также автоматически изменять структуру и состав одной БД при редактировании и перестройке другой БД. Но главные возможности ПАБД заключаются в предоставлении атрибутивных данных в пространстве, а также в составлении тематических слоев и карт.

Модель данных — способ или правило организации данных в структуре. Пространственные данные, представляющие собой плоские структуры, могут быть организованы двумя основными способами — в виде растровой или векторной моделей.

Растровая модель применяется для организации геоданных в растровых структурах, которые подробно представлены в п. 8.7.

Векторная модель — плоская структура или 2D-структура, данные которой представляют собой последовательности значений плоских координат, называемые вектором. Они применяются для организации пространственных данных, однородных по размерности — точечных, линейных или контурных и относящихся к одному тематическому классу предметов территории в виде слоя. Главная особенность моделей: они состоят только из пространственных геоданных, описывающих размещение предметов, а атрибутивные данные этих предметов находятся отдельно в АТБ и связаны с первыми посредством общих идентификаторов. Различают две разновидности моделей данного типа: *простые векторные* и *векторно-топологические*.

Базовыми элементами простой векторной модели являются: пара координат x, y — **точка**; две пары координат $x_1, y_1; x_2, y_2$ — **отрезок**; последовательность пар координат — **звено**; замкнутая последовательность пар координат — **кольцо**. В соответствии с этой моделью слой, описывающий размещение точечных предметов, представляет собой группу пронумерованных записей значений пар; слой, описывающий размещение линейных предметов, — группу пронумерованных последовательностей записей значений пар; слой, описывающий **контур**ы, — группу пронумерованных замкнутых последовательностей записей значений пар.

Сеть связанных контуров описывается данным вариантом простой векторной модели в виде совокупности несвязанных колец (рис. 56), поэтому получила название **«кольцевая»**. Она применяется для организации пространственных геоданных, получаемых цифрованием контуров с помощью дигитайзера. Модель предполагает двойной обвод контуров, который в два раза увеличивает трудозатраты цифрования и в результате которого по границам смежных контуров могут возникать пустые и ложные кольца. Поэтому ее можно оценить как малоэффективную, недостаточно полную (отсутствуют связи между смежными кольцами) и не совсем надежную (из-за вероятности возникновения ложной информации).

Другой вариант простой векторной модели, называемой **«спагетти»**, представляет контур также в виде кольца, но собранного не из одного замкнутого звена, как в первом варианте, а из нескольких несвязанных звеньев. Поэтому сеть связанных контуров описывается этой моделью как сеть связанных колец, собранных из несвязанных звеньев (рис. 57). В ней смежные кольца связаны общим звеном, что предполагает разовый обвод и возникновение ошибок (ложных колец) в местах стыковки смежных звеньев. Она может быть оценена как недостаточно полная (отсутствуют связи между смежными звеньями) и, соответственно, не совсем надежная, поэтому применяется главным образом для организации геоданных о линейных сетях.

Для организации геоданных, более полно (с учетом отношений) и надежно (с дублированием) описывающих контурные сети, применяют **топологическую** разновидность векторной модели, в устройстве которой кроме координат используются топологические отношения инцидентности, смежности, а также направления и взаимного положения (слева, справа).

Отношением *инцидентности* связаны точка и примыкающий к ней отрезок (дуга) или звено, цепь и примыкающий к ней полигон. Отношением *смежности* связаны одинаковые структурные элементы, которые имеют общую границу, в частности два соседних полигона, имеющих общую цепь, или две цепи, имеющие общий узел.

Базовыми элементами векторно-топологической модели являются: пара координат, которая одновременно является местом соединения смежных цепей и полигонов, — **узел**; последовательность пар координат, соединяющая два соседних узла и два смежных полигона, — **цепь**; замкнутая последовательность цепей — **полигон**. Сеть связанных контуров в этой модели, состоящей не только из метрических данных (значений координат), но и топологических отношений (инцидентности и смежности), представлена тремя взаимосвязанными и взаимоперекрывающимися структурами:

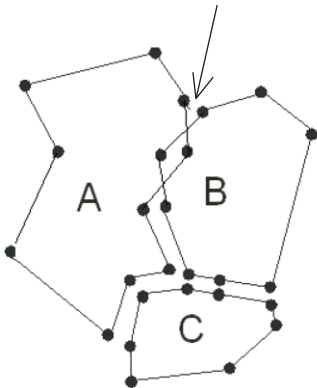
- 1) цепей, собранных из двух узлов и последовательностей точек между ними и соединяющих смежные полигоны;
- 2) узлов, связывающих смежные цепи и полигоны;
- 3) полигонов, собранных из цепей (рис. 58).

Благодаря этому векторно-топологическая модель лишена недостатков простых векторных моделей.

а) Простая векторная модель «кольцевая»:

Не обеспечивает однозначного соединения смежных колец

Кольца как замкнутые последовательности точек



Кольца	Координаты
A	$x_1y_1, \dots, x_9y_9, x_1y_1$
B	$x_1y_1, \dots, x_7y_7, x_1y_1$
C	$x_1y_1, \dots, x_8y_8, x_1y_1$

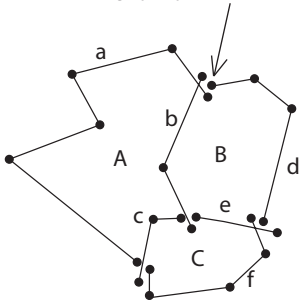
Рис. 56

б) Простая векторная модель «спагетти»:

Не обеспечивает однозначного соединения смежных звеньев

1) Звенья как последовательности точек

2) Кольца как последовательности звеньев



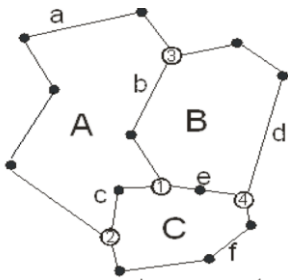
Звенья	Координаты
a	x_1y_1, \dots, x_6y_6
b	x_1y_1, \dots, x_3y_3
c	x_1y_1, \dots, x_3y_3
d	x_1y_1, \dots, x_4y_4
e	x_1y_1, \dots, x_3y_3
f	x_1y_1, \dots, x_5y_5

Кольца	Звенья
A	a, b, c
B	b, d, e
C	e, f, c

Рис. 57

в) Векторно-топологическая модель:

1) Цепи как последовательности точек, соединяющие смежные узлы и полигоны



Цепи	Координаты	Узлы	Полигоны
a	x_1y_1, \dots, x_6y_6	2,3	A, D
b	x_1y_1, \dots, x_3y_3	2,1	A, B
c	x_1y_1, \dots, x_3y_3	1,2	C, D, A
d	x_1y_1, \dots, x_4y_4	3,4	D, B
e	x_1y_1, \dots, x_3y_3	1,4	B, C
f	x_1y_1, \dots, x_5y_5	4,2	D, C

2) Узлы, соединяющие смежные цепи и полигоны

Узлы	Цепи	Полигоны
1	b, c, e	A, B, C
2	a, f, c	C, D, A
3	b, d, a	B, A, D
4	f, d, e	D, C, B

3) Полигоны как последовательности цепей

Полигоны	Цепи
A	a, b, c
B	b, d, e
C	e, f, c

Рис. 58

Модели трехмерных структур данных (3D-модели), как и плоских структур, бывают растровыми и векторными. Они применяются для организации данных о рельефе или геопоях. В растровых моделях каждая ячейка матрицы в своей памяти содержит значение третьей координаты (аппликаты). Векторные модели подразделяются на разновидности в зависимости от характера расположения аппликаты на плоскости на: 1) регулярные, 2) нерегулярные, 3) полурегулярные, 4) триангуляционные (TIN-модели).

В регулярных 3D-моделях значения аппликаты привязаны к точкам геометрически правильной сетки (как правило, квадратной).

В нерегулярных моделях значения аппликаты привязаны к характерным точкам поверхности, поскольку формируются по результатам съемки электронными тахеометрами или в результате цифрования изолинейных карт. В полурегулярных моделях, формируемых в процессе цифровой фотограмметрической съемки, сочетаются оба типа размещения аппликат. В триангуляционных моделях значения аппликаты располагаются в узлах сети неравносторонних равнобедренных треугольников, образующих многогранную поверхность.

Частным, но наиболее распространенным случаем 3D-модели является цифровая модель рельефа (ЦМР), на основе которой создаются различные варианты цифровых карт рельефа (изолинейные, с отмывкой, панорамные, с послойной окраской) и цифровых морфометрических карт (углов наклона, экспозиции склонов, вертикального и горизонтального расчленения). Кроме того, на ее основе можно выделять структурные элементы рельефа: линии эрозионной сети, сетей тальвегов и водоразделов, водосборные бассейны и пр.

Формат геоданных — порядок организации записей геоданных в файле. Этот порядок, в частности, устанавливает состав и структуру записей, а также их протяженность и последовательность в файле с учетом программного обеспечения системы. Кроме программ, на которые ориентированы правила форматирования данных, они (правила) зависят также от той модели, в которой данные представлены, поэтому, как и модели, форматы геоданных подразделяются на **векторные** и **растровые**. Форматы различаются также в зависимости от размерности (типа) описываемого элемента — точка, линия, контур; для каждого из них используются свои состав и правила организации записей. Для примера приведем принцип форматирования данных цифровой карты. Записи данных цифровой карты, объединенных в группы — Паспорт, Контурные элементы, Линейные элементы, Точечные элементы. Каждой записи в группе отведено собственное поле с номером, в котором указаны тип данных и их значения. Совокупность логических записей образует физическую запись или строку.

По характеру применения форматы бывают **внутренние**, используемые только в пределах данной ГИС, и **обменные**, которые могут использоваться во многих видах ГИС и даже другими типами систем, имеющими для этого соответствующие средства экспорта-импорта, конвертирования и обработки. Получившие широкое распространение обменные форматы являются важным условием информационного взаимодействия и объединения систем, а также постепенной стандартизации файловых структур геоданных.

Наиболее распространенными *векторными обменными форматами* являются DXF, MID/MIF, FIM, DWG. Формат DXF разработан специально для системы AutoCAD, но в связи с хорошими характеристиками поддерживается многими ГИС, работающими с вектор-

ными данными. MID/MIF — открытый формат файла, предназначенный для обмена данными системы MGE с MapInfo и другими системами. Существует две версии формата: одна версия поддерживает простую векторную модель, вторая — векторно-топологическую модель. FIM — формат, разработанный Федеральной службой геодезии и картографии для хранения цифровых топографических карт. DWG — формат векторных геоданных фирмы Autodesk.

Наиболее распространенными *растровыми обменными форматами* являются TIFF, PCX, GIF, JPEG, BMP и др. Формат TIFF позволяет хранить растры любой разрядности, а также существенно их сжимать практически без потери качества. PCX — формат, в котором использован простейший способ сжатия файла, позволяющий увеличить скорость чтения, передачи и обработки данных. Формат GIF имеет простую структуру с небольшой разрядностью растра, ориентированную на хранение черно-белых изображений. JPEG позволяет сжимать размер файла в 250 раз, поэтому применяется преимущественно в системах, связанных с обработкой изображений. BMP — родной формат ОС WINDOWS.

8.5. Основные геоинформационные технологии (ГИТ)

Отдельную функцию ГИС, с помощью которой может быть создана какая-либо структура геоданных или выполнена какая-либо операция с ней, будем называть *геоинформационной технологией* (ГИТ). Основными из них являются: цифрование исходных материалов, векторизация растровых данных, редактирование, специальная обработка геоданных, анализ структур геоданных, подготовка конечного продукта. Для формирования в среде ГИС цифровой карты необходимо использовать несколько выстроенных в цепочку ГИТ, образующих полный цикл ее создания.

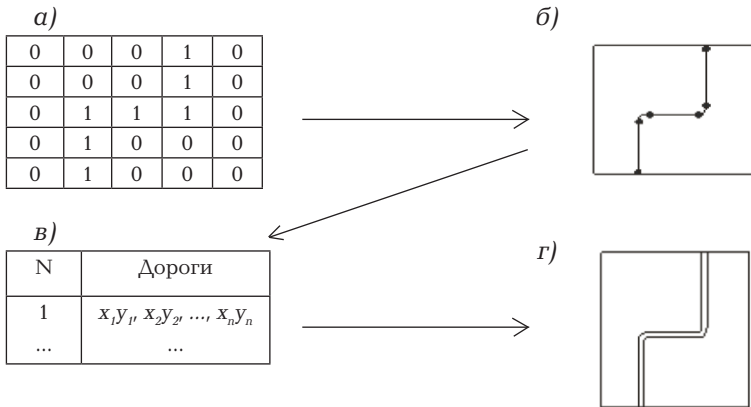
Цифрование исходных материалов — технология, необходимая для преобразования информации бумажных планов, карт и снимков в цифровой вид с целью ее автоматической или автоматизированной обработки средствами ГИС. Для этого используются дигитайзеры и сканеры. Дигитайзеры применяются для полуавтоматического цифрования планов и карт: обвод их элементов и ввод характеристик элементов выполняется вручную, а определение и регистрация координат — автоматически. Цифрованием дигитайзером получают пространственные данные векторного вида. Сканеры применяют для автоматического цифрования как планов и карт, так и снимков. Полученные сканированием геоданные являются растровыми, поэтому прежде чем поступить на

обработку в векторную систему, они должны пройти технологию векторизации.

Векторизация необходима для преобразования растровой структуры геоданных в векторную структуру. Может выполняться полуавтоматически и автоматически в зависимости от качества изображения раstra и программного обеспечения. Как правило, перед векторизацией изображение раstra должно пройти процедуры корректировки: устранения ненужных элементов и помех, устранения разрывов и нечеткостей, «поднятия» линейных элементов. Кроме того, перед векторизацией изображение должно быть зарегистрировано или привязано, для чего используются опорные точки, координаты которых известны или их можно измерить — не менее трех опорных и одной контрольной. Значения координат вводятся и контролируются в диалоговом режиме. Векторизация выполняется на так называемом косметическом слое, расположенном над растровым изображением. Результат векторизации — это набор предусмотренных проектом слоев, которые должны пройти процедуры редактирования и трансформирования. Сущность процесса векторизации раstra можно показать графически на примере фрагментов карты «Шоссейные дороги» (рис. 59.1) и снимка «Почвы» (рис. 59.2). В процессе их векторизации элементы раstra (*a*) преобразуются в последовательность поворотных точек слоя (*b*) и соответствующую векторную структуру геоданных, состоящую из записей значений координат точек (*b*), которая после символизации приобретает форму картографического изображения (*г*).

Редактирование — технология контроля и исправления результатов других геоинформационных технологий. Основное значение данная технология имеет при формировании БД и особенно ПБД, а также при подготовке конечного продукта. В составе многих ГИС-пакетов имеется специальный модуль или программный комплекс, называемый графическим редактором, который, как правило, поддерживается удобным графическим интерфейсом пользователя. Функциями графического редактора являются графическая визуализация структур данных и обеспечение возможности их просмотра и исправления. Для этого в его пользовательском интерфейсе имеется набор стандартных инструментов: дуга, линия и стиль линии, многоугольник (область) и стиль области, геометрическая форма (узлы), символ и стиль символа, текст и стиль текста. Кроме того, в редакторе предусматривают специальные средства, к примеру стыковки концов линий, удаления векторного «мусора» (обрывков линий, пятен), нормализации количества поворотных точек и форм линий, исправления брака и ошибок автоматической векторизации, удаления ложных контуров после двойного обвода границ, а также мелких контуров.

1) Фрагмент карты (линейные элементы)



2) Фрагмент снимка (контурные элементы)

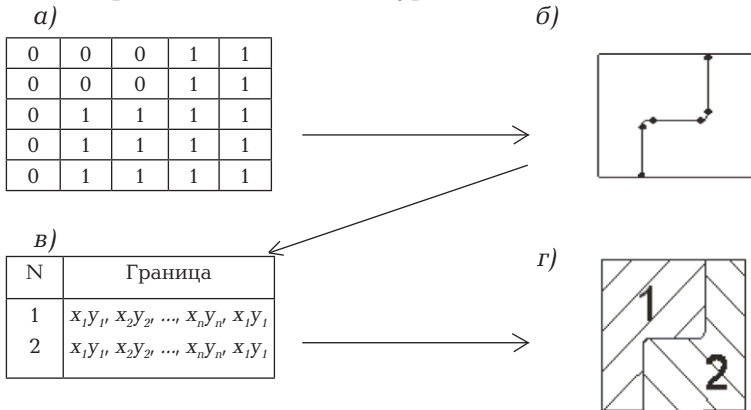


Рис. 59. Схема векторизации карты и снимка:

- а — растр фрагмента источника: карты шоссейных дорог (1) и снимка почвенного покрова (2);
- б — изображение слоя векторизованного растра;
- в — записи координат x, y элементов слоя;
- г — оформленный слой на экране монитора

Специальная обработка геоданных — одна из главных технологий в процессе создания конечного продукта. Цель этой технологии заключается в подготовке в среде ГИС взаимосвязанного набора структур геоданных, необходимых для анализа или формирования из них макета, предусмотренного в проекте информационного продукта. Поскольку данная технология всегда строго ориентирована на определенный конечный результат, она называется специальной. Виды и последовательность работ в ней зависят от состава, содержания и назначения создаваемых структур геоданных, а также способа их орга-

низации в структуре самого продукта. Так, например, для формирования «собранного» варианта векторной ЦК с последующей печатью ее на бумаге необходимо выполнить следующие специальные операции:

- согласование и взаимоувязку слоев и листов;
- формирование параметров и системы координат новой проекции;
- трансформирование слоев в новую проекцию;
- создание картографической сетки и ее слоя;
- обработку атрибутивных данных и создание тематических элементов;
- создание тематического слоя;
- создание легенды;
- сшивку оформленных слоев и листов в единое изображение;
- компоновку карты.

Наиболее специфической из этого перечня операций является **технология трансформирования**. Эта технология заключается в пересчете координат элементов слоя (слоев) из проекции и системы координат исходной карты в проекцию и систему координат создаваемой карты, а также в построении на карте картографической сетки в этой проекции.

Анализ структур геоданных, или геоанализ, — технология, состоящая из аналитических операций со структурами и обеспечивающая решение ряда пространственных задач. Основными известными операциями данной технологии являются *буферизация, оверлей, сетевой анализ, морфометрия*. Операция **буферизации** применяется для установления расчетным способом границ буферных зон, построения полигонов этих зон и соответствующих структур. Граница буферной зоны является равноудаленной относительно зонообразующего объекта — точки, линии или контура. В результате выполнения операции формируется самостоятельный полигональный слой.

Оверлей представляет собой операцию совмещения двух и более слоев, состоящих из элементов разной тематики и размерности, перерасчета их структур в единую структуру нового слоя. На рис. 60 показан пример преобразования двух контурных слоев «С/х угодья» и «Уровень загрязнения земель» в новый производный слой «Уровень загрязнения угодий».

Сетевой анализ — операция, применяемая к структурам, в которых представлены сети линейных элементов (дорог, рек, инженерных коммуникаций и пр.) с целью определения кратчайшего пути, выбора оптимального маршрута движения, оценки интенсивности и скорости движения транспорта, определения зон доступности, а также контроля за состоянием и работой сетей.

Морфометрия — группа операций с 3D-структурами геоданных, чаще с ЦМР, позволяющих получать производные структуры, содержащие данные таких характеристик форм рельефа, как угол на-

клона, экспозиция склонов, вертикальное и горизонтальное расчленение и некоторых других. На основе полученных структур формируются соответствующие морфометрические цифровые карты.

Подготовка к печати документа, которым, в частности, является карта, — технология, завершающая полный цикл его создания. Она выполняется в окне *Отчет*. С его помощью можно, например, вывести на экран окна карты и легенды, нанести на них текстовую информацию и графическое оснащение, построить рамки и разместить все необходимые элементы или, говоря иначе, выполнить компоновку карты и в результате сформировать **макет печати цифровой карты**, который можно сохранить в памяти компьютера или вывести на печатное устройство.

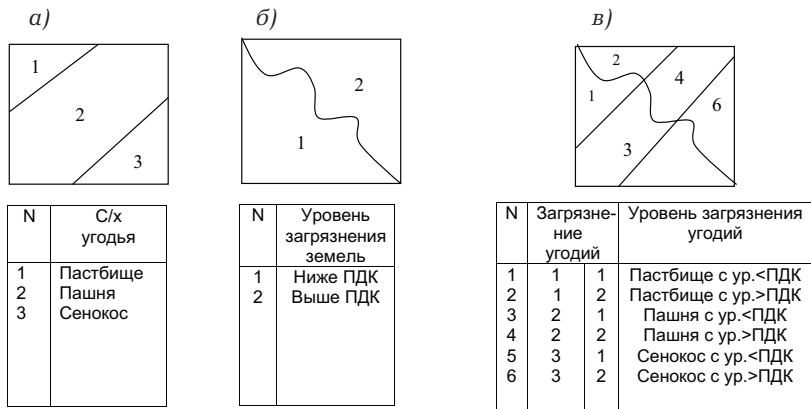


Рис. 60. Пример соединения контурных слоев «С/х угодья» и «Уровень загрязнения земель» в новый слой «Уровень загрязнения угодий»

8.6. MAPINFO – геоинформационная система картографического назначения

Наиболее распространенными в нашей стране ГИС-пакетами векторного типа являются многомодульные ArcInfo и MGE, профессиональные MapInfo и AutoCADMap и некоторые другие. Самой популярной из них является, пожалуй, система с большими картографическими возможностями — MapInfo.

MapInfo — профессиональная растрово-векторная открытая геоинформационная система. Ее пакет имеет четыре основные составляющие: графический редактор, базу данных, систему совместного управления геоструктурами и математический модуль.

Графический редактор предназначен для подготовки пространственных структур и выполняет функции: ввода пространственных данных; векторизации растров; создания, визуализации и редакти-

рования слоев; управления слоями; формирования ПБД; составления и оформления географических основ и карт.

База данных предназначена для создания, хранения, обработки атрибутивных структур геоданных, привязки их к соответствующим пространственным структурам и картографическому представлению.

Система управления геоструктурами предназначена для связывания, совместного управления и использования атрибутивных и пространственных структур, в частности для совместного редактирования, обработки и анализа, составления и оформления тематических карт, выполнения запросов из одной структуры в другую и обратно и некоторых других целей.

Математический модуль предназначен для хранения проекций и систем координат, используемых в технологии трансформирования слоев и карт. Библиотека модуля, которая содержит более 30 стандартных картографических проекций, размещена в файле `mapinfow.prj`.

Состав пакета в целом обеспечивает широкие возможности системы:

- создавать карты в различных масштабах и проекциях, различных по тематике, оформлению, территориальному охвату и назначению;
- обновлять карты по снимкам;
- выполнять координатные и проекционные преобразования слоев;
- преобразовывать растровые модели в векторные, формировать векторно-топологические модели;
- формировать, обрабатывать и отображать 3D-структуры;
- выполнять многооконный просмотр структур данных, применять многочисленные средства их оформления, редактирования и изменения;
- выполнять аналитико-синтетические операции со структурами и получать производные структуры;
- привязывать атрибутивные данные к элементам слоев, представлять их в пространстве и анализировать;
- формировать и выполнять выборки и запросы от слоев к БД и обратно;
- выполнять геометрические построения и пространственное проектирование;
- подготавливать к печати, печатать и экспортировать в издательскую систему;
- генерировать документы и внедрять их в отчеты других программ;
- взаимодействовать и объединяться с другими ГИС и другими видами информационных систем;
- работать с большим количеством обменных форматов;
- работать с удаленными БД;

– получать и обрабатывать растровые и векторные геоданные из картографических интернет-серверов.

Наличие в составе пакета языка MapBasic, предназначенного для программирования задач пользователя, позволяет расширять функциональные и прикладные возможности системы или настраивать ее для решения конкретной задачи, а также обеспечивать систему специальным меню. К примеру, программы экспликации и построения, написанные на MapBasic, позволяют использовать MapInfo для землеустроительного проектирования.

Пользовательский интерфейс системы оснащен стандартными средствами Windows, включающими главное меню, инструментальные панели с кнопками, диалоги, линейки, окна и др.

Как уже было сказано, MapInfo может работать со многими форматами и тем самым обмениваться данными с другими пакетами. В их числе форматы атрибутивных данных: MID, dBase, FoxBASE, Excel, Access, ASCII; форматы растровых данных: GIF, JPEG, TIFF, PCX, BMP, TGA, BIL; форматы векторных данных: MIF/MID, DXF, DWG, EOO, SHP, DGN.

Требования к аппаратной базе, в частности к компьютеру, операционной системе и монитору, зависят от версии пакета. В принципе, MapInfo может работать на любом персональном компьютере с оперативной памятью более 16 Мб, дисковым пространством для системы порядка 12 Мб и для данных 450 Мб, управляемым операционной системой серии Windows XP. Пакет может работать также и в конфигурации локальной сети.

Основными особенностями системы являются [7]:

1. Концепция базы данных. В MapInfo она реализована в виде соответствующих слоев таблиц, объединяющих в себе атрибутивные и позиционные данные об элементах слоев, и относится к типу интегральных пространственно-атрибутивных или геореляционных БД.

2. Вытекающая из специфики организации БД вторая особенность — согласованное управление структурами: запросы и выборки из слоя к атрибутике и наоборот, любые изменения в слоях автоматически вызывают изменения в соответствующих таблицах атрибутивных данных.

3. Наличие математического модуля, позволяющего трансформировать слои из проекции исходной карты в проекцию создаваемой карты, а также строить на картах картографические сетки.

4. Наличие тематических шаблонов для автоматического построения картографических шкал, создания тематических слоев и легенд.

Пользовательский интерфейс системы начинается с **«Главного меню»**, которое включает в себя список команд для доступа к главным функциям системы: Файл, Правка, Программы, Объекты, Запрос, Таблица, Настройки, Окно, Карта, Справки [7].

Меню **«Настройки»** открывает доступ к пяти инструментальным панелям: Команды, Операции, Пенал, СУБД и Программы.

Панель «Команды» (рис. 61) предназначена для быстрого запуска операций с файлами и окнами и состоит из кнопок:

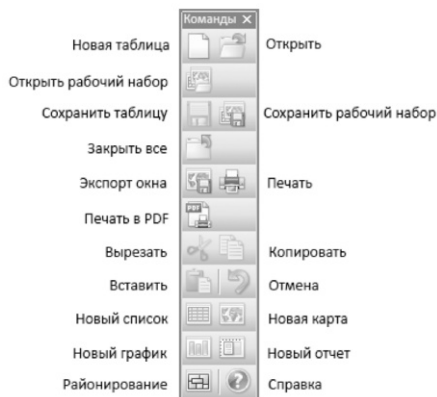


Рис. 61

Эта панель открывает диалоги для выполнения таких важных для функционирования системы операций, как ввод данных, открытие таблицы рабочего набора, закрытие и сохранение таблиц, сохранение рабочего набора, выбор единицы измерения (координат, расстояния, площадей), проекции, подготовка и печать документов и некоторых других.

Панель «Операции» (рис. 62) имеет кнопки для работы с элементами (объектами), слоями, легендой и изображениями:



Рис. 62

Панель «Операции» имеет в своем составе окно «Редактирование» и диалог «Управление слоями». Окно «**Редактирование**» позволяет активизировать косметический слой, расположенный над растровым изображением исходного материала, для выполнения векторизации исходных растровых данных в векторные и последовательного формирования слоев. С помощью диалога «**Управление слоями**» можно изменять порядок следования слоев, добавлять и удалять их, изменять режимы их отображения (полностью слой, все слои) и вид оформления (стили обозначений, цвета), выполнять их масштабирование. Кроме того, данная панель открывает доступ к окну «Информация», в котором по указанию элемента или места на слое показываются атрибутивные данные, относящиеся к указанному элементу или месту, которые можно редактировать и изменять.

Инструментальная панель «Пенал» (рис. 63) содержит следующие кнопки, необходимые при выполнении векторизации растра:

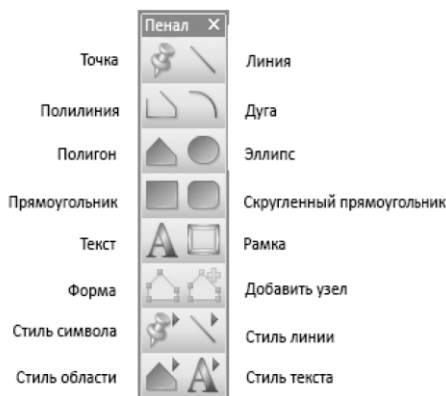


Рис. 63

Панель «СУБД» содержит кнопки команд для доступа к таблицам атрибутивных данных, находящихся в отдаленных базах данных.

Панель «Программы» предназначена для программирования новых задач.

Меню «**Настройки**», кроме обеспечения доступа к рассмотренным панелям, позволяет при выполнении векторизации и форматировании слоев выбрать необходимые для их визуализации на косметическом слое графические средства: символы, рисунки, стили линий, штриховки, цвет, надписи, тексты.

Меню «**Окно**» с помощью соответствующих команд позволяет отображать таблицы, содержащие структуру каждого слоя, в трех видах (в картоподобном, называемом «окно Карты», в табличном под названием «окно Списка» и в графическом, называемом «окно Графики»), тем самым просматривать и редактировать слои. Причем окно «Карта» позволяет одновременно выводить на экран несколь-

ко слоев. «Окно Списка» соответствующего слоя, записи атрибутивных данных которого хранятся в БД в форматах электронной таблицы или реляционной СУБД, позволяет просматривать, редактировать и изменять данные, а также обрабатывать их обычными для атрибутивных БД способами. «Окна Карты и Списка» взаимосвязаны (элементу слоя соответствует строка, относящаяся к этому слою атрибутивной таблицы), что позволяет изменять содержание одного окна, автоматически изменяя содержание другого, и для чего оба окна могут быть выведены на экран одновременно. «Окно Списка» используется также при вводе атрибутивных данных в систему при формировании атрибутивной составляющей таблицы. Сам ввод выполняется в меню «Таблица» с помощью операции выбора имени таблицы, изменения ее структуры (добавления и/или удаления полей), указания параметров полей (имя, тип данных) различными способами (импорт из внешних БД, автоматический и ручной).

Меню «Карта» имеет диалог «Режимы», с помощью которого открывается слой, назначенный для размещения на нем другого назначенного слоя и получения одного объединенного слоя. Диалог «Режимы» окна «Карты» этого меню по команде «Проекция» позволяет выбрать нужную проекцию и выполнить трансформирование слоев или карты в эту проекцию. Кроме того, из меню «Карта» открывается диалог «Создание» тематической карты, с помощью которого относящиеся к слою атрибутивные данные отображаются на этом слое с образованием так называемого тематического слоя. Образованный слой, содержащий распределенные по элементам первичного слоя значения характеристики (характеристик), может быть использован либо для пространственного анализа атрибутивных данных, либо для составления тематического содержания карты. В диалоге имеется возможность выбрать указанный в проекте вид изображения тематического содержания и соответствующий шаблон, а также вызвать следующий диалог пошагового составления тематического содержания и создания легенды.

Меню «Таблица» используется для управления атрибутивными таблицами БД: добавления и удаления полей, присвоения имени поля и назначения типа данных, а также для выполнения операции геокодирования атрибутивных данных в диалоге аналогичного названия: выбирается таблица и программа связывает адресные данные записей с координатами соответствующих этим записям элементов и вносит полученные координаты в специальное поле таблицы.

Меню «Объекты» используется для редактирования элементов объединяемых слоев, в частности выполнения с ними различных операций изменения: комбинирования, разрезания, удаления фрагментов, добавления узлов и некоторые другие. Запуск процесса редактирования элементов состоит из трех шагов: задание изменяемого элемента; выбор составляемого элемента или шаблона; выполнение операции.

Операция комбинирования заключается в объединении двух однотипных по размерности элементов и получении нового элемента; разрезания — в разбивке элемента на более мелкие; удаления — в вырезании фрагмента из элемента и сохранения либо фрагмента, либо того, что осталось от удаленного фрагмента; добавления узлов — в создании узлов в точках пересечения границ изменяемого элемента с соединяемым или сопоставляемым элементом или шаблоном.

Система имеет следующие *возможности для составления цифровых карт*.

Ввод данных в систему

Возможны следующие способы ввода данных в систему:

- 1) модификация ранее введенных данных и сохраняемых в Рабочем наборе структур;
- 2) импорт данных из файлов обменных форматов, например MIF/MID;
- 3) открытие файла с растровым изображением источника;
- 4) ввод атрибутивных данных в БД системы;
- 5) использование данных удаленной БД.

Векторизация растра и формирование слоев

Данная технология выполняется в окне «Карты» на косметическом слое, расположенном непосредственно на растровом изображении исходного материала, который предварительно загрузили в таблицу из файла BMP. После открытия растрового файла структура регистрируется с помощью ввода географических координат опорных точек и становится равноправным компонентом файла таблицы.

Векторизация зарегистрированного растра выполняется с помощью инструментов панели «Пенал». Кнопка «Полигон» используется для векторизации сетей связанных контуров в виде полигональных покрытий и формирования слоя «Территориальные единицы» (это могут быть административные (районы), кадастровые (кварталы), хозяйственные (с/х предприятия) и другие единицы). Кнопка «Полилиния» используется для векторизации линейных сетей (речных, дорожных и др.), а также сетей замкнутых несвязанных контуров: населенных пунктов, озер и прудов, лесных массивов и т. д. и т. п. Кнопка «Символ» применяется для формирования слоев, содержащих элементы, размеры которых не выражаются в масштабе источника. Каждый сформированный слой получает собственное имя и под этим именем сохраняется с помощью команды «Сохранить косметику» в меню «Карта».

В первую очередь должны быть сформированы слои, содержащие элементы географической основы составляемой карты. После чего создаются слои, содержащие элементы, относящиеся к тематическому содержанию и имеющие свои атрибуты (характеристики).

При выполнении векторизации следует соблюдать несколько важных правил.

1. Элементы разной размерности (точка, линия, полигон) желательно помещать в разные слои.

2. Элементы разной тематики нужно помещать в разные слои.

3. При векторизации линейных сетей нужно обрывать линию в местах, где пересекаются хотя бы три линии. Точно привязывать начало новой линии в режиме Snap (включается и выключается клавишей «S») и векторизовать новую линию до следующего пересечения. Линию можно заканчивать и начинать и вне точек пересечений линий (например, если линия очень длинная и необходимо сделать перерыв).

4. При векторизации сегментов речной сети (или любого другого слоя данных, где важно направление) нужно все их вести по течению реки либо все против течения (потом можно их будет все одновременно повернуть).

5. Если два контура имеют общую границу, то полигоны этих контуров должны иметь единую цепь (состоять из точек с одинаковыми координатами) во избежание образования «дыр» и пересечений между контурами.

Трансформирование слоев

В MapInfo, как уже отмечалось, имеется библиотека из программ, предназначенных для трансформирования слоев из картографической проекции исходной карты в картографическую проекцию создаваемой карты, размещенная в файле `mapinfo.wrj`. Каждая проекция в файле имеет собственное название и номер, соответствующую систему координат, а также данные для настройки используемой проекции на конкретную территорию. В состав описывающих проекцию параметров входят: имя и номер проекции, Государственная топоцентрическая система координат, единицы измерения, нулевая долгота, нулевая широта, стандартная параллель 1, стандартная параллель 2, азимут, масштабный множитель, восточное смещение, северное смещение, охват. Конические проекции в файле имеют следующие номера: нормальная коническая равновеликая — 9, нормальная коническая равнопромежуточная — 6, нормальная коническая равноугольная — 19, Государственная топоцентрическая система координат: ПЗ-90, СК-42-1012, СК-95-1013. Номера единиц измерения: километры — 1; метры — 7. Нулевые долгота и широта —

это координаты (λ , φ) меридиана и параллели, на пересечении которых находится начало прямоугольной системы координат ($x = 0$, $y = 0$); для конических проекций нулевой долготой является средняя долгота сетки или региона, а нулевой широтой — южная параллель сетки или региона. Стандартная параллель в конических проекциях — это главная параллель или средняя параллель сетки или региона; две стандартные параллели применяются в случаях использования проекции с двумя главными параллелями. Азимут — параметр, используемый в косых проекциях. Масштабный множитель применяется в поперечных цилиндрических проекциях, в частности в проекции РПЦ или UTM, и определяется разностью главного масштаба и редукцией масштаба. Восточное и северное смещение — положение сетки или региона относительно прямоугольной системы координат. Диапазон — параметр, применяемый в азимутальных проекциях и определяющий протяженность региона в градусах.

Редактирование слоев

Цель редактирования — просмотр всех элементов каждого слоя, выделение и исправление ошибок ввода поворотных точек и узлов, настроек элементов, а также взаимное согласование элементов различных слоев.

Данная технология выполняется путем активизации слоя с помощью инструментов панели «Операции». Инструменты позволяют выделять элементы слоя, перемещать его, изменять размер и стиль обозначения. Нажатием кнопки «Форма» можно увидеть все узлы полигонального слоя и изменять форму полигонов перемещением, добавлением и удалением узлов.

Кроме того, в меню «Объекты» имеются команда «Сгладить углы» и меню «Совмещение и генерализация», с помощью которых можно на слое автоматически преобразовать ломаные линии в плавные, совмещать близко расположенные узлы соседних полигонов, удалять избыточные узлы, удалять малоразмерные полигоны.

В MapInfo имеются специальные средства для выполнения и коррекции топологических свойств полигонов. Они выполняются с помощью меню «Проверка полигонов» и «Топологическая коррекция» и позволяют выделять имеющиеся на слое самопересечения цепей полигонов, перекрытий полигонов, пустоты между полигонами и автоматически их исправлять.

Общий порядок редактирования слоев следующий:

- переместить редактируемый слой поверх других слоев ПБД;
- сделать редактируемый слой *изменяемым*;
- *просмотреть* внимательно слой и *определить* элементы, ко-

ющего ему объекта или перекрывают другие элементы своего или другого слоя;

- *выбрать* требующие исправления элемент (группу элементов) или его составляющие: узел или угол границы, участок границы, центрoид, графический атрибут, подпись.

- *выполнить* исправления формы и положения элемента и его составляющих, перекрытий элементов и пустот между ними посредством операций с узлами, сглаживания углов, перемещения элементов и их составляющих, корректировки топологии и некоторых других;

- *сохранить* внесенные в слои исправления.

Просмотр слоя можно выполнять в окне «Карты» из меню «Файл», после нажатия «Открыть таблицу» из меню «Окно». При просмотре слоя его изображение в окне можно масштабировать и перемещать. Для масштабирования используется колесико мыши или клавиатура, а для более плавного и точного масштабирования — клавиши «+» и «-». Перемещение слоя выполняется средствами прокрутки или клавиш-стрелок (вверх, вниз, влево, вправо).

Формирование географической основы

Векторизация раstra и формирование слоев выполняются с использованием графических средств, которые могут не совпадать с условными обозначениями географической основы, предусмотренными в краткой программе и ГИС-проекте создаваемой карты, или которых, может быть, просто не хватает для оформления. Кроме того, графические средства при векторизации используются, как правило, для визуализации записей элементов, а не для картографического представления. Поэтому для формирования географической основы необходимо сначала правильно и полностью оформить слои, затем выполнить редактирование слоевых изображений, направленное на их взаимную увязку, после чего согласованные слоевые изображения объединить в единое изображение. Редактирование, выполняемое на совмещенных слоевых изображениях, делается для устранения: «нестыковки» смежных и связанных элементов из разных слоев (например, дорог и населенных пунктов или мостов и дорог), перекрытий или «наползаний» соседних элементов из разных слоев (графических обозначений между собой и с надписями, надписей между собой), дублирования тех участков границ, в которых роль этих участков выполняет линейный элемент (например, береговая линия реки или озера) или его часть из другого слоя.

Редактирование выполняется с обязательным использованием слоев, предназначенных для формирования тематического содержания карты. Работы данного этапа выполняются с помощью меню «Настройка», меню «Карта» и меню «Объекты».

Создание тематического слоя и легенды

Сущность данного этапа работ заключается в последовательном выполнении следующих шагов:

- выбор предусмотренных в ГИС-проекте тематических переменных для создания тематического слоя; загрузка тематических данных в АБД;
- выбор для их картографического представления тематических шаблонов;
- настройка и автоматическое создание тематического слоя создаваемой карты.

Этап выполняется в диалоге «Создание тематической карты» из меню «Карта».

Сформированные в процессе создания тематического слоя картографические шкалы на следующей стадии работ оформляются в виде легенды путем настроек текстовых и графических элементов шкал, а также построения рамки.

В MapInfo для отображения тематического слоя карты имеется семь стандартных шаблонов (которые в системе называются *типами тематических карт*): диапазоны, столбчатые и круговые диаграммы, размерные символы, плотность точек, отдельные значения, поверхность [7].

Диапазоны применяются для изображения объединенных в интервалы или ступени числовых данных, описывающих точечные, линейные и площадные элементы; связан одновременно с несколькими традиционными способами изображения — значковым, простой картодиаграммы, картограммы, количественного фона и знаков движения.

Столбчатые и круговые диаграммы предназначены для изображения числовых данных площадных элементов и соответствуют способу картодиаграммы, в частности двум его разновидностям — соответственно комплексной и структурной.

Размерные символы применяются для изображения описывающих точечные и площадные элементы числовых данных различными по размеру символами; сходен со значковым способом и способом картодиаграммы, имеющим непрерывную шкалу.

Плотность точек применяется для изображения описывающих площадные элементы данных в виде совокупностей равнозначных (имеющих равные значения) точек; соответствует точечному способу.

Отдельные значения применяются для изображения качественных характеристик, описывающих точечные, линейные и площадные элементы; связан одновременно со способами качественного фона, знаков и линейных знаков.

Поверхность применяется для изображения данных, описывающих 3D-структуры (физические и геофизические поля).

Тематические переменные — это показатели, данные которых хранятся в тематической таблице АБД, которые, перед тем как отобразить на слое-основе, должны быть, в зависимости от типа шаблона, обработаны, графически обозначены и представлены в виде ступенчатой или непрерывной картографической шкалы. Выбор тематических переменных выполняется на втором шаге создания тематического слоя.

Настройка тематического слоя заключается в указании значений ступеней или диапазонов числовой шкалы и выборе для нее стиля изображения, которые могут выполняться двумя способами — автоматически и вручную. В MapInfo имеются средства автоматического создания пяти видов числовых шкал: с равным количеством записей (равновероятные); с равным разбросом значений ступеней (равноинтервальные); с естественными группами (среднее значение в каждом диапазоне имеет минимальные расхождения с его крайними значениями); на основе дисперсии (середина средней ступени соответствует среднему значению данных); с применением квантования (данные распределяются по сегментам посредством переменной — фактора).

Формирование макета карты

На данном этапе выполняется сборка всех составляющих карты и окончательное ее оформление как единого документа в соответствии с эскизом компоновки и другими установками. Работа выполняется в окне «Отчет», в котором можно использовать окна «Карты» и «Легенды», размещать необходимое оснащение и изменять настройки «Макета печати». Полученную в окне «Отчет» карту необходимо сохранить в файле формата BMP.

8.7. Особенности растровых ГИС

Отличия растровых ГИС по сравнению с векторными заключаются в организации структур геоданных, в составе программного обеспечения и в более широких функциональных и прикладных возможностях.

Основной организационной единицей хранения и обработки растровых геоданных является структура, называемая **растром**, которая представляет собой связную совокупность ячеек в виде матрицы. Каждая ячейка содержит атрибутивные или спектральные данные и имеет определенное пространственное положение (номер строки и столбца), которому может быть поставлено в соответствие

значение географических или прямоугольных координат центра или угла ячеек.

Набор строго между собой скоординированных с одинаковым количеством ячеек и размером матриц на одну территорию можно назвать *многослойным* или *комплексным* растром. В растровых ГИС в основном используются не единичные, а многослойные растры.

Растры между собой отличаются моделями организации, в частности составом атрибутивных данных и их отношениями с ячейками. В ячейках растра могут содержаться следующие виды данных: количественные, порядковые, качественные, спектральные и служебные. *Количественные данные* подразделяются на ступенчатые, округленные или дискретные и непрерывные. *Порядковые данные* представляют собой ранговые и балльные оценки значений характеристик. *Качественные данные* представляют собой либо наименования таксонов (классов, видов, подвидов и т. д.) классификационной системы (классификатора), либо названия значений независимых характеристик. Если в ячейках растра содержатся *спектральные* или *яркостные данные*, он представляет собой цифровое изображение, соответственно цветное или черно-белое; им, в свою очередь, могут быть поставлены в соответствие содержательные (атрибутивные) данные. В ячейках также могут храниться векторные и служебные данные, в частности идентификаторы для связывания растра с АБД.

Особой моделью растров являются структуры, отображающие непрерывные поверхности рельефа, географических и других полей, которые могут быть скалярными, содержащими значения показателя, и векторными, которые кроме значений показателя содержат значения функции их зависимости от пространственного положения, как правило представляемые двумя слоями.

Что касается различий растров отношениями атрибутивных данных с ячейками, то они могут быть реализованы следующим образом:

- 1) с каждой ячейкой матрицы связано значение одного атрибута;
- 2) с каждой ячейкой матрицы связаны значения нескольких атрибутов;
- 3) с ячейками матрицы связаны таблицы АБД посредством идентификаторов.

Растры отличаются также такими характеристиками, как *разрешение*, *ориентация*, *тип значений*, *местоположение* и *формат записи*. *Разрешение растра* — длина стороны участка территории, покрываемого одной ячейкой; чем длина стороны меньше, тем разрешение растра выше. *Ориентация растра* — угол между географическим меридианом и направлением линий столбцов матрицы. *Тип значений* — вид содержащихся в ячейках матрицы данных о географических объектах (явлениях); области связанных ячеек, имеющих

одинаковое значение, называются **зонами**. *Местоположение* ячейки растра определяется с помощью номера строки и столбца матрицы; центрам ячеек могут соответствовать географические или прямоугольные координаты. *Форматы записи* бывают битовые, байтовые, целочисленные и действительные. В битовом формате для записи значения ячейки отведен 1 бит памяти; в байтовом формате отведено 8 бит; в целочисленном — 16 бит и в действительном — 32 бита.

Аналитико-синтетическая обработка растров основана на методах пространственно-временной статистики и картографической алгебры и выполняется как на единичном, так и многослойном растре. Операции обработки подразделяются на локальные, фокальные, зональные и поверхностные, или 3D-операции. *Локальные* операции выполняются с отдельными ячейками и заключаются в вычислении их значений на одном или нескольких слоях растра. *Фокальные* операции выполняются с каждой ячейкой и с окружающими ее ячейками в пределах определенного окна и заключаются в вычислении для нее новых значений в зависимости от свойств окружения как на одном, так и на нескольких слоях. *Зональные* операции выполняются с группами ячеек, имеющих одинаковые значения, и заключаются в вычислении для них новых значений на растре с различным количеством слоев. Многочисленные операции с поверхностями (3D-структурами) выполняются с растрами, описывающими поверхности, чаще всего поверхность рельефа.

Нет возможности представить полный перечень аналитико-синтетических операций с растровыми геоданными, поэтому приведем основные группы этих операций: ранжирование ячеек; классификация ячеек; арифметические действия с ячейками; оценка вида функции распределения значений по ячейкам и его отображение; построение зон (буферных и тяготения); оверлей слоев; анализ изменений и временных рядов слоев (для принятия решений); трансформирование слоев (с использованием алгебраических и тригонометрических функций); морфометрическая обработка ЦМР (определение уклонов, экспозиций склонов и др.). Именно разнообразие аналитических и синтетических процедур с ячейками, зонами и матрицами определяет широкие функциональные и прикладные возможности растровых ГИС.

Безусловными достоинствами растровых структур геоданных являются оперативность получения и передачи растровых данных, а также простота и разнообразие средств их обработки, отсюда и широкие возможности растровых ГИС. А основным их недостатком являются требования значительных объемов памяти и соответственно быстрого действующего компьютерного обеспечения. В связи с этим применяются различные способы сжатия данных — от группового, или лексикографического, до создания пирамидальных или блочных структур.

Приведем потребительские характеристики наиболее известных растровых ГИС-пакетов: IDRISI, ERDAS Imagine и ILWIS.

IDRISI — векторно-растровая многофункциональная открытая геоинформационная система, предназначенная для обработки и анализа растровых геоданных. Ее пакет насчитывает более 130 программных модулей, объединенных в следующие функциональные блоки: «Управление проектом», «Ввод данных», «Отображение», «Управление АБД», «Управление ПБД», «Геоанализ», «Статистический анализ», «Обработка изображений», дополнительные модули. Блок «Геоанализа», в частности, позволяет выполнять: определение площади и периметра контуров; классификацию значений ячеек; оверлейный анализ слоев (сложение, вычитание, умножение и т. д.); трансформирование слоев с использованием алгебраических и тригонометрических функций; построение буферных зон и зон тяготения; анализ и обработку поверхностей ЦМР и некоторые другие операции. Блок «Статистического анализа» предназначен для выполнения: линейного и регрессионного анализа матриц; вычислений автокорреляции; трендового анализа; определения соседства и других операций. Блок «Обработки изображений» позволяет выделять цветовые диапазоны; выполнять операции фильтрации, кластеризации и многие другие.

ERDAS Imagine — векторно-растровая полнофункциональная система, предназначенная для обработки данных ДЗЗ и создания ЦМР, ортофотопланов и географических карт. Имеет в своем составе специальный графический редактор, насчитывающий более 200 операций по обработке растров, и редактор для создания картографической продукции. Основные функции системы: улучшение изображений; выделение зон пространственного моделирования; анализ соседства и пространственной близости; выбор и слияние подмножеств матриц; работа с векторно-топологическими структурами; обработка данных радиолокационной съемки; топографическое и тематическое картографирование.

ILWIS — векторно-растровая открытая ГИС, имеющая полный набор функций обработки спутниковых геоданных от геометрической коррекции изображений до создания векторных карт. С ее помощью могут решаться, в частности, следующие задачи:

- квантование непрерывных изображений в виде дискретных ступеней значений ячеек;
- нарезка растров (в границах колонн, листов и снимков);
- пересчет значений ячеек растров для их склеивания в единый растр;
- склеивание ячеек, заключающееся в суммировании значений ячеек с целью маскировки деталей при дешифрировании;
- проецирование растров — приведение их к единым размерам, разрешению и координатам привязки для выполнения склеивания и оверлея;

- контролируемая (обучаемая автоматизированная) классификация изображений;
- фильтрация изображений с целью улучшения качества и упрощения автоматизированной их классификации и генерализации;
- кластеризация изображений — один из методов автоматизированного выделения спектральных образов;
- оверлей слоев, заключающийся в совмещении слоев для различных целей (сравнения способов классификации и типов обработки изображений, расчетов статистики и др.);
- векторизация растров.

8.8. 0 мобильных ГИС

Мобильные ГИС — это программы для работы с геоданными, реализуемые в мобильных устройствах, таких как планшеты и смартфоны. Они, обладая удобным интерфейсом и небольшими размерами, используются, в частности, для оперативных сбора, обработки, анализа, отображения и передачи геоданных в случаях экстренного реагирования, при обслуживании и ремонте инженерных коммуникаций и сооружений, в навигационных целях, в разнообразных видах полевых работ, для быстрого доступа к георесурсам по Интернету, в оперативном управлении, взаимодействии коллективных пользователей и принятии коллективных решений и многих других целях. Примерами такого рода систем являются мобильные приложения ArcGIS и NextGIS, с помощью которых можно:

- формировать и редактировать слои и слоевые БД;
- выполнять геоанализ слоев;
- создавать атрибутивные БД;
- создавать, редактировать и обновлять цифровые карты;
- взаимодействовать с веб-геосерверами;
- принимать оперативные коллективные решения;
- выполнять географическую привязку объектов;
- интегрировать данные в стационарные ГИС и др.

РАЗДЕЛ 9. СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

В разделе рассматриваются темы:

- 9.1. Цифровые карты (ЦК) и требования к ним.
- 9.2. Типовые системы и технологии составления цифровых карт.
- 9.3. Примеры комплексов и технологий цифрового картографирования.
- 9.4. Системы и технологии веб-картографирования.

9.1. Цифровые карты (ЦК) и требования к ним

Цифровая карта является составной структурой геоданных, образованной из более простых структур: пространственных слоев, атрибутивных таблиц, графических обозначений, систем координат и некоторых других. На рис. 64 показана принципиальная схема организации ЦК в среде MapInfo на логическом уровне. На физическом уровне (рис. 65) она представляет собой набор файлов, каждый из которых соответствует слою и содержит таблицу, в которой посредством идентификаторов указанные выше составляющие объединены в единую структуру.

Требования, предъявляемые к ЦК:

- 1) полнота;
- 2) допустимые плановая точность и проекционные искажения;
- 3) актуальность;
- 4) топологическая корректность;
- 5) целостность.

1) *Полнота ЦК* включает в себя: а) наличие паспорта, содержащего метаданные об общих характеристиках карты (вид продукции, дата и место изготовления, источники, система координат и проекция, сведения о территории); б) соответствие состава геоданных (слоев, элементов и характеристик) действующему классификатору предметной области, а также теме и назначению карты.

2) *Плановая точность ЦК* зависит от точности локализации элементов слоев и определяется как средняя ошибка координат поворотных точек относительно ближайших точек съемочного обоснования; устанавливается действующими инструкциями. *Проекционные искажения* — максимально допустимые искажения длин, площадей и углов картографической проекции карты; устанавливаются действующими инструкциями или заданием на карту.

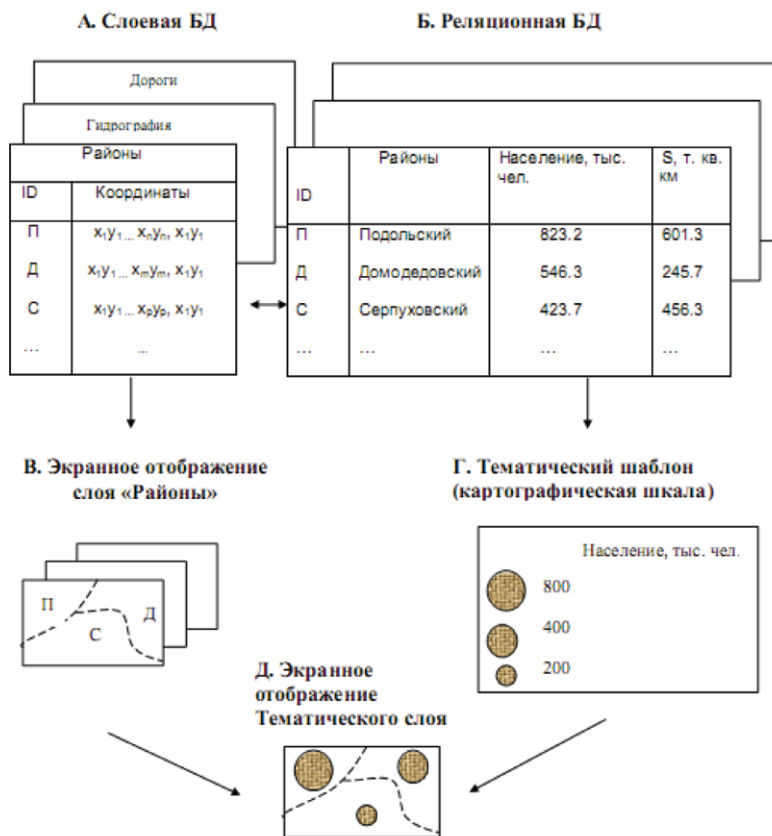


Рис. 64. Принципиальная схема организации цифровой карты в среде MapInfo

3) *Актуальность ЦК* зависит от времени создания исходных материалов или структур данных, сроков их реализации в карте и определяется современностью содержащейся в ней информации.

4) *Топологическая корректность* включает следующие требования к векторным структурам геоданных:

- замкнутость границ контурных объектов (координаты первой и последней точек должны быть равны);
- осевые линии линейных объектов в местах соединения должны иметь общие узлы;
- смежные контуры должны иметь одну цепь границы, чтобы не получались ложные и пустые контуры;
- смежные цепи границы должны иметь один узел;
- на линиях, не являющихся границами, но используемых в качестве границ контурных объектов, должны быть образованы узлы и цепи;
- элементы слоя (узлы и цепи) не должны повторяться.

5) *Целостность* (непротиворечивость) геоданных:

– пространственные элементы (точки, линии, контуры) каждого слоя не должны повторяться в других слоях и все должны иметь собственный идентификатор;

– атрибутивные данные должны быть однозначно структурированы и все элементы (поля и их записи) привязаны к соответствующим пространственным данным (слоям и их элементам);

– графические символы должны быть однозначно привязаны к соответствующим пространственным и атрибутивным элементам.

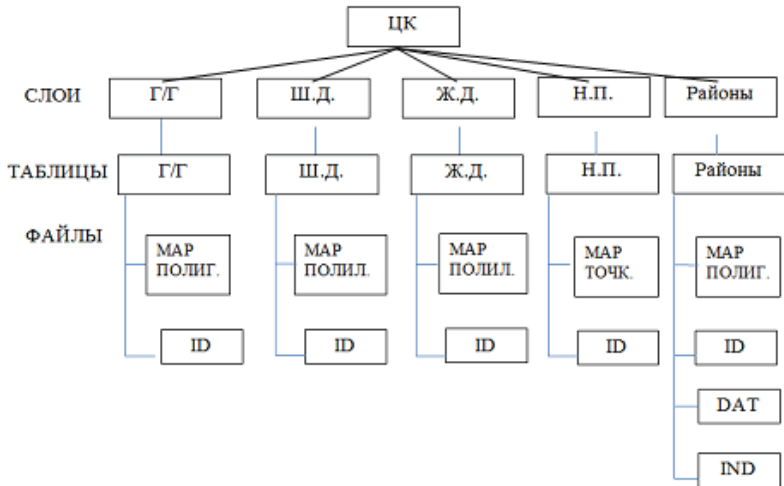


Рис. 65. Таблично-файловая организация цифровой карты в среде MAPINFO

9.2. Типовые системы и технологии составления цифровых карт

Автоматизированные системы, средствами которых создаются цифровые карты (АКС), в зависимости от состава могут подразделяться на четыре типа.

1. Отдельный графический редактор, например CorelDRAW или GeoDraw.

2. Настольная ГИС, специализированная на составлении карт, например MapInfo, или на подготовке карт к изданию, например канадская картоиздательская система MERCATOR.

3. Конфигурация картографических модулей в составе больших универсальных ГИС, например системы MGE или ARC/INFO, а также ГИС картографического назначения в составе комплексной многозадачной автоматизированной системы, например кадастровой системы, системы мониторинга или системы территориального планирования.

4. Системный картографический комплекс, состоящий из ГИС и системы или систем другого типа. Примером может служить комплекс, который кроме ГИС включает в себя цифровую фотограмметрическую систему (ЦФС).

В зависимости от методов и средств сбора информации цифровые технологии составления карт, как и традиционные, подразделяются на четыре основных вида: собственно картографические, геодезические, фотограмметрические и смешанные.

В собственно **картографических технологиях** в качестве источников геоданных используются существующие планово-картографические материалы. Главной задачей начальной стадии этой технологии является сбор исходных материалов, их анализ, согласование и подготовка к цифрованию. Дальнейшая их обработка осуществляется по следующей обобщенной схеме.

1. Ввод геоданных в систему:

а) сканированием или дигитализацией планово-картографических материалов;

б) клавиатурой;

в) с внешних носителей.

2. Векторизация геоданных, если они введены в растровом виде, и при необходимости их топологизация.

3. Редактирование слоев и формирование пространственной базы данных создаваемой карты в виде набора слоев.

4. Трансформирование слоев в проекцию создаваемой карты.

5. Формирование атрибутивной базы данных в виде набора связанных к слоям таблиц.

6. Формирование условных обозначений элементов слоев, а также шкал и условных знаков для табличных данных.

7. Символизация (оформление) слоев создаваемой карты.

8. Объединение слоевых изображений в единое изображение.

9. Формирование легенды карты и дополнительной информации.

10. Компоновка карты и формирование макета карты.

11. Вывод карты:

а) на внешний носитель;

б) на печать;

в) в другую систему.

В **геодезических технологиях** сбор информации выполняется в процессе геодезической съемки с помощью электронных тахеометров или приемников GPS и ГЛОНАСС, позволяющих автоматически регистрировать данные измерений координат в цифровой векторной форме, на основе которых в процессе дальнейшей обработки средствами ГИС формируются слои будущей ЦК и выполняются другие картосоставительские операции. Геодезическая часть данной технологии составления ЦК состоит из следующих видов работ.

1. Подготовительные работы.
 2. Геодезическое обоснование съемки.
 3. Цифровая геодезическая съемка (тахеометрами или персональными навигаторами).
 4. Предварительная обработка результатов съемки.
- Далее см. собственно картографическую технологию, начиная со 2-го пункта.

В **фотограмметрических технологиях** подготовка информации для составления карт и планов выполняется в процессе аэрофото-съемки или спутниковой съемки и дальнейшей цифровой фотограмметрической обработки снимков средствами ЦФС. Начальный этап технологии, основанный на воздушной съемке, включает в себя следующие виды работ.

1. Подготовительные работы.
2. Аэрофотосъемка.
3. Планово-высотная привязка снимков.
4. Сканирование снимков.
5. Определение элементов внешнего ориентирования снимков.
6. Создание ЦМР.
7. Цифровое ортотрансформирование снимков.
8. Монтаж цифровых трансформированных снимков в границах объекта или в рамках листов карты (плана).
9. Цифровая съемка контуров объекта.
10. Формирование слоев карты.

Продолжение — см. собственно картографическую технологию, пункт 2 и далее.

Виды работ **фотограмметрической технологии, основанной на космической съемке.**

1. Планирование космической съемки.
2. Прием и расчет статистических показателей спутниковых данных.
3. Геометрическая и радиометрическая коррекция и восстановление снимков.
4. Повышение качества изображения снимков.
5. Преобразование изображений снимков (применение арифметических операций с ячейками, метода главных компонент).
6. Географическая привязка снимков.
7. Монтаж снимков (формирование покрытия).
8. Фотограмметрическая подготовка снимков: внутреннее ориентирование, измерение опорных точек, триангуляция, внешнее ориентирование, уравнивание.
9. Распознавание спектральных и пространственных образов (классификация и генерализация элементов изображений, подготовка легенды).

10. Формирование тематического содержания покрытия.

Далее см. обобщенную технологию, начиная с 2-го пункта.

Смешанные технологии картографирования представляют собой различные сочетания основных видов технологий, которые реализуются в системах комплексного типа. Одним из примеров такого рода технологий является мониторинговое картографирование. В нем сочетаются обе разновидности фотограмметрических технологий и технологии составления карт средствами ГИС на основе аналитико-синтетической обработки цифровых карт, создаваемых в процессе мониторинга объекта, в частности, поочередно создаются карты следующего тематического ряда: фактические (состояние объекта на данную дату или отрезок времени); аналитические (изменений состояния объекта за некоторый период времени); динамики (скорости, степени и тенденции изменений объекта); оценочные (качественной оценки состояния и изменений объекта); прогнозны (состояния, изменений объекта и их последствий в перспективе); мероприятий (мер, необходимых для предотвращения нежелательных ситуаций, негативных тенденций и их последствий, а также восстановления нарушенного качества).

Данная технология состоит из следующих видов работ.

1. Создание актуальных фактических карт фотограмметрическими технологиями.
2. Составление географической основы мониторинговых карт.
3. Сравнительный анализ фактологических карт последней и предыдущей съемок и составление карты изменений структуры и свойств объекта.
4. Анализ временного ряда фактологических карт и составление карт динамики изменений объекта.
5. Экспертная оценка изменений объекта по картам фактологической и динамики и составление карт качества этих изменений.
6. На основе анализа карт динамики и качественной оценки составление прогнозных карт качества изменений объекта и их последствий.
7. Экспертные анализ и интерпретация оценочных и прогнозных карт и составление карт мероприятий, необходимых для предотвращения или устранения негативных тенденций, ситуаций и их последствий, а также восстановления нормативно установленного качества объекта.

9.3. Примеры комплексов и технологий цифрового картографирования

Одним из примеров комплексов цифрового картографирования является конфигурация, объединяющая элементы цифровой фотограмметрической и векторной геоинформационной систем, техно-

логически связанных для составления цифровых кадастровых карт. Его фотограмметрическая часть включает в себя элементы (рабочие места) сканирования аэроснимков, фототриангуляции, создания ЦМР, создания ортофотопланов и стереосъемки. Геоинформационная часть объединяет в себе следующие составляющие: сканирования и векторизации исходных карт и планов, формирования и редактирования ПБД, создания и редактирования АБД, формирования библиотек графических обозначений и шрифтов, создания и редактирования цифровых карт и твердых копий карт.

Данный комплекс позволяет реализовать следующую технологическую схему создания цифровых кадастровых карт.

Подготовка фотограмметрического проекта: формирование структуры каталогов и файлов (для размещения координат опорных точек, параметров АФК, метаданных о снимках и стереомоделях; таблиц объектов и их атрибутов; графических обозначений; схем разграфки; пространственных геоданных).

Сканирование с помощью фотограмметрического сканера аэрофотоснимков с заданными фотометрическими параметрами и использование цифровых снимков в растровом формате.

Цифровая фототриангуляция, включающая в себя внутреннее ориентирование снимков блока; взаимное ориентирование пар снимков; перенос точек с маршрута на маршрут, уравнивание сети фототриангуляции, анализ сети и корректировка изменений, повторное уравнивание.

Построение по парам аэроснимков ЦМР для выполнения ортотрансформирования снимков и съемки контуров.

Автоматическое трансформирование снимков в ортогональную проекцию и получение ортофотоснимков.

Монтаж ортофотоснимков в рамках листов составляемой карты (плана) из частей перекрывающихся снимков, границы которых создаются векторизацией линий шивки, выравнивание их фотограмметрических параметров и фототона и получение цифровых ортофотопланов.

Стереосъемка контуров объектов на основе таблиц объектов, а также процессы дешифрирования и создания трехмерной векторной модели границ контуров.

Сканирование и векторизация исходных планов и карт, необходимых для формирования содержания составляемой кадастровой карты.

Конвертация трехмерных моделей контуров в двухмерный формат, свodka и соединение частей полигонов и полилиний объектов из разных источников, а также согласование пространственно сопряженных, относящихся к различным слоям объектов и формирование ПБД. Особое внимание уделяется полноте состава объектов и топологии границ полигонов.

Создание в соответствии с таблицами объектов и атрибутов АБД, связанной со слоями ПБД. При этом особое внимание уделяется полноте состава объектов и их характеристик.

Контроль целостности цифровой карты: правильности идентификации и указания кодов в соответствии с классификатором, логической согласованности всех компонентов и элементов, топологической корректности полигонов и др.

Символизация и объединение слоев, создание надписей, легенды, рамочного и зарамочного оформления, формирование макета печати карты.

Другим примером объединения систем и технологий цифрового картографирования является комплекс «Сканэкс».

Данный комплекс объединяет в себе три информационные системы: систему ДЗЗ, ГИС и систему веб-геосервиса. Система ДЗЗ выполняет функции сбора, хранения и комплексной обработки спутниковых геоданных и состоит из орбитального сегмента, включающего целевую аппаратуру и средства сбора и передачи геоданных, а также связанного с ним радиоканала наземного сегмента, в который входят управляющие станции приема данных и блоки хранения, предварительной обработки и интерпретации спутниковых снимков. ГИС в составе комплекса выполняет функции составления тематических карт, а система веб-геосервисов — публикации каталогов данных, а также хранения и распространения снимков и географических карт. Данная конфигурация комплекса и его систем, обеспеченных соответствующими программными средствами, позволяет реализовать следующую составную технологическую цепочку создания и доставки пользователям географических карт и других продуктов компании.

- Прием потока спутниковых данных.
- Переформатирование данных и нарезка сегментов и снимков.
- Радиометрическая коррекция и калибровка.
- Географическая привязка снимков.
- Ортотрансформирование.
- Создание мозаик.
- Построение и обработка ЦМР.
- Обработка радиолокационных изображений.
- Классификация элементов многозональных снимков.
- Тематическая интерпретация снимков.
- Векторизация снимков.
- Составление тематических карт.
- Пространственный анализ карт.
- Математико-картографическое моделирование.

Сервис GeoMixer обеспечивает:

- объединение данных с внешнего геопортала и локальных серверов;

- формирование мозаичных покрытий снимков;
- создание растровых и векторных слоев геоданных;
- создание табличных и векторных структур данных;
- адресный поиск ресурсов;
- отрисовку объектов;
- просмотр и скачивание структур данных;
- формирование пользовательских карт.

9.4. Системы и технологии веб-картографирования

Веб-картографирование как ветвь цифрового картографирования образовалось на стыке геоинформационных технологий и интернет-технологии. Системы, на них основанные, позволяют накапливать разнообразные геоданные (ресурсы), а пользователю дают возможность их оперативно находить, получать, обрабатывать, преобразовывать, отображать, анализировать. Они не только значительно ускоряют процессы поиска и доставки геоданных, а также создания и использования цифровых карт; кроме этого, они существенно расширяют их функциональные свойства и возможности. Устройства и программы веб-картографирования связаны между собой средствами сети Интернет и тем самым образуют целостные веб-системы (службы или сервисы), поэтому в названиях их подсистем и элементов как правило используется частица «веб-» (веб-браузер, веб-сервер, веб-сайт, веб-карта, веб-сервис и др.).

Первые системы (сервисы) веб-картографирования начали применяться в Великобритании в 1998 г. и были ориентированы на визуализацию простой картографической информации на небольшие территории. Затем были предложены системы, предоставляющие пользователям топографическую информацию всей страны. Спустя десять лет были разработаны программы, позволяющие пользователям создавать собственные веб-сервисы, например, Mapserver. В это же время формируются концепции веб-картографии и геоинформационных веб-систем, на основе которых разрабатываются открытые и коммерческие веб-ГИС, специальные программы, а также пользовательские и программные интерфейсы. В 2005 г. заработали два глобальных картографических сервиса — Google-Maps и Google-Earth, основанных на технологии доставки по запросу пользователя к серверу заранее сгенерированного бесшовного изображения карты. Кроме того, были разработаны и выпущены средства интерактивного просмотра 3D-изображений, а также различных приложений для настольных и мобильных устройств на основе данных и инфраструктуры сообщества Open Street Maps.

В настоящее время общие принципы и стандарты в области разработки программного обеспечения систем веб-картографирования

устанавливает и формулирует международная некоммерческая организация (OGS). Она объединяет в себе следующие веб-геосервисы: Реестр каталогов (WRS), Карты (WMS), Векторные данные (WFS), Покрытия (WCS). Кроме этого, можно назвать такие сервисы, как ArcGISServer, Intergraph Geo-Media, ESRI ArcIMS и другие, из отечественных — ГеоКонструктор Web-сервер, ИнGeoMapW, GISWebServer и другие, а также многочисленные виды геопорталов.

Как правило, система веб-картографирования представляет собой взаимосвязанный комплекс элементов трех основных компонентов или блоков, которые условно можно назвать ресурсным, веб и пользовательским.

Ресурсный блок включает в себя геосервер (картографический сервер) и его программное обеспечение, базу геоданных (геоинформационных ресурсов) и картографический интерфейс. Основная функция геосервера заключается в работе с базой геоданных. По запросу он осуществляет выбор необходимых геоданных, их обработку и передачу на сервер приложений, а также поддерживает создание пользовательского интерфейса. Геосерверы по содержанию данных, территориальному охвату и назначению подразделяются на классы: общегеографические и тематические; глобальные, региональные и локальные; публичные и специализированные. В базе данных могут храниться векторные и растровые геоданные, цифровые снимки и карты, а также метаданные.

Веб-компонент является посредником между пользовательским и ресурсным компонентами и состоит из веб-сервера и сервера приложений, обеспеченных программами и другими средствами обеспечения взаимодействия клиента с геосервером. В состав ПО веб-сервера кроме основного пакета обработки и передачи геоданных входят модули и библиотеки для выполнения специальных операций, а также для трансформирования и анализа запрошенных геоданных или цифровых карт. Веб-сервер обрабатывает сформированные браузером по HTTP-протоколу запросы пользователя и передает их серверу приложений, который, в свою очередь, передает запросы геосерверу, принимает ответ и передает браузеру динамически сформированные веб-страницы, в которые встроены данные для получения изображения цифровой карты.

Пользовательский блок (или клиентское приложение) состоит из веб-браузера или геобраузера и пользовательского интерфейса либо настольной или мобильной ГИС. Их функции заключаются в формировании и передаче запросов веб-серверу на получение ресурсов, указанных URL-адресами, а также в обработке и отображении полученных ресурсов.

Особым и широко распространенным типом систем веб-картографии являются различные виды геопорталов. Геопортал служит доступным, не требующим сложного ПО инструментариум поиска

необходимых ресурсов по метаданным, их получения и использования, а также размещения сведений об имеющихся ресурсах у пользователей. В архитектуру геопортала входят геосерверы собственные и сторонних владельцев ресурсов. На них могут храниться любые виды геоданных, а также продукты их обработки. В качестве примеров можно назвать геопорталы: Инфраструктуры пространственных данных РФ; Публичной Кадастровой Карты Росреестра; Роскосмоса; Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане; многие другие различных уровней интеграции, назначения и тематики.

Обобщенная схема устройства и информационных связей элементов системы веб-картографирования показана на рис. 66.

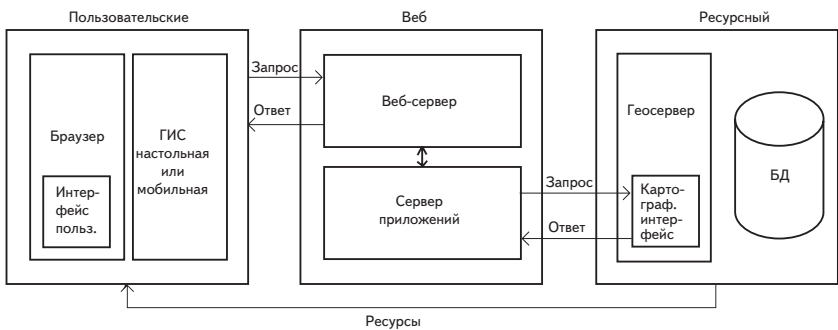


Рис. 66

Ввиду вариативности конфигурации и ПО систем существует множество технологических схем реализации веб-картографирования. Одна из них заключается в следующем. Взаимодействие «запрос – ответ» браузера и геосервера осуществляется веб-сервером по протоколу HTTP на языке HTML или HTML, позволяющем встраивать в веб-страницы изображения. Запрос, в котором указывается адрес (URL) ресурса, обрабатывается веб-сервером и передается серверу приложений, который, в свою очередь, передает его геосерверу в понятной ему форме и принимает от него ответ в виде HTML-страниц для проводки браузеру. По запросу геосервер посылает ответ с метаданными, описывающими параметры и содержание ресурса, а также возможности и уровень детальности их выдачи. Метаданные о доступных слоях или их наборах описываются в XML-документе. Геосервер объединяет запрошенные слои в единое картографическое изображение, которое встраивается в веб-страницу для отображения браузером. Кроме слоев можно запрашивать и получать атрибутивные данные.

Если роль браузера при веб-картографировании выполняет ГИС, в частности MapInfo, то веб-система, его обеспечивающая, будет зависеть от вида геоданных. Работу пользователя с растровыми дан-

ными обеспечивает служба WMS, а с векторными данными — служба WFS. Технология WMS позволяет получать изображение растровых слоев или карт на основе стандартного протокола HTTP и использовать их для анализа, обновления существующих или составления новых карт. Обобщенная схема данной технологии такова. Запросить список геосерверов, поддерживающих спецификацию открытого ГИС-консорциума и выбрать те, в которых хранятся нужные пользователю ресурсы. Посмотреть список слоев указанного геосервера и выбрать из него нужные. Выбрать способ получения и работы со слоями: 1) слой, состоящий из нескольких исходных слоев (1: n) — дальнейшая работа выполняется с одним слоем; 2) несколько слоев — из нескольких слоев (n : n) — дальнейшая работа выполняется с каждым слоем в отдельности. Сохранить или изменить настройки (стили оформления, проекцию, формат) исходного слоя. Сформировать структуру TAV-файла и ввести его имя, а также выбрать форму представления слоя и указать вид его отображения после открытия файла в MapInfo. Сохранить сформированный файл и сгенерировать запрос результирующего слоя (карты) — XML-файл, содержащий описание параметров всех выбранных пользователем параметров: адрес сервера, названия слоев, стили оформления, плотность раstra, формат и проекция. При открытии файла в MapInfo его название указывает на соответствующий XML-файл, который формирует необходимый слой для его отображения в окне активной карты.

Технология WFS позволяет пользователю получать векторные слои, но не в виде готовых изображений, а в виде цифровых пространственных данных — записей координат элементов слоев и далее средствами MapInfo дополнять их и представлять на уровне изображений. Обобщенная схема данной технологии следующая. Пользователь создает запрос и посылает его геосерверу, используя HTTP-протокол. Сначала запрашиваются возможности геосервера. В ответ геосервер посылает список слоев, которые хранятся в базе данных. Пользователь выбирает нужный слой, а из таблицы — необходимые колонки и строки, присваивает файлу имя и посредством MapInfo запрашивает его у геосервера. В ответ вырабатывается XML-схема с описанием слоя (координат и стилей элементов, проекции). В ответ на запрос одной таблицы геосервер отвечает всегда только одной таблицей (то есть отношение слоев 1:1). Файл TAV (как и другие связанные с ним файлы MAP и DAT), полученный с геосервера, доступен только для чтения. Формирование таблицы с данными выполняется геосервером в соответствии с XML-описанием слоя, которое сохраняется в MapInfo для анализа или создания карты. Для представления слоя необходимо определить способ его отображения: как получится, списком, в активной карте или новой карте.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Берлянт А.М.* Картография. М.: АспектПресс, 2002.
2. *Вахрамеева Л.А., Бугаевский Л.М., Казакова З.Л.* Математическая картография. М.: Недра, 1986.
3. *Кадничанский С.А.* ГИС-технологии создания карт земельных ресурсов. М.: ГУЗ, 2005.
4. Картографическая изученность России. М.: ИГ РАН, 1999.
5. *Лебедев П.П.* Общая картография. М.: ГУЗ, 2006.
6. *Лебедев П.П.* Основы геоинформатики и цифрового картографирования. М.: ГУЗ, 2009.
7. MapInfo Professional. Руководство пользователя. М.: ЭСТИМАР, 2000.
8. *Салищев К.А.* Картоведение. М.: МГУ, 1990.
9. Федеральный закон о государственном кадастре недвижимости.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Геоинформатика: Толковый словарь основных терминов / Под ред. А.М. Берлянта, А.В. Кошкарева. М.: ГИС-Ассоциация, 1999.
- ГОСТ 21667-76. Картография. Термины и определения.
- ГОСТ 50828-95. Геоинформационное картографирование. Пространственные данные. Цифровые и электронные карты.
- ГОСТ 28441-99. Картография цифровая. Термины и определения.
- Ковальчук А.К., Шайтура С.В.* Основы геоинформационных систем. М.: Рудомино, 2009.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

■ ЧАСТЬ I. Термины традиционной картографии

Авторский оригинал карты — оригинал тематической карты, выполненный специалистом по теме карты, в котором элементы содержания могут быть нанесены и оформлены с отступлениями от требований редакционных указаний.

Азимут (истинный) — горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки между северным направлением географического (истинного) меридиана и другим направлением или линией; на картах, составленных в проекциях равновеликой и равнопромежуточной, азимут отображается с искажениями.

Азимутальные проекции — класс картографических проекций, в нормальной сетке которых параллели — концентрические окружности, а меридианы — прямые, сходящиеся в полюсе.

Атлас — сборник взаимосвязанных географических карт; атласы подразделяются на виды по содержанию, назначению и охвату территории.

Аэроснимок — фотографическое изображение земной поверхности, полученное с помощью съемки аэрофотоаппаратом (АФА) с самолета; подразделяются на виды в зависимости от особенностей съемки на плановые и перспективные, в зависимости от изображения на черно-белые и цветные, в зависимости от положения АФА на горизонтальные и плановые.

Виды карт — все карты делятся на географические, планет и других небесных тел и космического пространства; географические карты в свою очередь могут подразделяться по масштабу, содержанию, территориальному охвату и назначению.

Географическая карта — изображение информации об объектах Земли (геоинформации), построенное с применением картографической проекции, методов генерализации и графических обозначений.

Географическая система координат — система на эллипсоиде или шаре, состоящая из гринвичского меридиана $\lambda = 0$ и экватора $\varphi = 0$, относительно которых измеряются угловые величины геодезических или астрономических долготы и широты для определения положения любой точки земной поверхности; сеть параллелей и меридианов на эллипсоиде или шаре, проведенная через определенные интервалы широты и долготы, называется **географической сеткой**.

Главные направления в картографической проекции — два взаимноперпендикулярных направления в каждой точке карты, по которым частные масштабы имеют наибольшее и наименьшее значение.

Издание карт — завершающий этап в технологическом цикле создания карт, на котором с помощью подготовленных печатных форм на пробопечатных станках или офсетных машинах печатают тираж карты.

Издательский оригинал карты — оригинал карты, отвечающий требованиям издания.

Искажения длин — отклонение частного масштаба длин от главного масштаба, выраженное в процентах.

Искажение площадей — отклонение масштаба площадей от главного масштаба длин в квадрате, выраженное в процентах.

Искажение углов — разность углов между направлениями на карте и соответствующими направлениями на поверхности эллипсоида или шара.

Использование карт — раздел картографии, посвященный методологии и способам измерений, а также методам обработки и преобразования информации на картах.

Исходные материалы или **информационные источники** — это различного рода материалы (карты, планы, атласы, аэро- и космоснимки, таблицы, тексты и др.), информация которых используется для разработки проекта и составления создаваемой карты.

Кадастровая карта — тематическая карта, содержащая сведения государственного кадастра недвижимости (ГКН).

Картография — отрасль научной и практической деятельности, которая занимается изучением, разработками и созданием различных видов карт и другой картографической продукции (планов, атласов, глобусов и т. п.).

Картографические основы ГКН — топографические карты и планы, использующиеся для ведения кадастра и создания кадастровых карт.

Картографические знаки — графические и другие обозначения предметов на картах и их качественных и количественных характеристик.

Картографическая информация — содержащиеся на карте сведения.

Картографическая проекция — формулы, с помощью которых поверхность эллипсоида или шара отображается на плоскости.

Картографическая сетка — географическая сетка, отображенная по формулам картографической проекции и изображенная графически на плоскости; точки пересечения параллелей и меридианов сетки называются **узловыми точками** картографической сетки.

Компоновка карты — разработка компактного размещения всех частей и общего оформления проектируемой карты, результатом которой является чертеж на бумаге, называемый макетом компоновки; реализованные в карте результаты компоновки.

Конические проекции — класс картографических проекций, нормальная сетка которых образована параллелями в виде дуг кон-

центрических окружностей и меридианами в виде прямых, сходящихся к полюсу.

Космический снимок — изображение земной поверхности, полученное посредством сканерной, фотографической или телевизионной съемки с искусственного спутника Земли.

Косые проекции — класс картографических проекций, в которых полюс используемой сферической системы координат не совпадает с точками географических полюсов и экватора.

Легенда карты — то же, что система или таблица условных обозначений.

Локсодромия — прямая линия на карте в проекции равноугольной нормальной цилиндрической Меркатора, которой на эллипсоиде или шаре соответствует дуга, пересекающая меридианы под одним и тем же углом.

Масштабы карты: частный масштаб длин, μ — отношение длины бесконечно малого отрезка в любой точке карты к длине соответствующего ему бесконечно малого отрезка на эллипсоиде, значение которого зависит от широты, долготы точки и азимута отрезка; главный масштаб длин, μ_0 — частный масштаб на главном элементе картографической сетки, используемый для определения искажений длин и обозначения масштаба карты; m — частный масштаб вдоль меридиана; n — частный масштаб вдоль параллели; масштаб площадей, p — отношение бесконечно малой трапеции в любой точке карты к соответствующей трапеции на эллипсоиде, значение которого зависит только от широты и долготы точки.

Математическая основа карты — компонент карты, включающий в себя такие ее математические элементы, как масштаб, картографическая проекция и сетка, опорные точки, компоновка, а многолистные (в частности, топографические) карты дополнительно имеют прямоугольную систему координат и сетку, а также разграфку и номенклатуру.

Меридиан — линия географической сетки, соединяющая полюсы и проходящая в точках, имеющих равные значения долготы; гринвичский меридиан — меридиан, проходящий через центр обсерватории Гринвича, от которого ведется счет долгот на восток и запад от 0 до 180°.

Нормальные проекции — класс картографических проекций, в которых полюсы используемой сферической системы координат совпадают с полюсами географической системы координат.

Опорные точки — характерные точки на исходной карте (плане), используемые для переноса ее информации на подготовленную математическую основу создаваемой карты или для привязки раstra исходной карты в цифровых технологиях.

Ортогональная проекция — отображение точек уровенной поверхности отвесными линиями на плоскости; применяется на топографических и фотопланах.

Офсетные станок и машина — устройства для печатания карт, основанного на переносе типографской краски с печатающих элементов печатных форм на бумагу посредством обтянутого резиновым покрытием офсетного цилиндра; офсетные станки применяют для печати пробных оттисков, других вспомогательных материалов, а также небольших тиражей карт; машины обладают высокой производительностью, поэтому применяются для печатания больших тиражей карт.

Параллель — линия географической сетки, соединяющая точки равных значений широты; счет значений ведется от 0 до 90^0 на юг и север от экватора.

Перспективно-азимутальные проекции — класс картографических проекций, в которых поверхность земного шара проецируется из точки зрения по закону линейной перспективы на плоскость.

Печатная форма — алюминиевая пластина с нанесенными печатающими и пробельными элементами для издания карт.

План — изображение геоинформации, построенное в крупном масштабе в ортогональной проекции с использованием графических обозначений.

Подготовка карты к изданию — этап создания карты, на котором выполняются издательские оригиналы и печатные формы, а также другие вспомогательные материалы.

Полярная система координат — система координат на плоскости, состоящая из полюса (точки начала координат), полярного радиуса и полярного угла; на поверхности шара роль полярного радиуса выполняет зенитное расстояние, а полярного угла — азимут.

Поперечные проекции — класс картографических проекций, в которых полюс используемой сферической системы координат совпадает с какой-либо точкой географического экватора.

Проектирование (или редакционная подготовка) **карты** — первый этап создания карты, на котором разрабатываются элементы и параметры будущей карты, а также технология ее создания; результатами разработки могут быть программа (проект) карты либо редакционные указания.

Произвольная картографическая проекция — картографическая проекция, в которой имеются искажения углов, длин и площадей.

Прямоугольная система координат (картографический вариант) — система из двух взаимно перпендикулярных прямых (вертикальной — X и горизонтальной — Y), используемая в теории картографических проекций, а также для построения картографической сетки и опорных точек при составлении карты и выполнения измерений и графических построений при использовании карты.

Равновеликие проекции — класс картографических проекций, в которых не искажаются площади ($p = 1$).

Равнопромежуточные проекции — класс картографических проекций, в которых масштаб вдоль одного из главных направлений — постоянная величина.

Равноугольные проекции — класс картографических проекций, в которых отсутствуют искажения углов.

Разграфка и номенклатура топографических карт — система деления карт на листы и обозначения листов; в ее основе лежит деление международной карты масштаба 1:1 000 000 на широтные ряды с обозначениями латинскими буквами и на меридианные колонны с номерами.

Редакционные указания по созданию карты — редакционный документ, содержащий указания по основным вопросам составления карты и подготовки ее к изданию.

Составительский оригинал карты — оригинал карты, изготовленный в результате составления, на котором элементы содержания нанесены и оформлены в соответствии с требованиями редакционных документов.

Составление карты — этап создания карты, на котором выполняются и оформляются ее авторский и (или) составительский оригиналы.

Способы изображения информации на картах — правила, согласно которым встречающиеся при картографировании сочетания видов позиционных и атрибутивных сведений обозначаются определенными графическими средствами и их переменными; в тематической картографии существует 11 основных способов и несколько разновидностей некоторых из них.

Сферическая система координат — используемая в косых и поперечных картографических проекциях система координат на сфере, полюс которой не совпадает с географическим полюсом.

Технологии создания карт (картографические технологии) состоят из этапов и подразделяются на виды по степени автоматизированности и по методу сбора исходной информации; каждый вид технологии имеет собственные количество и последовательность этапов.

Точность карты — степень соответствия положения точек на картах их положению на эллипсоиде; зависит от масштаба, проекции, графических средств карты, а также технологии ее составления.

Уровенная поверхность — поверхность фигуры Земли, совпадающая с поверхностью океана в спокойном состоянии и продолженная под материками.

Фотограмметрия — смежная с картографией дисциплина, занимающаяся определением положения, формы и размера объектов Земли путем обработки их изображений на снимках.

Цилиндрические проекции — класс картографических проекций, нормальная сетка которых представляет собой прямоугольную сетку.

Эллипсоид — математическая модель фигуры Земли в виде поверхности, образованной вращением эллипса вокруг малой оси, с параметрами большой полуоси и сжатия; по значениям параметров эллипсоиды могут быть общие (ОЗЭ) и национальные (референц-эллипсоиды); в РФ, в частности, используется референц-эллипсоид Красовского.

ЧАСТЬ II. Термины цифровой картографии

АКС (автоматизированная картографическая система) — графический редактор, ГИС, издательская система или комплекс из нескольких систем, средствами которых создаются цифровые карты.

Анализ структур геоданных (геоанализ) — технология, основанная на методах анализа и синтеза геоданных (буферизации, оверлея, анализа сетей, морфометрии и некоторых других), обеспечивающая решение ряда пространственных задач средствами ГИС.

Аппаратная база ГИС — технические устройства, поддерживающие работу ГИС-пакетов; включает в себя компьютеры, дигитайзеры и сканеры, плоттеры и другие устройства ввода, обработки, отображения и печати геоданных.

Атрибутивные геоданные — составляющая геоданных, отражающая существенные свойства предметов; хранятся в атрибутивной базе данных (АБД) ГИС или в памяти ячеек раstra.

База данных (БД) — структура, используемая для хранения данных, независимая от прикладных программ и имеющая собственную систему управления; в ГИС применяются, как правило, БД реляционного типа для хранения атрибутивных геоданных.

Веб-геосервер (веб-картографический сервер) — сервер, отвечающий на запросы клиента, выбирающий в базе данных запрашиваемые георесурсы и отсылающий их пользователю.

Веб-картографирование — процесс отображения, создания, распространения, анализа и обработки цифровых карт с применением средств Интернета.

Векторизация геоданных — технология преобразования структур геоданных из растровой модели в векторную.

Векторная модель — способ организации структур геоданных, называемых слоями, в виде совокупностей или последовательностей значений пар прямоугольных координат точечных или линейных и контурных элементов предметной области.

Векторно-топологическая модель — векторная модель, в которой кроме прямоугольных координат учитываются топологические отношения между элементами (инцидентности, смежности, направления).

Геоданные — это геоинформация, представленная в цифровом виде.

Геоинформатика — раздел информатики, специализирующий-ся на разработке, применении и развитии геоинформационных систем (ГИС) и технологий (ГИТ).

Геоинформация — сведения об объектах Земли; имеет пространственную и атрибутивную составляющие.

Геоинформационное картографирование (ГИС-картографирование) — создание, хранение и использование карт средствами ГИС; является одним из основных видов цифрового картографирования.

Геопортал — система сбора, хранения, распространения, отображения и обработки георесурсов, обеспеченная средствами ГИС и сети Интернет.

ГИС (географическая информационная система) — аппаратно-программный комплекс, предназначенный для автоматизированной или автоматической обработки геоданных и создания различных геоинформационных продуктов.

ГИТ (геоинформационная технология) — отдельная функция, с помощью которой может быть создана какая-либо структура геоданных или выполнена какая-либо операция с ней.

Идентификатор — уникальный номер, присвоенный элементу (точке, линии или контуру) для осуществления взаимосвязи пространственных и соответствующих им атрибутивных составляющих геоданных.

Интерфейс пользователя (пользовательский интерфейс, ПИ) — система программ и наглядных средств ГИС-пакета, обеспечивающая простое и оперативное взаимодействие пользователя с системой.

Инцидентность — топологическое отношение, описывающее связь двух соседних разномерных пространственных элементов — точки и линии, линии и области; применяется в векторно-топологических моделях структур геоданных.

Картографическая алгебра — методы и операции математической обработки растров, применяемые в ГИС растрового типа.

Классификатор — система классификации и кодирования элементов и свойств предметной области или сведений о них, предназначенная для организации данных в автоматизированных системах, в том числе в ГИС и АКС.

Коды — цифры, буквы и символы, используемые для компактного обозначения сведений и удобной их обработки в системах.

Макет печати карты — сформированный и оформленный в среде ГИС или АКС окончательный вариант цифровой карты, который можно сохранить, скопировать или напечатать плоттером на бумаге.

Метаданные — это данные о структурах данных; применительно к цифровым картам к ним относятся такие сведения о них, как тема, главный масштаб, объект, год и место создания, проекция, форматы и некоторые другие.

Оверлей — различные операции со слоями, позволяющие выполнять их совместный анализ или из них синтезировать новый слой.

Параметры проекции — в геоинформатике: величины картографической проекции, позволяющие настраивать ее на конкретную территорию и получать тем самым соответствующую систему координат и картографическую сетку.

Программное обеспечение (ПО) ГИС — пакет программ (ГИС-пакет), обеспечивающий технологические, функциональные и интерактивные возможности системы.

Проект ЦК (ГИС-проект карты) — изложенный в терминах геоинформатики и ориентированный на конкретную систему проект цифровой карты, в котором определены необходимые для ее создания источники, структуры геоданных, параметры, настройки, ресурсы и технология.

Проекция и система координат в ГИС: проекция — это уравнения для определения математических параметров цифровой карты; когда проекция получает конкретные значения параметров, она становится системой координат.

Пространственные геоданные — составляющая геоданных, включающая позиционные (координаты) и топологические (отношения) данные о предметах; хранятся в пространственной базе данных (ПБД) ГИС слоевого типа.

Растризация геоданных — технология преобразования структур геоданных из векторной модели в растровую.

Растровая модель — плоская структура геоданных, в виде матрицы, каждая ячейка которой имеет координаты и значение (данные о цвете изображения или свойствах объекта).

Редактирование — технология оформления, контроля и исправления результатов других геоинформационных технологий с помощью средств графического редактора.

Смежность — топологическое отношение, описывающее связь двух соседних одномерных пространственных элементов, имеющих общую границу или точку — области с областью или линии с линией.

Слой — плоская векторная структура, содержащая геоданные (координаты и топологические отношения) об элементах одного вида и одинаковой размерности.

Структура геоданных — массив геоданных, связанных между собой какими-либо отношениями (логическими, математическими, геометрическими, топологическими); в ГИС для организации геоданных применяют такие структуры, как слой, растр 3D, АБД, ПБД и ПАБД (состоящая из АБД и ПБД).

Тематический слой карты — слой-основа с размещенными на нем атрибутивными тематическими геоданными.

Трехмерная модель (3D-модель) — структура геоданных векторного или растрового типа, в которой плоская составляющая до-

полнена третьей координатой (апшпикатой); используется для организации геоданных о рельефе и геофизических полях.

Характеристики растров — разрешение, ориентация, тип значений, формат.

Цифрование — технология преобразования геоинформации карт, планов, снимков в цифровой вид с помощью дигитализации или сканирования.

Цифровая карта — цифровой аналог традиционной карты, представленный в виде взаимосвязанных структур геоданных в памяти компьютера или на внешнем носителе.

Цифровое картографирование — создание, хранение и использование карт средствами ГИС и АКС.

ЦМР (цифровая модель рельефа) — разновидность 3D-модели, содержащая геоданные (значения координат X , Y , H) о поверхности рельефа; они подразделяются на регулярные, нерегулярные, полурегулярные и триангуляционные (TIN).

ЦФС — цифровая система фотограмметрической обработки снимков.

Электронная карта — цифровая карта в памяти компьютера, выведенное на экране изображение которой представлено в полном соответствии с требованиями к аналогичной традиционной карте.

Приложения

Методический раздел курса

1. Общие положения

В современных условиях углубляющейся информатизации отрасли сущность географической карты и процессы ее создания и использования все больше приобретают виртуальный, во многом скрытый от человека, его непосредственного восприятия и участия, характер. Чтобы в них разобраться и предметно их представлять, необходима содержательная база из знаний традиционной картографии и практики работ с «живыми» картами. С учетом этого в структуре курса предусмотрены основополагающие темы из традиционной картографии и актуальные темы из родственной быстро развивающейся цифровой картографии.

Главная цель данного курса, предназначенного для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям подготовки «прикладная геодезия», «городской кадастр» и «кадастр недвижимости», — понимание и усвоение основных общезначимых знаний картографии и базирующихся на них знаний геоинформатики и цифровой картографии, а также закрепление усвоенных знаний в умении практически выполнять различные виды картографических работ.

В результате обучения данному курсу каждый студент должен, в частности, знать:

- исторические и теоретические основы картографии;
- положения о географических картах;
- теорию и методы применения картографических проекций;
- положения о картографических знаках и способах изображения;
- положения о картографической генерализации, методы и приемы (способы) ее выполнения;
- основные этапы и виды технологий создания карт;
- способы и методы использования карт;
- теоретические положения геоинформатики;
- устройство, функции и виды ГИС;
- принципы и модели организации данных в ГИС и виды структур геоданных;
- основные геоинформационные технологии;
- типовые системы и технологии цифрового картографирования;
- системы и технологии веб-картографирования.

В результате закрепления полученных знаний на практических занятиях студент должен уметь:

- проектировать элементы тематической карты;
- вычислять и строить картографические сетки;
- разрабатывать легенду тематической карты;
- составлять элементы и фрагменты тематической карты;
- создавать цифровую карту в среде ГИС или АКС;
- выполнять анализ и обработку цифровых карт;
- работать с различными веб-геосервисами.

2. Содержание курса

2.1. Тематический план лекций

Лекция 1. Теоретические и исторические основы картографии. Элементы и виды географических карт

Определение, этапы развития и современные задачи картографии. Структура и связи картографической науки. Части, компоненты и элементы географических карт. Структура, состав и содержание общегеографических и тематических карт. Классификации карт по масштабу, охвату территорий, содержанию и назначению. Общая характеристика топографических карт. Виды, назначение и содержание кадастровых карт. Картографическая основа ГКН.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение картографии, назовите основные этапы ее развития и современные задачи.
2. В чем заключается сущность географической карты, плана, атласа и каковы различия карты и плана?
3. Из каких компонентов и элементов состоят тематическая и общегеографическая карты?
4. Каким образом подразделяются карты по масштабу, охвату территории и назначению?
5. Представьте в виде блок-схемы классификацию карт по содержанию.
6. Как подразделяются и в каких масштабах и проекциях создаются топографические карты?
7. Какие природные и социально-экономические компоненты территории изображены на топографических картах?
8. Какое назначение и содержание имеют кадастровые карты?
9. Какие виды карт (планов) применяются в качестве картографической основы ГКН?

Лекция 2. Теоретические положения о картографических проекциях

Основные понятия теории картографических проекций. Классификации проекций. Формулы: частного масштаба длин, масштаба площадей и искажения длин и площадей; искажения углов. Эллипс искажений.

Контрольные вопросы

1. Напишите общие уравнения картографических проекций, объясните, что они выражают.
2. Что называют географической системой координат и картографической сеткой?
3. Дайте определение понятий «частный масштаб длин», «главный масштаб» и «масштаб площадей».
4. Напишите формулы искажений длин, площадей и углов и дайте им содержательные определения.
5. В чем заключается смысл понятия «эллипс искажений» и какое значение в нем имеют главные направления?
6. Каким образом изображаются на картах распределения значений искажений длин, площадей и углов?
7. По каким признакам и на какие классы подразделяются картографические проекции?
8. Каковы назначение и элементы сферической системы координат?

Лекция 3. Анализ некоторых картографических проекций

Формулы, геометрический смысл, свойства и сетки нормальных цилиндрических проекций. Понятие и значение локсодромии. Формулы, геометрический смысл, свойства и сетки нормальных конических проекций. Характеристика азимутальных и перспективно-азимутальных проекций. Проекция равноугольная поперечно-цилиндрическая: геометрический смысл, система координат, свойства и картографическая сетка. Основные положения о разграфке и номенклатуре топографических карт и планов.

Контрольные вопросы

1. Каковы геометрический смысл нормальных цилиндрических проекций, свойства, назначение и картографическая сетка?
2. Покажите на рисунках картографические сетки с эллипсами искажений в равноугольной, равновеликой и равнопромежуточной проекциях и объясните свойства этих проекций.
3. Какая проекция обладает локсодромичностью; что такое локсодромия и каково ее значение?
4. Покажите геометрический смысл нормальной конической проекции и ее картографической сетки, а также объясните ее свойства и назначение.
5. Представьте графически картографические сетки с эллипсами искажений в равноугольной, равновеликой и равнопромежуточной нормальной конической проекциях; объясните свойства этих проекций.

6. Чем сходны и чем отличаются нормальные азимутальные и нормальные конические проекции?
7. Как образуются и каким образом подразделяются азимутально-перспективные проекции?
8. Покажите графически равноугольную поперечно-цилиндрическую проекцию и ее картографическую сетку с эллипсами искажений, а также объясните ее свойства и назначение.
9. На чем основаны и что собой представляют системы разграфки и номенклатуры топографических карт и планов?
10. Определите масштаб листа топографической карты L-33-100-B-b, а также номер и средний меридиан зоны, которой этот лист принадлежит.
11. Разграфка и номенклатура топографических планов.

Лекция 4. Картографические знаки и способы изображения. Легенда карты

Состав картографического изображения. Типы и виды содержащихся в картографическом изображении сведений. Графические средства и их переменные, применяемые для обозначения сведений. Понятие «способ изображения информации на картах» и определения конкретных способов. Легенды карт: типы; информационные составляющие; картографические и числовые шкалы. Универсальная методика разработки ступенчатых шкал: равноинтервальных, постепенно возрастающих, постепенно убывающих и произвольных.

Контрольные вопросы

1. Какие типы и виды сведений содержатся в карте и какими графическими средствами и переменными они обозначаются?
2. Назовите основные способы изображения информации на картах, сочетания в них типов и видов сведений и соответствующие им графические средства и переменные.
3. Чем между собой отличаются способы: количественного фона и картограммы; знаковый, картодиаграммы и локализованных диаграмм; качественного фона и ареалов; линейных знаков и линий движения?
4. Назовите типы легенд, картографических шкал и виды числовых шкал.
5. Приведите примеры иерархической, фасетной и типологической классификационных систем, на которых могут быть основаны легенды.
6. На чем основана универсальная методика и какова последовательность разработки различных типов ступенчатых шкал?

Лекция 5. Картографическая генерализация

Общие положения теории картографической генерализации: сущность, факторы, цель и принципы. Методы генерализации и примеры их применения. Приемы геометрической генерализации и примеры их применения. Примеры генерализации изображений различных классов объектов.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность картографической генерализации и каковы ее цель, принципы и методы выполнения?
2. Метод отбора элементов изображения: его сущность; разновидности и случаи их применения.
3. Изложите сущность и приведите примеры применения метода обобщения состава содержания.
4. Назовите приемы метода геометрического обобщения элементов изображения и приведите примеры их применения.
5. В чем заключаются особенности генерализации изображений русла реки, рельефа, населенного пункта и геологических пород?

Лекция 6. Технологии создания географических карт

Виды и структура технологий создания карт. Этап проектирования карты: последовательность и характеристика видов работ; результаты. Виды и технологии выполнения работ составительского этапа; авторский и составительский оригиналы карты. Характеристика технологий и результатов подготовки к изданию и издания карт. О возможностях автоматизации картографических работ.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды технологий создания карт и последовательность этапов каждого вида.
2. Каковы последовательность, содержание и результаты работ по проектированию карты?
3. Каковы виды составительских работ и технологические варианты их выполнения?
4. Что называют авторским и составительским оригиналами карты и в чем их различия и взаимосвязь?
5. В чем заключаются основная цель, а также результаты и технологические возможности подготовки карты к изданию?
6. Какой вид печатных форм применяется в издании карт; каким образом они устроены и используются?

7. Назначения и принципы работы офсетного станка и офсетной машины.

8. В какой степени автоматизированы этапы и виды картографических работ?

Лекция 7. Методология использования географических карт

Способы и методы работы с географическими картами. Общие положения о применении математических методов в использовании карт. Обзор и примеры приложения математических методов для аналитической и синтетической обработки различных типов пространственных структур на картах.

Контрольные вопросы

1. Назовите способы работы с географическими картами и раскройте их содержание.

2. Какие типы пространственных структур на картах и процедуры их обработки вы знаете?

3. Какие методы применяются для анализа поверхностей на картах и какие результаты с их помощью получают?

4. Назовите методы, применяемые для синтеза поверхностей на картах, и получаемые производные структуры и показатели.

5. Назовите методы, применяемые для обработки контурных (площадных) структур на картах, и получаемые с их помощью результаты.

Лекция 8. Геоинформационные основы цифрового картографирования

Основные понятия геоинформатики. Структуры, функции и виды ГИС. Основные и вспомогательные компоненты ГИС. Структуры, модели и форматы геоданных в ГИС. Основные геоинформационные технологии. Анализ организации и картографических возможностей ГИС MapInfo.

Контрольные вопросы

1. Дайте определения понятий «геоинформатика», «геоинформационная система», «цифровая карта».

2. Из каких подсистем состоит ГИС и какие функции она выполняет?

3. По каким признакам и на какие виды подразделяется ГИС?

4. Назовите компонентный состав ГИС и части (блоки) ее аппаратной базы.

5. Дайте характеристику дигитайзеров, сканеров и плоттеров.

6. Назовите части и основной состав программного обеспечения ГИС.

7. Какие средства обеспечения ГИС, кроме аппаратных и программных, вы знаете?

8. Из каких частей и их видов состоят классификаторы?

9. Назовите виды и дайте содержательную характеристику структур геоданных.

10. Раскройте сущность пространственной, атрибутивной и интегральной БД.

11. Раскройте сущности и назовите различия растровой и векторной моделей организации геоданных.

12. Базовые элементы, виды и характеристики векторных моделей геоданных.

13. Назовите базовые элементы и дайте характеристику векторно-топологической модели геоданных.

14. Назовите модели трехмерных структур геоданных, а также ответьте, что такое ЦМР и какие результаты ее обработки можно получить.

15. Какие виды форматов геоданных и наиболее распространенные обменные форматы вы знаете?

16. Назовите и дайте краткую характеристику основных геоинформационных технологий.

17. Назовите основные операции геоанализа и раскройте содержание таких из них, как буферизация и оверлей.

18. Дайте характеристику наиболее популярных векторных ГИС.

19. Как устроена, какими особенностями и картографическими возможностями обладает ГИС MapInfo?

Лекция 9. Особенности растровых ГИС. 0 мобильных ГИС

Определение, модели и характеристики растров. Виды и группы операций обработки растров. Достоинства и недостатки растровых ГИС. Характеристики растровых ГИС-пакетов — IDRISI, ERDAS Imagine и ILWIS. Особенности, назначение и функции мобильных ГИС.

Контрольные вопросы

1. В чем принципиальные отличия растровых ГИС от векторных?

2. Принципы и модели организации растров.

3. Назовите и раскройте характеристики растров.

4. Какие виды растровых данных (значения ячеек) вы знаете?

5. Какие виды и группы операций с растрами вы знаете?

6. Раскройте структуру и свойства ГИС-пакета IDRISI.

7. Дайте характеристику ГИС-пакета ERDAS Imagine.

8. Назовите функции системы ILWIS.
9. Особенности, назначение и функции мобильных ГИС.

Лекция 10. Системы и технологии цифрового картографирования

Обобщенная технология составления цифровых карт. Организация цифровых карт и требования к ним. Типовые системы и технологии составления цифровых карт. Примеры комплексов и технологий цифрового картографирования.

Контрольные вопросы

1. Дайте графическое представление об организации цифровой карты в среде MapInfo на логическом и физическом уровнях.
2. Какие требования предъявляются к цифровым картам и в чем их смысл?
3. Раскройте состав четырех основных типов автоматизированных картографических систем.
4. Какова обобщенная технология составления цифровых карт?
5. Приведите структуру технологии составления цифровых карт, основанной на геодезических данных.
6. Какова последовательность работ в технологии составления цифровых карт, основанной на фотограмметрической обработке снимков?
7. Назовите состав и последовательность работ цифровой технологии картографирования, основанной на обработке спутниковых геоданных.
8. Каковы виды и технология составления мониторинговых карт?
9. Раскройте конфигурацию комплекса и технологию составления цифровых кадастровых карт.
10. Приведите состав комплекса «Сканэкс» и реализуемой на нем технологии создания и распространения цифровых географических карт.

Лекция 11. Системы и технологии веб-картографирования

Краткая историческая справка о развитии. Обобщенная структура систем веб-картографирования. Принципиальная схема функционирования системы. Основные технологии веб-картографирования.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные этапы развития веб-картографирования.
2. Из каких частей состоит система веб-картографирования и какие функции она выполняет?

3. Каковы устройство и назначение геопорталов?
4. Приведите обобщенную схему функционирования системы веб-картографирования.
5. Раскройте содержание основных технологий веб-картографирования.

2.2. Темы заданий для практических занятий

Технология выполнения заданий зависит от обеспеченности курса соответствующими картографическими устройствами, компьютерными программами и ГИС.

1. Анализ и описание исходных топографической и тематической карт.

2. Составление схемы расположения листов топографической карты масштаба 1:25 000 на территории городского округа (района) или листов масштаба 1:200 000 на территории субъекта РФ (области, края).

3. Разработка компоновки тематической карты района или области и составление макета компоновки карты.

4. Вычисление прямоугольных координат картографической сетки в проекции равноугольной поперечно-цилиндрической для составления тематической карты района или в проекции нормальной равнопромежуточной конической для составления тематической карты области и построение соответствующей сетки на бумаге.

5. Разработка легенды тематической карты: определение состава элементов тематического содержания карты; разработка классификационной системы или числовой шкалы; выбор способа изображения и разработка системы условных обозначений; оформление легенды.

6. Подготовка кратких редакционных указаний по составлению тематической карты: цензы, установки и образцы генерализации исходных карт, состав содержания и последовательность его составления.

7. Составление и оформление образца (фрагмента) тематической карты.

8. Регистрация раstra исходной карты (карт) в среде ГИС MapInfo для создания ее средствами цифровой тематической карты.

9. Векторизация раstra исходной карты и формирование слоев географической основы и слоя-основы тематического содержания составляемой карты.

10. Трансформирование слоев в проекцию составляемой карты и создание слоя «картографическая сетка».

11. Формирование атрибутивной базы данных для составления тематического слоя цифровой карты.

12. Создание тематического слоя и легенды цифровой карты.
13. Преобразование ЦМР в карты рельефа и уклонов.
14. Поиск и запрос географических карт средствами сервиса WMS.
15. Поиск и запрос геоданных средствами сервиса WFS.
16. Создание и анализ карт в среде системы веб-картографирования.

2.3. Темы рефератов

1. Нововведения в системе картографической науки, а также в направлениях и технологиях картографирования, которые применяются на современном этапе их развития.
2. Место топографических карт в системе географических карт, их назначение, области применения и значение для научных исследований и народного хозяйства.
3. Научная составляющая содержания топографических карт.
4. Анализ проекции равноугольной поперечно-цилиндрической Гаусса – Крюгера и ее значения в решении задач высшей и прикладной геодезии.
5. Сравнительный анализ равноугольной поперечно-цилиндрической проекции с применяемой на Западе проекцией UTM.
6. Анализ структуры картографических знаков и систем знаков и их значения в устройстве и функциях географических карт.
7. Возможности автоматизации процесса картографической генерализации.
8. Возможности автоматизации проекционных преобразований географических карт.
9. Анализ возможностей математических методов и результатов их применения в решении пространственных задач по географическим картам.
10. Прикладное значение операций геоанализа векторных и растровых структур геоданных.
11. Обзор и характеристика картографических возможностей наиболее популярных отечественных и зарубежных ГИС-пакетов.
12. Подробный анализ сущности и достоинств векторно-топологической модели организации геоданных.
13. Сравнительный анализ систем AutoCad и MapInfo.
14. Ресурсы, технологические и функциональные возможности сервиса WMS.
15. Ресурсы, технологические и функциональные возможности сервиса WFS.

2.4. Примерный перечень вопросов для экзамена или зачета

1. Определение, этапы развития и современные задачи картографии.
2. Из каких разделов состоит картографическая наука и с какими науками она связана?
3. Основные понятия картографии: географическая карта, план, атлас, цифровая карта.
4. Части географической карты и их элементы.
5. Классификации географических карт по масштабу, охвату территории, содержанию и назначению.
6. Общие положения и сведения о топографических картах.
7. Виды и состав кадастровых карт.
8. Из каких карт состоит картографическая основа ГКН?
9. Понятия теории картографических проекций: картографическая проекция и сетка; географическая система координат и сетка; масштабы; искажения; эллипс искажений.
10. Нормальные цилиндрические проекции: геометрический смысл, свойства, назначение, виды и их сетки.
11. Нормальные конические проекции: геометрический смысл, свойства, назначение, виды и их сетки.
12. Проекция равноугольная поперечно-цилиндрическая: геометрический смысл, система координат, свойства, назначение, картографическая сетка.
13. Элементы математической основы топографических карт.
14. Система разграфки и номенклатуры топографических карт.
15. Составляющие картографического знака, их виды и связи между ними. Общее определение понятия «способ изображения».
16. Способы изображения информации на картах: определения, примеры применения.
17. Легенды карт: типы, информационные составляющие.
18. Алгоритм применения универсальной методики разработки картографических шкал.
19. Картографическая генерализация: сущность, факторы, а также методы и приемы выполнения.
20. Виды и структура основных технологий создания географических карт.
21. Этап проектирования карты: последовательность работ и результаты.
22. Последовательность составительских работ и технологии выполнения оригиналов карт.
23. Подготовка к изданию и издание карт: последовательность работ, устройства и результаты.

24. Способы и методы работы с географическими картами; виды математических методов обработки карт.
25. Основные понятия геоинформатики: геоинформация и гео-данные, ГИС, ГИТ, цифровая и электронная карта.
26. Структуры, функции и виды ГИС.
27. Компоненты ГИС: устройства, программное обеспечение, данные, языки, классификаторы и др.
28. Организация геоданных в векторных ГИС: структуры, модели, форматы.
29. Основные геоинформационные технологии и их роль в создании и использовании цифровых карт.
30. Основные части, особенности и картографические возможности ГИС MapInfo.
31. Организация цифровых карт и требования к ним.
32. Особенности организации геоданных в растровых ГИС.
33. Характеристики растров и виды операций их обработки.
34. Типовые системы и технологии составления цифровых карт.
35. Картографические и геодезические виды технологий составления цифровых карт.
36. Фотограмметрические технологии создания цифровых карт.
37. Виды мониторинговых карт и последовательность их составления.
38. Пример комплекса и технологии составления цифровых кадастровых карт.
39. Комплекс «Сканэкс»: составные части; технология создания и распространения цифровых карт.
40. Система веб-картографирования: компонентный состав и его функции.
41. Основные технологии веб-картографирования.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4

РАЗДЕЛ 1. ИСТОРИЧЕСКИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАРТОГРАФИИ

1.1. Определение, краткая история развития и задачи картографии.....	5
1.2. Структура картографической науки и ее связи с другими науками.....	8
1.3. Основные научные понятия картографии	9

РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕМЕНТЫ И ВИДЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

2.1. Элементы географических карт	13
2.2. Виды географических карт	14
2.3. Топографические карты	15
2.4. Кадастровые карты	17

РАЗДЕЛ 3. ТЕОРИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

3.1. Основные понятия теории картографических проекций	19
3.2. Классификации картографических проекций (КП)	21
3.3. Формулы частного масштаба длин, масштаба площадей, искажения углов.....	23
3.4. Нормальные цилиндрические проекции (НЦП)	25
Общие формулы и свойства НЦП.....	25
Равноугольные проекции (Меркатора)	26
Формулы равноугольных проекций.....	26
Равновеликие проекции	27
Формулы равновеликих проекций.....	28
Равнопромежуточные проекции	28
Формулы равнопромежуточных проекций.....	29
3.5. Нормальные конические проекции (НКП).....	29
Общие формулы и свойства НКП	30
Равноугольные проекции	30
Формулы равноугольных проекций.....	31
Равновеликие проекции	31
Формулы равновеликих проекций.....	32
Равнопромежуточные проекции	32
Формулы равнопромежуточных проекций.....	33
3.6. Азимутальные проекции	33
Нормальные азимутальные проекции (НАП)	33
Перспективно-азимутальные проекции (ПАП).....	34
3.7. Проекции топографических карт и планов.....	35
Равноугольная поперечно-цилиндрическая (РПЦ) проекция Гаусса – Крюгера	35
Ортогональная проекция (ОП)	36
3.8. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов.....	37

РАЗДЕЛ 4. КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ЗНАКИ И СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ

- 4.1. Картографические знаки: элементы и виды 40
- 4.2. Способы изображения информации на картах 40
- 4.3. Легенда карты. Картографические шкалы 46

РАЗДЕЛ 5. КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ

- 5.1. Определение, факторы и принципы картографической генерализации 55
- 5.2. Методы и приемы генерализации 55

РАЗДЕЛ 6. ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

- 6.1. Виды и структура технологий 61
- 6.2. Проектирование карты 62
- 6.3. Составление карты 64
- 6.4. Подготовка к изданию и издание карты 66
- 6.5. О возможностях автоматизации картографических работ 69

РАЗДЕЛ 7. МЕТОДОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

- 7.1. Способы и методы работы с географическими картами 70
- 7.2. Математические методы обработки картографической информации 71

РАЗДЕЛ 8. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

- 8.1. Основные понятия геоинформатики (ГИ) 82
- 8.2. Структуры, функции и виды ГИС 83
- 8.3. Компоненты ГИС 84
- 8.4. Организация геоданных в ГИС: структуры, модели, форматы 90
- 8.5. Основные геоинформационные технологии (ГИТ) 96
- 8.6. MAPINFO — геоинформационная система картографического назначения 100
 - Ввод данных в систему 106
 - Векторизация растра и формирование слоев 106
 - Трансформирование слоев 107
 - Редактирование слоев 108
 - Формирование географической основы 109
 - Создание тематического слоя и легенды 110
 - Формирование макета карты 111
- 8.7. Особенности растровых ГИС 111
- 8.8. О мобильных ГИС 115

РАЗДЕЛ 9. СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

- 9.1. Цифровые карты (ЦК) и требования к ним 116
- 9.2. Типовые системы и технологии составления цифровых карт 118
- 9.3. Примеры комплексов и технологий цифрового картографирования 121
- 9.4. Системы и технологии веб-картографирования 124

ЛИТЕРАТУРА	128
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА	128
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	
ЧАСТЬ I. Термины традиционной картографии	129
ЧАСТЬ II. Термины цифровой картографии.....	134
ПРИЛОЖЕНИЯ	
МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ КУРСА	138
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	138
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА	140
2.1. Тематический план лекций.....	140
Лекция 1. Теоретические и исторические основы картографии. Элементы и виды географических карт	140
Лекция 2. Теоретические положения о картографических проекциях	140
Лекция 3. Анализ некоторых картографических проекций	141
Лекция 4. Картографические знаки и способы изображения. Легенда карты	142
Лекция 5. Картографическая генерализация.....	143
Лекция 6. Технологии создания географических карт	143
Лекция 7. Методология использования географических карт	144
Лекция 8. Геоинформационные основы цифрового картографирования	144
Лекция 9. Особенности растровых ГИС. О мобильных ГИС	145
Лекция 10. Системы и технологии цифрового картографирования	146
Лекция 11. Системы и технологии веб-картографирования	146
2.2. Темы заданий для практических занятий	147
2.3. Темы рефератов	148
2.4. Примерный перечень вопросов для экзамена или зачета	149