

# Математическая основа географических карт



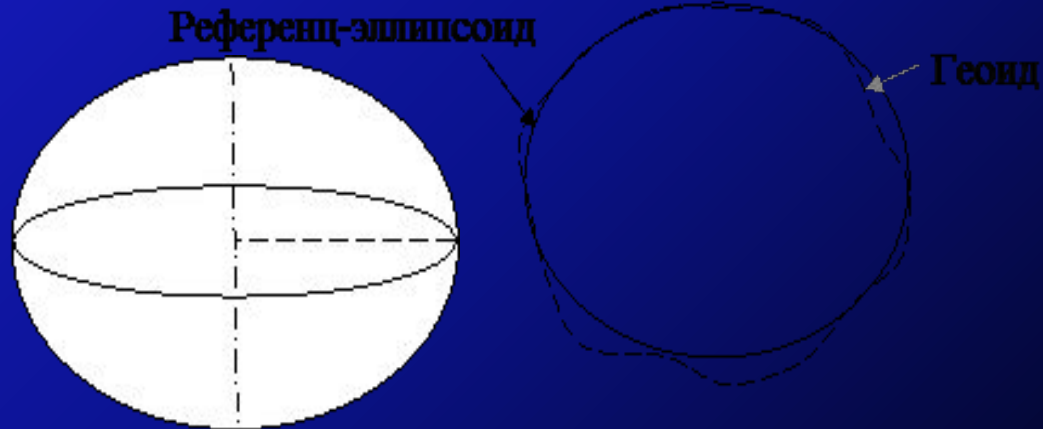
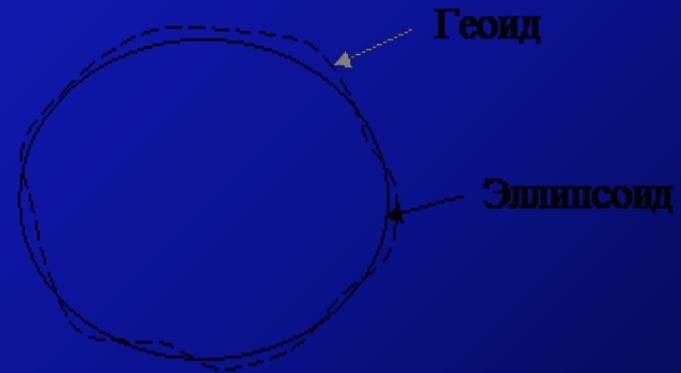
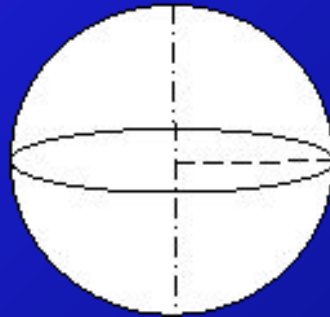
# Геодезическая основа

## Физическая поверхность Земли



# Свойства эллипсоида вращения

Объём эллипсоида равен объёму геоида, плоскость экватора и малая ось земного эллипсоида совпадают соответственно с плоскостью экватора и осью вращения Земли



Горизонтальные проекции отрезков при составлении карт и планов изображают на бумаге в уменьшенном виде, т.е. в масштабе

• **Масштаб** - отношение длины линии на карте к горизонтальной проекции соответствующей линии на местности

$$M = \frac{d_{\text{карты (плана)}}}{d_{\text{местности}}}$$

# Виды масштабов

*Числовой (численный)*

$$M = \frac{1}{m} = 1 : m \quad 1:2000$$

*Словесный (именованный)*

– пояснение к числовому масштабу

в 1 см 20 м, в 1 см 10 м

*Графический:*

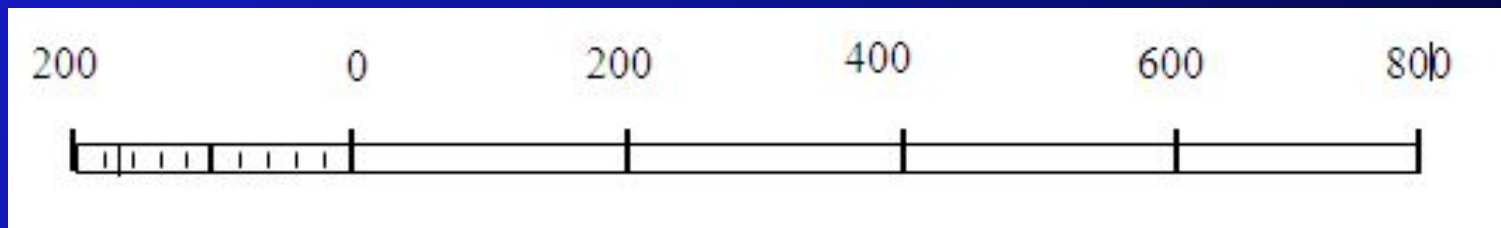
клиновой, линейный, поперечный

Численный масштаб карты	Название карты	1 см на карте соответствует на местности	1 см <sup>2</sup> на карте соответствует на местности	1 км на местности соответствует на карте
1:5 000	пятитысячная	50 м	0,0025 км <sup>2</sup> =0,25 га	20 см
1:10 000	десятитысячная	100 м	0,010 км <sup>2</sup> =1 га	10 см
1:25 000	двадцатипятитысячная	250 м	0,0625 км <sup>2</sup> =6,25 га	4 см
1:50 000	пятидесятитысячная	500 м	0,25 км <sup>2</sup> =25 га	2 см
1:100 000	стотысячная	1 км	1,0 км <sup>2</sup> =100 га	1 см
1:200 000	двухсоттысячная	2 км	4,0 км <sup>2</sup> =400 га	5 мм
1:300 000	трехсоттысячная	3 км	9,0 км <sup>2</sup> =900 га	3,3 мм
1:500 000	пятисоттысячная	5 км	25,0 км <sup>2</sup> =2 500 га	2 мм
1:1 000 000	миллионная	10 км	100,0 км <sup>2</sup> =10 000 га	1 мм

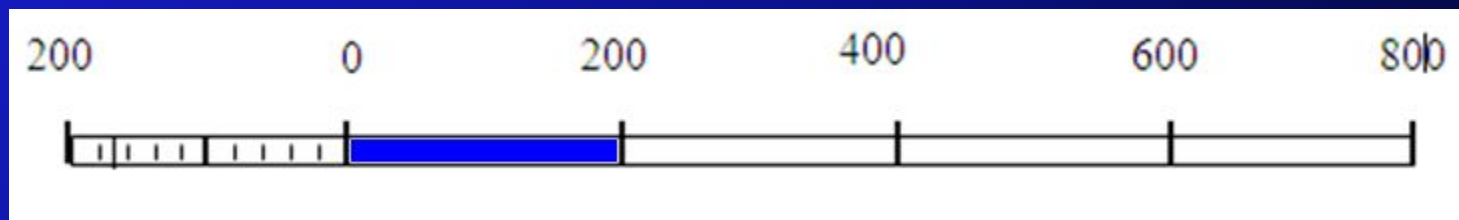
На картах дореволюционной России , применялись старые русские меры длины - верста (1,067 км), сажень (2,134 м), дюйм (2,54 см), связанные следующим соотношением:

**1 верста = 500 сажен - 42 000 дюймов**

- Для того чтобы также повысить точность измерений на картах и планах, пользуются *графическими масштабами*: линейным и поперечным.
- **Линейный масштаб** – графическое изображение численного масштаба в виде прямой линии.

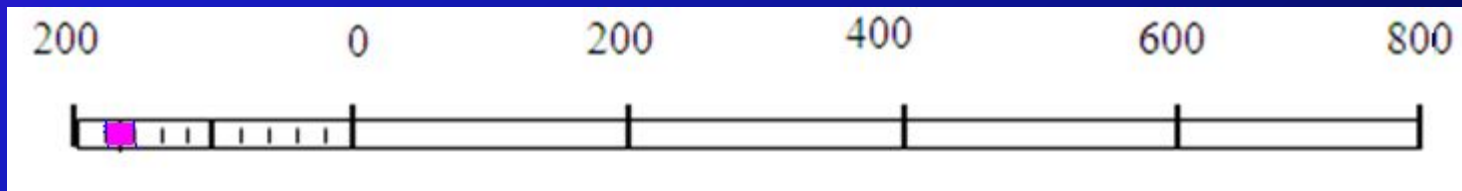


- **Основание линейного масштаба (ОЛМ)** – отрезок справа от 0 на линейном масштабе. ОЛМ - это условно принятая длина отрезков откладываемых по линейному масштабу от нуля в правой части линейного масштаба и нескольких делений в левой части, которые в свою очередь делятся на равные части.





- **Величина масштаба (ВМ)** – отрезок на местности, соответствующий 1 см
- **Точность линейного масштаба (ТЛМ= $t$ )** - отрезок на местности, соответствующий минимальному делению линейного масштаба



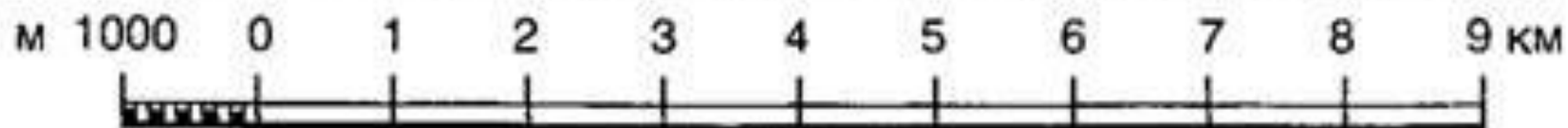
- **Предельная точность масштаба (ПТМ= $t_{II}$ )** - отрезок на местности, соответствующий 0,1 мм в масштабе карты

# Графические масштабы



*Рис. 1. Линейный масштаб пятидесятитысячной карты*

На карте-километровке линейный масштаб будет выглядеть так (рис. 2):



*Рис. 2. Линейный масштаб карты-километровки*

# Масштаб площадей

- Отношение площади объекта на карте к площади соответствующего объекта на местности. Выражается в форме словесного масштаба

$$M_s = M^2 = (1 : m)^2 = 1 : m^2$$

*Пример.* 1:20 000

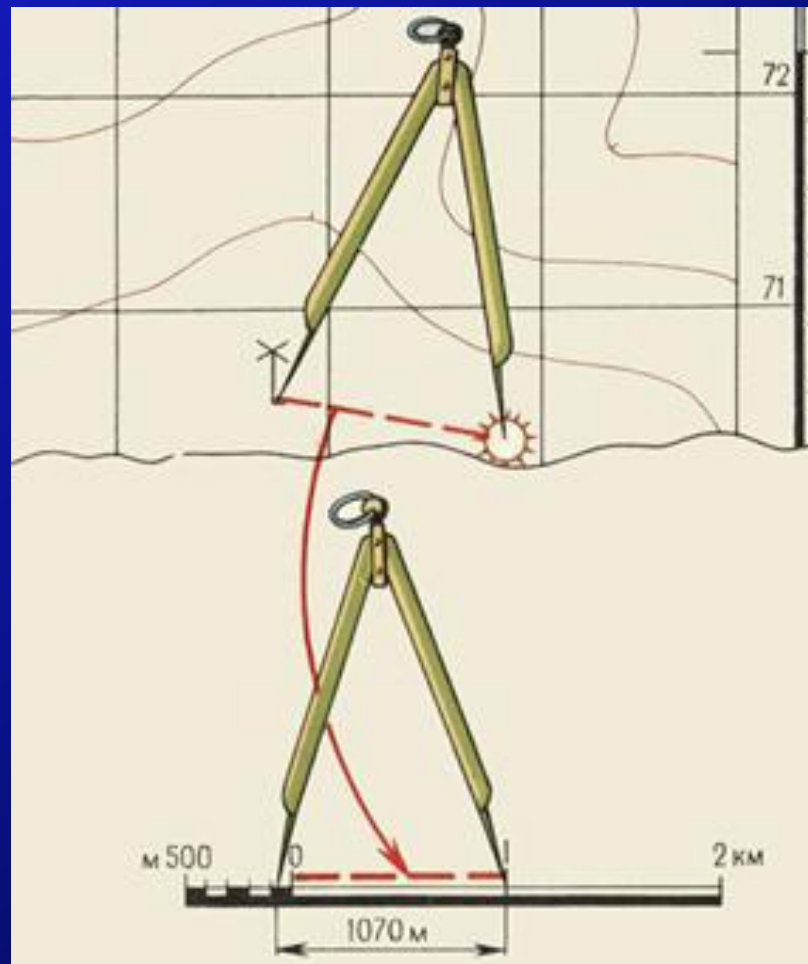
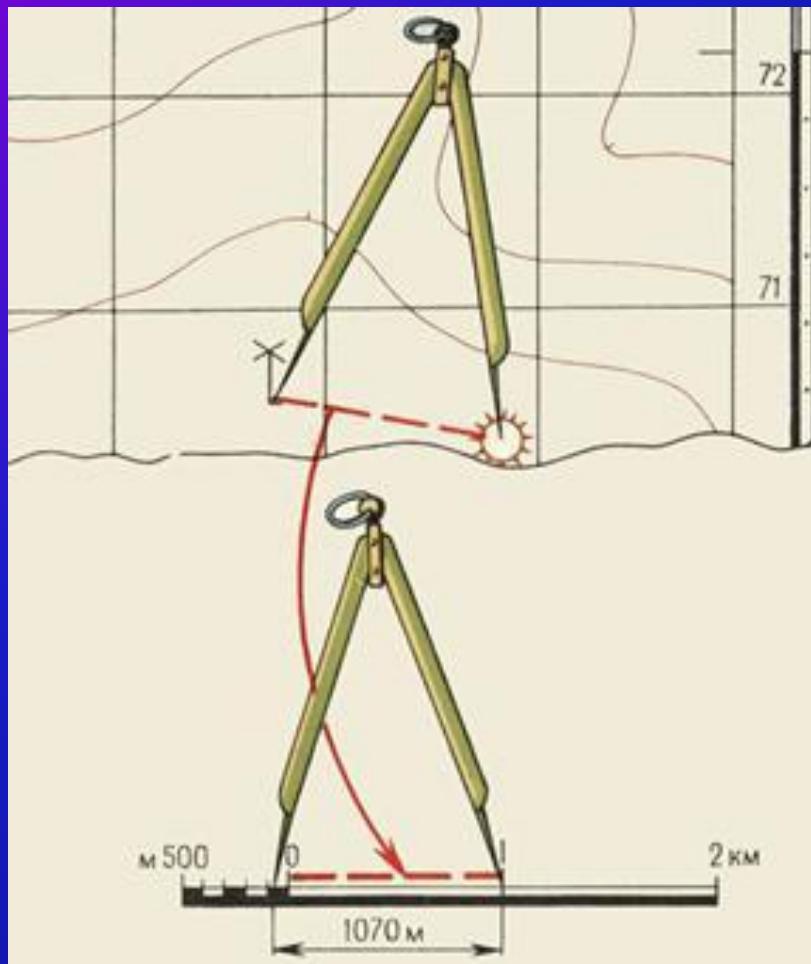
в 1 см            200 м

в 1 кв. см    40000 кв.м или 4 га

# Измерения по карте линейкой



# Измерения по карте циркулем-измерителем



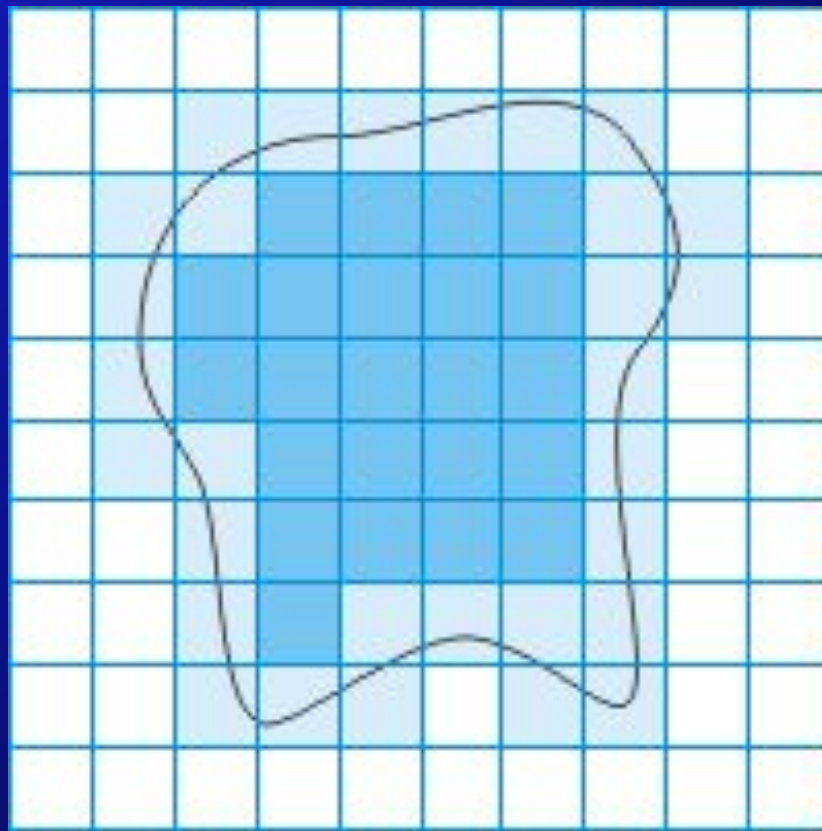
# Измерения по карте курвиметром



# Измерения по карте палеткой

Палетку накладывают сверху на карту и подсчитывают число полных квадратов внутри контура участка  $N_1$ . Затем подсчитывают число квадратов  $N_2$ , через которые проходит граница участка. Тогда площадь измеряемого участка вычисляется так:

$$S = S_0 \cdot (N_1 + \frac{1}{2}N_2),$$

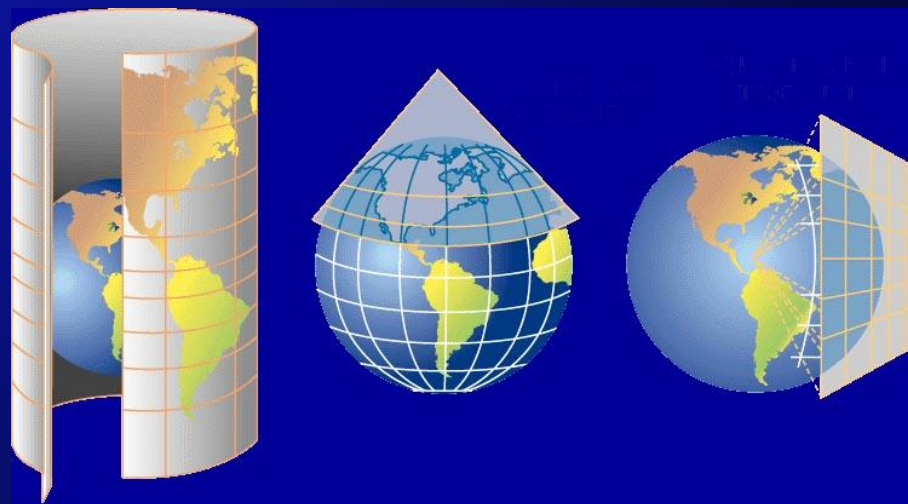




В создании проекций участвуют 2 элемента:

фигура Земли  
(плоскость, сфера)

разворачиваемая поверхность  
(плоскость, конус, цилиндр) –  
поверхность, которая может быть сделана  
плоской без растяжения, посредством  
разрезания вдоль определённых линий и  
разворачивания.

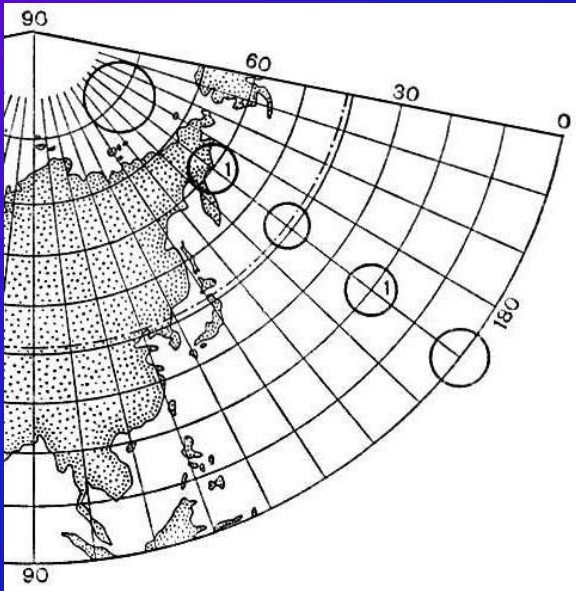




## Ни одна из картографических проекций не может сохранять большие территории без искажения формы.

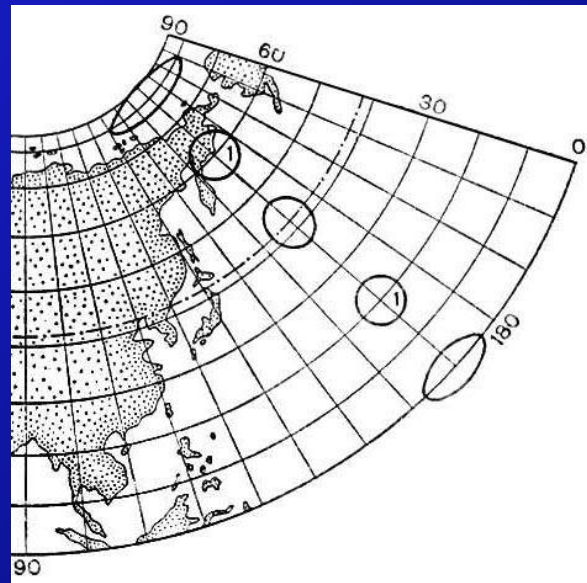
Для показа искажений используется индикатриса Тиссо (Tissot's Indicatrix), которая представляет собой проекцию небольшого круга, нарисованного на поверхности земного шара. На искаженной карте круг станет эллипсом, расплюснутым или растянутым проекцией. Размер и форма индикатрисы изменяются от одной части карты к другой, отображая эффекты искажения проекций.

По типу искажений выделяются проекции:



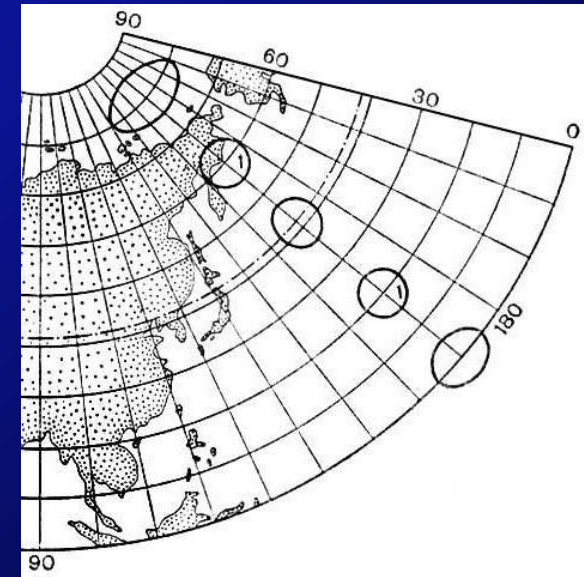
### Равноугольные

локальные углы везде истинные, малые формы сохраняются без искажений, площади и расстояния искажены.



### Равновеликие (равноплощадные)

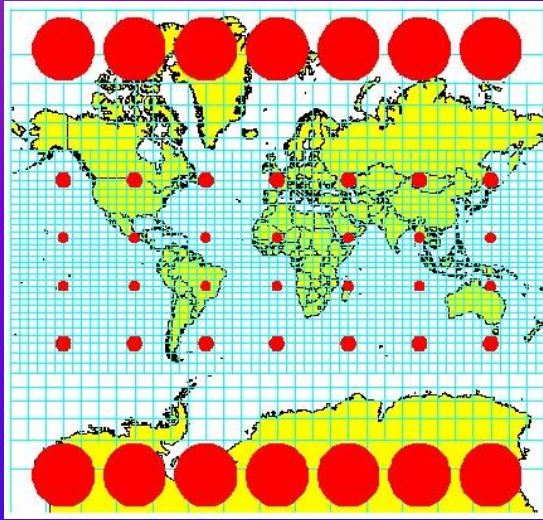
сохраняются площади изображаемых объектов, углы и форма искажены.



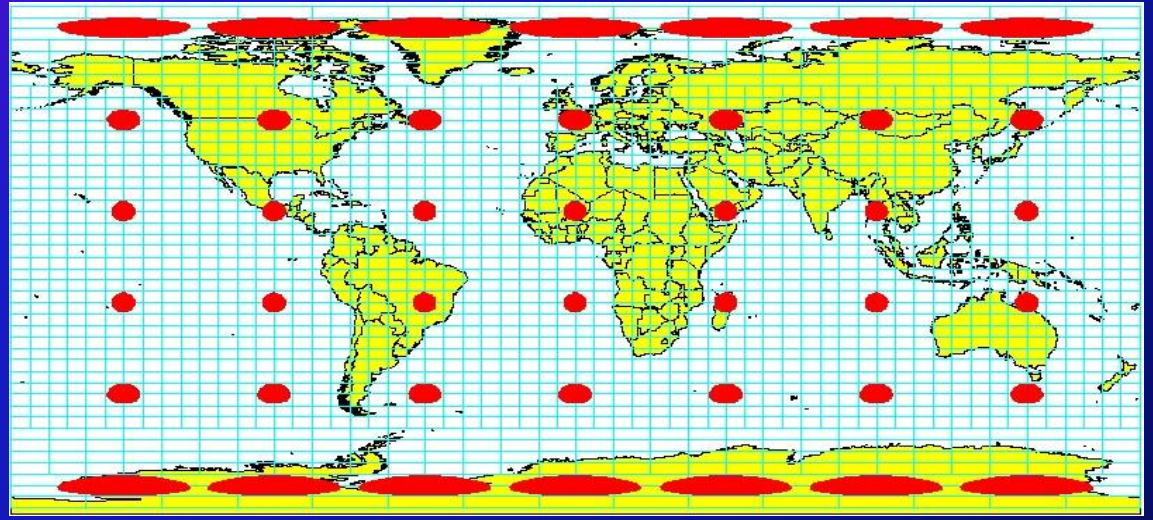
### Равнопромежуточные

масштаб сохраняется вдоль одной или нескольких линий либо сохраняется истинный масштаб между одной или двумя точками и каждой другой точкой на карте.

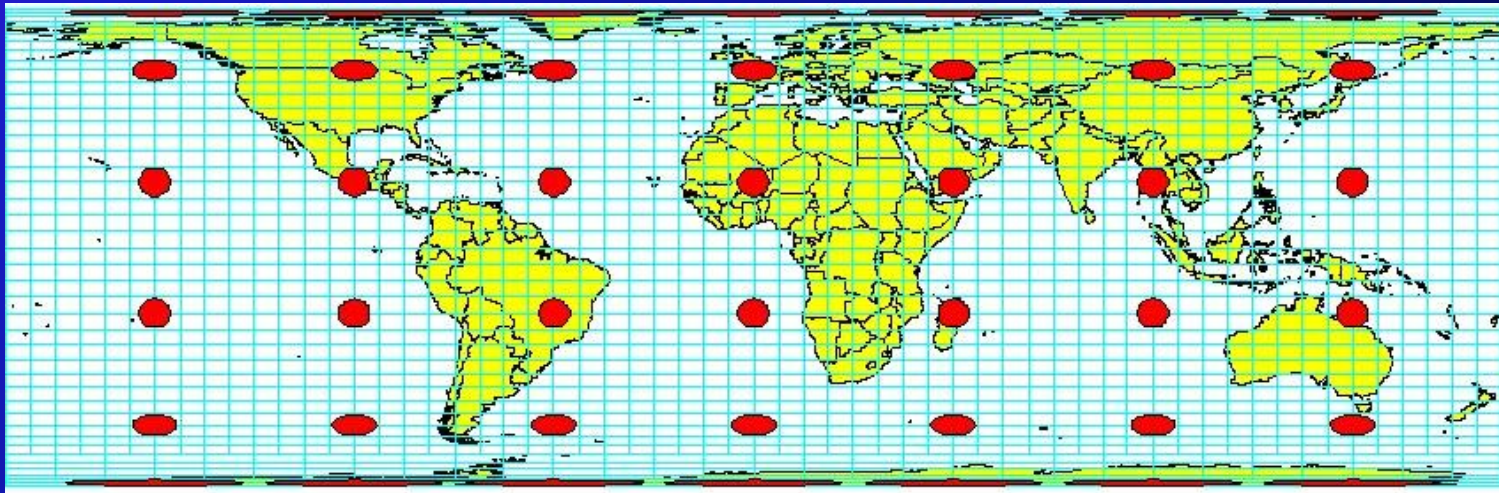
# Искажения



на равноугольной проекции



на равновеликой проекции



на равнопромежуточной проекции

Северный  
Ледовитый  
океан

Северный  
Ледовитый  
океан



Гренландия

Исландия

НА СВОЕМ МЕСТЕ

Северный  
Ледовитый  
океан

Северная часть  
Атлантического  
океана



НА ШИРОТЕ США

Канада

Соединенные  
Штаты Америки

Мексика

Финляндия

Швеция

Норвегия

Россия

Великобритания

Польша

Германия

Украина

Испания

Франция

Италия

Алжир

Ливия

Египет

Мали

Нигер

Чад

Судан

Нигерия

Саудовская  
Аравия

Пакистан

Индия

Таиланд

Венесуэла

Колумбия

Перу

Бразилия

Боливия

Чили

Аргентина

Ангола

Намибия

Ботсвана

Южная  
Африка

Мадагаскар

Индийский  
океан

Австралия

Новая  
Зеландия

Южной  
части  
Тихого  
океана

Южный  
Атлантический  
океан

НА ЭКВАТОРЕ

**НА ШИРОТЕ США  
И РОССИИ**

**НА СВОЕМ МЕСТЕ**



Северный Ледовитый океан

Северный Ледовитый океан

Гренландия

**НА СВОЕМ МЕСТЕ**

Канада

Соединенные Штаты Америки

Мексика

Северный океан

Северная часть Атлантического океана

**НА ЭКВАТОРЕ**

Боливия

Чили

Аргентина

Южный Атлантический океан

Южной части Тихого океана

Южный океан

Финляндия

Швеция

Дания

Польша

Германия

Франция

Испания

Украина

Ирак

Иран

Афганистан

Пакистан

Индия

Тайланд

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Россия

Казахстан

Монголия

Китай

Южная Корея

Япония

Ирак

Иран

Афганистан

Пакистан

Индия

Тайланд

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Южная Африка

Индонезия

Папуа-Новая Гвинея

Австралия

Новая Зеландия

Северный Тихий океан

Индийский океан

**НА МЕСТЕ РОССИИ**

Алжир

ДР Конго

Ливия

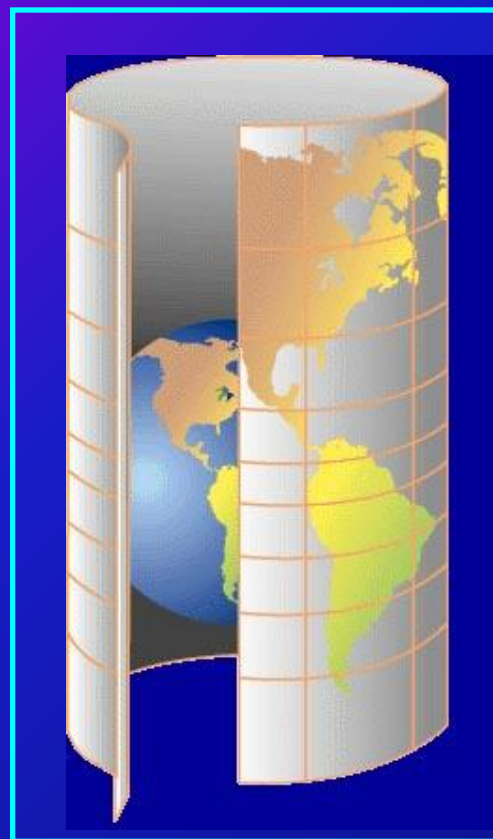
Чад

Судан

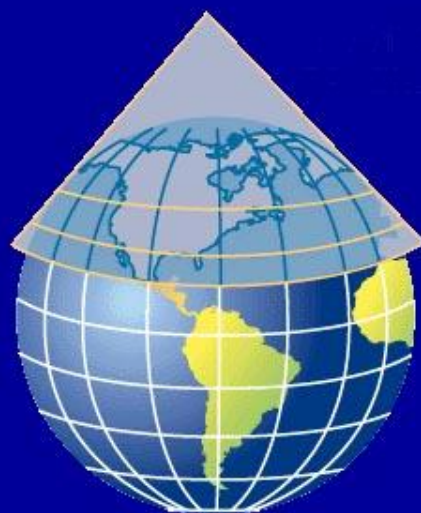
**НА СВОЕМ МЕСТЕ**



# По виду разворачиваемой поверхности различают проекции



Цилиндрические



Конические

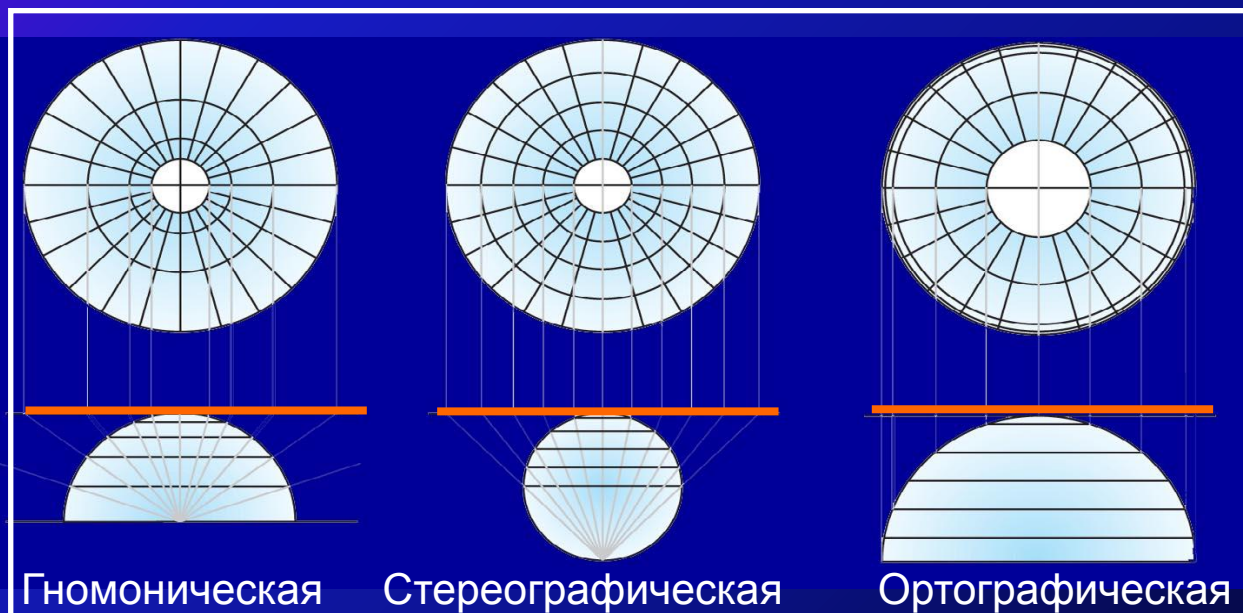


Азимутальные

# Азимутальные проекции



Параметрами азимутальной проекции являются географические координаты центральной точки – широта и долгота

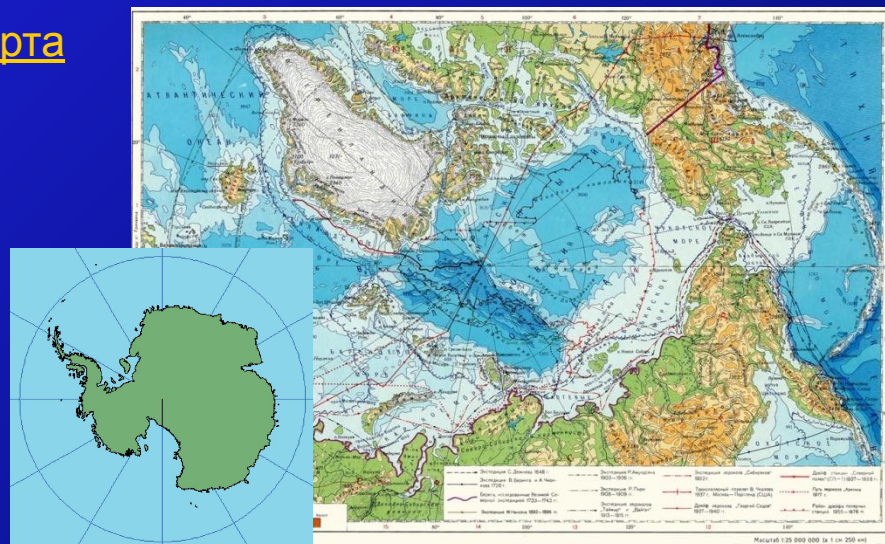
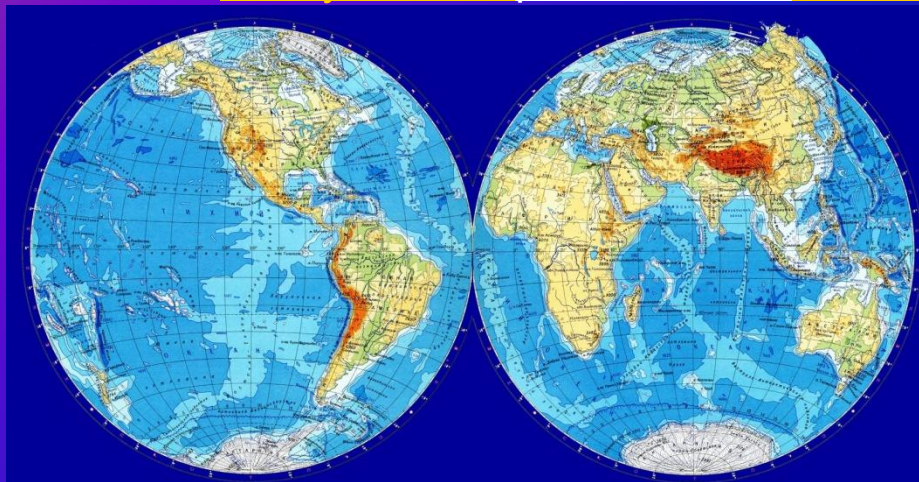


Гномоническая проекция



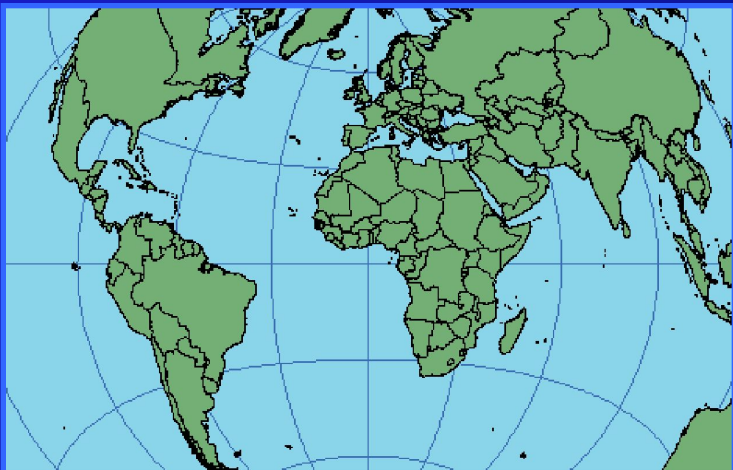
# Азимутальные проекции

## Азимутальная равновеликая Ламберта



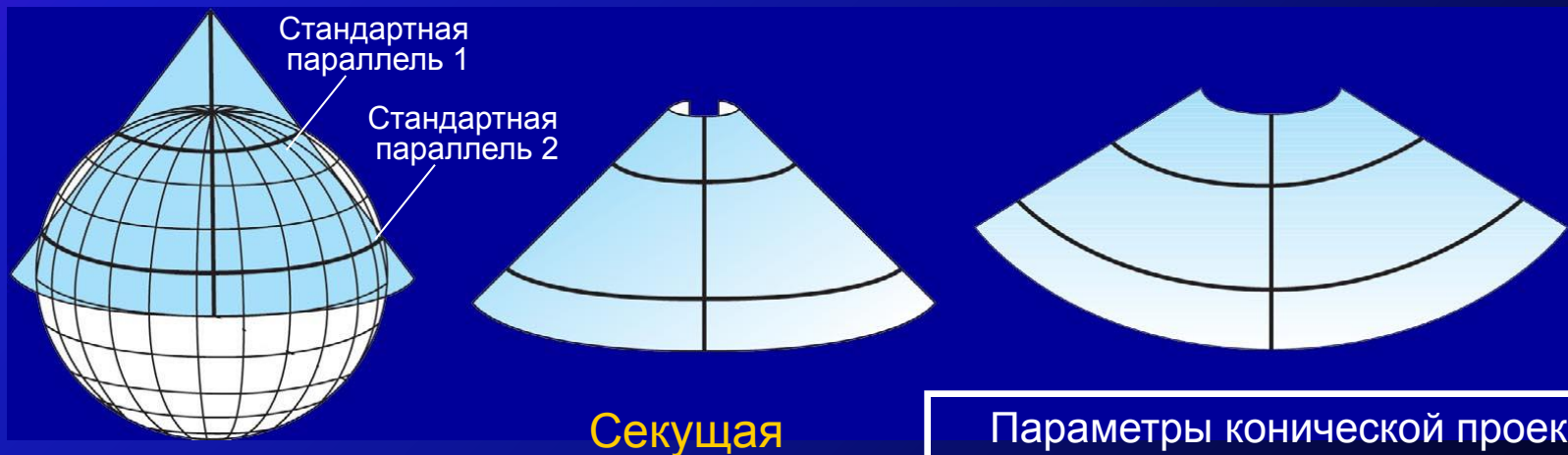
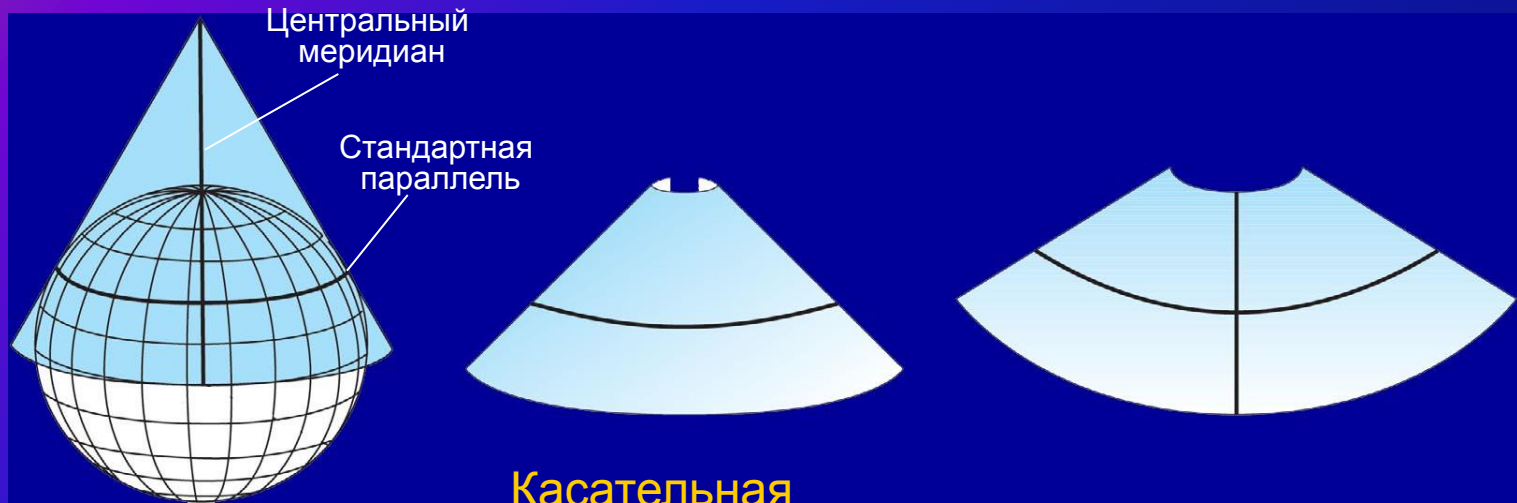
Эта проекция сохраняет площадь отдельных полигонов, одновременно поддерживая истинное направление от центра. Форма минимально искажена, меньше чем на 2 процента, в радиусе 15 градусов от центральной точки. За этими пределами искажение углов более значительно; Эта проекция лучше всего подходит для картографирования отдельных участков суши, имеющих либо круглую, либо квадратную форму.

## Азимутальная равнопромежуточная



Расстояния и направления точны по отношению к центральной точке. Используются в морской и воздушной навигации.

# Конические проекции

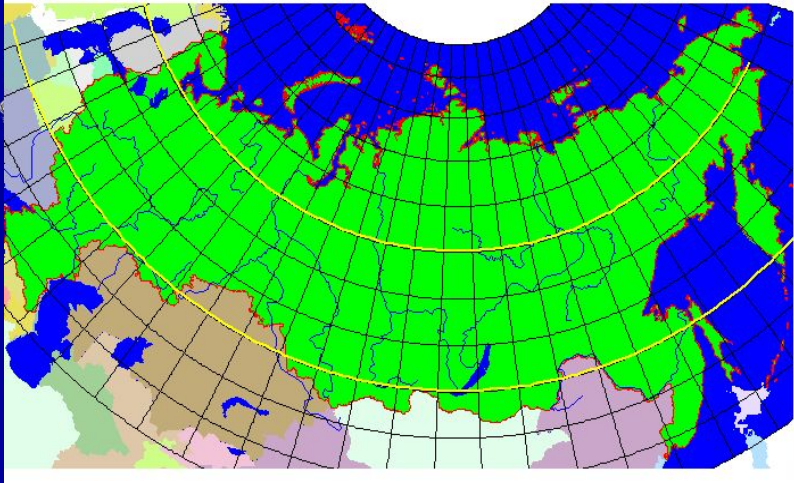


Параметры конической проекции:  
Центральный меридиан  
Стандартная параллель (одна или две)

# Конические проекции

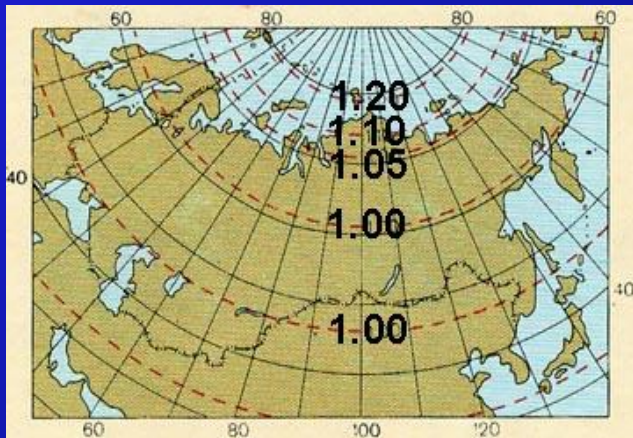
## Коническая равнопромежуточная.

Проекция Альберса (нормальная равновеликая на секущий конус, центральный меридиан 105°)

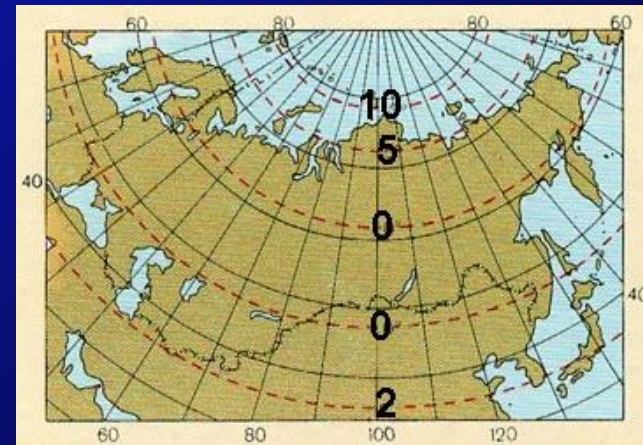


Параметры: стандартная параллель 1 - 47°;  
стандартная параллель 2 - 62°;  
центральный меридиан 100°

Используются для регионального картографирования территорий, расположенных в средних широтах и вытянутых, главным образом, в субширотном направлении. Использовалась в бывшем Советском Союзе для картографирования всей страны. Диапазон широт должен быть ограничен 30 градусами.



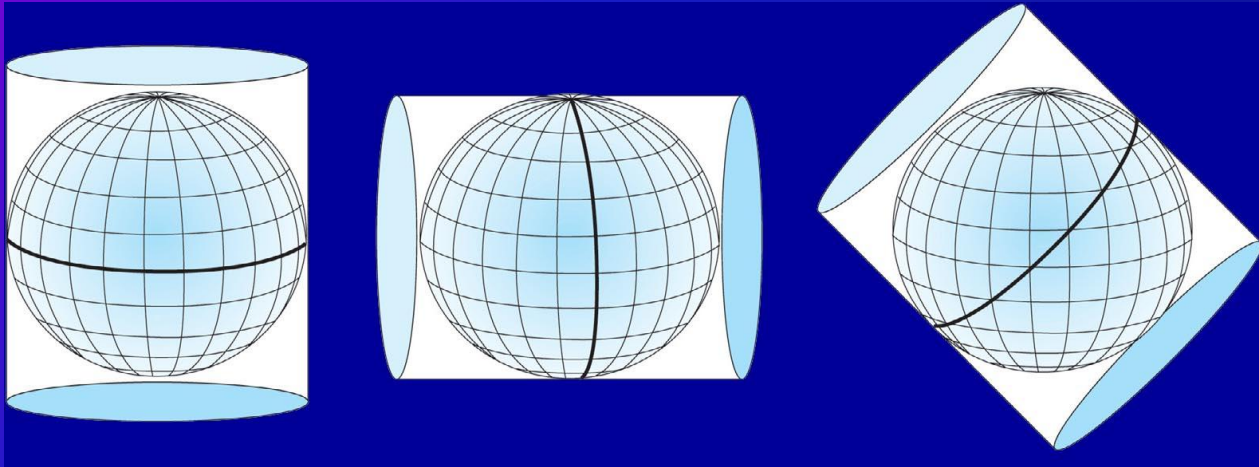
Изоколы масштаба длин и площадей



Изоколы углов

Изоколы – линии равных искажений

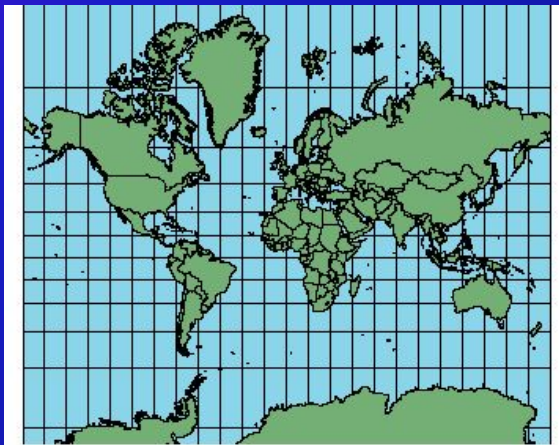
# Цилиндрические проекции



Нормальная

Поперечная

Косая



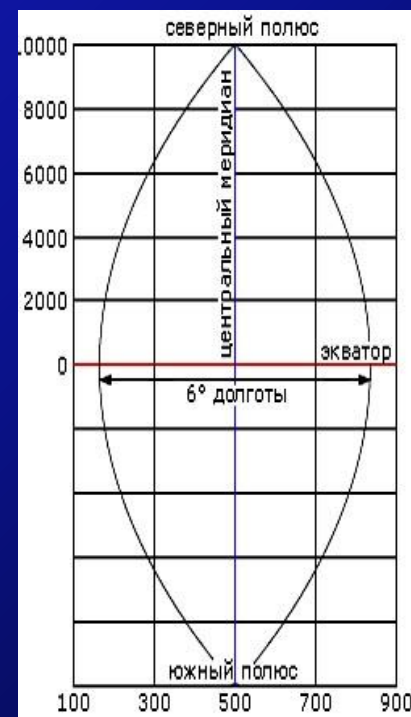
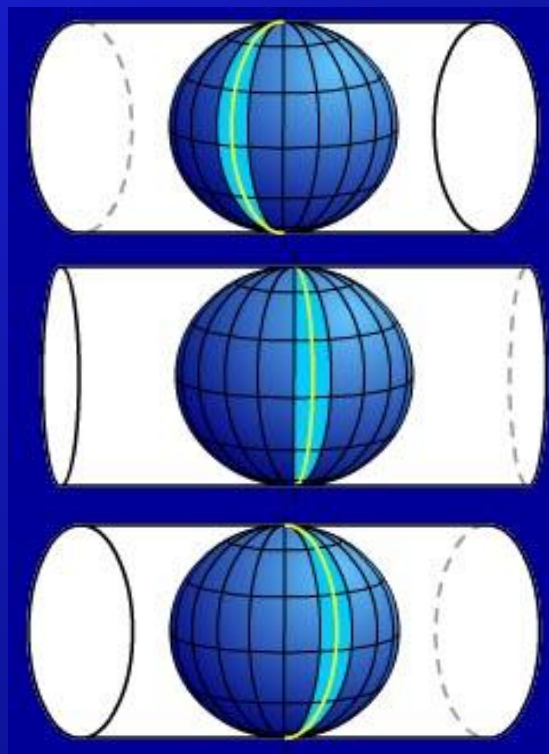
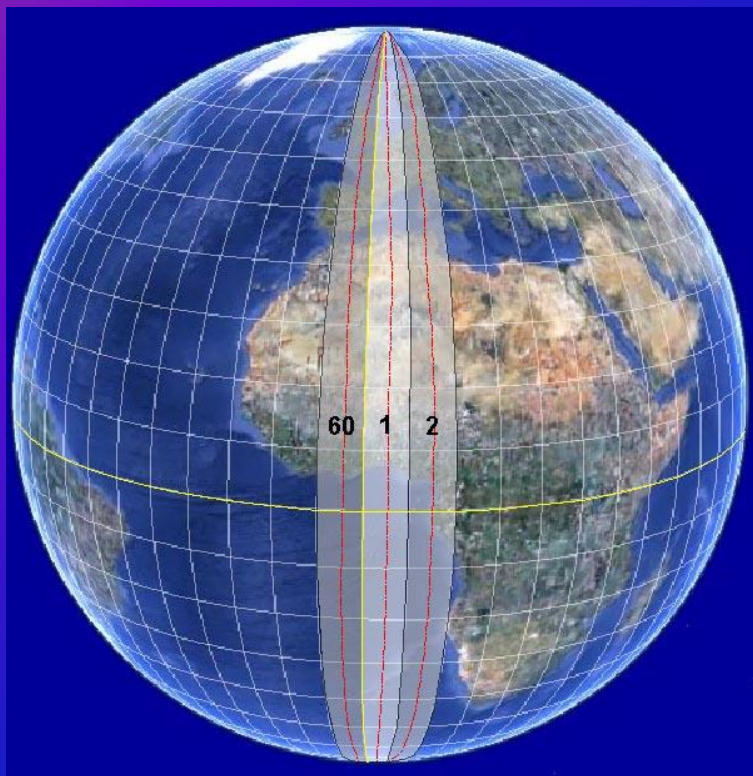
Равноугольная проекция.

Параметр – экватор или 2 параллели, симметричные относительно экватора

Любая прямая линия, начерченная в этой проекции, отображает точный азимут. Эти линии истинного направления носят название линий румба и в общем случае не описывают кратчайшее расстояние между точками.

Используется для создания навигационных карт.

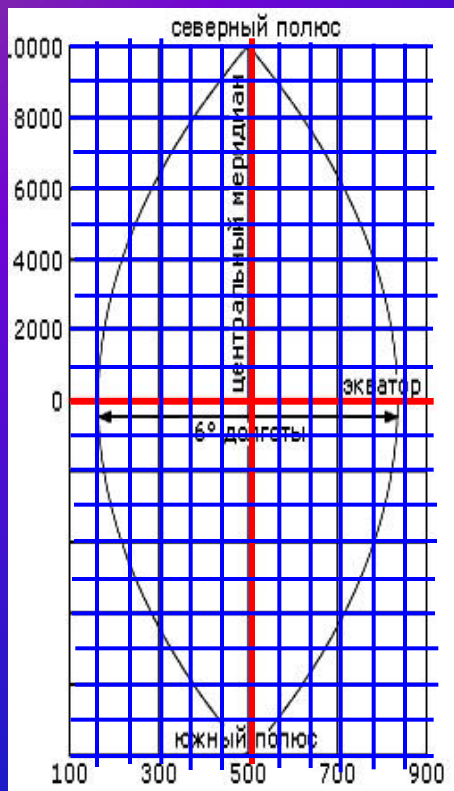
# Поперечно – цилиндрическая проекция Меркатора



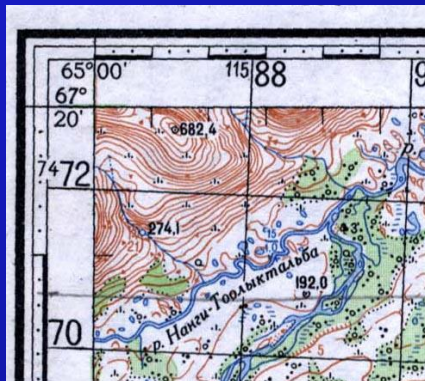
Земной шар разделён на 60 зон шириной  $6^\circ$   
Зоны нумеруются с запада на восток,  
начиная с  $0^\circ$

Проектирование происходит на воображаемый цилиндр,  
который охватывает земной эллипсоид по меридиану,  
называемому центральным (осевым) меридианом **зоны**.

Проекция равноугольная. Локальные углы точны во всех направлениях, малые формы сохраняются, искажение формы больших территорий увеличивается при удалении от центрального меридиана.



Цилиндр разворачивают в плоскость и накладывают прямоугольную километровую сетку с началом координат в точке пересечения экватора и центрального меридиана. Вертикальные линии сетки параллельны центральному меридиану.



Вертикальные линии километровой сетки не ориентированы точно на север (за исключением линии на центральном меридиане), угол расхождения с меридианами может составлять до  $3^\circ$ .

Для того, чтобы все прямоугольные координаты были положительны, вводится восточное смещение (false easting), равное 500 000 м, т. е. координата X на центральном меридиане равна 500 000 м. В южном полушарии в тех же целях вводится северное смещение (false northing) 10 000 000 м для координаты Y



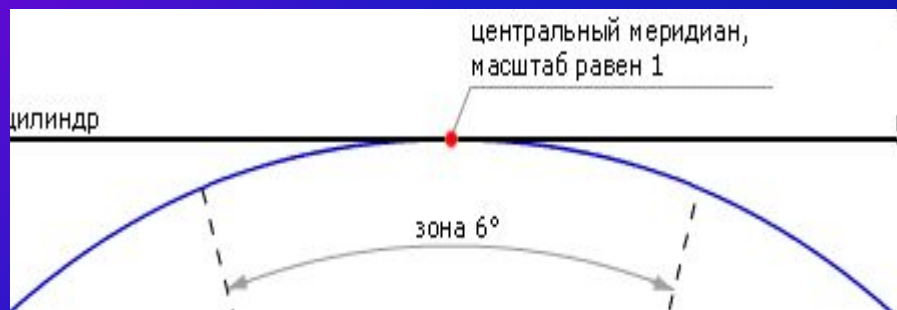
Номер зоны и смещение добавляются к восточной координате карты

# Универсальная поперечная проекция Меркатора (UTM)

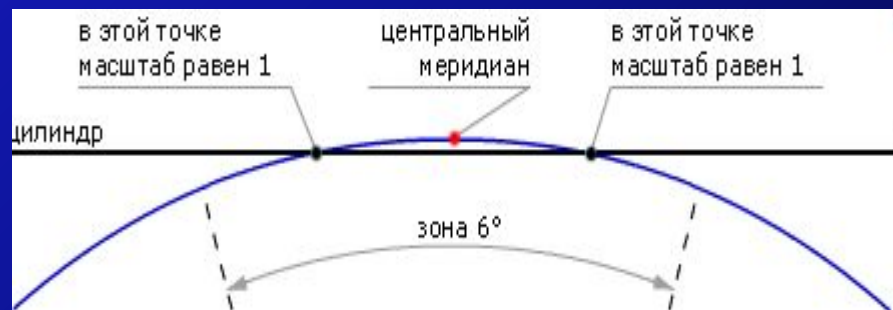
и

## Проекция Гаусса-Крюгера (Gauss\_Kruger).

В проекции Гаусса-Крюгера цилиндр касается эллипсоида по центральному меридиану, масштаб (scale) вдоль него равен 1.



UTM - это проекция на секущий цилиндр и масштаб равен единице вдоль двух секущих линий, отстоящих от центрального меридиана на 180 000 м



### Параметры

UTM

Гаусса-Крюгера

Параметры	UTM	Гаусса-Крюгера
Ширина зоны	6°	6°
Масштаб по центральному меридиану	0.9996	1.0000
Начальный меридиан	180°	180°
False Easting	500 000 м	500 000 м
False Northing (северное полушарие)	0 м	0 м
False Northing (южное полушарие)	10 000 000 м	10 000 000 м
Диапазон применения	80°S - 84°N	

# Разграфка и номенклатура топографических карт

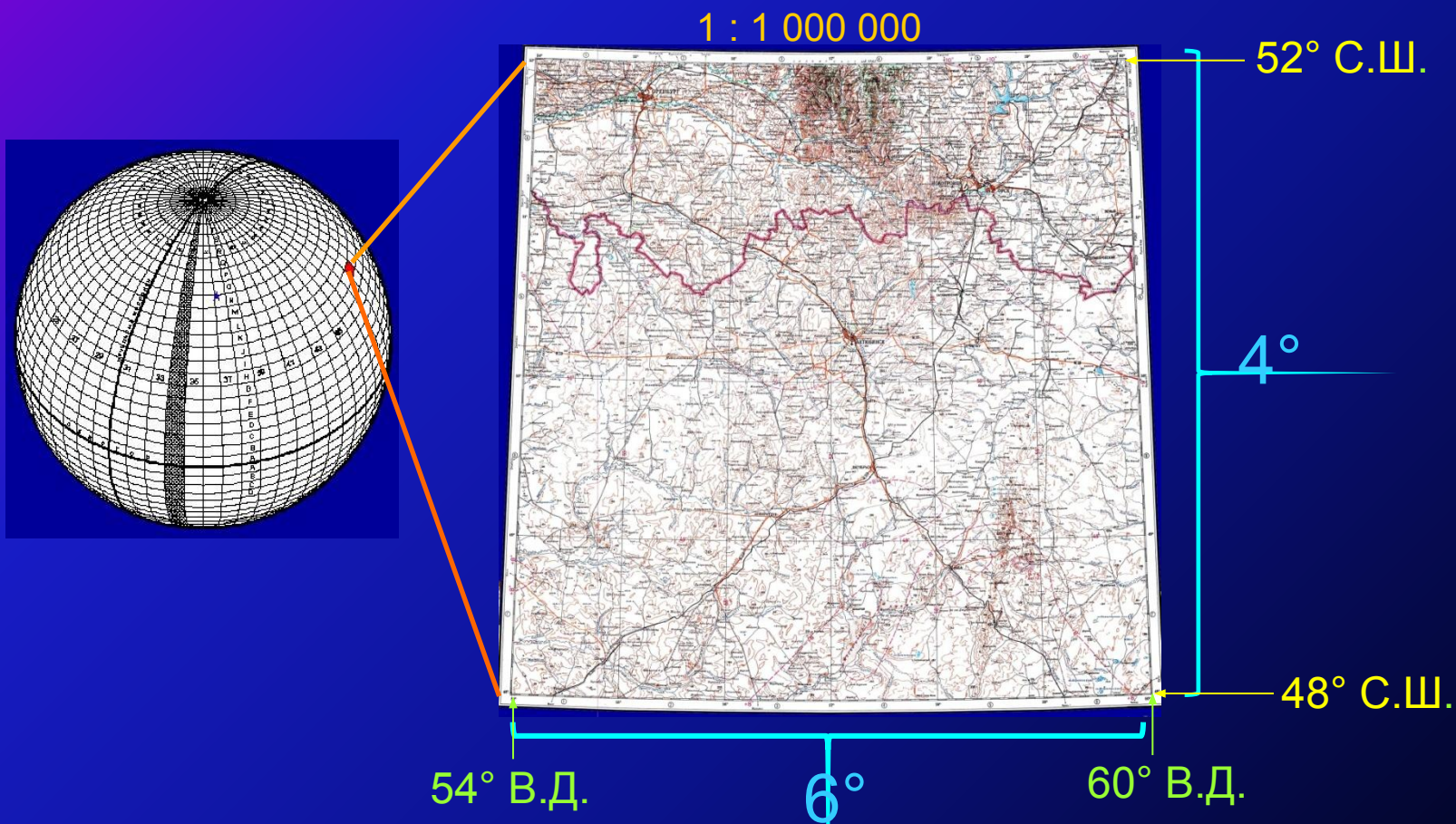




**Разграфка** – разделение (“нарезка”) топокарт на листы.

**Номенклатура** – система обозначений отдельных листов топокарт.

В основу разграфки топографических карт России положен лист масштаба 1 : 1 000 000



Лист масштаба 1 : 1 000 000 занимает площадь

**6** градусов вдоль параллели и **4** градуса вдоль меридиана

Т.е. Охватывает область **6°** долготы и **4°** широты

Вся поверхность Земли делится параллелями на ряды (через  $4^\circ$ ), а меридианами—на колонны (через  $6^\circ$ );

Стороны образовавшихся трапеций служат границами листов карты масштаба 1 : 1000 000.

Ряды обозначаются заглавными латинскими буквами от *A* до *V*, начиная от экватора к обоим полюсам,

а колонны — арабскими цифрами, начиная от меридиана  $180^\circ$  с запада на восток.

Номенклатура листа карты состоит из буквы ряда и номера колонны. Например, лист с г. Москва обозначается *N - 37*

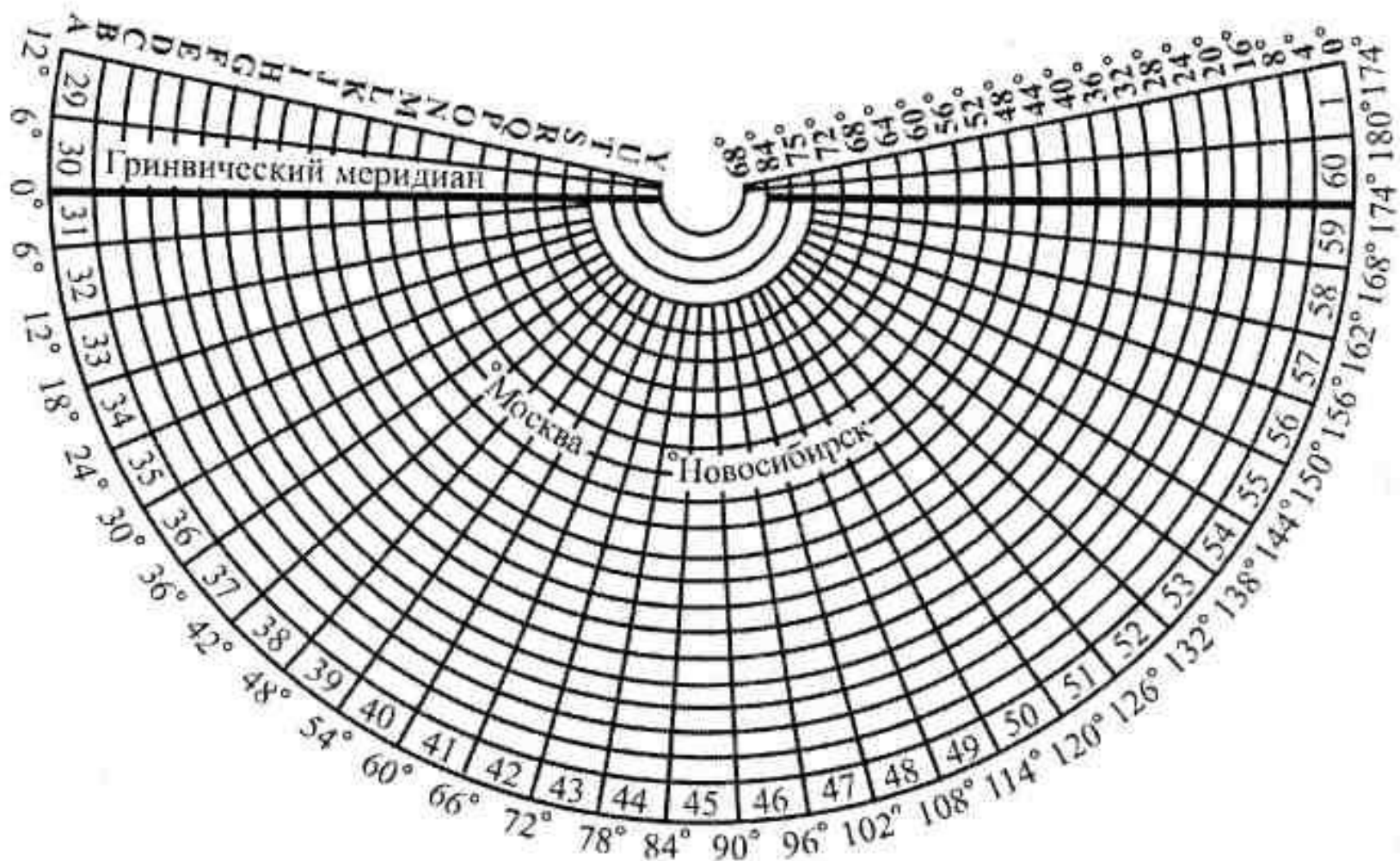
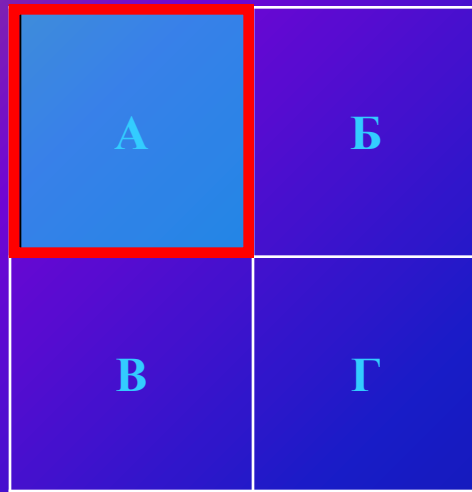


Рис. 2.3. Схема разграфки и номенклатуры листов карт масштаба 1 : 1 000 000

# Номенклатура топографических карт России

N - 40 - A



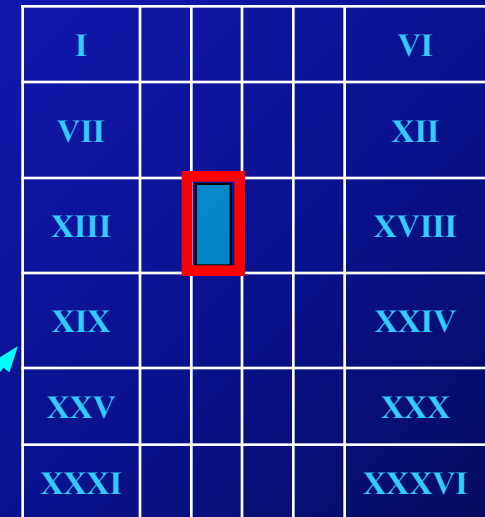
1 : 500 000

N - 40



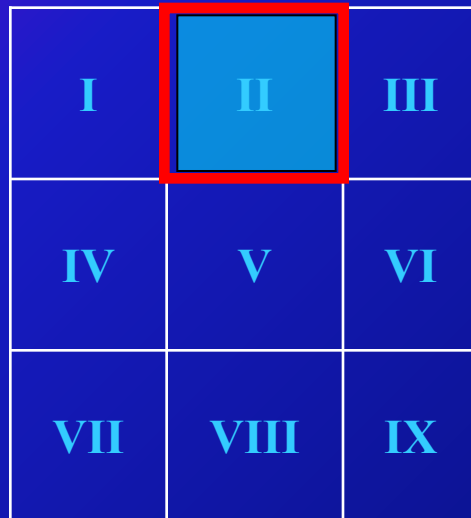
1 : 1 000 000

N - 40 - XV



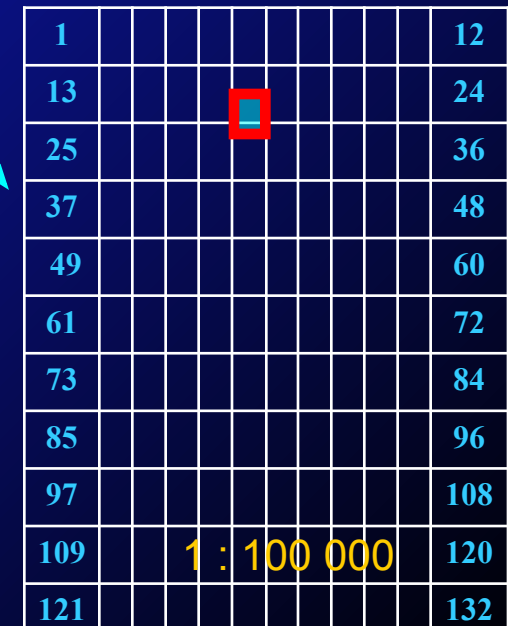
1 : 200 000

II - N - 40



1 : 300 000

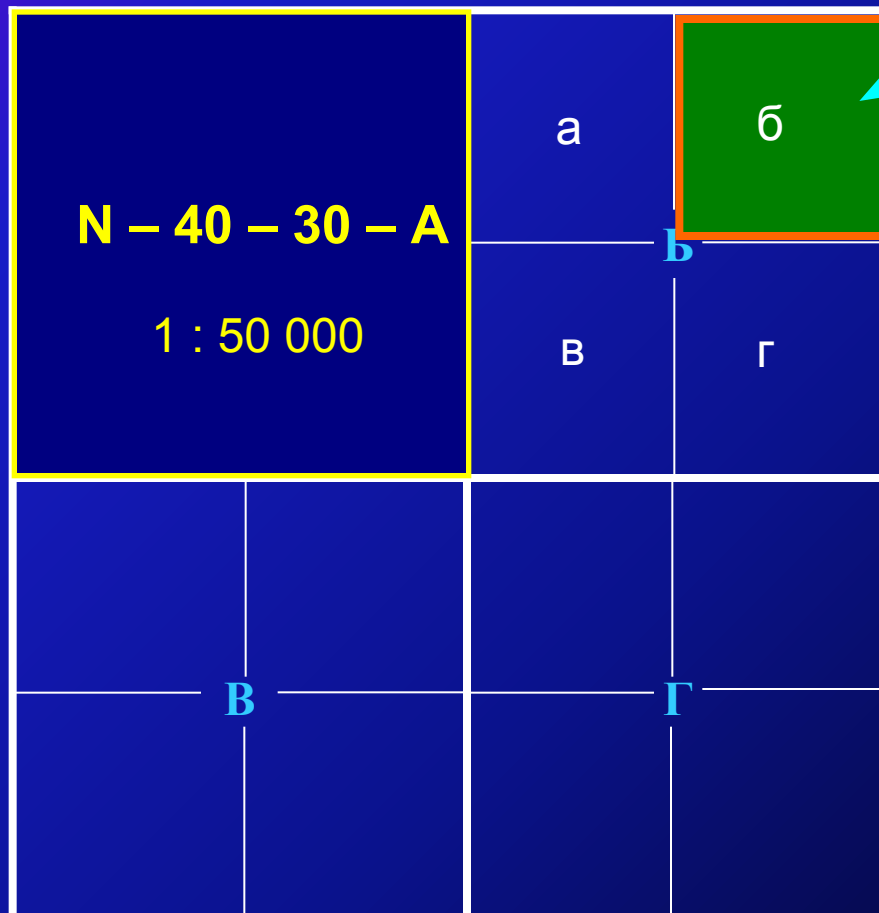
N - 40 - 30



1 : 100 000

**N – 40 - 30**

1 : 100 000



**N – 40 – 30-Б-б**

1 : 25 000

# Номенклатура UTM

