

Нечаев Владислав Александрович

Кафедра «Геодезии и геоинформатики»

Картография

Литература:

Урмаев, М.С. Орбитальные методы космической геодезии. [текст] / М.С. Урмаев.– М.: Недра, 1981. – 256 с.

РТМ 68-14-01. Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения. [текст] – М.: ЦНИИГАиК. – 2001. – 29 с



Земля из космоса

Широта точки A - это угол, образованный отвесной линией точки A и плоскостью экватора; этот угол лежит в плоскости меридиана точки.

Долгота точки A - это двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана точки A.

Геодезическая широта точки - это угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида в этой точке и плоскостью экватора.

Геодезическая долгота точки - это двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана точки.

Математически определенный способ изображения поверхности сферы или эллипсоида на плоскости называется **картографической проекцией**

Классификация картографических

Картографические проекции можно классифицировать по двум основным признакам:

- по характеру искажений;
- по меридианов и параллелей нормальной картографической сетки.

Картографическая сетка называется нормальной в том случае, если меридианы и параллели на карте в данной проекции изображаются более простыми линиями, чем координатные линии любой другой системы сферических координат.

По характеру искажений проекции делятся на **равноугольные (конформные), равновеликие (эквивалентные), равнопромежуточные и произвольные.**

Равноугольными (конформными) называются такие проекции, в которых бесконечно малые фигуры на карте подобны соответствующим фигурам на глобусе. виду меридианов и параллелей нормальной картографической сетки.

Равновеликими(эквивалентными) называются такие проекции, в которых масштаб площади во всех точках карты равен единице.

Если равноугольные проекции сохраняют равенство углов только в бесконечно малых фигурах, то равновеликие проекции сохраняют площади любых фигур независимо от их размеров на карте.

Равнопромежуточными называются такие проекции, в которых в каждой точке карты сохраняются длины по одному из главных направлений.

Произвольными называются такие проекции, которые не обладают свойствами равноугольности, равновеликости или равнопромежуточности. По виду меридианов и параллелей нормальной картографической сетки проекции подразделяются на **конические, цилиндрические, азимутальные, псевдоконические, псевдоцилиндрические, поликонические и прочие.**

Коническими называются такие проекции, в которых параллели нормальной сетки изображаются дугами концентрических окружностей, а меридианы — их радиусами, углы между которыми на карте пропорциональны соответствующим разностям долгот в натуре.

Геометрически картографическую сетку в этих проекциях можно получить путем проектирования меридианов и параллелей на боковую поверхность конуса с последующим разворачиванием этой поверхности в плоскость.

Картографическая сетка в конической проекции изображаться дугами концентрических окружностей, а меридианы будут представлять собой прямые, исходящие из одной точки и составляющие между собой углы, пропорциональные соответствующим разностям долгот.

Картографическая сетка имеет наиболее простой вид в нормальных конических проекциях, в которых она носит название нормальной, или прямой, сетки. В поперечных проекциях картографическая сетка называется поперечной, а в косых проекциях — косой.

Во всех нормальных конических проекциях, за исключением равноугольных, полюс изображается дугой. В равноугольных конических проекциях полюс изображается точкой.

Поперечные и косые конические проекции выгодно применять соответственно для карт стран, вытянутых вдоль дуг малых кругов, параллельных осевому меридиану, и дуг малых кругов произвольного направления, но эти проекции ввиду сложности их вычисления практического применения не нашли.

Цилиндрическими называются такие проекции, в которых параллели нормальной сетки изображаются параллельными прямыми, а меридианы — равноотстоящими прямыми, перпендикулярными к линиям параллелей.

В цилиндрических проекциях так же, как и в конических, линиями нулевых искажений в нормальных картографических сетках являются параллели сечения или параллель касания, а изоколы совпадают с параллелями. Искажения нарастают по мере удаления от параллели касания (параллелей сечения) в обе стороны.

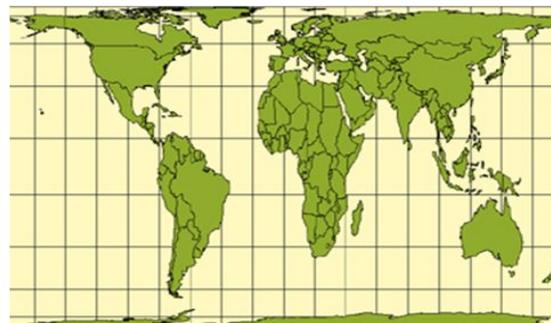
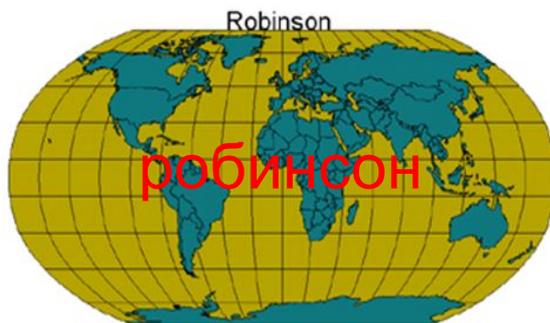
Азимутальными (зенитальными) называются такие проекции, в которых параллели нормальной сетки изображаются концентрическими окружностями, а меридианы — их радиусами, углы между которыми равны соответствующим разностям долгот в натуре.

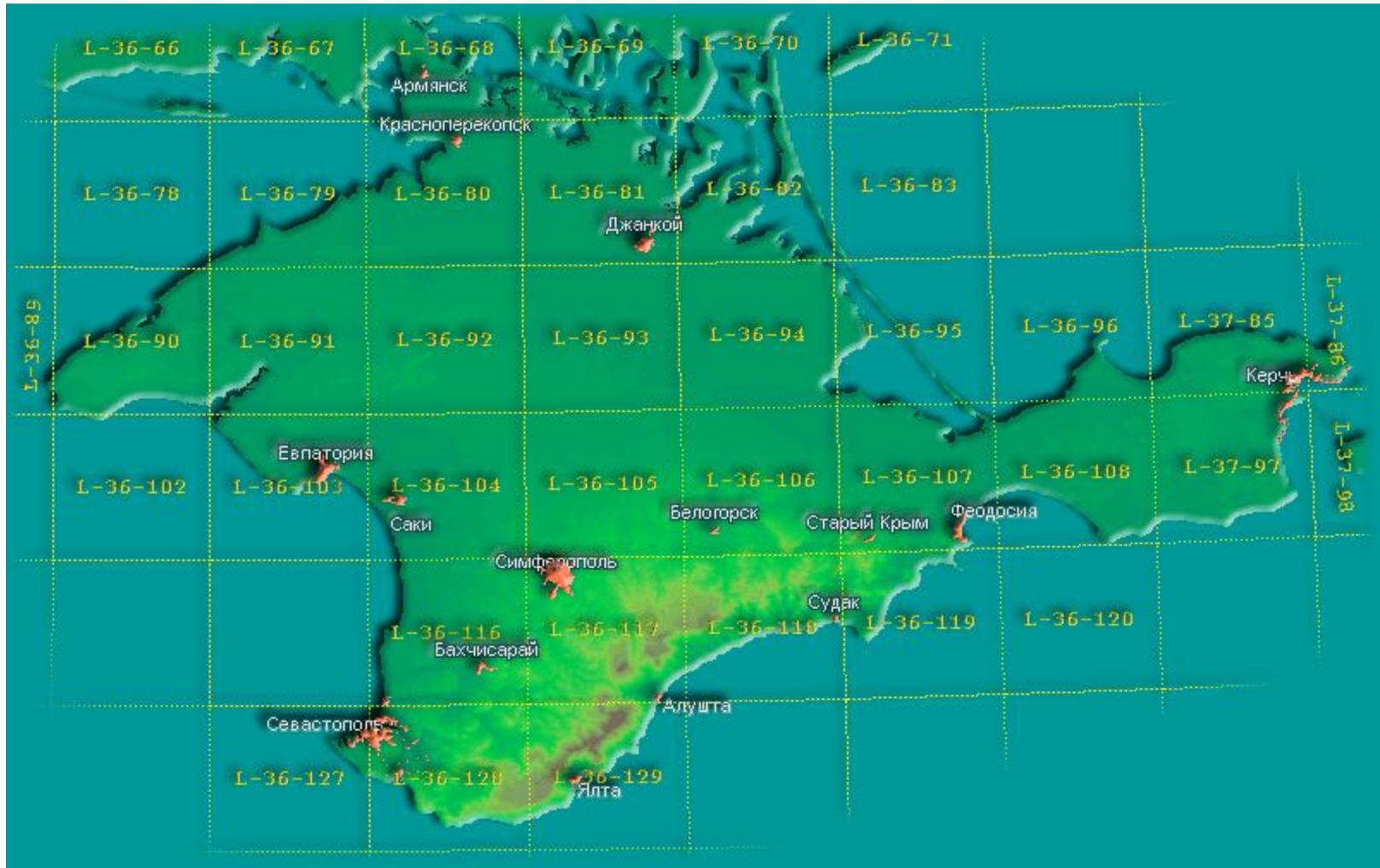
Так же, как и в конических проекциях, в зависимости от расположения плоскости относительно полярной оси глобуса картографическая сетка в азимутальных проекциях может быть нормальной (прямой), поперечной и косоугольной.

В зависимости от характера связи между радиусом параллели на карте и ее широтой азимутальные проекции по характеру искажений могут быть равноугольными, равновеликими, равнопромежуточными и произвольными. В азимутальных проекциях на касательной плоскости точка касания шара или эллипсоида является точкой нулевых искажений, а в проекциях на секущей плоскости окружность сечения служит линией нулевых искажений

Перспективными называются такие проекции, в которых параллели и меридианы с шара или эллипсоида переносятся на плоскость по законам линейной перспективы, т. е. при помощи прямых лучей, исходящих из так называемой точки зрения.

картографические проекции





ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА И ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- математический закон построения;
- использование условных обозначений;
- отбор и обобщение изображаемых явлений;

ПРОЦЕСС СОЗДАНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ

Картой называется уменьшенное изображение на бумаге горизонтальной проекции участка земной поверхности в принятой картографической проекции, то-есть, с учетом кривизны поверхности относимости.

Масштабом карты (плана) называется отношение длины отрезка на карте (плане) к горизонтальной проекции соответствующего отрезка на местности.

По своему назначению все географические карты делятся на **общегеографические и тематические.**

На общегеографических картах показывают рельеф, гидрографию, растительный покров, населенные пункты, пути сообщения, различные границы и другие объекты природного, хозяйственного и культурного назначения.

плоскость геодезического меридиана – плоскость, проходящая через ось вращения Земли PP' ;

плоскость геодезической широты, которая перпендикулярна плоскости геодезического меридиана. Следы сечения поверхности референц-эллипсоида этими плоскостями

называют **меридианом (M) и параллелью.**

Меридиан, проходящий через астрономическую обсерваторию в Гринвиче, называется **начальным** или **нулевым (M_0).**

Параллель, плоскость которой проходит через центр Земли O , называется **экватором (\mathcal{E}).**

Плоскость, проходящая через центр Земли O перпендикулярно к её оси вращения PP' , называется **экваториальной.**

Основой для всех систем координат являются плоскости меридиана и экватора.

На тематических картах изображают размещение, сочетание и связи различных природных и общественных явлений; известны геологические, климатические, ландшафтные, экологические карты, карты полезных ископаемых, карты размещения производительных сил, карты населения, исторические, учебные, туристические и др.

Аэроснимок - это фотографическое изображение участка земной поверхности, представляющее его центральную проекцию. При отвесном положении оси фотоаппарата получается плановый снимок, при наклонном - перспективный снимок.

Масштабом аэроснимка называется отношение длины отрезка на аэроснимке к длине соответствующего отрезка на местности (рис.1.8). Масштаб аэроснимка определяют по формуле:

Масштабом называется степень уменьшения горизонтальных проложений линий местности при изображении их на плане, карте или аэроснимке.

Различают численный и графические масштабы; к последним относятся линейный, поперечный и переходный масштабы.

Численный масштаб. Численный масштаб выражается в виде дроби, числитель которой равен единице, а в знаменателе стоит число, показывающее степень уменьшения горизонтальных проложений.

Линейный масштаб. Линейный масштаб - это графический масштаб; он строится в соответствии с численным масштабом карты в следующем порядке:

Порядок пользования поперечным масштабом:
циркулем-измерителем зафиксировать длину линии на карте, одну ножку циркуля поставить на целое основание, а другую - на любую трансверсаль, при этом обе ножки циркуля должны располагаться на линии, параллельной линии CD, длина линии составляет из трех отсчетов: отсчет целых оснований, умноженный на цену основания, плюс отсчет делений левого основания, умноженный на цену деления левого основания, плюс отсчет делений вверх по трансверсали, умноженный на цену наименьшего деления масштаба. Точность измерения длины линий по поперечному масштабу оценивается половиной цены его наименьшего деления.

Переходный масштаб. Иногда в практике приходится пользоваться картой или аэроснимком, масштаб которых не является стандартным, например, 1:17500, то-есть, 2 см на карте соответствуют 350 м на местности; наименьшее деление нормального поперечного сотенного масштаба будет при этом 3.5 м. Оцифровка такого масштаба неудобна для практических работ, поэтому поступают следующим образом. Основание поперечного масштаба берут не 2 см, а рассчитывают так, чтобы оно соответствовало круглому числу метров, например, 400 м. Длина основания в этом случае будет $a = 400 \text{ м} / 175 \text{ м} = 2.28 \text{ см}$.

Поперечный масштаб с дробным основанием называется переходным.

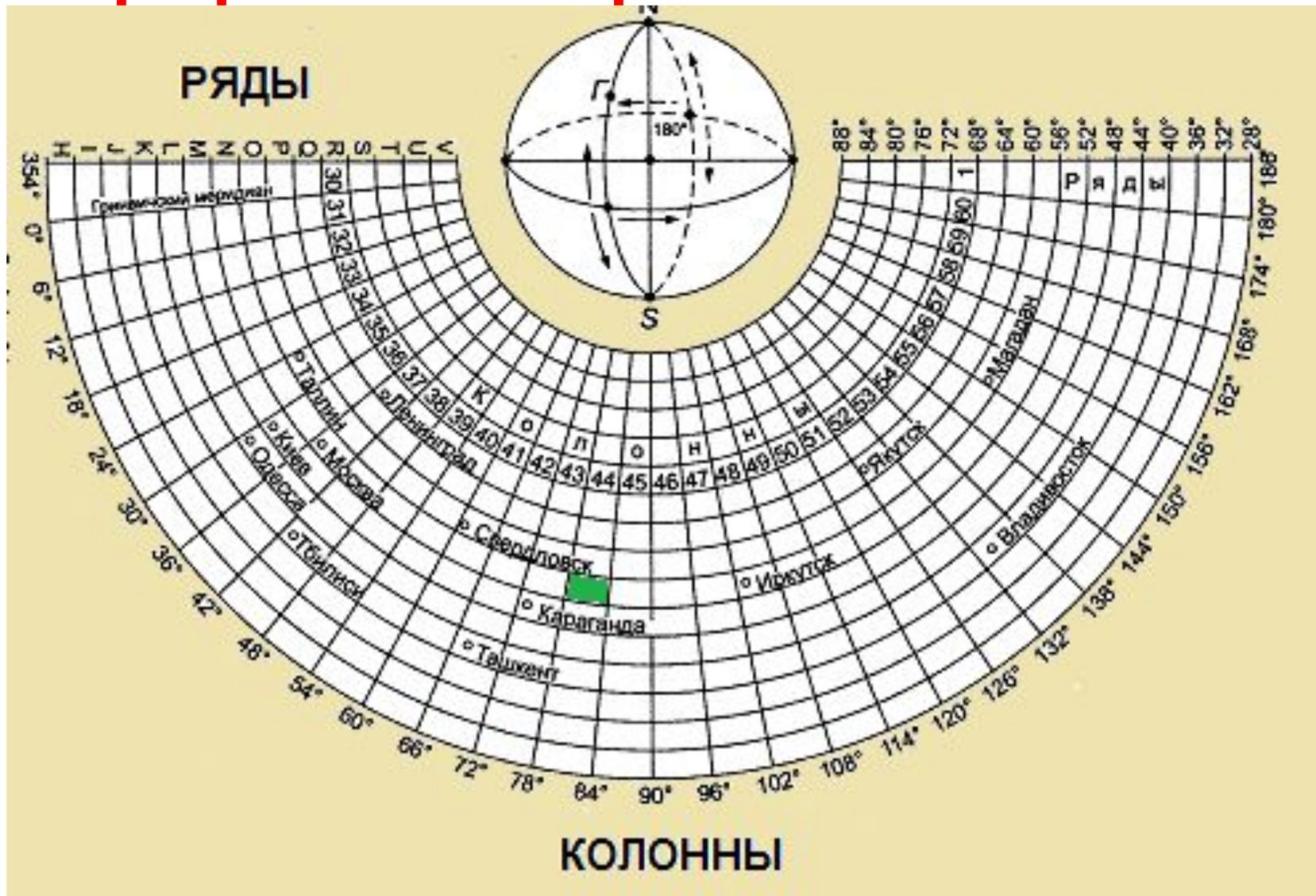
Номенклатурой называется система нумерации отдельных листов топографических карт и планов разных масштабов.

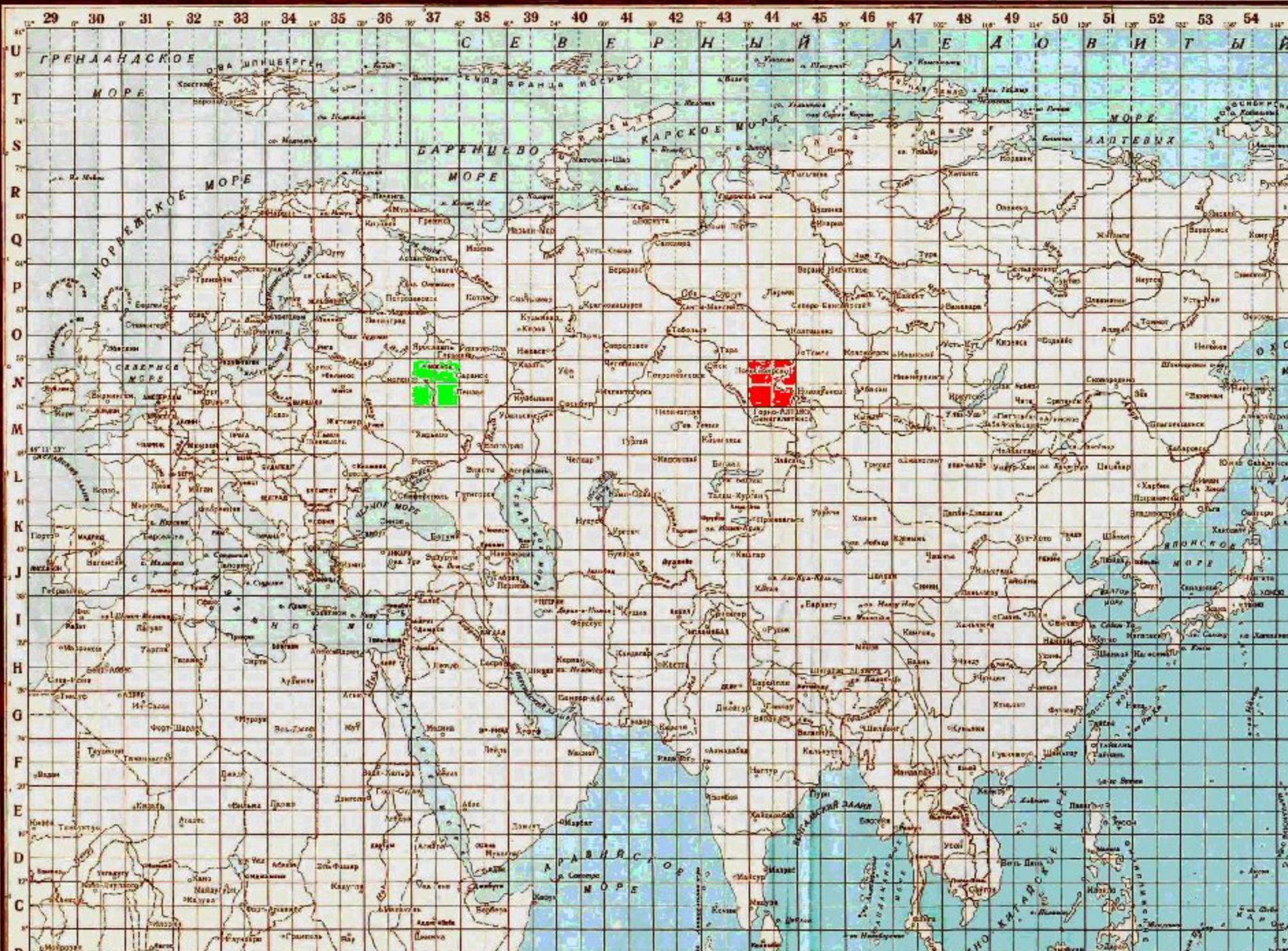
Схема взаимного расположения отдельных листов называется **разграфкой**.

Одним из элементов географической карты является сетка координатных линий. Существуют два вида координатной сетки: картографическая, образуемая линиями меридианов и параллелей, и сетка прямоугольных координат, образуемая линиями, параллельными осям координат OX и OY .

На топографических картах меридианы и параллели являются границами листа карты; в углах карты подписываются их долгота и широта. Внутри листа вычерчивается сетка прямоугольных координат в виде квадратов, называемая иногда километровой сеткой, так как на картах масштаба 1:10 000 и мельче линии сетки проводятся через целое число километров.

Разграфка и номенклатура топографических карт и планов



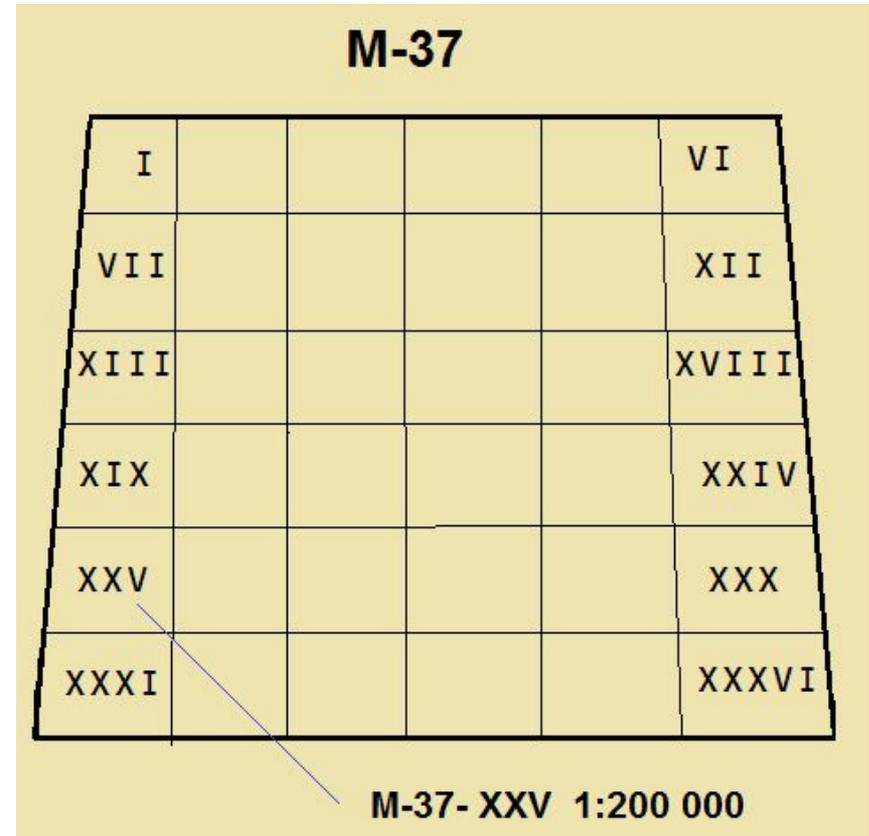
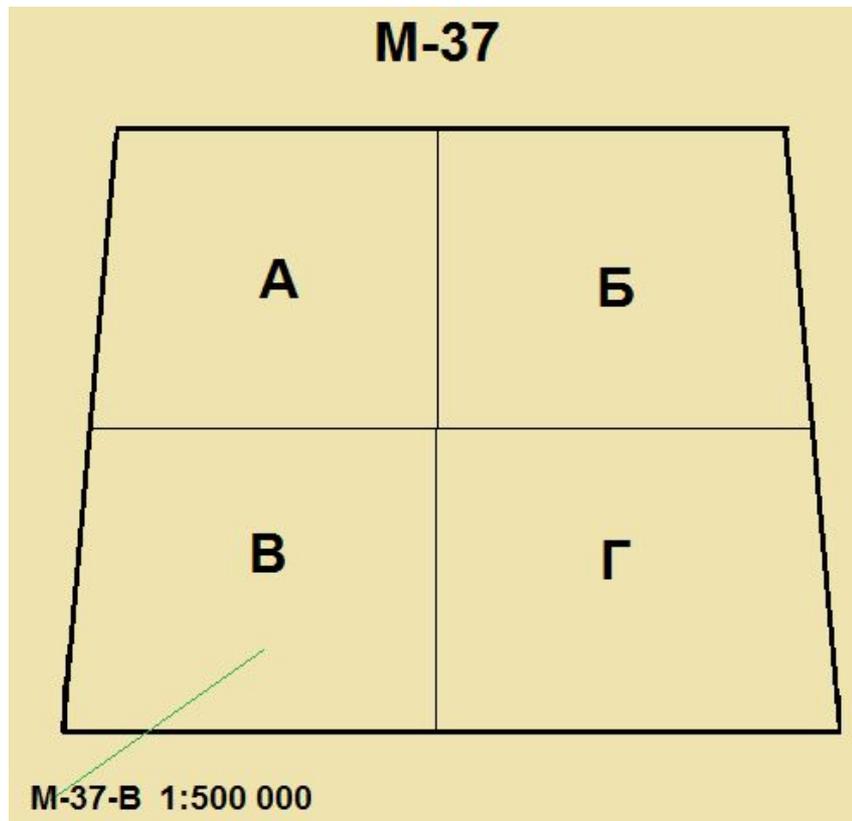


Разграфка и номенклатура листов

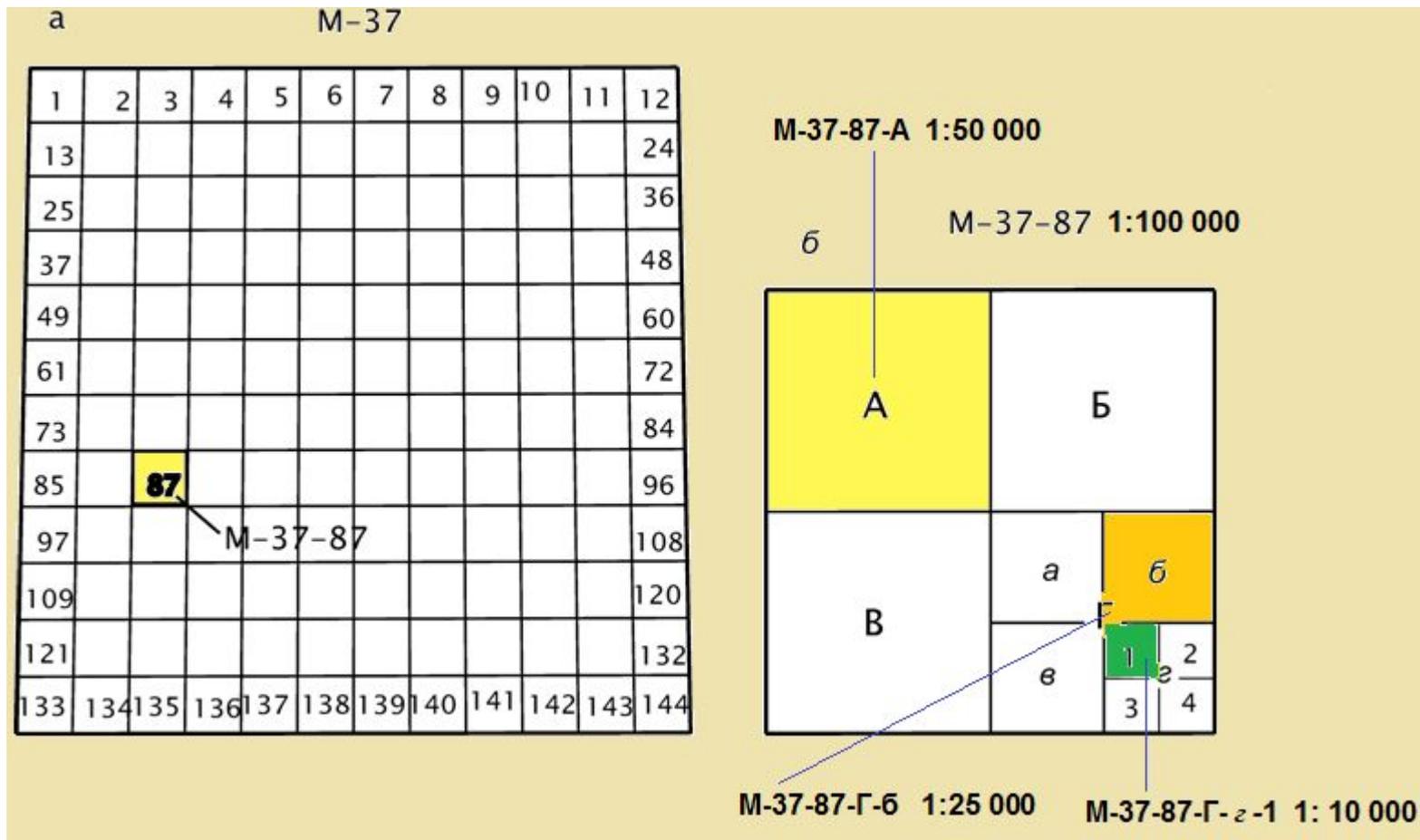
карт:

а) 1:500000

б) 1:200000

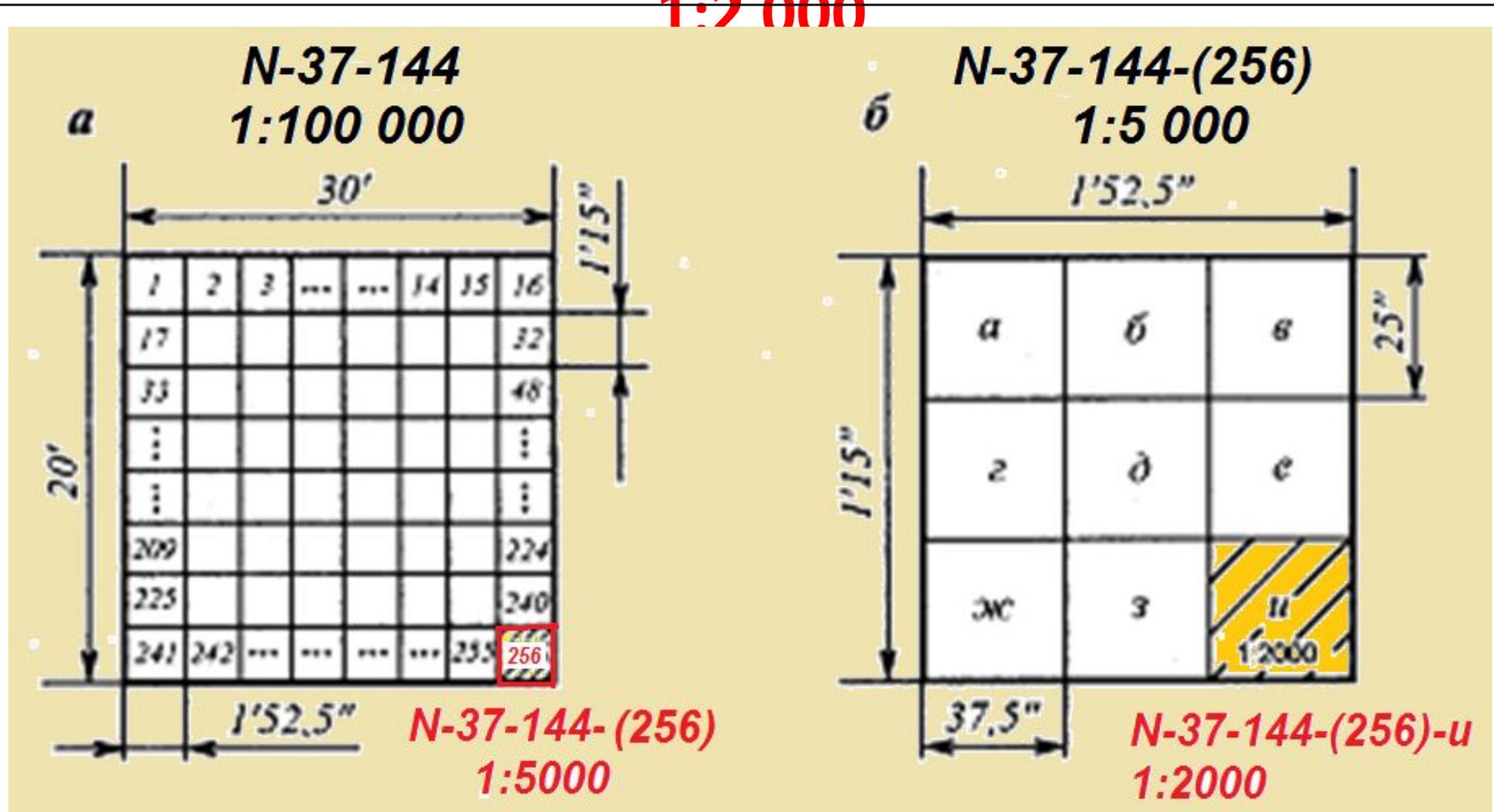


Разграфка листов карт масштабов: а – 1:100000; б – 1:50000, 1:25000, 1:10000



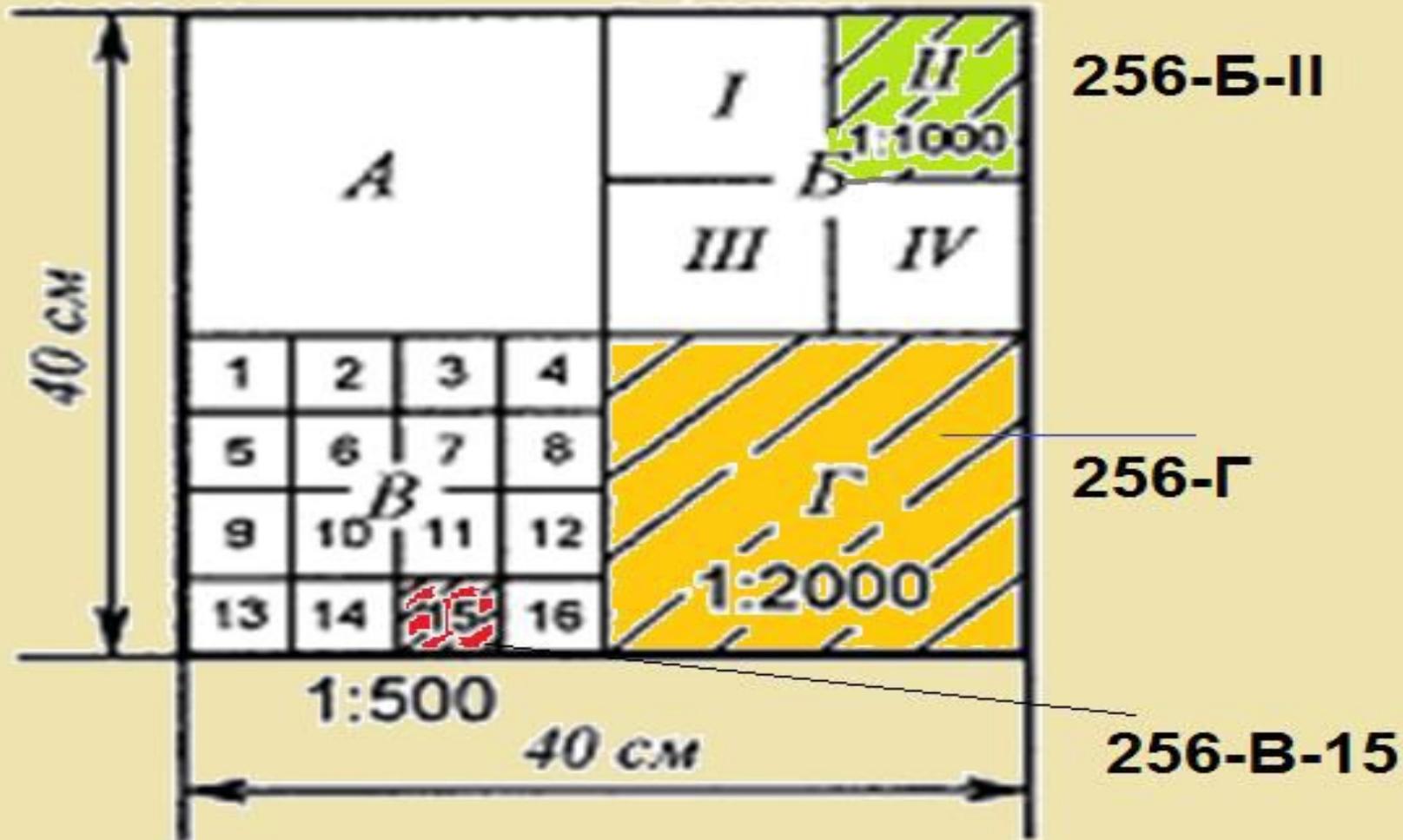
Государственная разграфка и номенклатура листов топографических планов 1:5 000

1:2 000



ПРЯМОУГОЛЬНАЯ (условная) разграфка и номенклатура топографических планов

"256" 1 : 5000



Размеры рамок трапеций по В и L

Физическая поверхность Земли состоит из подводной (70,8 %) и надводной (29,2 %) частей. Подводная поверхность включает в себя систему срединно-океанических хребтов, подводные вулканы, океанические желоба, подводные каньоны, океанические плато и абиссальные равнины. Надводная часть земной поверхности также характеризуется многообразием форм. С течением времени поверхность Земли из-за тектонических процессов и эрозии постоянно изменяется. Карты масштабов

1: 25000 – 1:1000000 имеют искажения, а карты (планы) 1:500 – 1:5000 практически не имеют искажений.

$B=4^{\circ}, L=6^{\circ}$, М 1:1000000

$B=2^{\circ}, L=3^{\circ}$, М 1:500000

$B=20', L=30'$, М 1:100000

$B=10', L=15'$ М 1:50000

$B=5', L=7,5'$ М 1:25000

$B=1'15'', L=1'52,5''$ М 1:5000

$B=25'', L=37,5''$ М 1:2000

СБЛИЖЕНИЕ МЕРИДИАН



- долгота истинного меридиана данной точки; 0
- долгота осевого меридиана;
- σ - широта в центре листа карты.

Вертикальные линии сетки параллельны осевому меридиану зоны (оси OX) и имеют уравнение $Y = \text{Const}$; значение координаты Y подписывается у каждой линии. Горизонтальные линии сетки параллельны оси OY и имеют уравнение $X = \text{Const}$; значение координаты X подписывается у каждой линии. Для удобства пользования листами карт, на которых изображены граничные участки зоны, на них показывается сетка прямоугольных координат соседней зоны. Ширина граничной полосы с сеткой соседней зоны составляет 2° по долготе с обеих сторон зоны. Выходы линий координатной сетки соседней зоны наносятся на внешнюю сторону рамки листа карты.

Существует три способа определения площади участков:

геометрический, аналитический и механический.

На местности применяют два первых способа, на картах и планах - все три способа.

Геометрический способ - это вычисление площади геометрических фигур по длинам сторон и углам между ними, значения которых можно получить только из измерений.

При наличии прямоугольных координат X и Y вершин n -угольника его площадь можно вычислить по формулам аналитической геометрии; выведем одну из таких формул.

для треугольника (n=3) $m_p/P = 4.24 * m_t/L$,

для четырехугольника (n=4) $m_p/P = 4.00 * m_t/L$,

для пятиугольника (n=5) $m_p/P = 3.72 m_t/L$,

для шестиугольника (n=6) $m_p/P = 3.46 m_t/L$.

$m_p/P = 4 * m_t/L$; (6.21)

ошибка этой формулы может достигать 15% - 20% для участков, форма которых заметно отличается от формы правильного n -угольника.

$m_p/P = 4 * m_t/L$; (6.21)

ошибка этой формулы может достигать 15% - 20% для участков, форма которых заметно отличается от формы правильного n -угольника.

Точность плана - это средняя ошибка положения объекта или четкого контура относительно ближайших пунктов съемочного обоснования.

Согласно Инструкции эта ошибка не должна превышать 0.5 мм в масштабе плана; в горной местности этот допуск увеличивается до 0.7 мм.

Нужный масштаб съемки рассчитывается по допуску 0.5 мм на плане. Если заданная ошибка взаимного положения объектов в натуре равна, например, 1 м, то масштаб съемки должен быть:

$$1/M = 0.5 \text{ мм} / 1 \text{ м} = 1/2\ 000.$$

План строится в два этапа соответственно двум этапам выполнения съемки:

наносится геодезическая основа, т.е. пункты государственной геодезической сети, пункты сетей сгущения и пункты съемочного обоснования по их известным прямоугольным координатам;

наносится ситуация, т.е. наносятся пикеты относительно пунктов съемочного обоснования в местных полярных системах координат, и рисуются контуры и рельеф.

Сначала на листе ватмана строят координатную сетку квадратов со стороной 10 см при помощи специальной линейки Дробышева; координаты углов квадратов подписывают. Затем по координатам, выбранным из специальных таблиц по номенклатуре листа, строят углы рамок трапеций. Иногда планы строятся не в шестиградусных, а в трехградусных зонах.

Ошибка положения вершин квадратов координатной сетки должна быть порядка графической точности - 0.1 мм. При размерах сетки 50 * 50 см величина 0.1 мм соответствует углу 0.7'. Ни один транспортир не обеспечит такой точности построения углов, поэтому применяют косвенный способ построения прямого угла. По линейке Дробышева с точностью 0.1 мм откладывают катеты длиной 50.00 см и гипотенузу длиной 70.71 см; построенный таким образом прямой угол в треугольнике будет иметь требуемую точность.

Все пункты съемочного обоснования, с которых выполнялась съемка, и пункты опорных сетей, попадающие на данный лист плана, наносят на планы по их координатам.

Пикеты наносят в местных полярных системах координат при помощи транспортира и поперечного масштаба или с помощью тахеографа (кругового транспортира с линейкой на прозрачной основе). Около каждого пикета подписывают его номер и отметку. Затем, используя абрис, вычерчивают ситуацию в условных знаках и проводят горизонтали. Составленный план выносят на участок местности и выполняют его контроль либо на глаз, либо инструментально. После проверки план вычерчивают в туши в один или несколько цветов, наносят все подписи, оформляют рамки и зарамочное пространство, заполняют формуляр.

Проекция карты России масштаба

1:1000000

Карта России масштаба 1:1000000 составляется и издается отдельными листами в рамках, имеющих форму трапеций с основаниями в виде дуг окружностей. Верхними и нижними основаниями трапеций служат параллели карты с широтами, кратными 4° . Каждый лист простирается по широте на 4° . Боковыми сторонами трапеций служат меридианы карты с долготами от Гринвича, кратными

6° — южнее 60-й параллели,

12° — между 60-й и 76-й параллелями,

24° — между 76-й и 88-й параллелями.

Каждый лист карты в этих поясах соответственно, простирается по долготе на 6° , 12° и 24° . Листы, имеющие размеры по долготе 12° и 24° , соответственно считаются сдвоенными и счетверенными. Параллели на, всех листах карты и меридианы на листах, южнее 60-й параллели, проводятся через 1° . Меридианы на сдвоенных листах проводятся через 2° и на счетверенных через 4° .

Для карты международного масштаба **1:1000000** принята видоизмененная **ПОЛИКОНИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ**, которая применяется как многогранная, т. е. отдельно для каждого листа. Иначе эта проекция называется проекцией международной миллионной карты.

Проекция определяется следующими условиями:

- все меридианы — прямые линии;
- крайние параллели — дуги окружностей, сохраняющие геодезическую кривизну, т. е. описанные радиусами

$$p = N \operatorname{ctg} \varphi ,$$

где N — радиус кривизны первого вертикала земного эллипсоида для данной широты φ , взятый в масштабе карты; крайние параллели перпендикулярны к среднему меридиану, т. е. их центры лежат на среднем меридиане; Указанная проекция принята для международной миллионной карты идея о создании которой была выдвинута в 1891 году на V международном географическом конгрессе.

- длины сохраняются вдоль крайних параллелей и меридианов с долготами $\pm 2^\circ$ от среднего меридиана для одинарных листов, $\pm 4^\circ$ для сдвоенных и $\pm 8^\circ$ для счетверенных листов;
- промежуточные параллели делят все меридианы на равные части.

Проекция карты России масштаба 1:1000000 по характеру искажений относится к произвольным. При соединении четырех листов карты, имеющих общую вершину, возникает угловой разрыв.

Угловой разрыв может быть вычислен по формуле (38), которая для листов карты масштаба 1:1000000 принимает вид

$$(56)$$

где — широта общей вершины четырех листов,
— угловой разрыв, выраженный в минутах.

Угловому разрыву соответствует наибольший линейный разрыв $3,25 \text{ мм} \cos$, если он идет по меридиану, и наибольший линейный разрыв $4,87 \text{ мм} \cos^2$, если он идет по параллели.

При соединении девяти листов (три ряда по три листа) возникает четыре разрыва по меридианам или параллелям. По малости этих разрывов практически можно склеивать как четыре листа, имеющих общую вершину углов рамок, так и девять листов (три ряда по три листа). В пределах одного пояса или одной колонны допустимо склеивание любого числа листов.

Для определения масштаба по любому меридиану может быть применена приближенная формула:

$$m = 1 + 0,0001523 (l^{\circ 2} - 4^{\circ}) \cos^2, \quad (57)$$

ВЫБОР КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

Основные условия, предопределяющих этот выбор.

К таким условиям относятся

- целевая установка карты;
- положение картографируемой территории на земной поверхности и ее конфигурация;
- размер картографируемой территории;
- особенности компоновки карты;
- специальные и дополнительные требования.

Целевой установкой карты прежде всего решается вопрос, какой должна быть ее проекция по характеру искажений.

К специальным требованиям, влияющим на выбор проекции, можно отнести требования, связанные с назначением карты. Так, на морских картах необходимо, чтобы локсодромия изображалась прямой линией. Такому требованию, как известно, удовлетворяет проекция Меркатора. Если необходимо, чтобы на карте изображалась прямой линией ортодромия, то в этом случае следует применить центральную перспективную проекцию. На маршрутных полетных картах должны сохраняться длины по данному кратчайшему маршруту и все направления и углы. Очевидно, что для этих карт лучшими будут равноугольные косые цилиндрические проекции, на цилиндре, касающемся земного шара по дуге большого круга, совпадающей с заданным маршрутом.

РЕДАКЦИОННО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

непосредственному составлению карты предшествуют редакционно-подготовительные работы, предусматривающие:

- изучение картографируемого района;
- сбор и изучение картографических материалов;
- разработку редакционных документов.

Классификация картографических материалов

Картографические материалы классифицируют по содержанию и по степени их использования. По содержанию различают:

- материалы планового и высотного обоснования (каталоги и списки геодезических и астрономических пунктов);
- графические материалы (карты и планы различных масштабов — оттиски и оригиналы всех видов);
- аэрофотосъемочные материалы (аэроснимки, фотосхемы и фотопланы);
- литературно-справочные материалы (различные описания местности, справочники административно-территориального деления и т. п.).

По степени использования при составлении карт, которая устанавливается в результате их изучения, картографические материалы подразделяются на основные, дополнительные и справочные.

Основными называются материалы, с которых берется основное содержание составляемой карты; копии (оттиски, отпечатки) этих материалов обычно используются для монтажа при изготовлении составительского оригинала.

К основным материалам относятся каталоги геодезических пунктов, материалы топографических съемок, топографические и обзорно-топографические карты, планы, а также материалы аэрофотосъемки.

Дополнительными называются материалы, по которым производится исправление, уточнение или дополнение данных основного материала в части изображения отдельных элементов содержания карты.

Справочными называются материалы, служащие для получения различных справок по вопросам содержания карты, возникающим в процессе ее составления или в период редакционно-подготовительных работ.

Виды картографических материалов

Каталоги геодезических пунктов,

используемые при составлении топографических и обзорно-топографических карт в качестве материалов планового и высотного обоснования, содержат координаты и абсолютные высоты пунктов, а также сведения о методах и точности определения координат и высот, о принятых для вычислений эллипсоиде и исходном уровне высот и т. д. В каталогах, кроме того, помещается схема расположения пунктов. Современные каталоги геодезических пунктов в зависимости от густоты геодезической сети издаются по районам, применительно к листам карт масштабов 1 : 200 000, 1 : 500 000 и 1:1 000 000.

Проекции иностранных карт весьма разнообразны. Применяются многогранная (Мюффлинга), равновеликая псевдоконическая (Бонна), равноугольная коническая (Ламберта), простая поликоническая, равноугольная поперечно-цилиндрическая (Гаусса), стереографическая и другие проекции. С тридцатых годов этого столетия все большее распространение получает равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция, которую в Англии, США, Канаде и некоторых других странах называют поперечной проекцией Меркатора. Она используется также для геодезических вычислений и нанесения координатных сеток.

При использовании иностранных карт необходимо:

- отдавать предпочтение при всех прочих равных условиях материалам, изданным государственными картографическими учреждениями той страны, на территорию которой составляется карта;
- проводить тщательное и всестороннее изучение геодезической и математической основ карт, их содержания и оформления;
- шире привлекать дополнительные материалы для обновления содержания карт и нанесения недостающих характеристик, а также для перехода к условным обозначениям, принятым на наших картах.