

Картографические проекции

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

При переходе от физической поверхности Земли к ее отображению на плоскости (карте) выполняют две операции:

- 1) проектирование физической поверхности отвесными линиями на поверхность эллипсоида
- 2) изображение поверхности эллипсоида на плоскости посредством картографической проекции



Координаты точек пространственных объектов используют для указания местоположения объектов на земной поверхности. Поверхность Земли имеет сложную форму.

При составлении карт пространственное положение точек отображается в плоском (двухмерном) представлении.

Картографической проекцией называется математически определенный способ отображения поверхности земного эллипсоида на плоскости.

Картографические проекции классифицируют по различным признакам, например в зависимости от характера и размера искажений.

Проекция устанавливает функциональную зависимость между географическими координатами точек поверхности земного эллипсоида (широтой B и долготой L) и прямоугольными координатами X и Y этих точек на плоскости (карте), т.е.

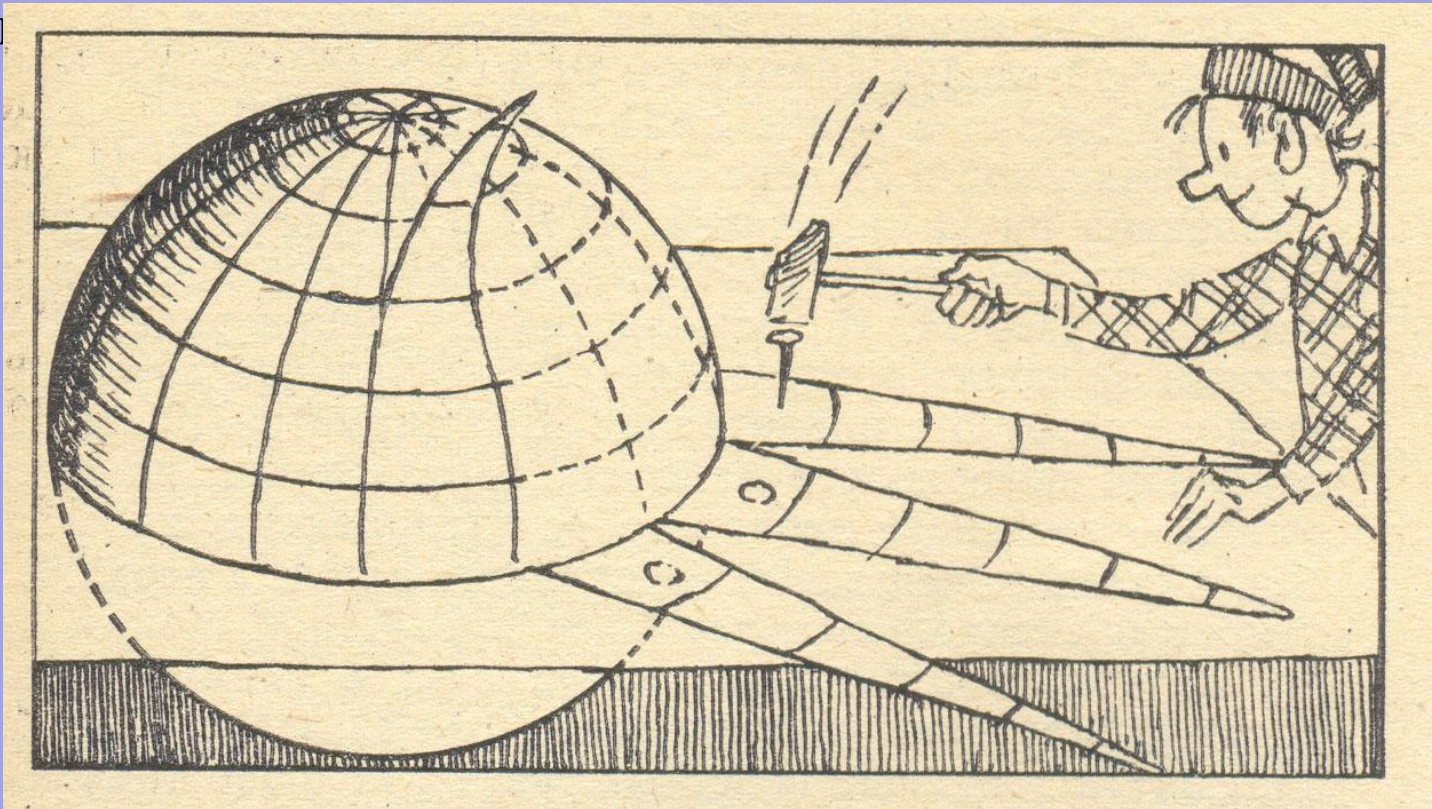
$$X=f_1(B,L) \text{ и } Y=f_2(B,L)$$

Придавая функциям f_1 и f_2 конкретное выражение, получаем определенную картографическую проекцию, в которой можно вычислить прямоугольные координаты X и Y всех точек пересечения меридианов и параллелей, а по ним построить координатную сетку.

Одновременно можно вычислить и прямоугольные координаты пунктов плановой основы, а по ним нанести сами опорные пункты. Компьютерные технологии позволяют рассчитывать проекции с заданными свойствами.

ИСКАЖЕНИЯ НА КАРТАХ

- Наличие искажений в картографических проекциях, применяемых для географических карт, неизбежно, так как земная поверхность, имеющая форму геоида, не может быть развернута в плоскость без деформаций: в одних местах возникают разрывы, для устранения которых необходимо равномерное растяжение, в других – перекрытия, требующие ра



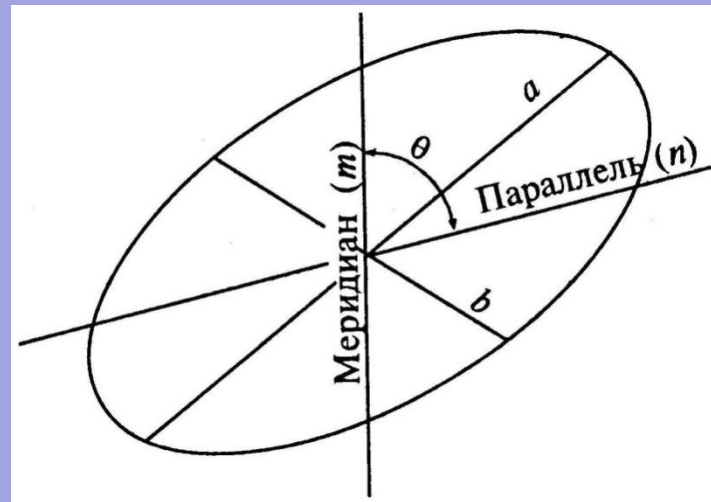
ИСКАЖЕНИЯ НА КАРТАХ

- Отсюда следует, что на всех географических картах всегда имеются **линейные искажения**, и масштаб является величиной переменной, меняющейся с изменением места и направления
- Наличие искажений длин линий ведет к **искажению длин, углов, площадей и форм**
- Искажения возрастают с увеличением размеров картографируемой территории и по мере удаления от **точек и линий нулевых искажений**
- Искажения на картах могут быть определены посредством: измерений по карте с последующими вычислениями; макетов карт с изоколами, номограмм и таблиц.

ЭЛЛИПС ИСКАЖЕНИЙ

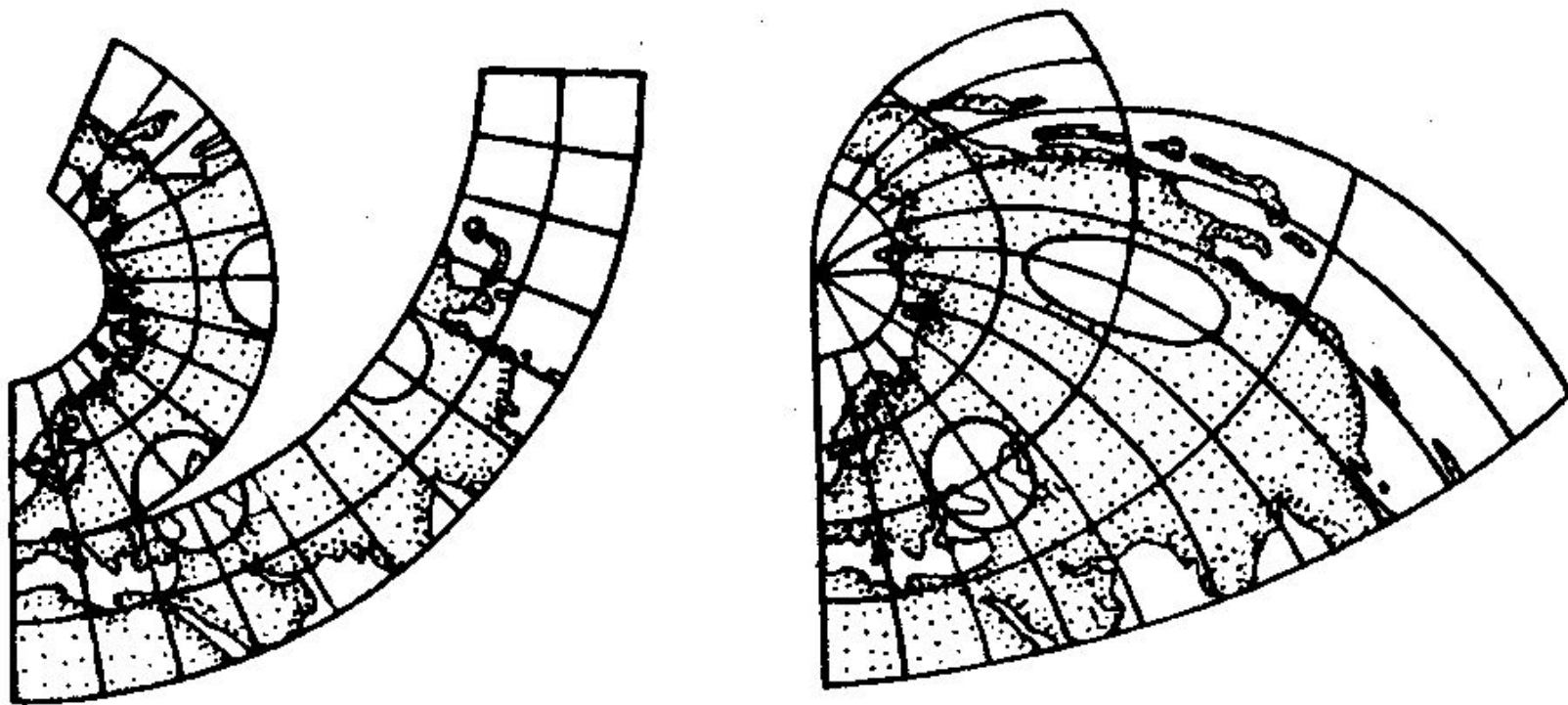
Если взять на эллипсоиде кружок бесконечно малого радиуса, то на карте в общем случае он изобразится бесконечно малым эллипсом, называемым **эллипсом искажений**

Его размеры и форма характеризуют все виды искажений на карте – **длин, площадей, углов и форм**



- Осям эллипса на карте соответствуют два главных взаимно перпендикулярных диаметра, называемых **главными направлениями**, где наибольший масштаб ***a*** совпадает с направлением большой оси, а наименьший ***b*** – с направлением малой оси
- При совпадении главных направлений с меридианами и параллелями
 $a=m, b=n$ или $a=n, b=m$
- В тех точках, где меридианы и параллели пересекаются под углами, отличными от 90° , они главными направлениями являться не будут

ЭЛЛИПС ИСКАЖЕНИЙ



Две окружности, лежащие на одной параллели,
и переход их в эллипсы на плоскости

ИСКАЖЕНИЕ ДЛИН ЛИНИЙ

- **Искажение длин линий (расстояний)** связано с изменениями масштаба длин на одной и той же карте и выражается в том, что расстояния одинаковые на эллипсоиде, изображены на карте отрезками разной длины
- Искажением длин называется **разность между частным масштабом и главным**, который для данной карты принимается за единицу.

При этом величину искажения можно выразить в процентах. Например, пусть $M = 1,45$, тогда $M-1 = 0,45 \times 100 \% = 45 \%$.

- Таким образом, **отношение частного масштаба к главному характеризует искажение длин в данной точке**

ИСКАЖЕНИЕ УГЛОВ

- **Заключается в том, что, углы между направлениями на карте не равны соответствующим углам на эллипсоиде.** Величина искажения угла в данной точке карты зависит от направления сторон угла. В качестве показателя искажения углов на карте принято наибольшее искажение ω (омега)
- В любой точке карты всегда имеется угол, изображающийся без искажения и равный 90° , который соответствует главным направлениям (осям) эллипса искажений
- Для характеристики **искажения углов** на карте между меридианами и параллелями, которые на поверхности эллипсоида встречаются под прямым углом, используют его **отклонения от 90°** и обозначают греческой буквой ε (эпсилон), т.е. $\varepsilon = \theta - 90^\circ$, где θ (тэта) – угол между касательными к меридиану и параллели в данной точке. При известных показателях a и b величину ω определяют по формуле:

$$\text{Sin} \frac{\omega}{2} = \frac{a - b}{a + b}$$

ИСКАЖЕНИЕ ФОРМ

Искажение углов и длин линий на карте вызывает искажение форм, представляющее отношение большой полуоси эллипсоида к малой, или, что одно и то же, **отношение наибольшего масштаба к наименьшему**, т.е.

$$K = \frac{a}{b}$$

ИСКАЖЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ

- **Масштаб площадей** в разных местах карты различен, что связано с искажением длин линий
- **Частный масштаб площадей P** определяется по формуле:

$$P = m \cdot n \cdot \cos \varepsilon.$$

Его часто, как и искажение длин, выражают в относительных величинах.

Например, если $P = 1,72$, то относительное искажение площадей будет

$$P - 1 = (1,72 - 1) \times 100 \% = 72 \%$$

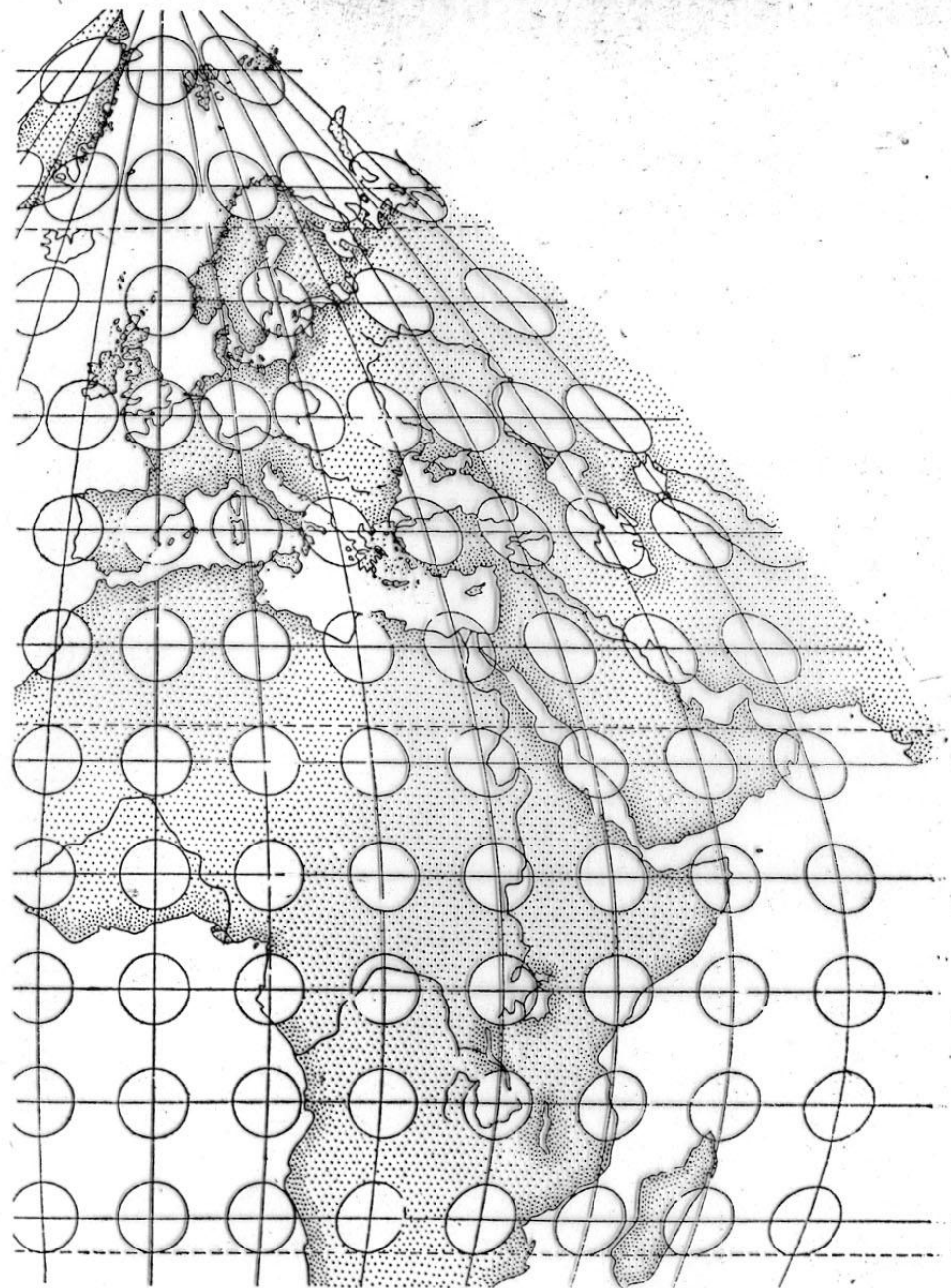
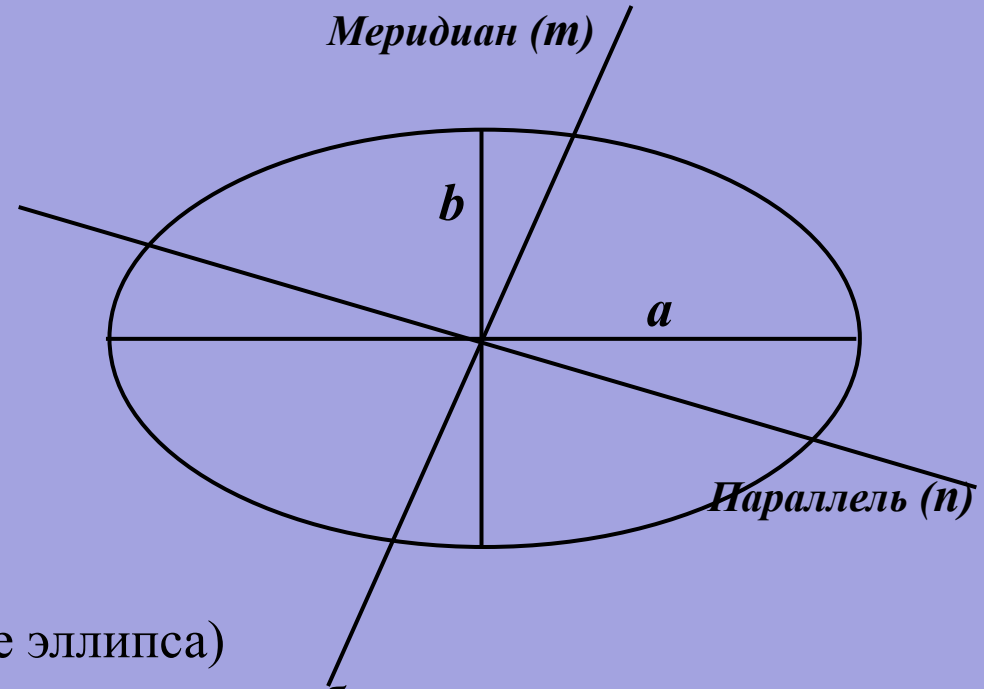


Рис. 51. Эллипсы искажений на части одной из мировых карт.

ЭЛЛИПС ИСКАЖЕНИЙ

Виды искажений в проекциях:

- Искажения длин (a и b)
- Искажения площадей ($p = m n \sin\theta$)
- Искажения углов и форм (ω)



Эллипс искажений

или индикатриса Тиссо –
характеризует искажения

масштабов в данной точке (в центре эллипса)

a – направление наибольшего растяжения масштаба

b – направление наибольшего сжатия масштаба

m – масштаб по меридиану

n – масштаб по параллели

Искажения определяют:

- аналитически
- по номограммам
- по картам с изоколами –
изолиниями искажений

КЛАССИФИКАЦИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

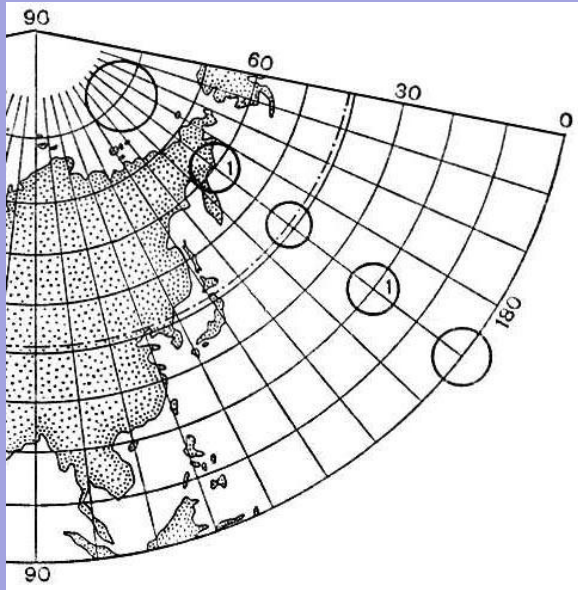
- по характеру искажений
- по виду нормальной картографической сетки (параллелей и меридианов)
- по виду вспомогательной поверхности
- по ориентировке вспомогательной поверхности относительно полярной оси и т.д.

Классификация проекций по характеру искажений

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

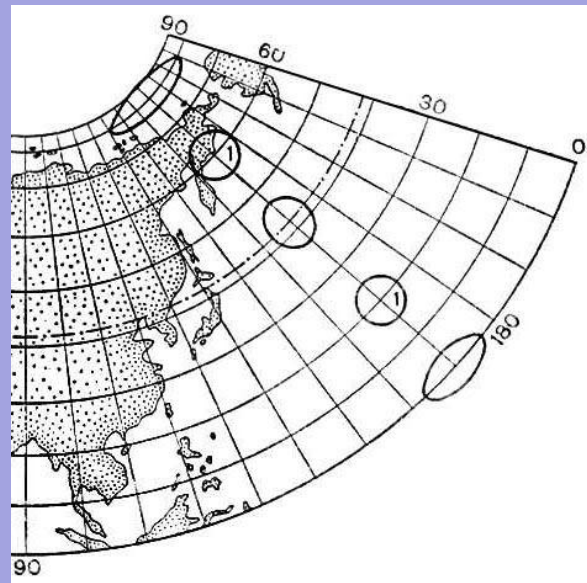
Для показа искажений используется индикатриса Тиссо (**Tissot's Indicatrix**), которая представляет собой проекцию небольшого круга, нарисованного на поверхности земного шара. На искаженной карте круг станет эллипсом, расплюснутым или растянутым проекцией. Размер и форма индикатрисы изменяются от одной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

По типу искажений выделяются проекции:



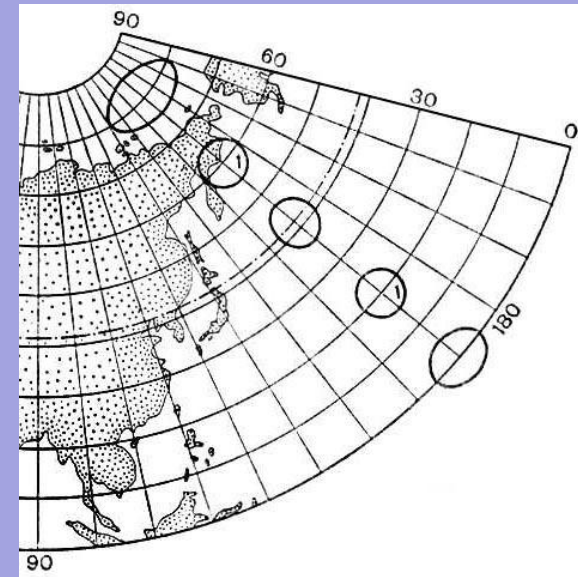
1. Равноугольные

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



2. Равновеликие

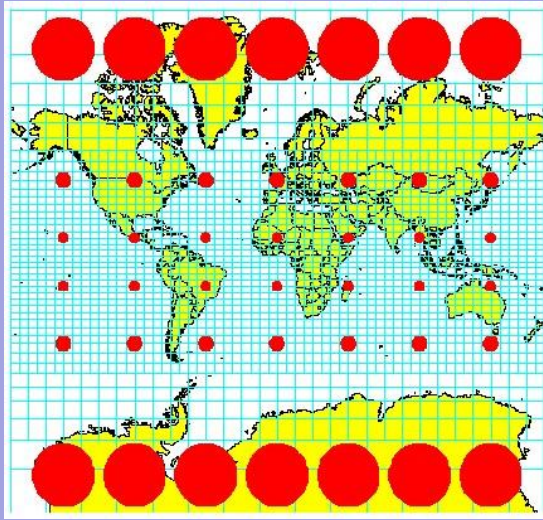
(равноплощадные) сохраняются площади изображаемых объектов, углы и форма искажены.



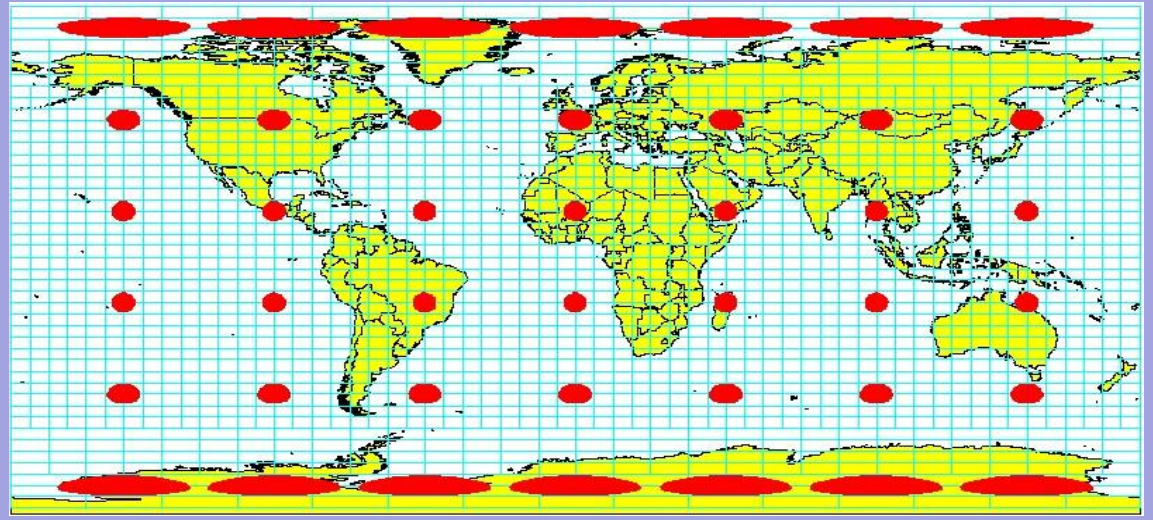
3. Равнопромежуточные

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

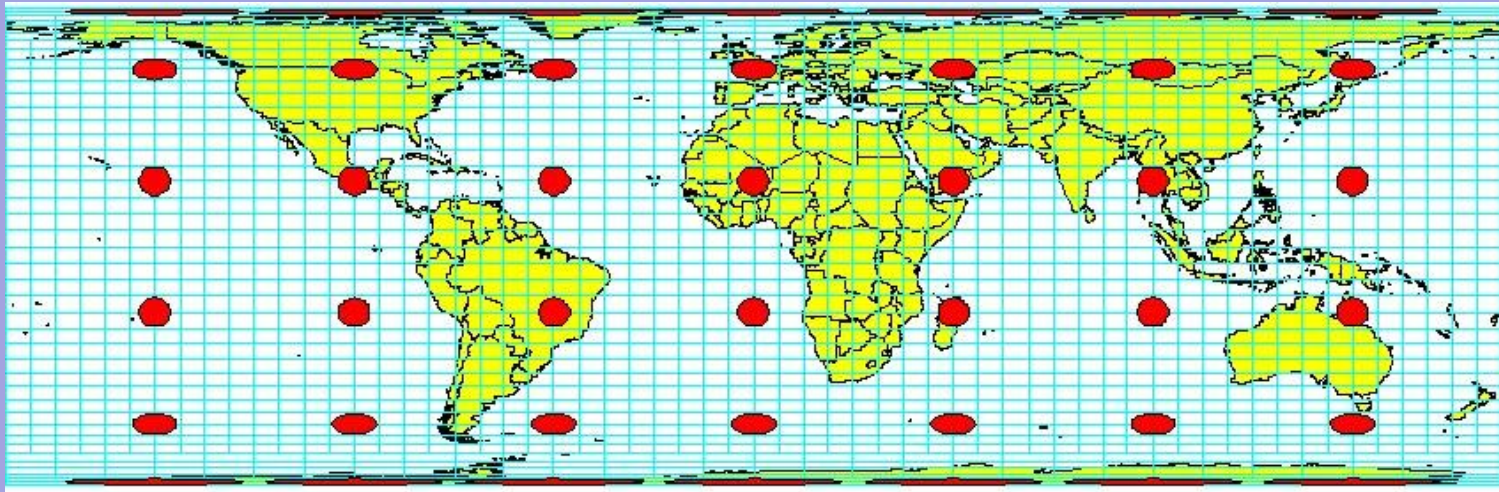
Искажения



на равноугольной проекции

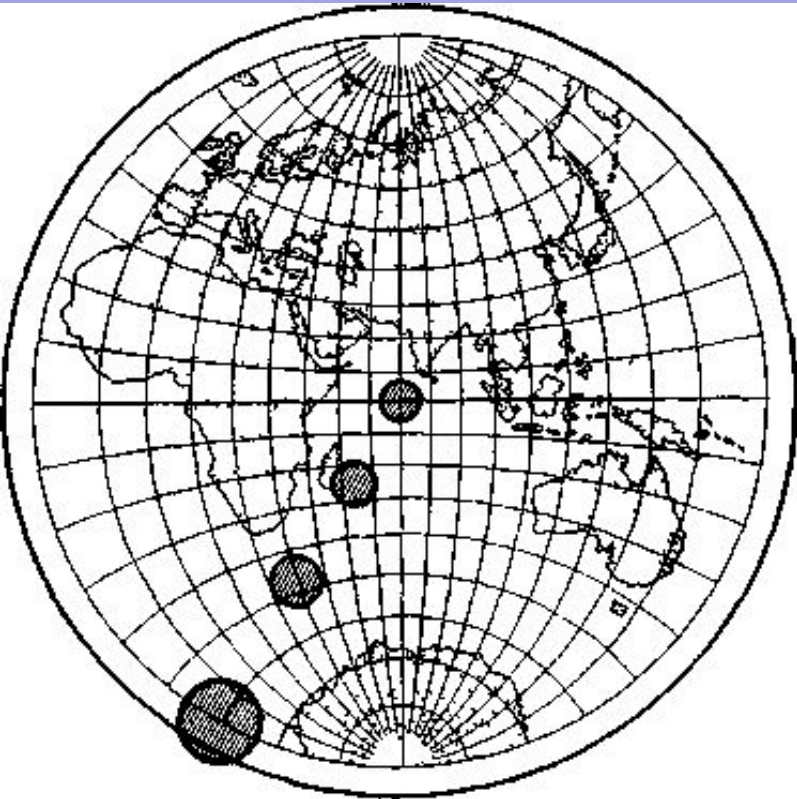


на равновеликой проекции



на равнопромежуточной проекции

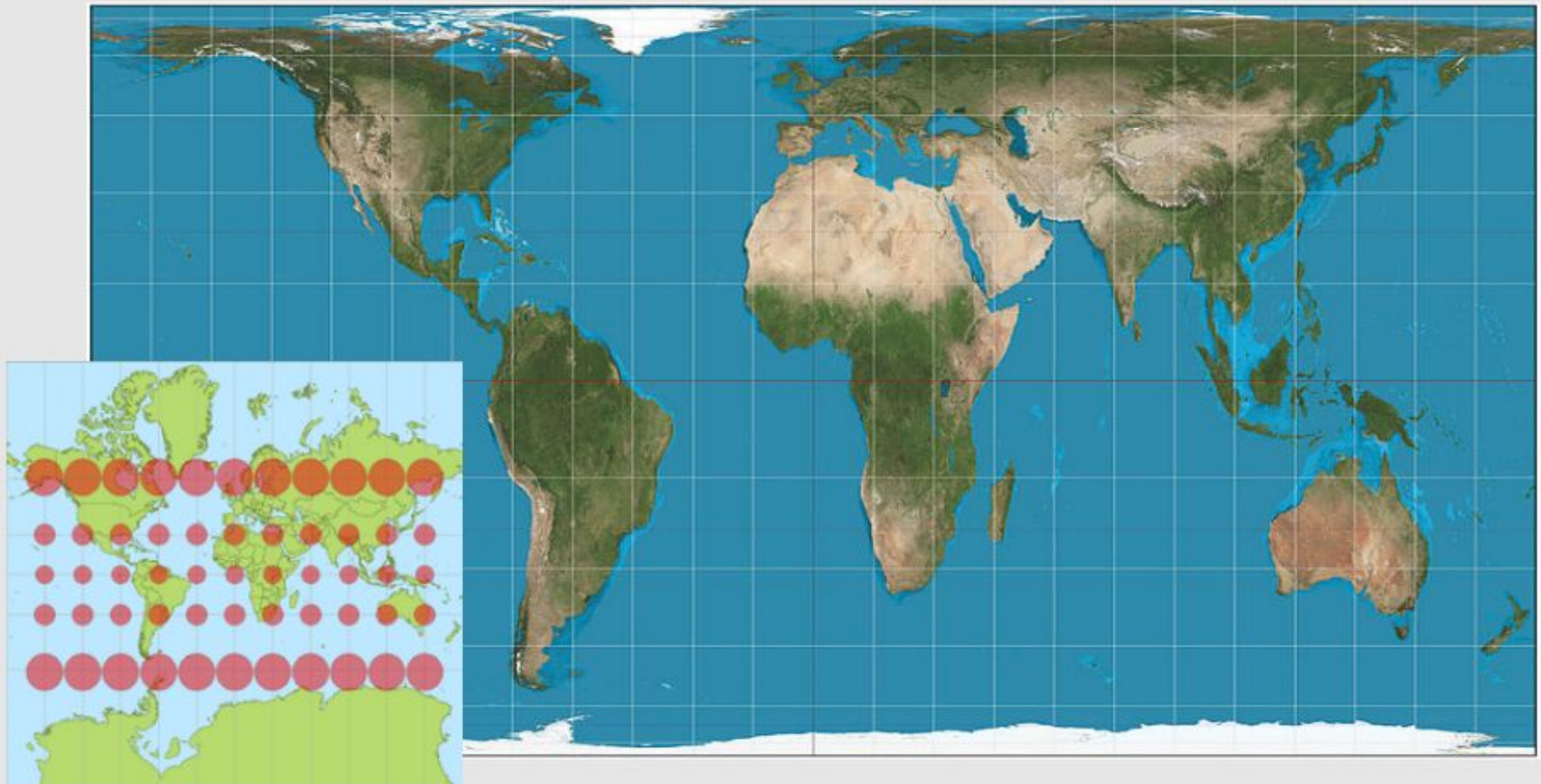
1. Равноугольные проекции



Равноугольные (конформные) проекции (conformal projection) сохраняют без искажений углы и формы малых объектов, но в них резко деформируются длины и площади объектов. Эллипсы искажений в них изображаются окружностями разного радиуса. Равноугольные проекции широко используются на навигационных картах, так как они удобны для определения направлений и прокладки маршрутов по заданному направлению;

Равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора

Одна из основных картографических проекций. Все **локсодромы** в ней изображаются прямыми линиями. *Сохраняет углы, не может отображать полюса.*



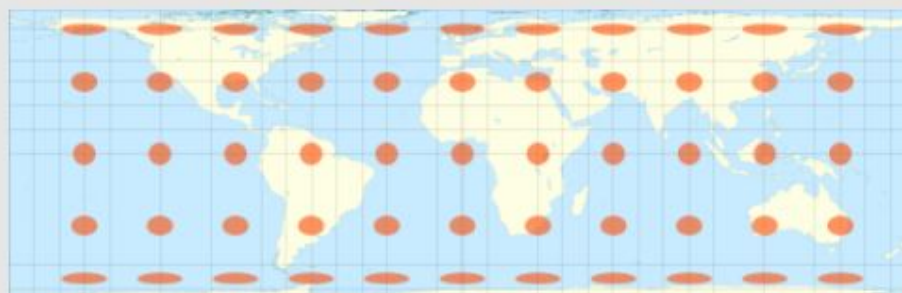
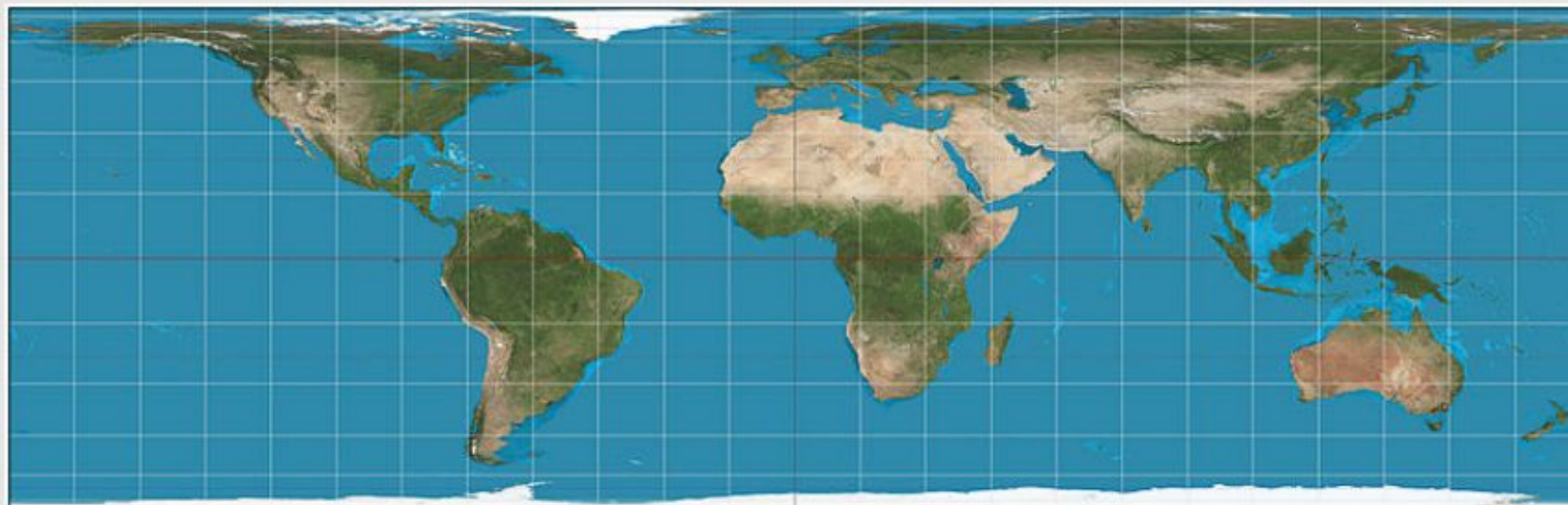
Автор - Герард Меркатор (1569)
(http://ru.wikipedia.org/wiki/Проекция_Меркатора)

2. Равновеликие проекции



Равновеликие проекции (equivalente projection) не искажают площадей, но в них искажены углы и формы объектов. Применим для определения площадей и землепользования.

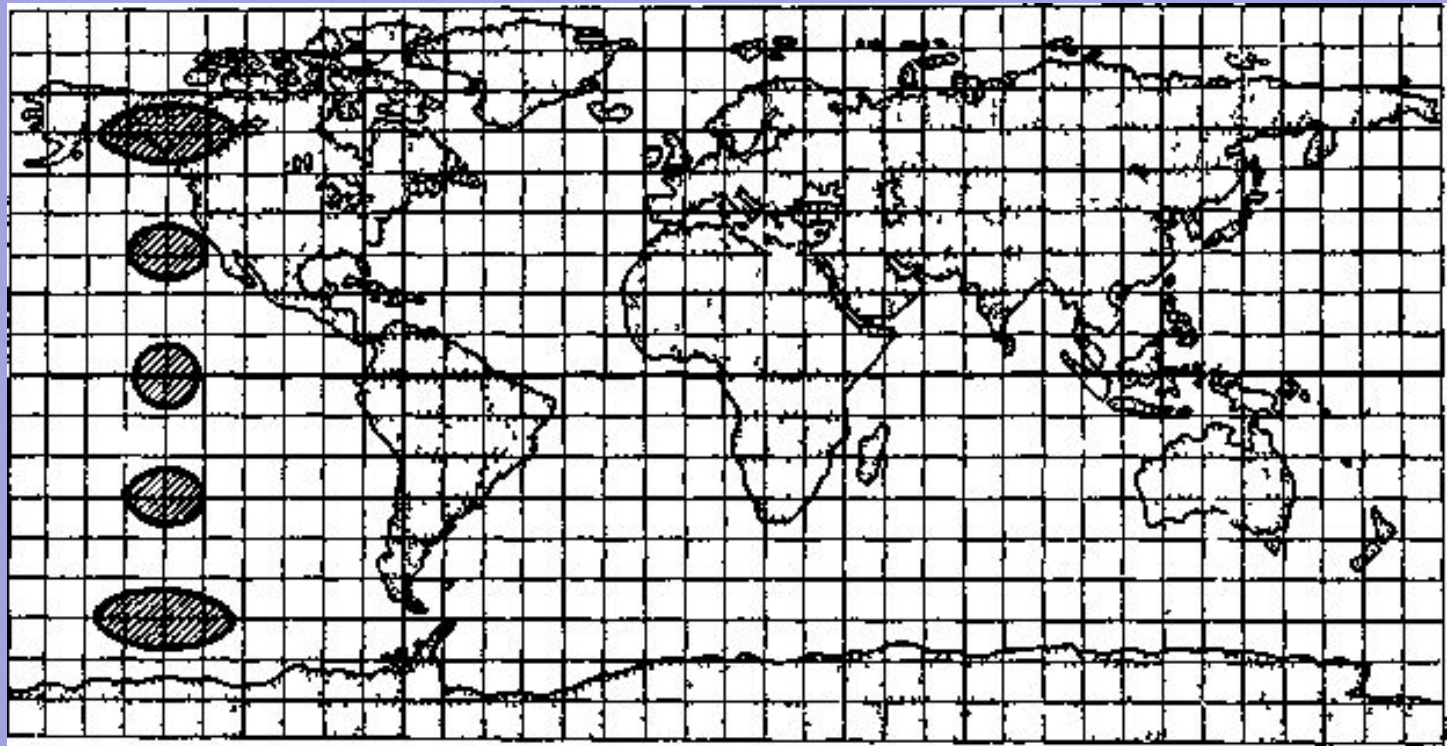
Равновеликая цилиндрическая проекция Ламберта (Цилиндрическая проекция Ламберта)



Автор - Иоганн Ламберт (1772)

(http://ru.wikipedia.org/wiki/Равновеликая_цилиндрическая_проекция_Ламберта)

3. Равнопромежуточная проекция

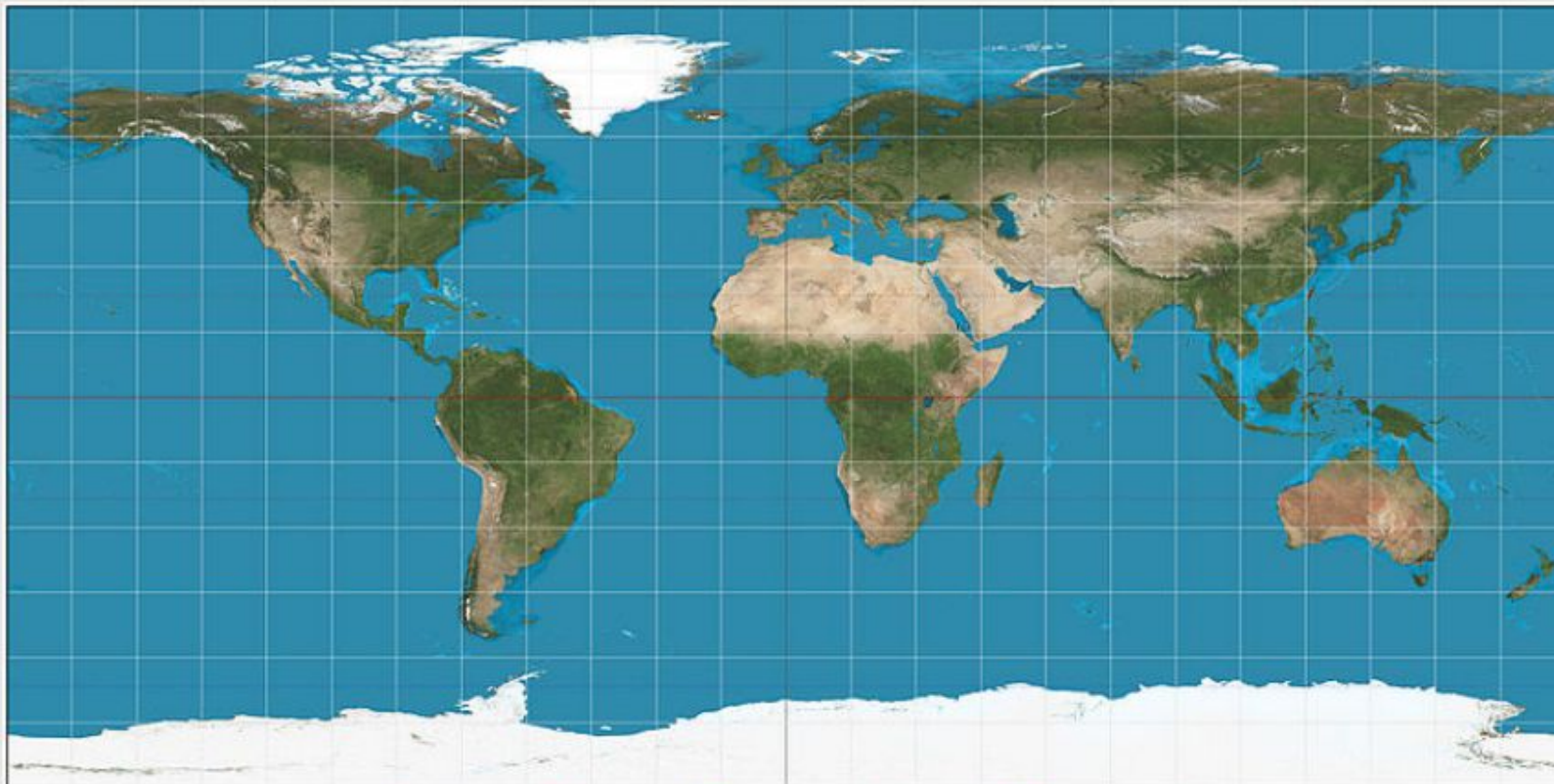


Нормальная равнопромежуточная цилиндрическая проекция

Равнопромежуточные (эквидистантные), в которых в равной степени искажаются и углы и площади. Масштаб длин по одному из главных направлений (меридианам или параллелям) остается постоянным, т.е. сохраняется длина одной из осей эллипса

Равнопромежуточная проекция

Картографическая проекция, обладающая свойством сохранения масштаба вдоль определенных линий. *Простая геометрия.*



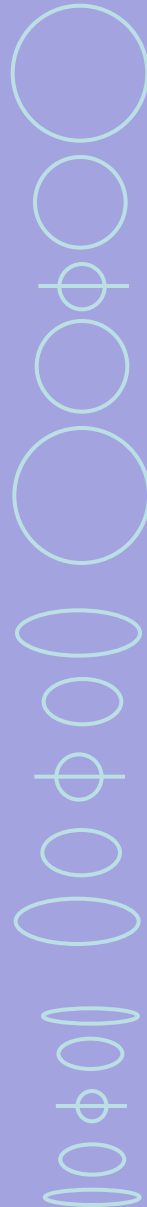
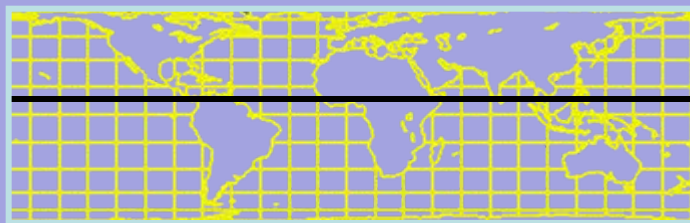
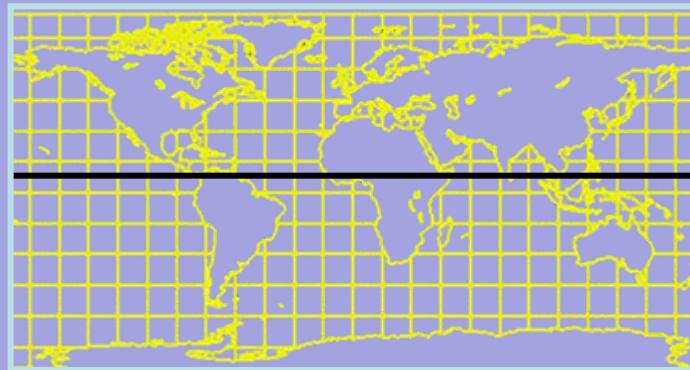
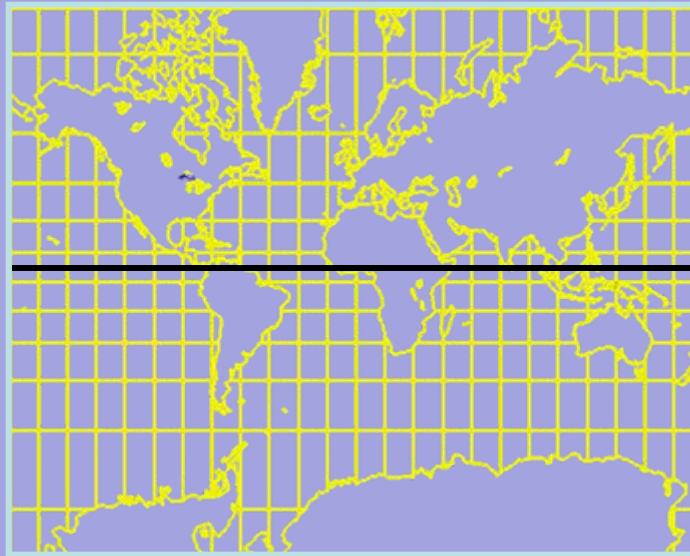
Автор - Марин Тирский (ок 120 г. н.э.).
(http://ru.wikipedia.org/wiki/Равнопромежуточная_проекция)

4. Произвольные проекции

Существует много проекций, которые не являются ни равноугольными, ни равновеликими — их называют произвольными. Но нет и не может быть проекции, которая была бы одновременно равноугольной и равновеликой: эти качества исключают друг друга. Чем больше искажения углов, тем меньше искажения площадей, и наоборот.

Произвольные проекции (arbitrary projection) имеют искажения углов, площадей и длин, но эти искажения распределены по карте, например, так, что минимальные искажения имеются в центральной части и возрастают к краям. Среди произвольных проекций выделяют *равнопромежуточные* (equidistant projection), в которых искажения длин отсутствуют по одному из направлений: вдоль меридиана или вдоль параллели.

ИСКАЖЕНИЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ



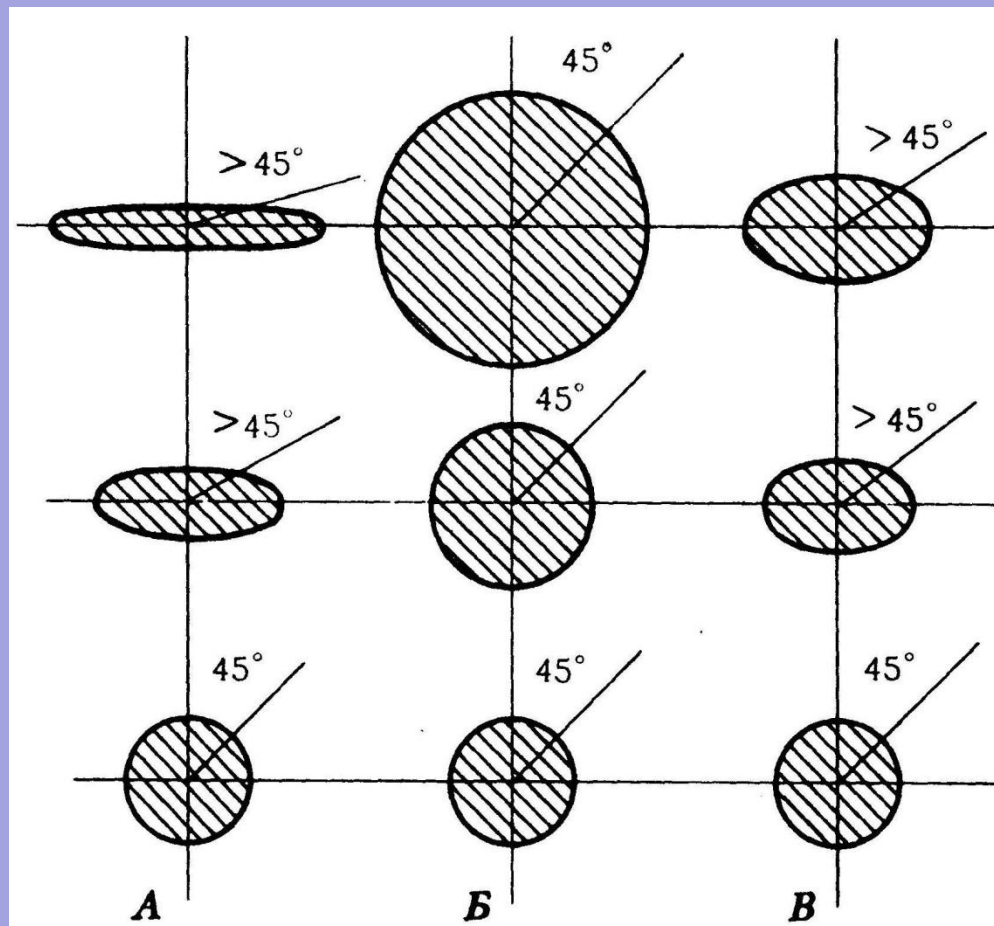
**Равноугольная
проекция**



**Равнопромежуточная проекция
(по меридиану)**

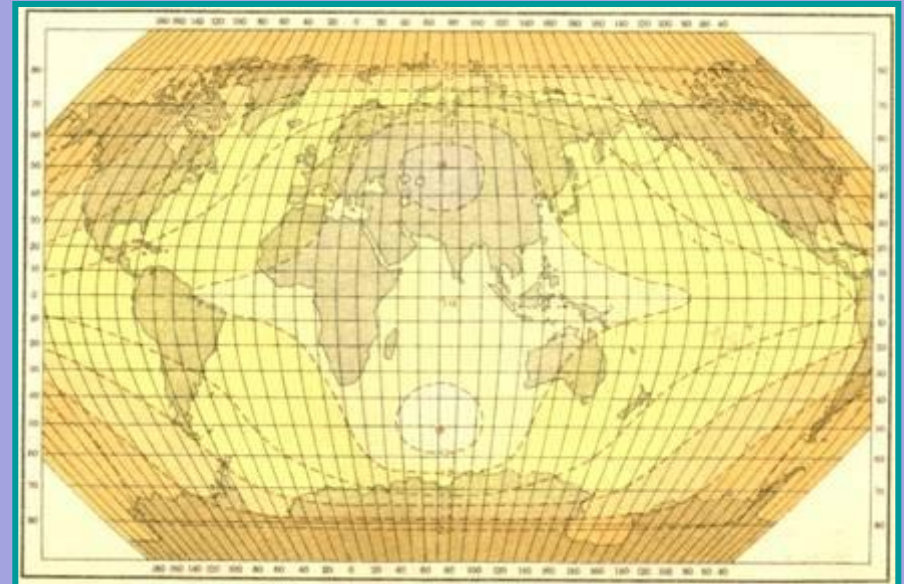
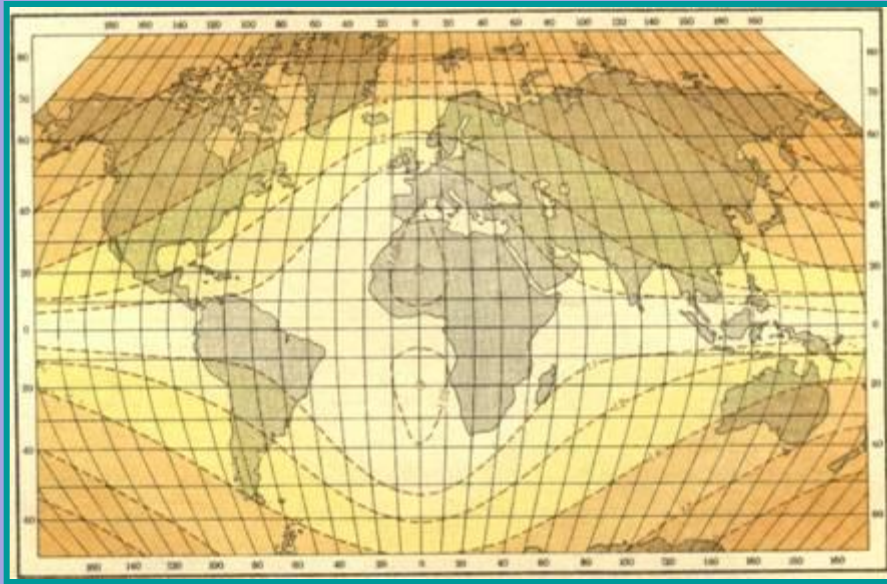
Равновеликая проекция

ВИД ЭЛЛИПСА ИСКАЖЕНИЙ В ПРОЕКЦИЯХ

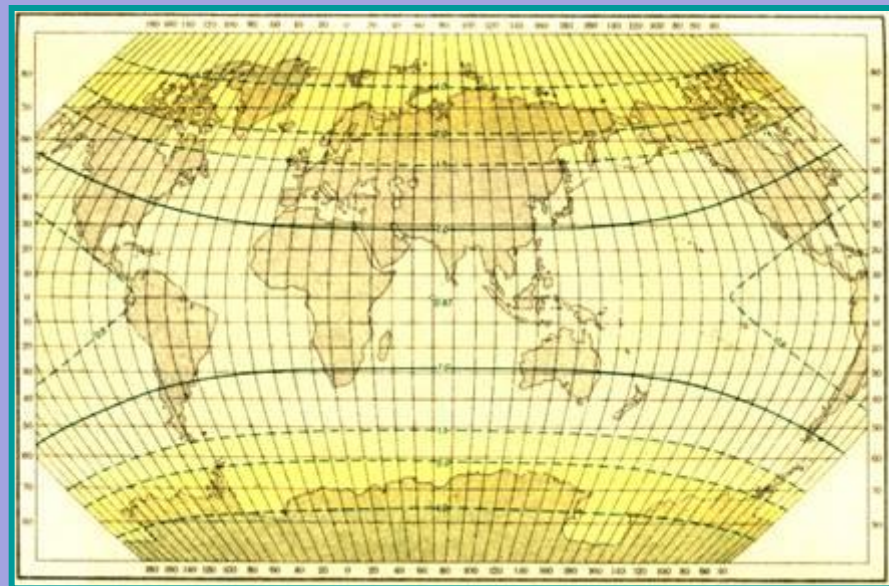


А - равновеликой; Б - равноугольной; В – произвольной.
На схемах показано искажение угла 45°

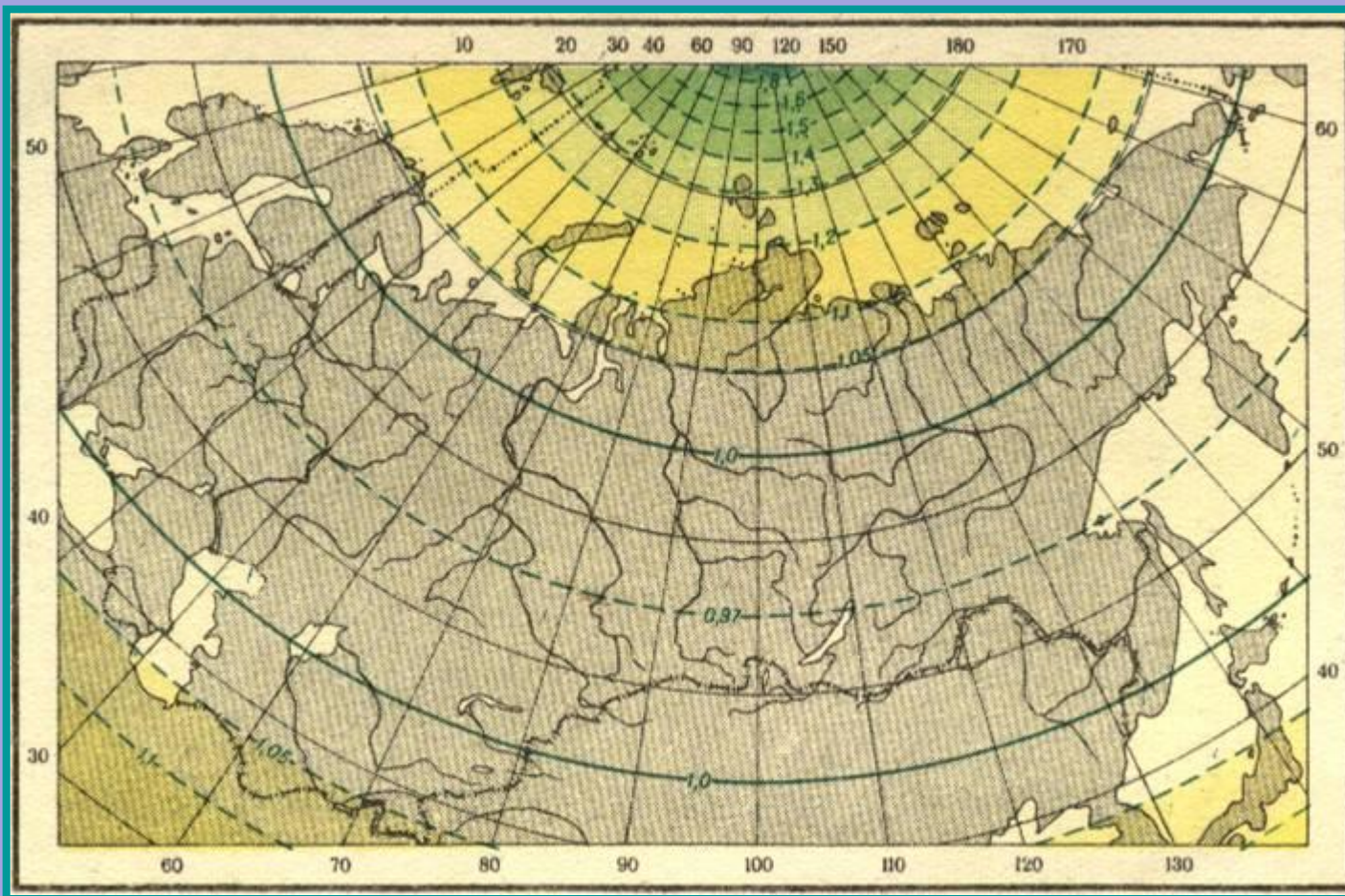
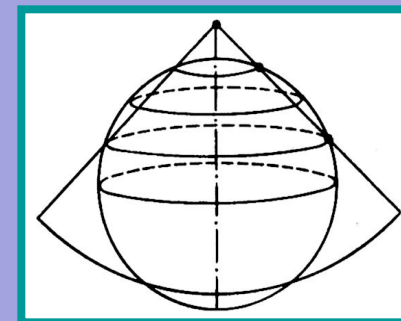
ИЗОКОЛЫ – ЛИНИИ РАВНЫХ ИСКАЖЕНИЙ



**Псевдоцилиндрические
проекции
для карт Мира
с изоклами,
отражающими
искажения углов, форм
и площадей**



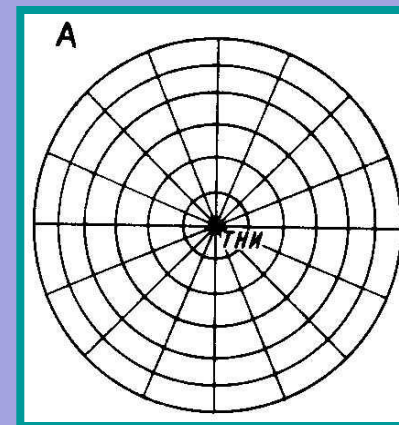
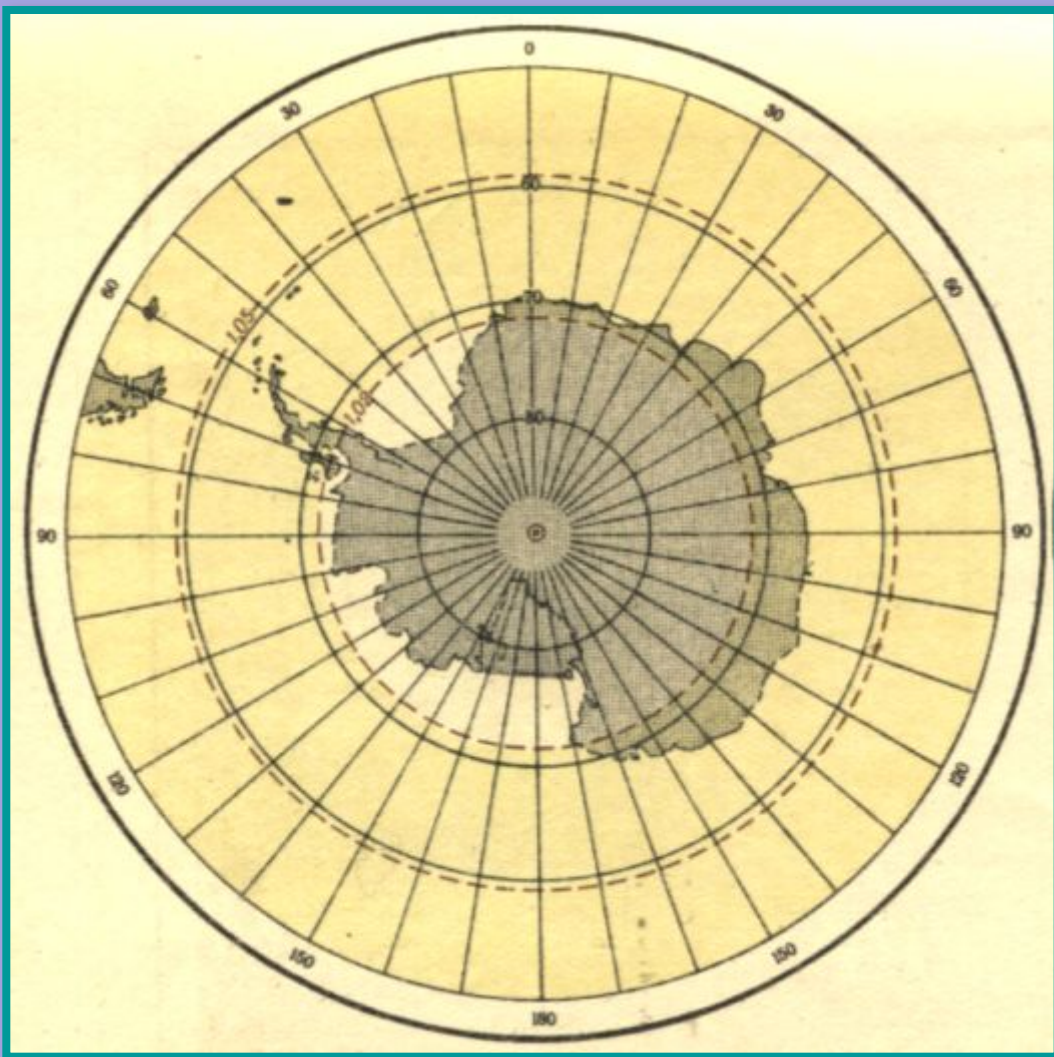
ИСКАЖЕНИЯ В КОНИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ



**Нормальная
коническая
секущая
проекция**

**Искажения
минимальны в
полосе между
40 и 60° с.ш.**

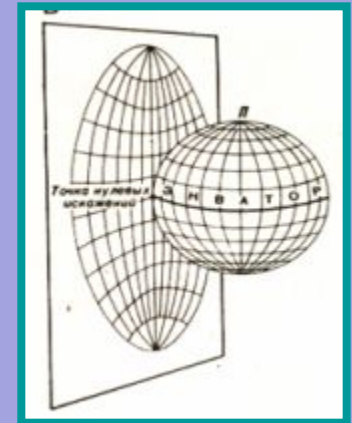
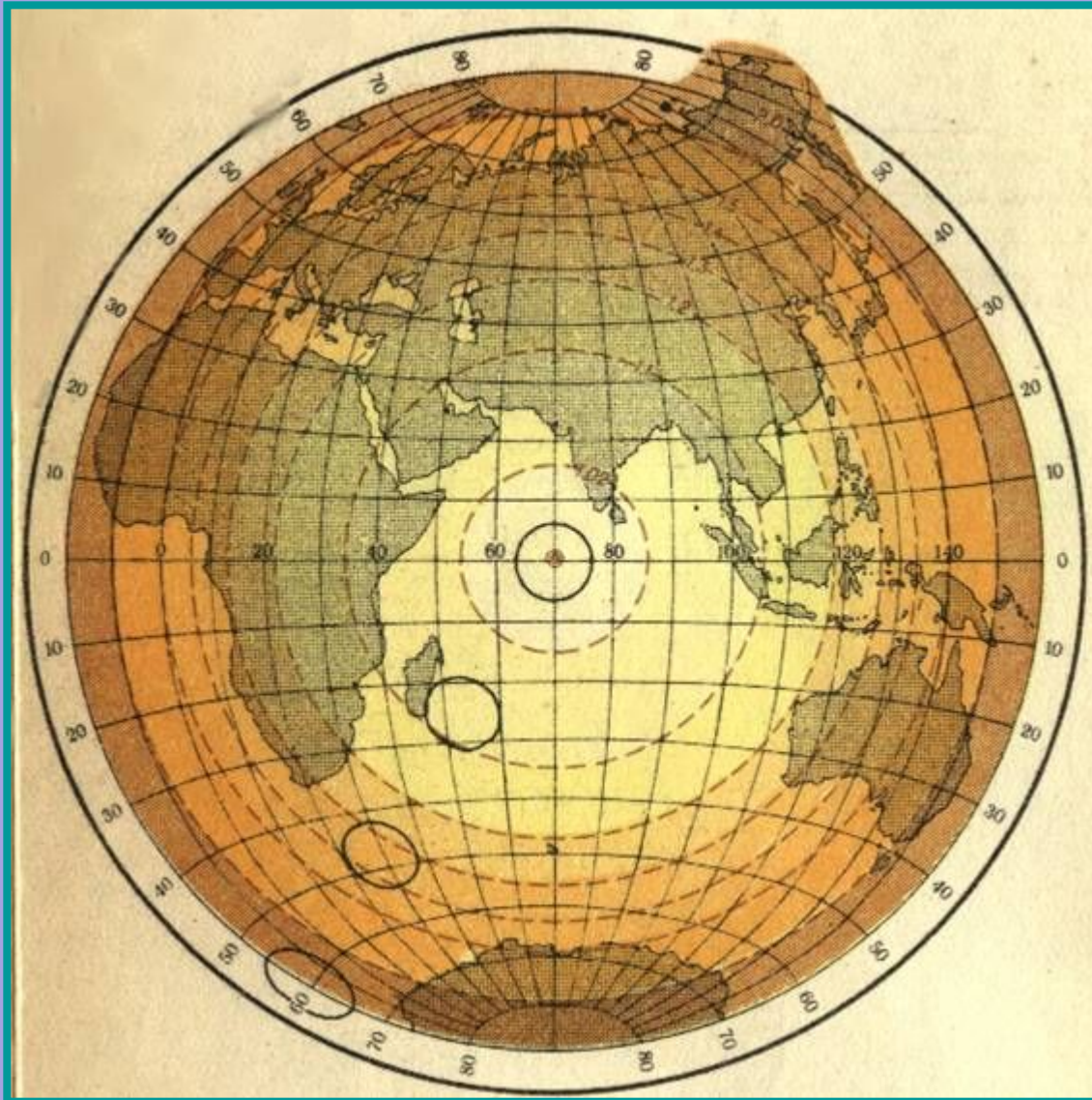
ИСКАЖЕНИЯ В АЗИМУАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ



**Нормальная (полярная)
проекция Постеля.**

**Искажения в пределах
всей Антарктиды не
превышают 3 – 4 %**

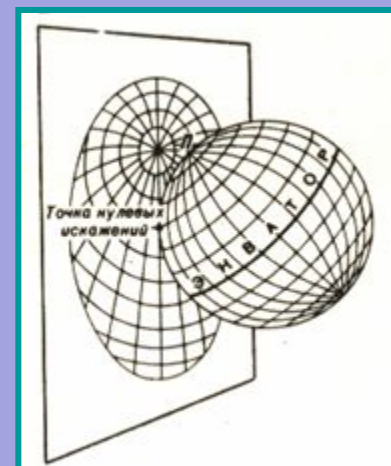
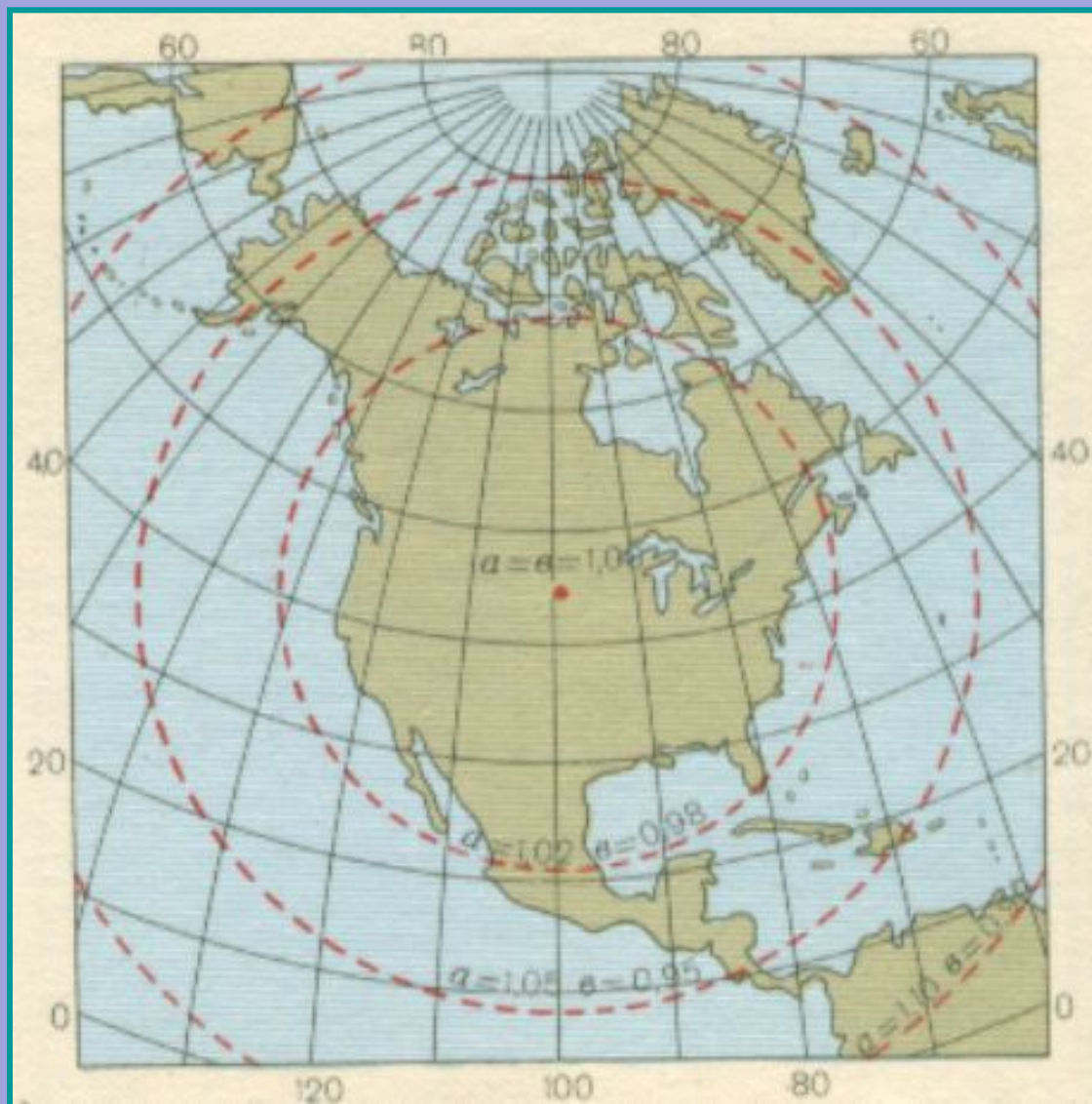
ИСКАЖЕНИЯ В АЗИМУАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ



**Поперечная
(экваториальная)
проекция Ламберта.**

**Наименьшие искажения –
в центре полушария**

ИСКАЖЕНИЯ В АЗИМУАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ



Косая азимутальная проекция для карт материков

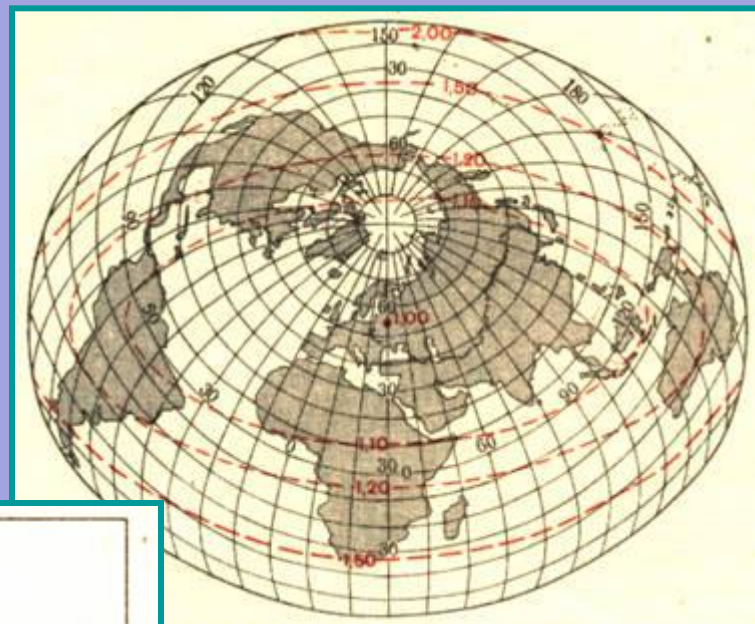
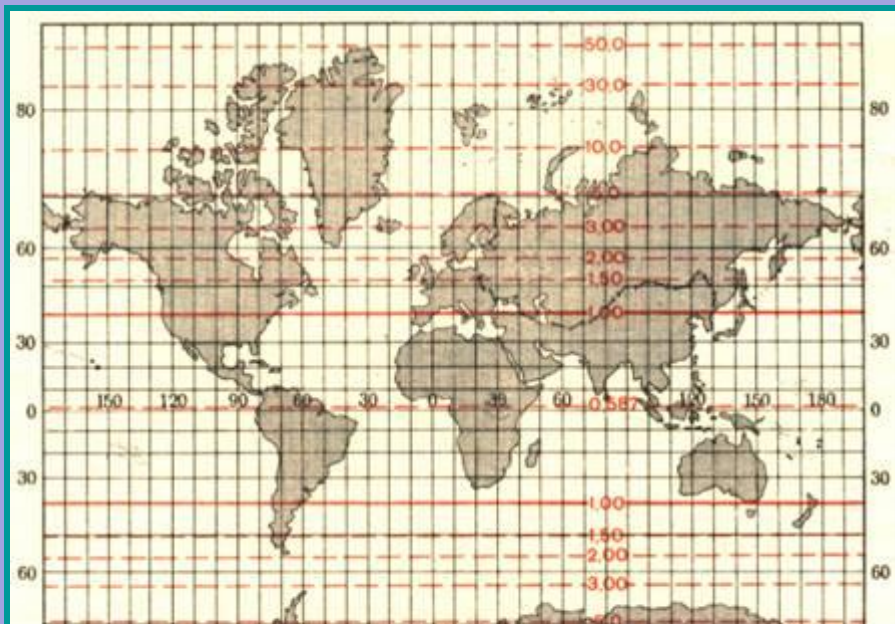
ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ

Условия выбора проекций:

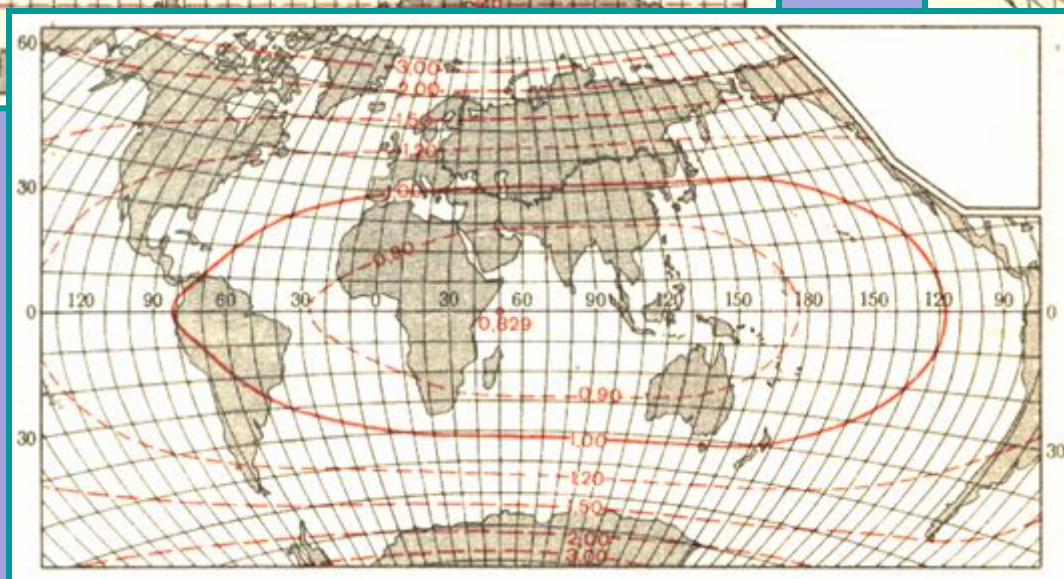
- **Географические особенности территории, ее положение на Земном шаре, размеры и конфигурация**
- **Назначение, масштаб, тематика карты, предполагаемый круг потребителей**
- **Условия и способы использования карты, решаемые задачи, требования к точности измерений**
- **Особенности самой проекции, величины искажения длин, площадей и углов, форма меридианов и параллелей, изображение полюсов и т. п.**

ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ

*Цилиндрическая равноугольная
проекция Меркатора*

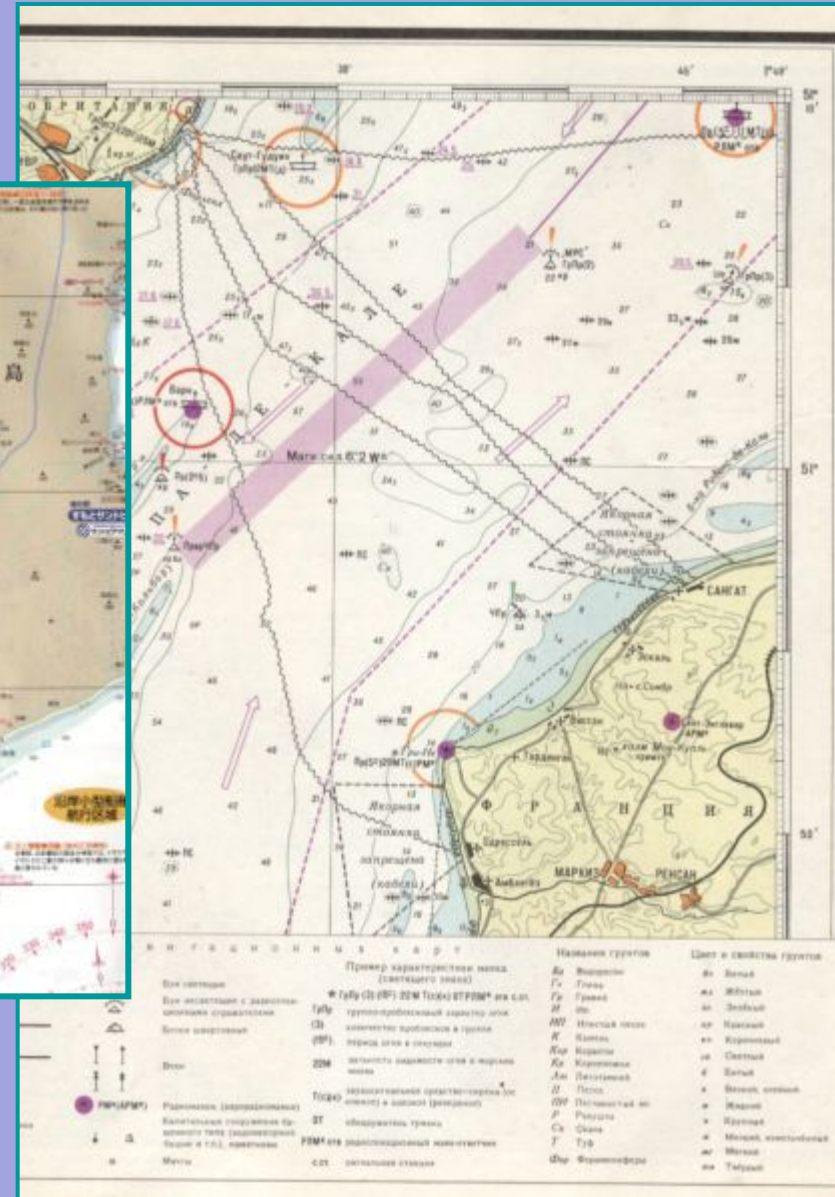
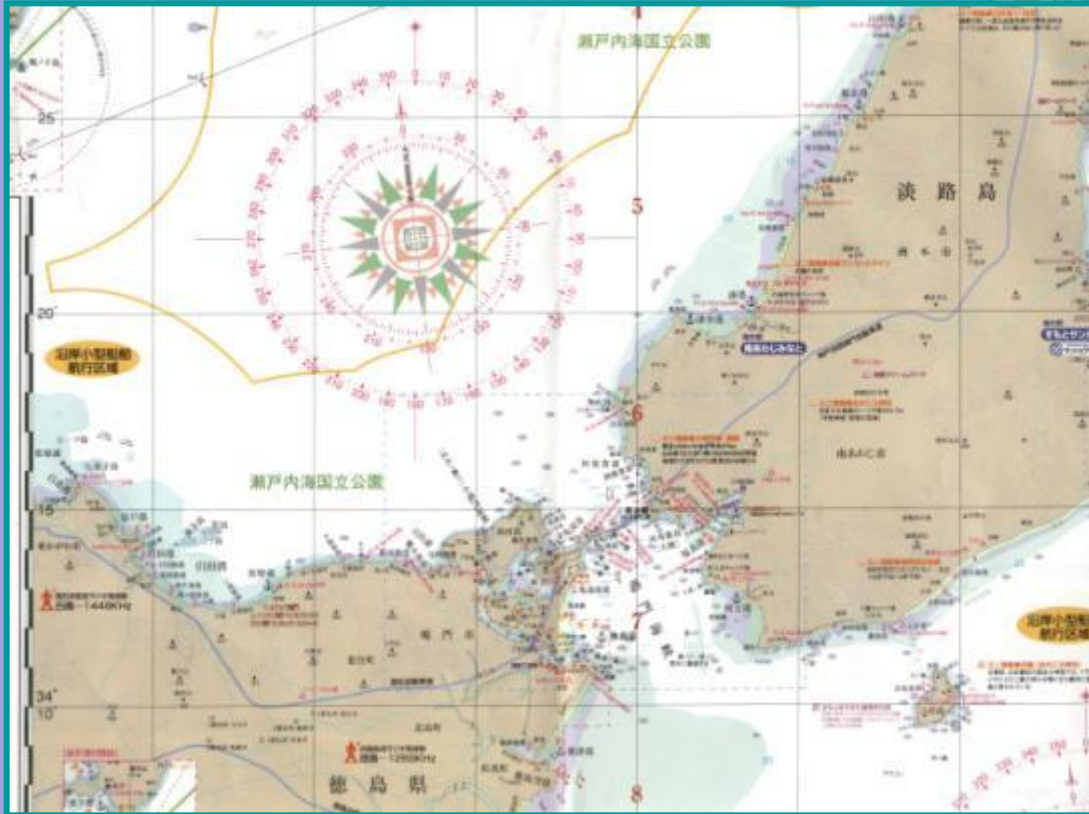


*Косая с овальными
изоколами*

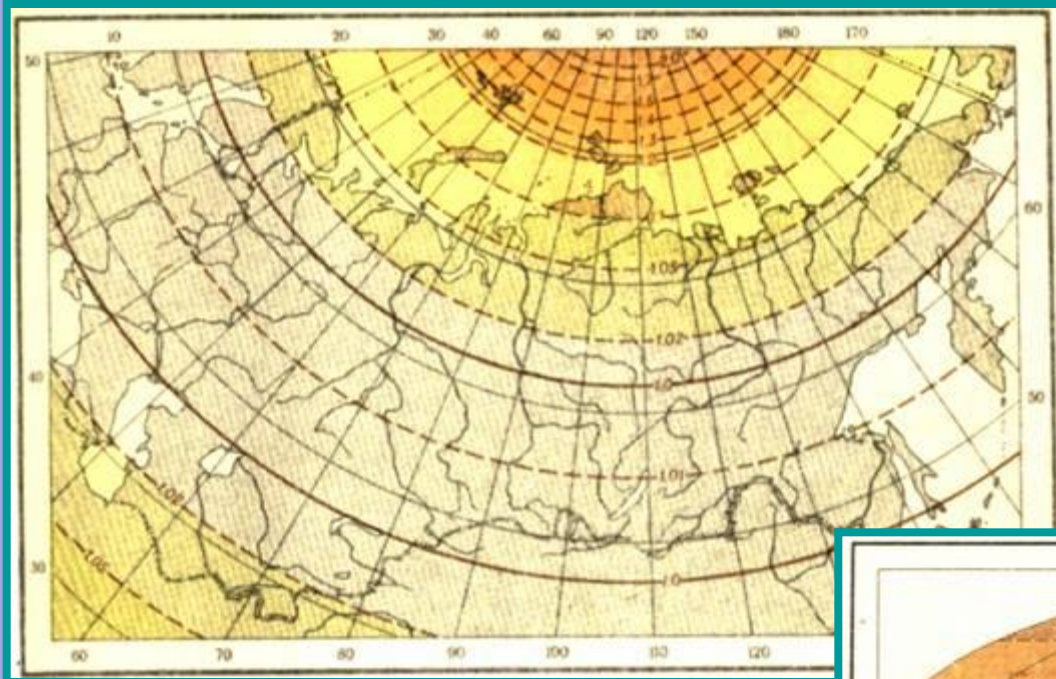


*Псевдоцилиндрическая
ЦНИИГАиК*

ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ

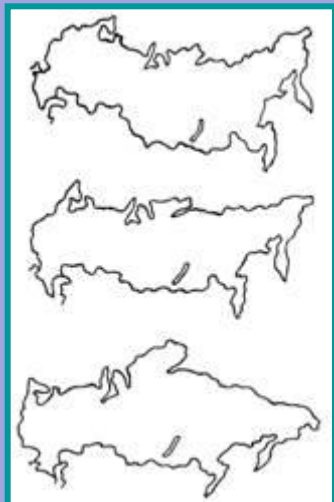
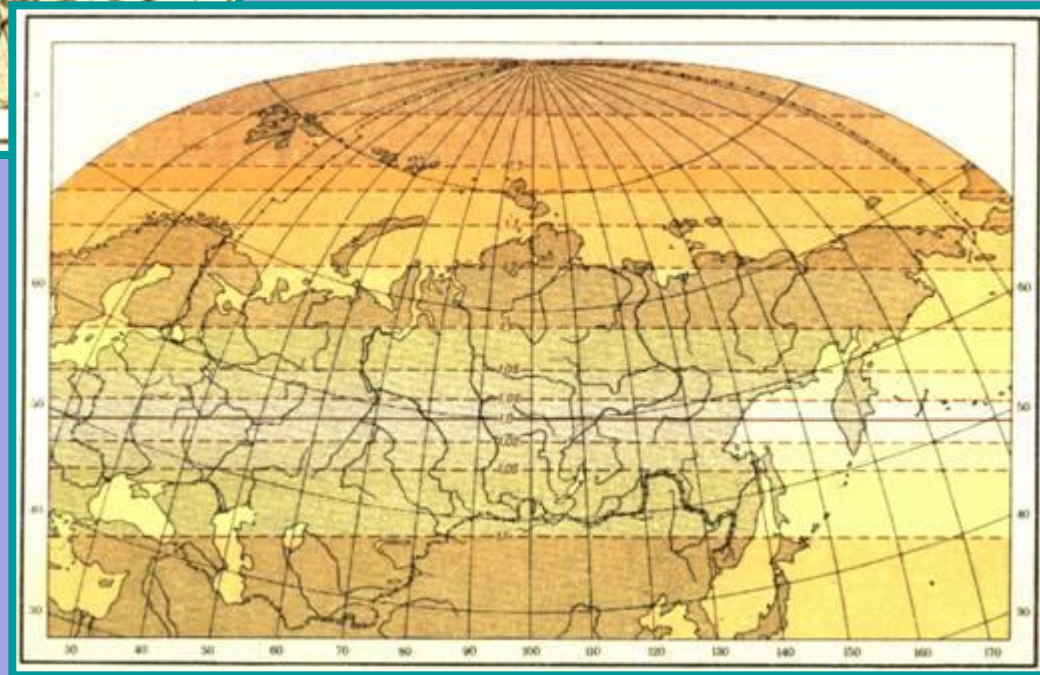


ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ



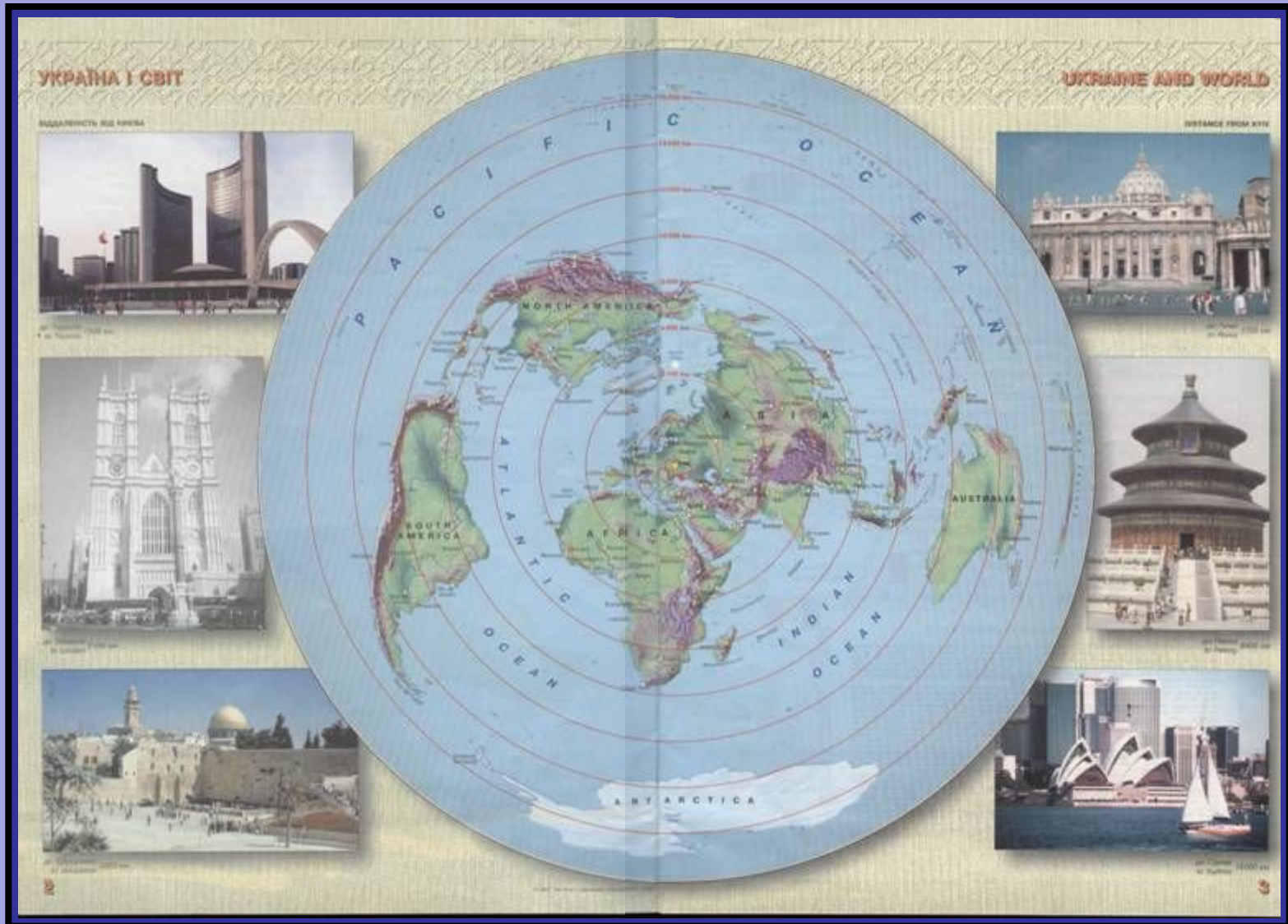
*Коническая равнопромежуточная
проекция Каврайского*

*Косая цилиндрическая
проекция Соловьева*



*Контуры России
в разных проекциях*

В ЦЕНТРЕ МИРА

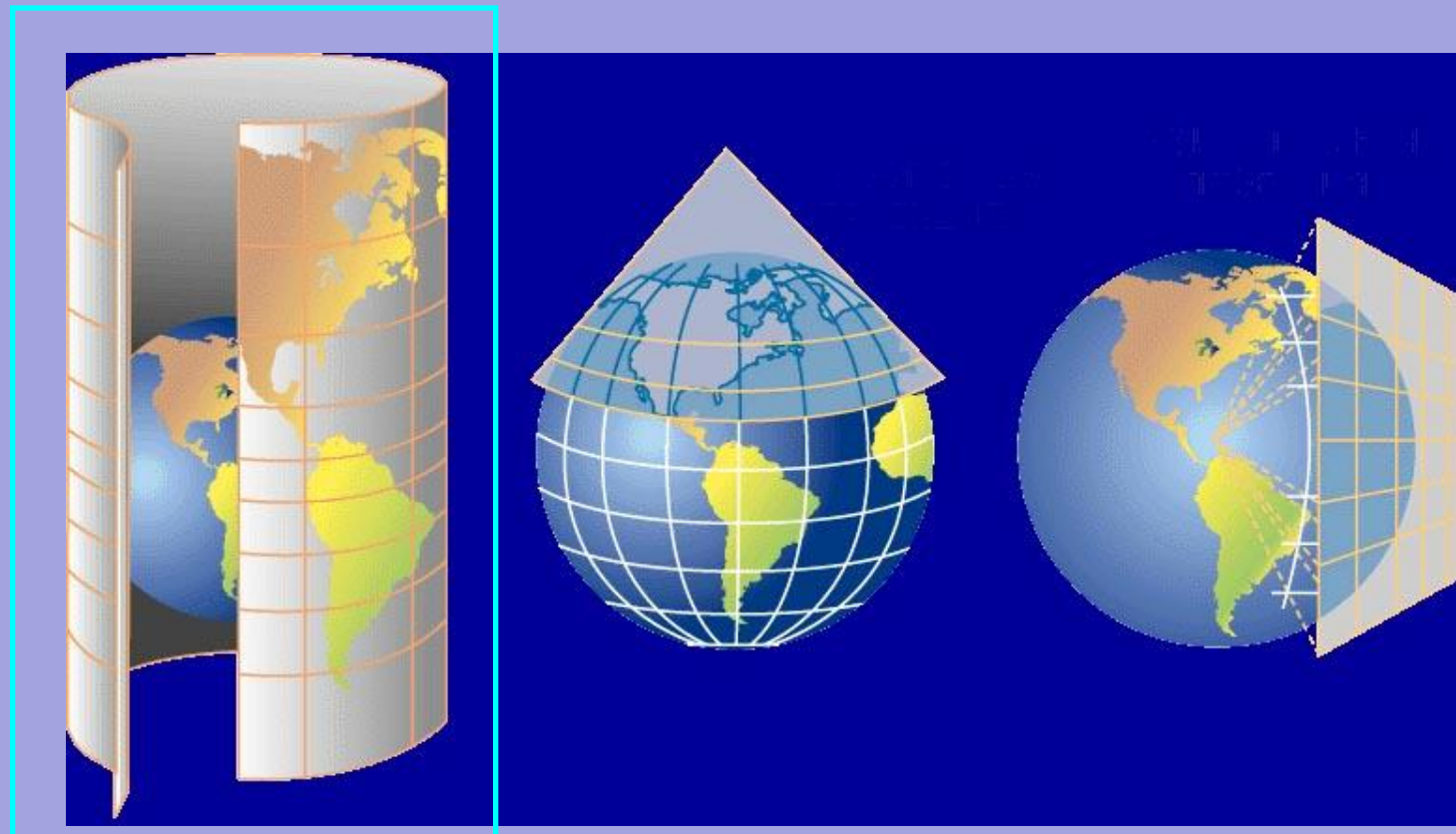


Атлас «Погляд на Україну – Look at Ukraine», 1998

Тема: Классификация проекций по виду нормальной картографической сетки

1. Азимутальные проекции
2. Конические проекции
3. Цилиндрические проекции
4. Условные проекции

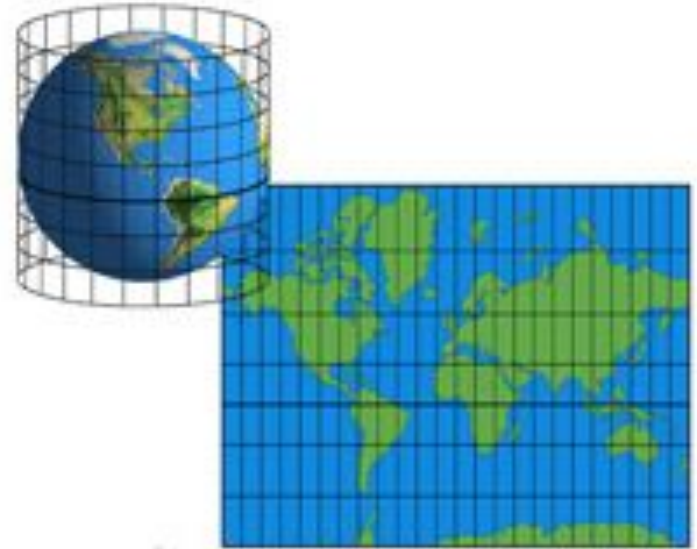
По виду разворачиваемой поверхности различают проекции



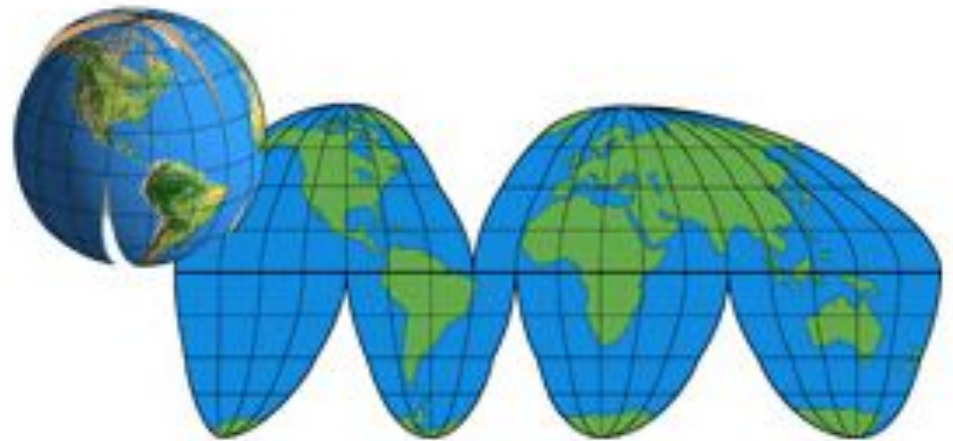
Цилиндрические

Конические

Азимутальные



www.visualdictionaryonline.com
conic projection cylindrical projection



plane projection

interrupted projection

Коническая

Цилиндрическая

Азимутальная

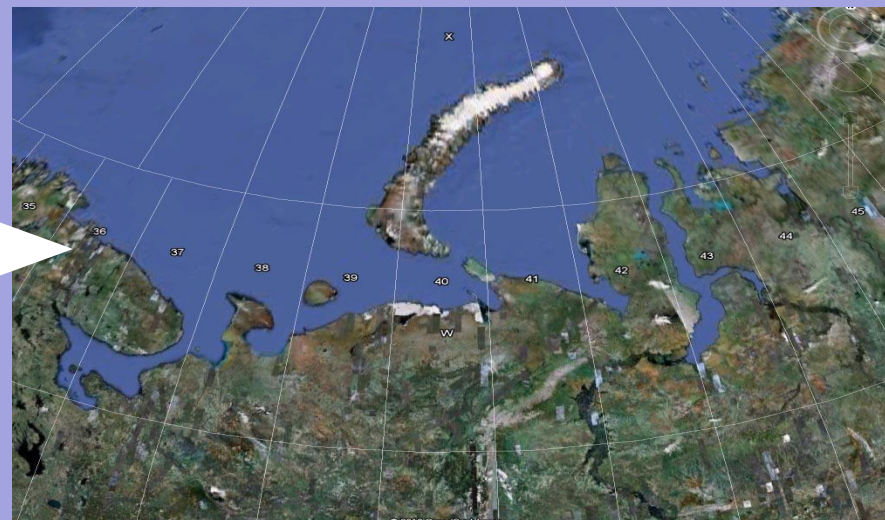
КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1. Азимутальные, в которых поверхность земного эллипсоида переносится на касательную или секущую его **плоскость**.

2. Цилиндрические, в которых вспомогательной поверхностью служит боковая поверхность **цилиндра**, касательная к эллипсоиду или секущая его.

3. Конические, в которых поверхность эллипсоида переносится на боковую поверхность **конуса**, касательную к эллипсоиду или секущую его.

Проекция карты – процесс трансформации географических координат (широта, долгота) в плановые (x,y).



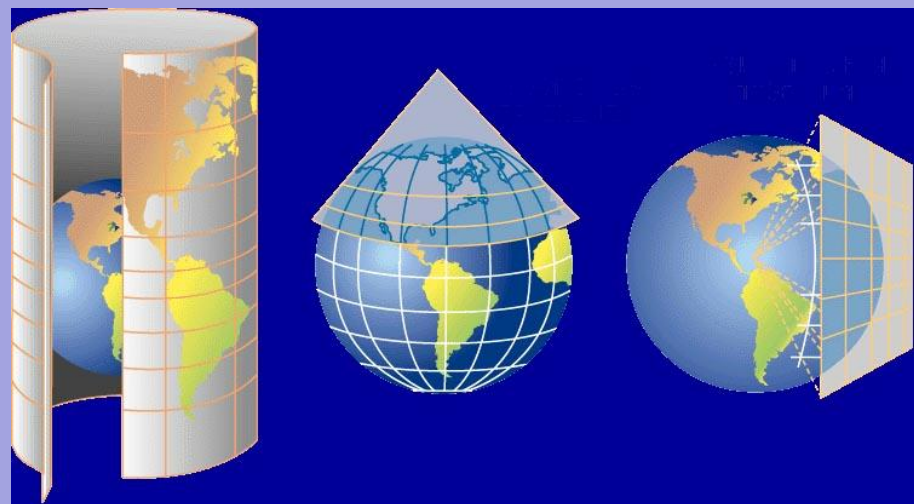
В создании проекций участвуют 2 элемента:

фигура Земли

(плоскость, сфера, сфероид)

разворачиваемая поверхность

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

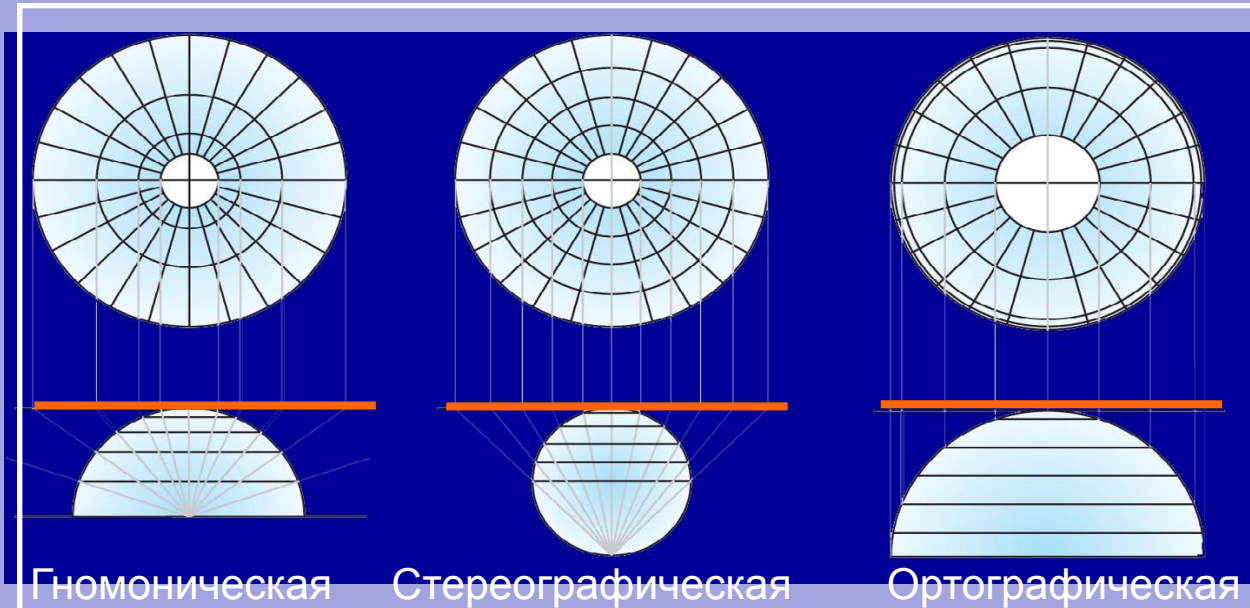


1. Азимутальные проекции



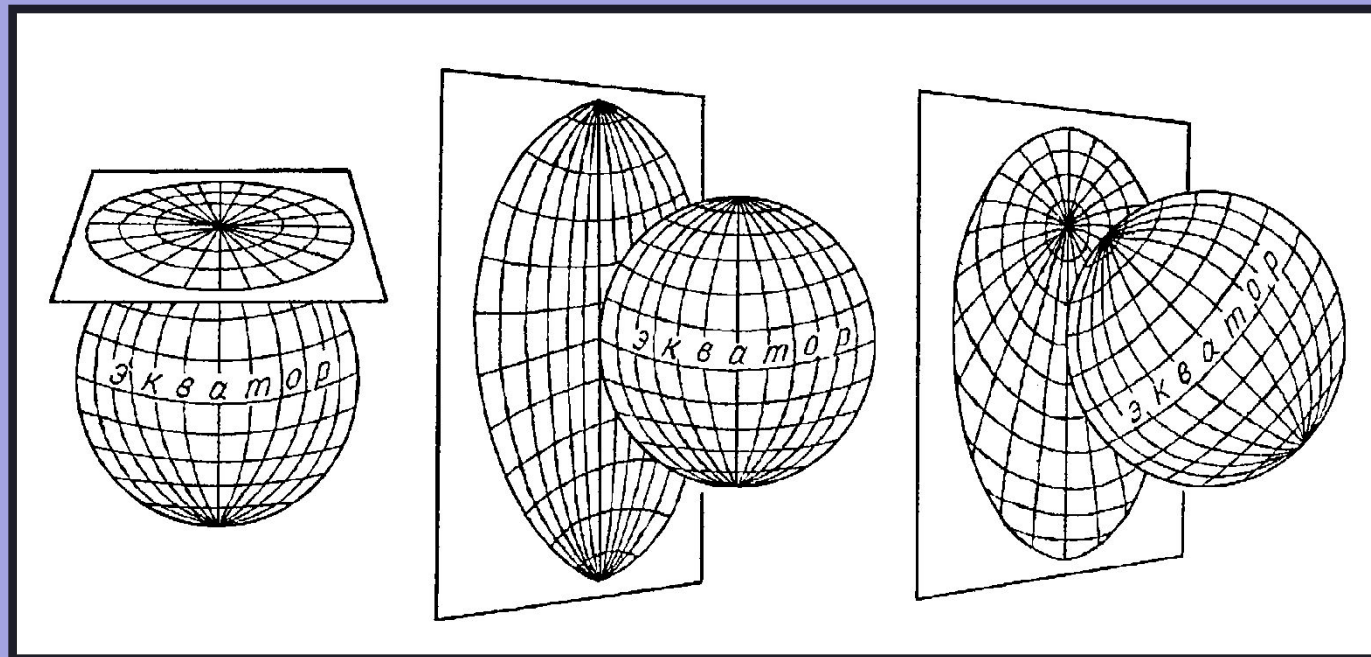
Параметрами азимутальной проекции являются географические координаты центральной точки – широта и долгота

Азимутальная картографическая проекция - картографическая проекция, в которой параллели нормальной сетки есть концентрические окружности; а меридианы - их радиусы, расходящиеся из общего центра параллелей под углами, равными разности долгот. Нормальные азимутальные проекции применяются для карт полярных стран. Поперечные и косые азимутальные проекции применяются для карт земных полушарий, материков, звездного неба, Луны и других планет.

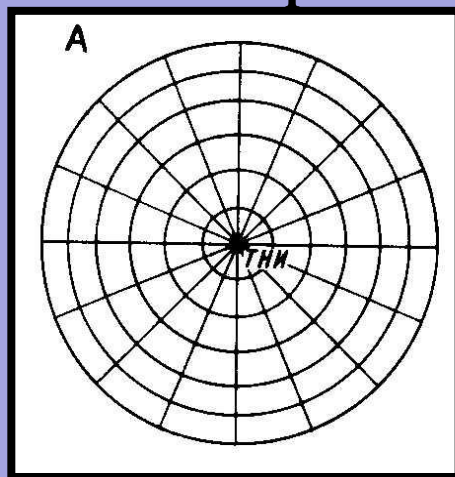


В зависимости от того, где расположен центр проецирования, получают проекции гномонические — проецирование из центра шара на касательную плоскость, стереографические — проецирование с поверхности шара, внешние — центр проецирования находится за пределами шара, ортографические — проецирование из бесконечности параллельными лучами

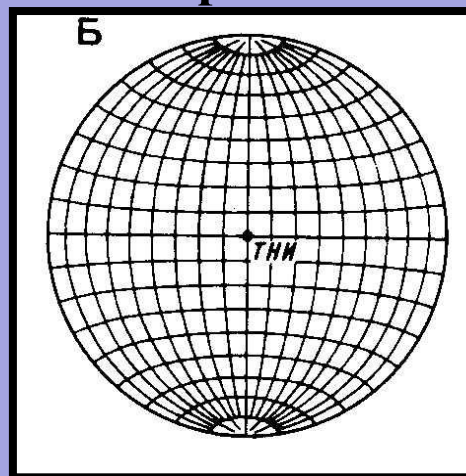
АЗИМУТАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ



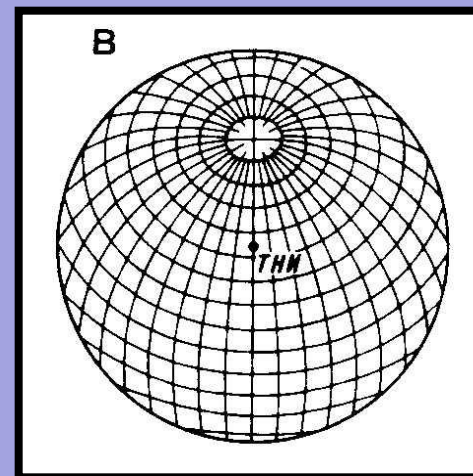
**Нормальная
или полярная**



**Поперечная или
экваториальная**



**Косая или
горизонтная**



АЗИМУТАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ ПОЛУШАРИЙ

Поперечная или
экваториальная

Нормальная или
полярная

Косая

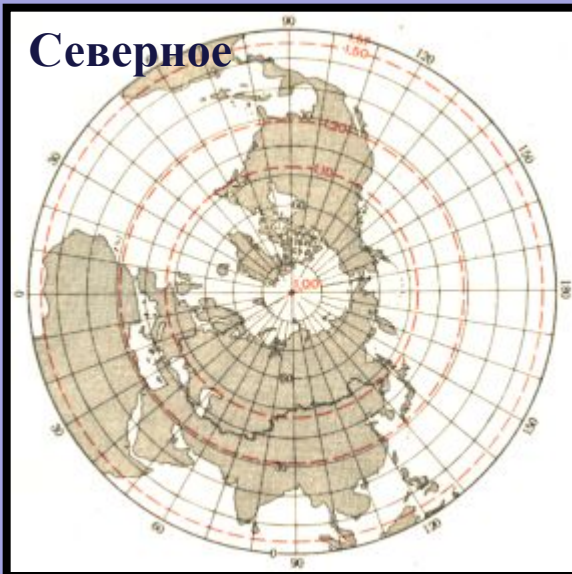
Западное



Восточное



Северное



Материковое



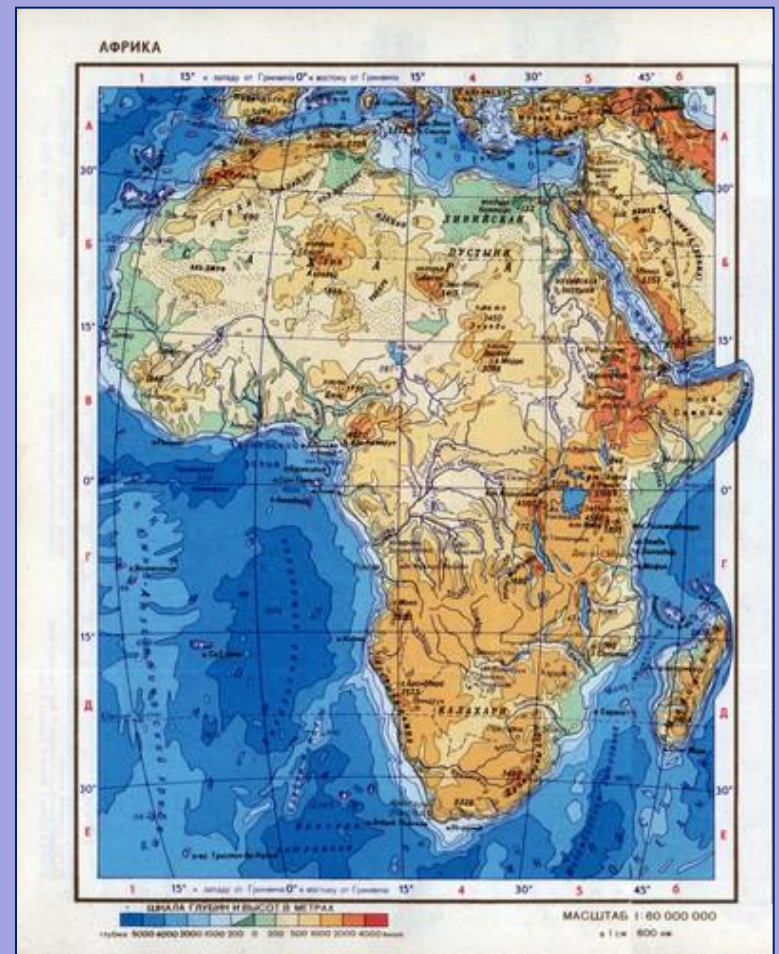
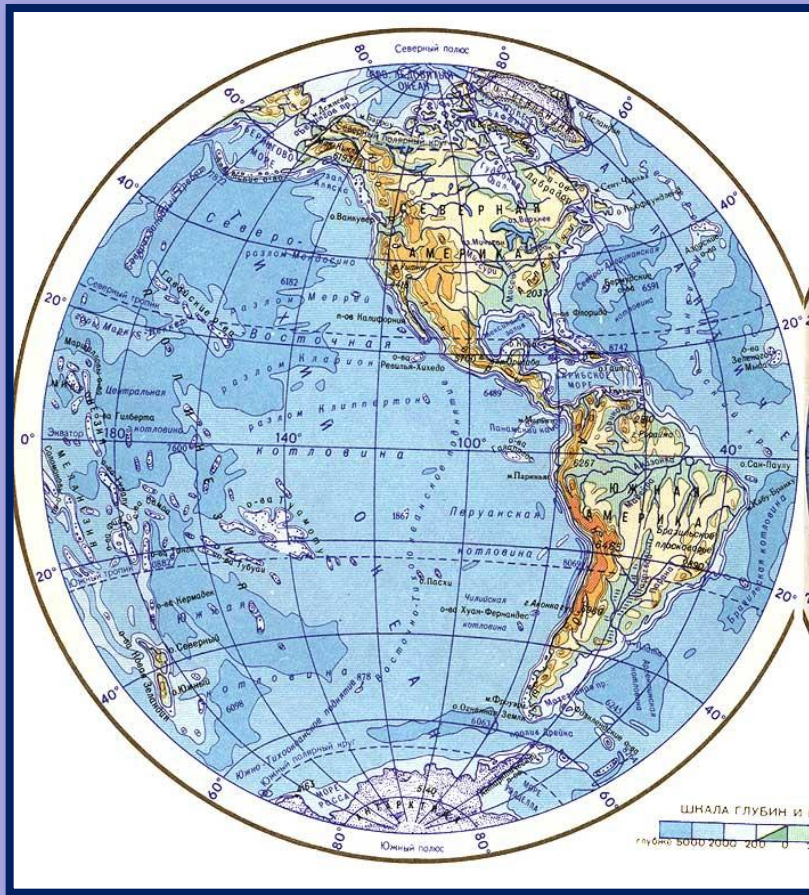
Океаническое



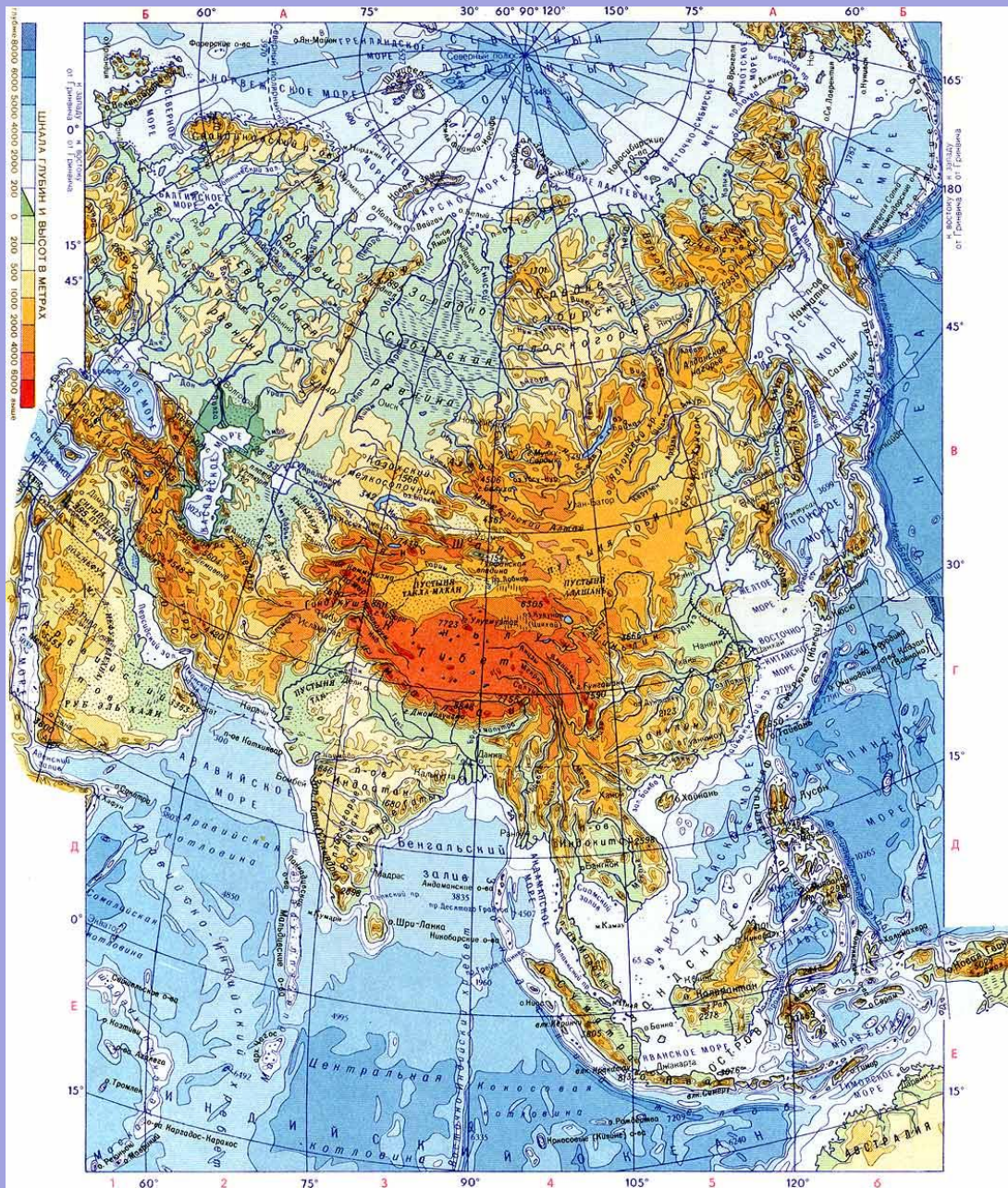
а) нормальные, в которых ось вспомогательной фигуры совпадает с осью земного эллипсоида

б) поперечные, в которых ось вспомогательной поверхности лежит в плоскости земного экватора

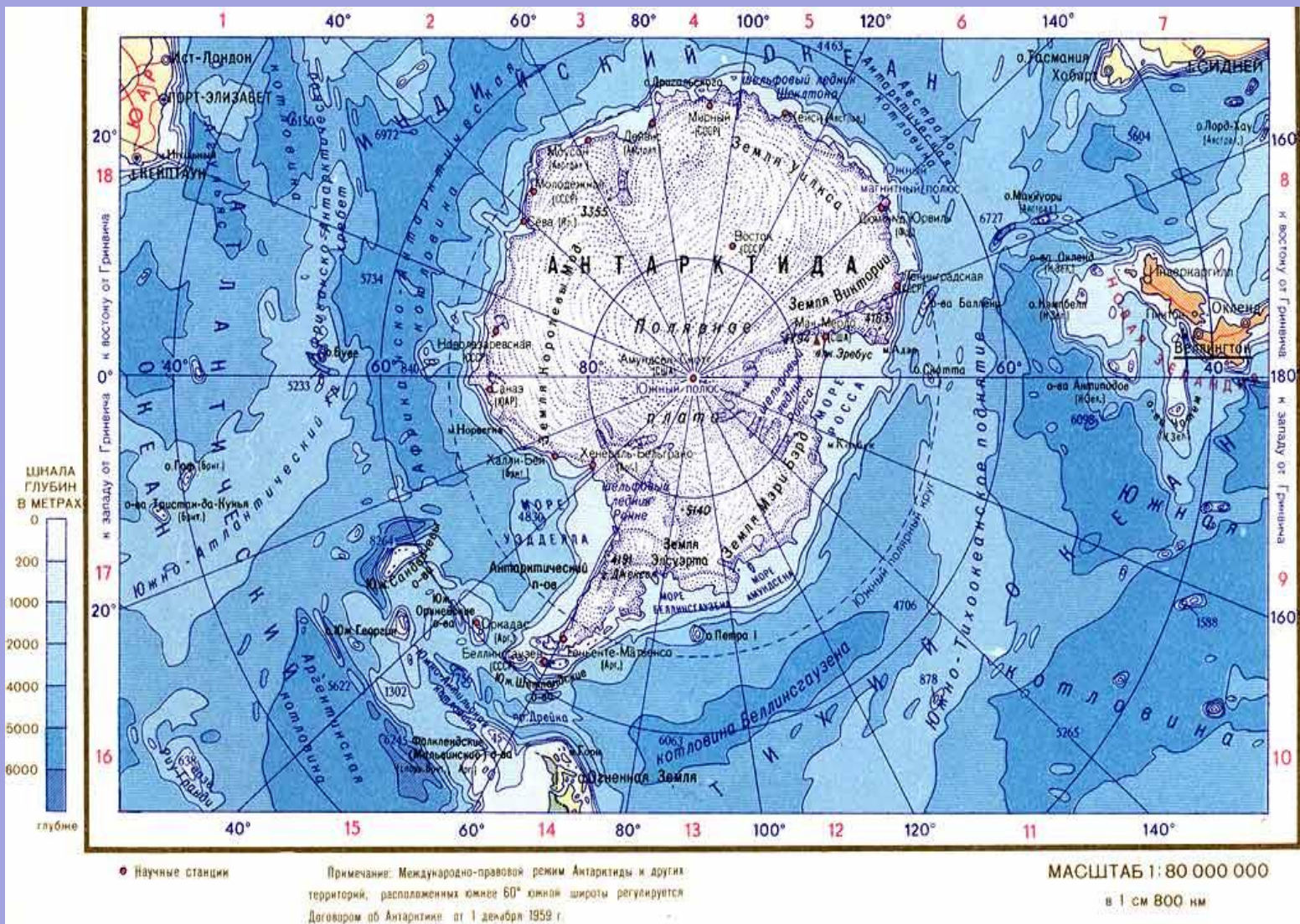
в) косые, в которых ось вспомогательной поверхности фигуры совпадает с нормалью, находящейся между земной осью и плоскостью экватора



Азимутальная поперечная (экваториальная)

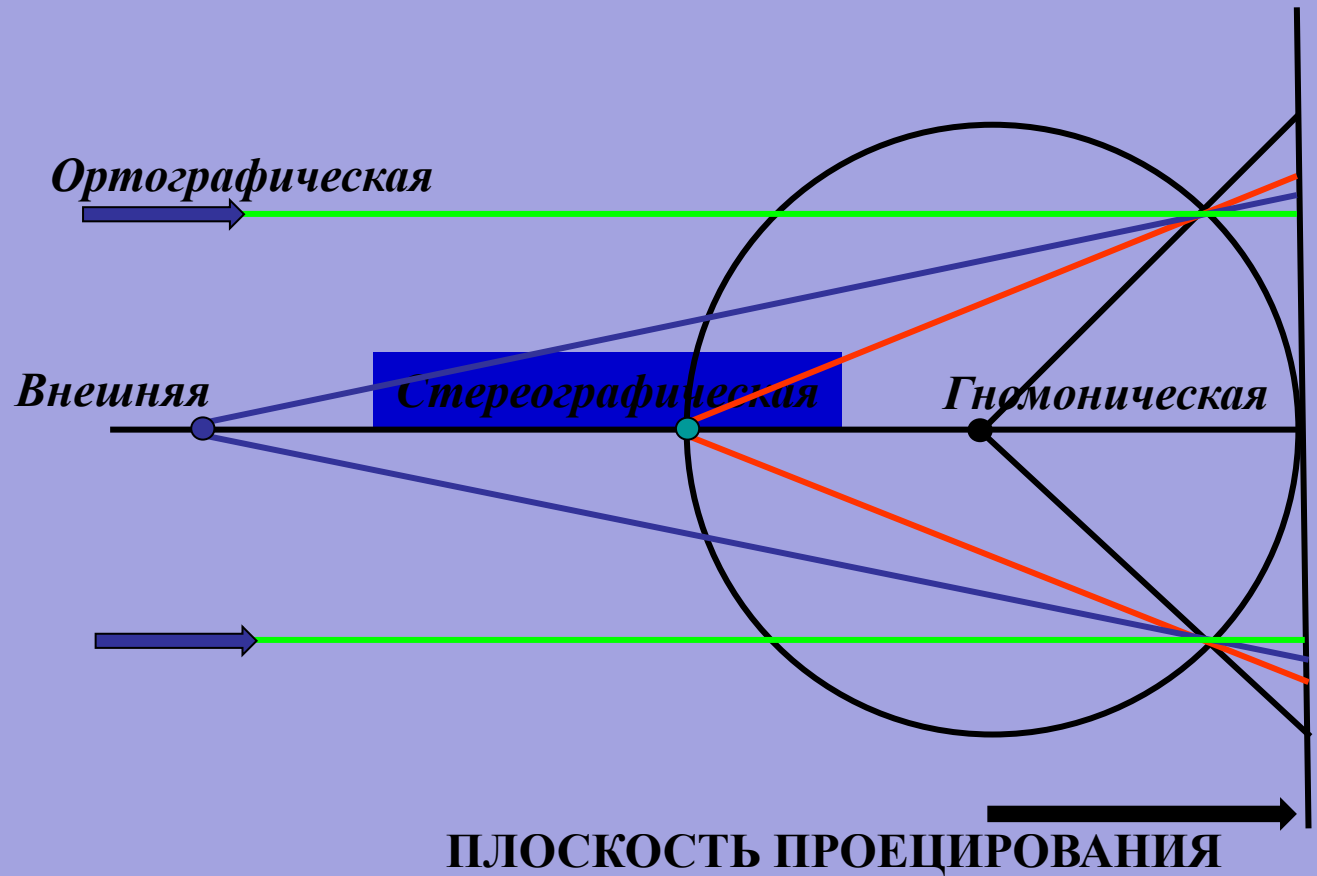


Азимутальная косая



Азимутальная нормальная (полярная)

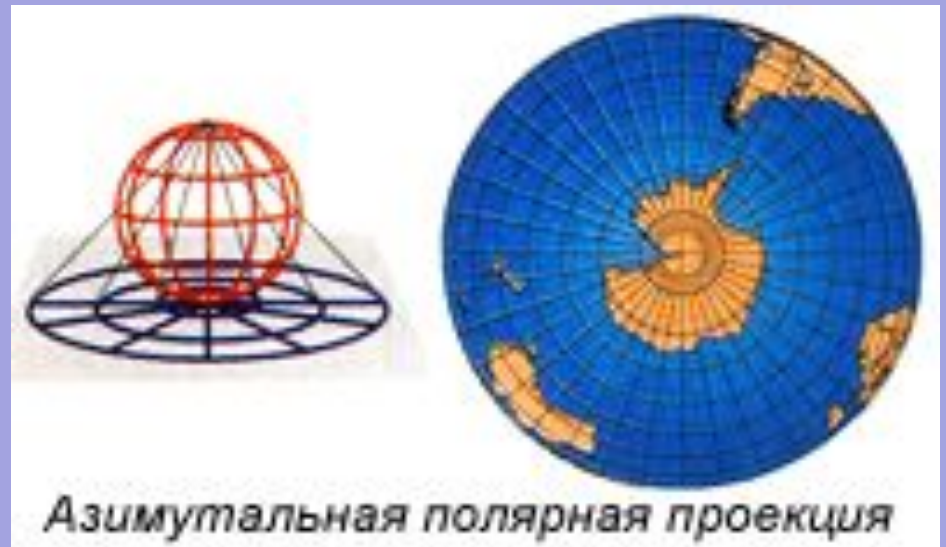
АЗИМУТАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ



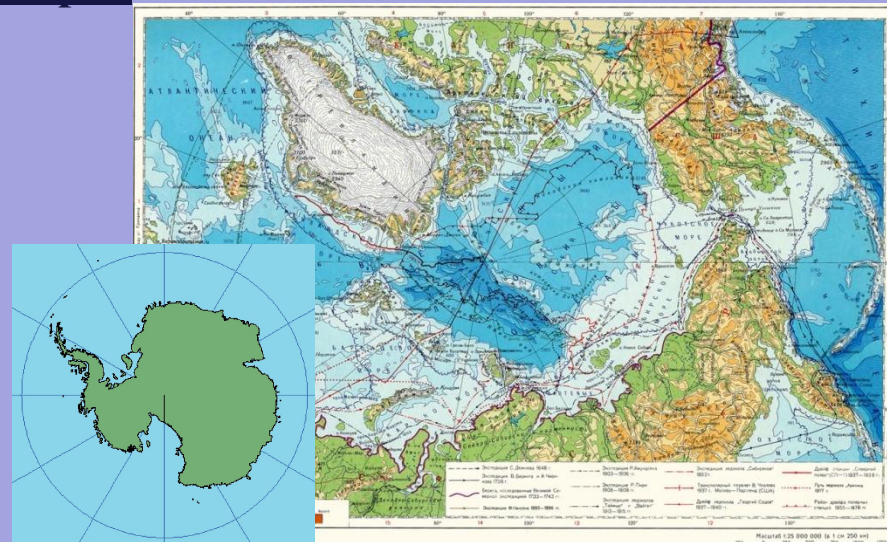
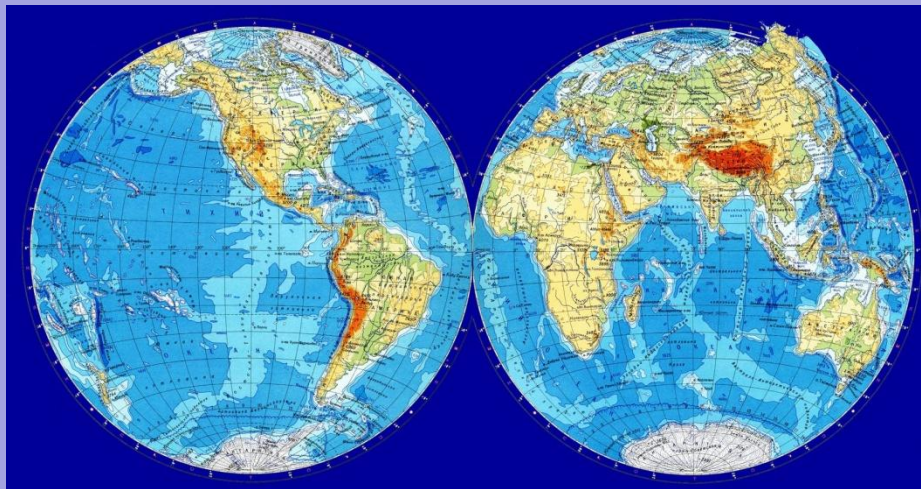
*Проекции различаются по положению точки,
из которой ведется проектирование*

КАК ВЫБИРАЮТ ПРОЕКЦИЮ

- Карты Северного Ледовитого океана или Антарктиды лучше всего составлять в азимутальной проекции, расположив воображаемую вспомогательную плоскость так, чтобы она касалась полюса. Тогда растяжения в полярных областях Земли окажутся минимальными.

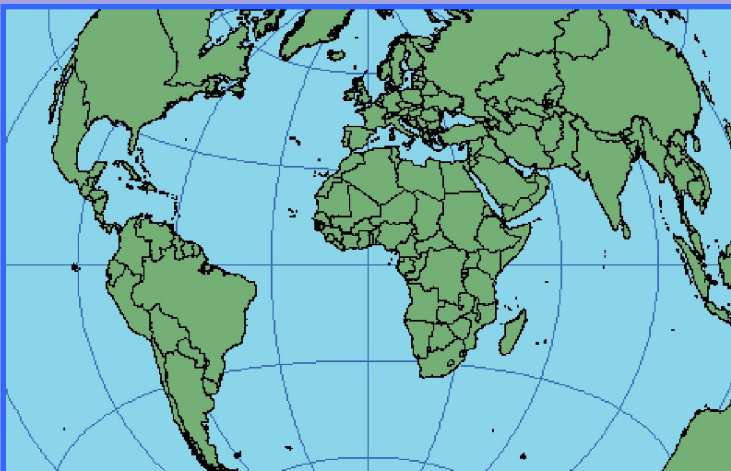


Азимутальная равновеликая Ламберта



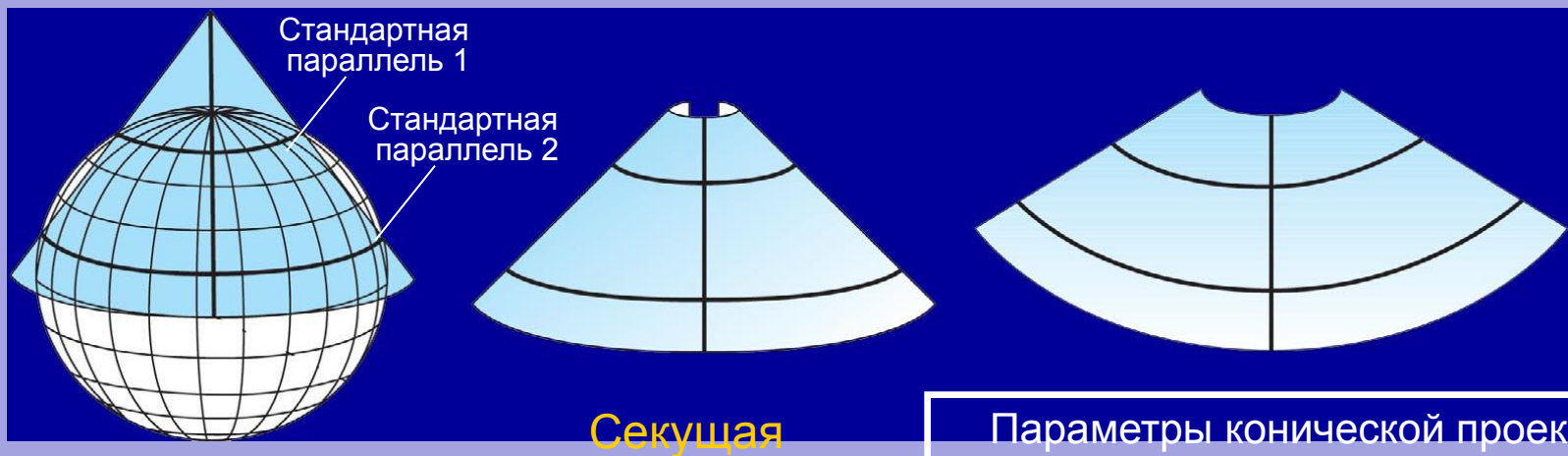
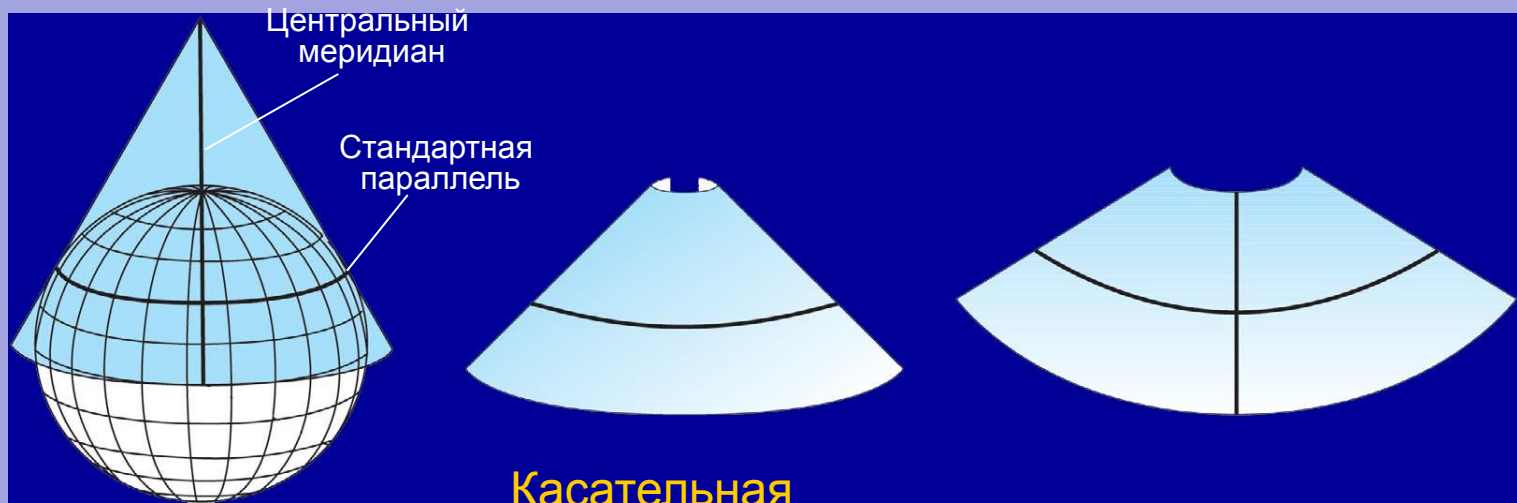
Эта проекция сохраняет площадь отдельных полигонов, одновременно поддерживая истинное направление от центра. Форма минимально искажена, меньше чем на 2 процента, в радиусе 15 градусов от центральной точки. За этими пределами искажение углов более значительно; Эта проекция лучше всего подходит для картографирования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

Азимутальная равнопромежуточная



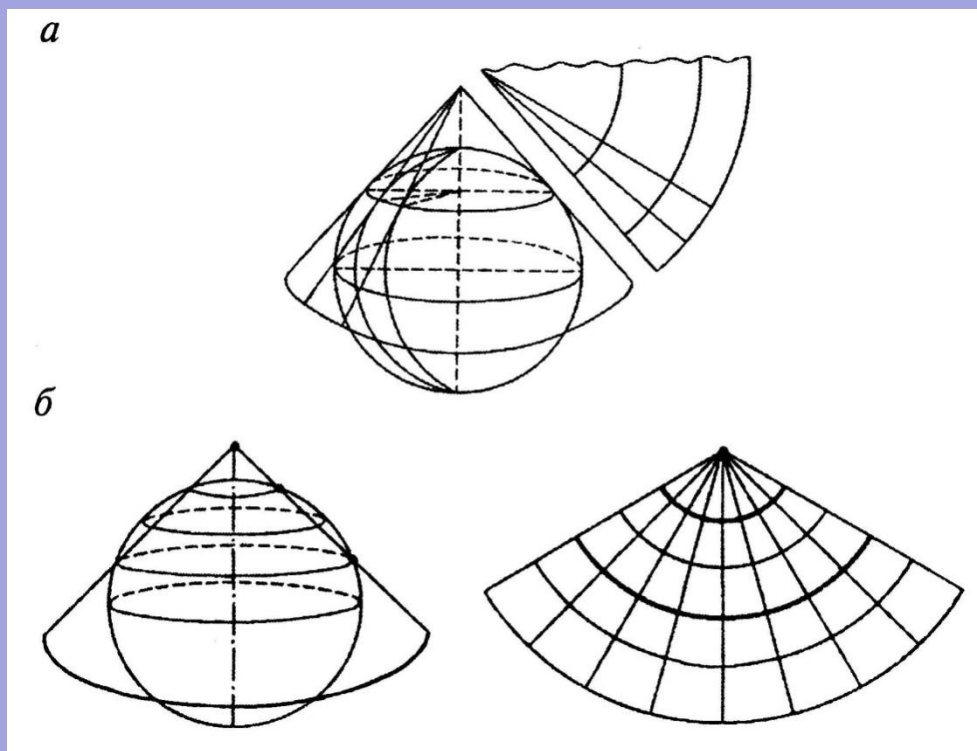
Расстояния и направления точны по отношению к центральной точке. Используются в морской и воздушной навигации.

2. Конические проекции



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

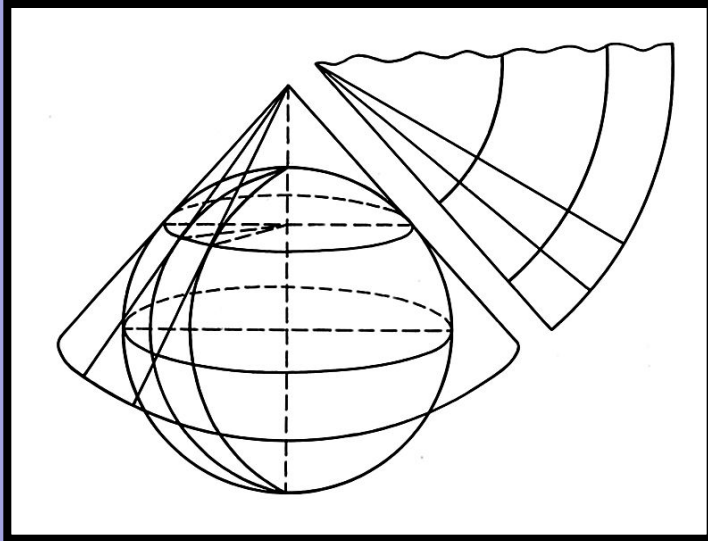
- **Конические** проекции – поверхность эллипсоида (шара) переносится на поверхность касательного или секущего **конуса**, после чего как бы разворачивается и образует плоскость



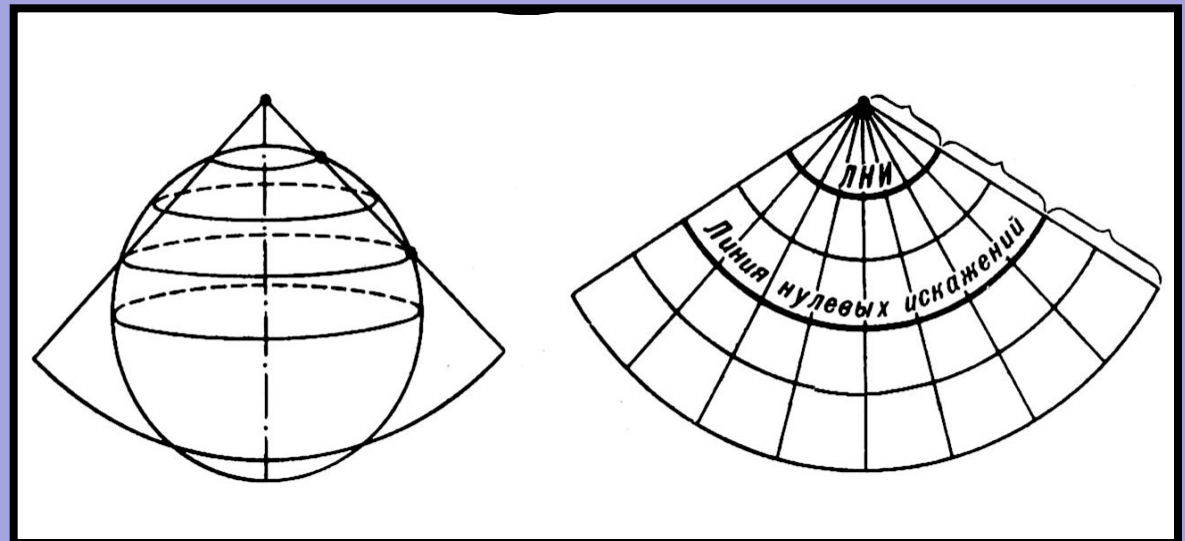
а - проекция на касательном конусе и развертка
б – проекция на секущем конусе и развертка

КОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Нормальная касательная



Нормальная секущая



Российская Федерация



Российская Федерация – Россия есть демократическое федеративное правовое государство с республиканской формой правления.
Наименования Российской Федерации и России равнозначны.
(Конституция Российской Федерации, статья 1)



Российская Федерация состоит из республик, краев, областей, городов федерального значения, автономной области, автономных округов – равноправных субъектов Российской Федерации.
(Конституция Российской Федерации, статья 5)



<ul style="list-style-type: none"> ● МОСКВА Столица Российской Федерации ● Иркутск Столицы республик, центры краев, областей, автономных округов, автономных областей Российской Федерации ○ Владивосток Прочие населенные пункты ○ БАРШАВА Столицы зарубежных государств 	<ul style="list-style-type: none"> — Железные дороги и морские железнодорожные паромные переправы — Морские пути и дальнолетные авиалинии ⚓ Морские порты 	<p>Границы государства</p> <ul style="list-style-type: none"> — республик, краев, областей, автономных округов, автономных областей Российской Федерации — — — — — прочие владений Российской Федерации — — — — — Железные дороги — участника Содружества Независимых Государств 	<p>ЦИФРАМИ НА КАРТЕ ОБЪЕДИНЕНЫ:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Удмуртская Республика 2 Республика Марий Эл 3 Нижегородская область 4 Чувашская Республика — Чувашия 5 Республика Мордовия 6 Краснодарский край 7 Ставропольский край 8 Республика Адыгея (Адыгея) 9 Карачаево-Черкесская Республика 10 Кабардино-Балкарская Республика 11 Республика Северная Осетия — Алания 12 Республика Ингушетия 13 Чеченская Республика 14 Республика Дагестан 15 Усть-Одвинский Бурятский автономный округ 16 Агинский Бурятский автономный округ 17 Еврейская автономная область 	<p>Города федерального значения:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Москва ● Санкт-Петербург ● Чита ● Владивосток ● Ханты-Мансийск ● Илань ● Якутск ● Мирный ● Игарка
---	--	---	---	--

Масштаб 1:20 000 000

www.map-russia.ru

Нормальная коническая

КНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

А) нормальная (прямая) коническая проекция – ось конуса совпадает с осью вращения Земли. **Меридианы** изображаются **прямыми**, сходящимися в одной точке под углами, пропорциональными соответствующим разностям долгот, а **параллели** – **дугами концентрических окружностей** с центром в точке пересечения меридианов.

Нормальные конические проекции наиболее употребляемы для территорий вытянутых с запада на восток в средних широтах.

Б) поперечная – ось конуса лежит в плоскости экватора

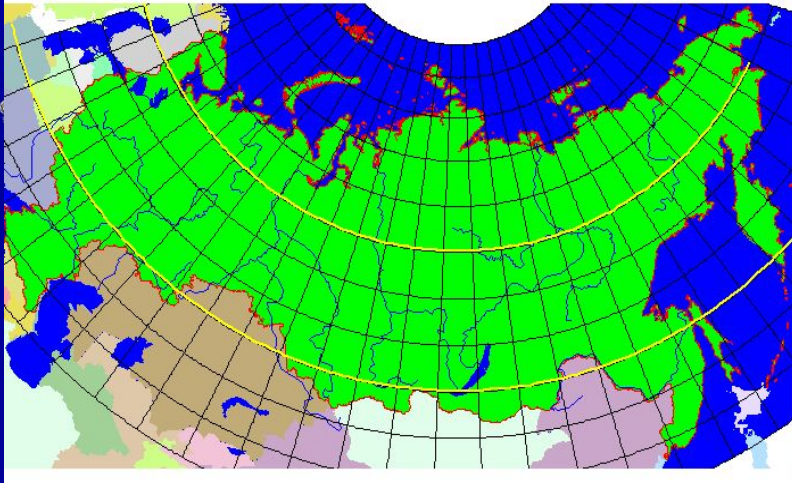
В) косая – ось конуса располагается под углом к плоскости экватора.

В косых и поперечных проекциях – параллели и меридианы, исключая средний – кривые линии.

Конические проекции

Коническая равнопромежуточная.

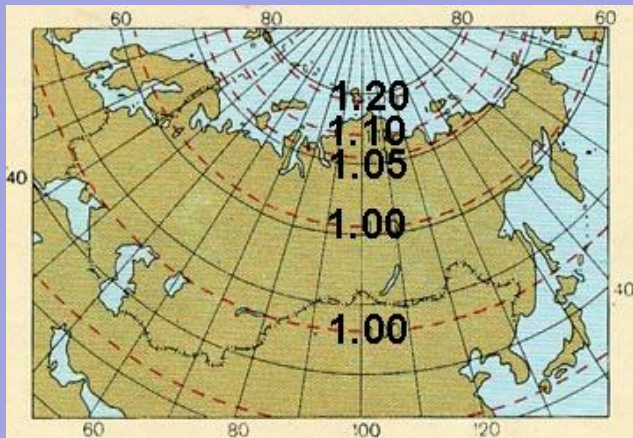
Проекция Альберса (нормальная равновеликая на секущий конус, центральный меридиан 105°)



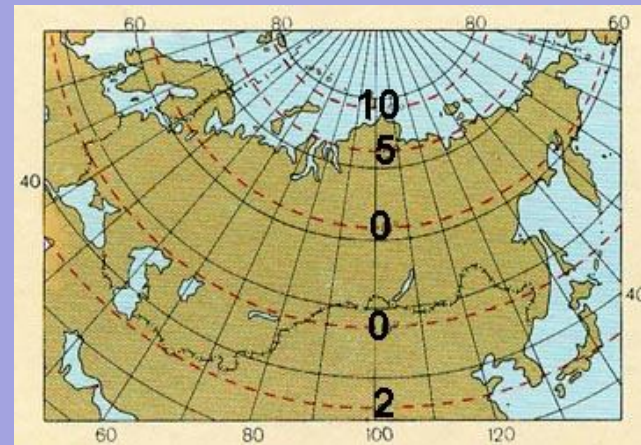
Параметры: стандартная параллель 1 – 47°;
стандартная параллель 2 – 62°;
центральный меридиан 100°

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.

Рекомендуемый выбор стандартных параллелей можно рассчитать, определив диапазон долгот в градусах с севера на юг и разделив этот диапазон на шесть. Использование “Правила одной шестой” для определения стандартных параллелей означает, что первая стандартная параллель равна южной границе плюс 1/6 диапазона, а вторая стандартная параллель – северной границе минус 1/6 диапазона.



Изоколы масштаба длин и площадей



Изоколы углов

Изоколы — линии равных искажений

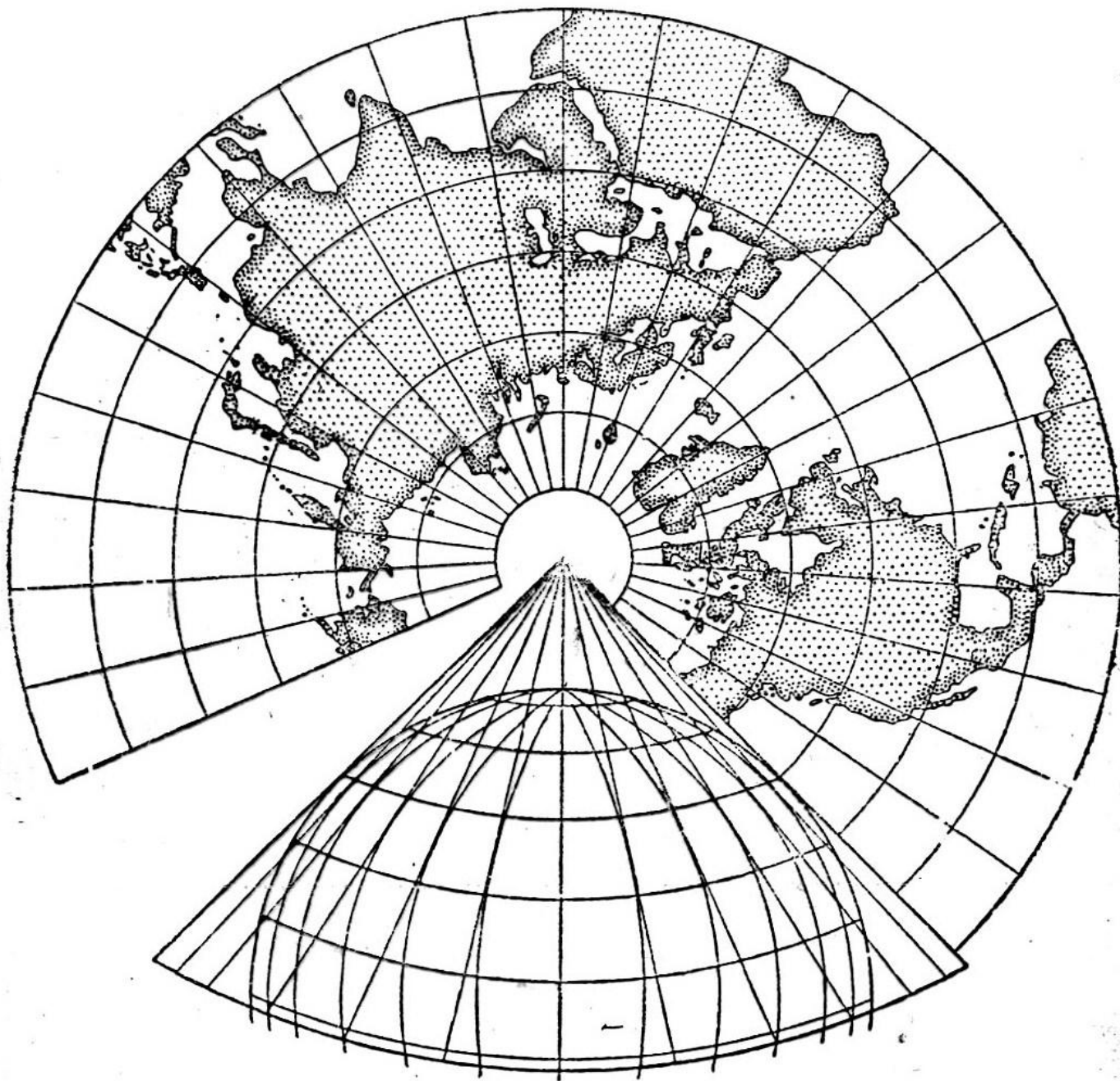
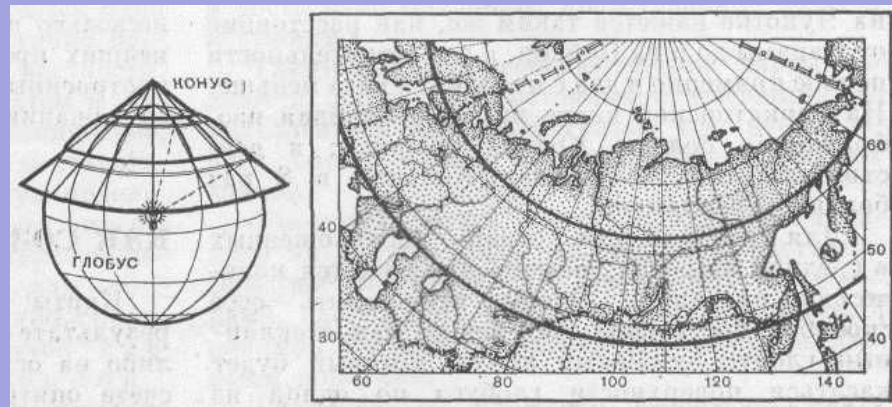


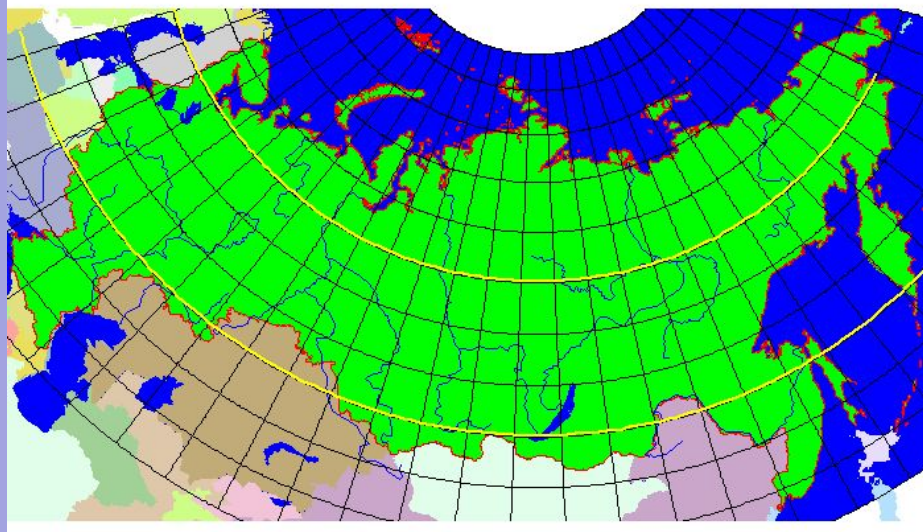
Рис. 67. Коническая нормальная проекция.

Конические проекции

- используются для изображения Евразии, Азии и мира. Меридианами в такой проекции являются прямые линии, выходящие из одной точки (полюса), а параллелями — дуги концентрических кругов.



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

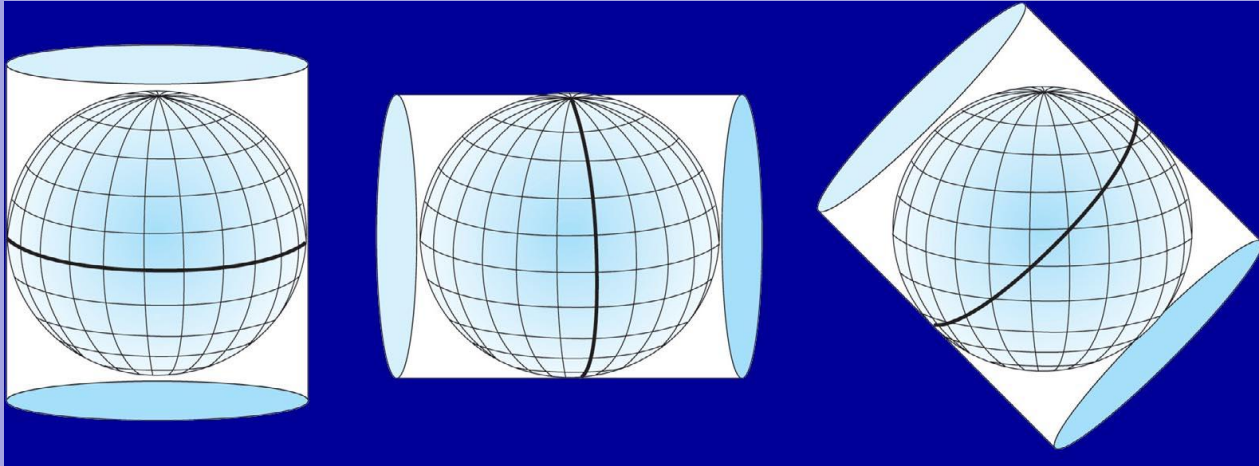


КАК ВЫБИРАЮТ ПРОЕКЦИЮ

- Для изображения России удобны конические проекции, в которых воображаемый конус рассекает земной шар по параллелям 47° и 62° северной широты: на создаваемых подобным образом картах это так называемые линии нулевых искажений. Вблизи них сжатия и растяжения невелики, что удобно, поскольку между ними находятся самые густонаселённые области



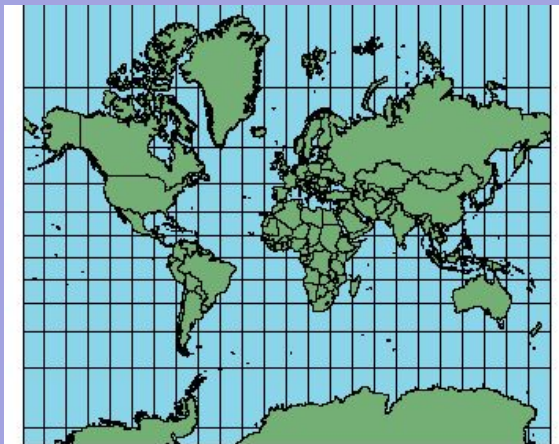
3. Цилиндрические проекции



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.

Цилиндрические – поверхность эллипсоида (шара) проектируется на поверхность касательного или секущего **цилиндра**, а затем его боковая поверхность разворачивается в плоскость

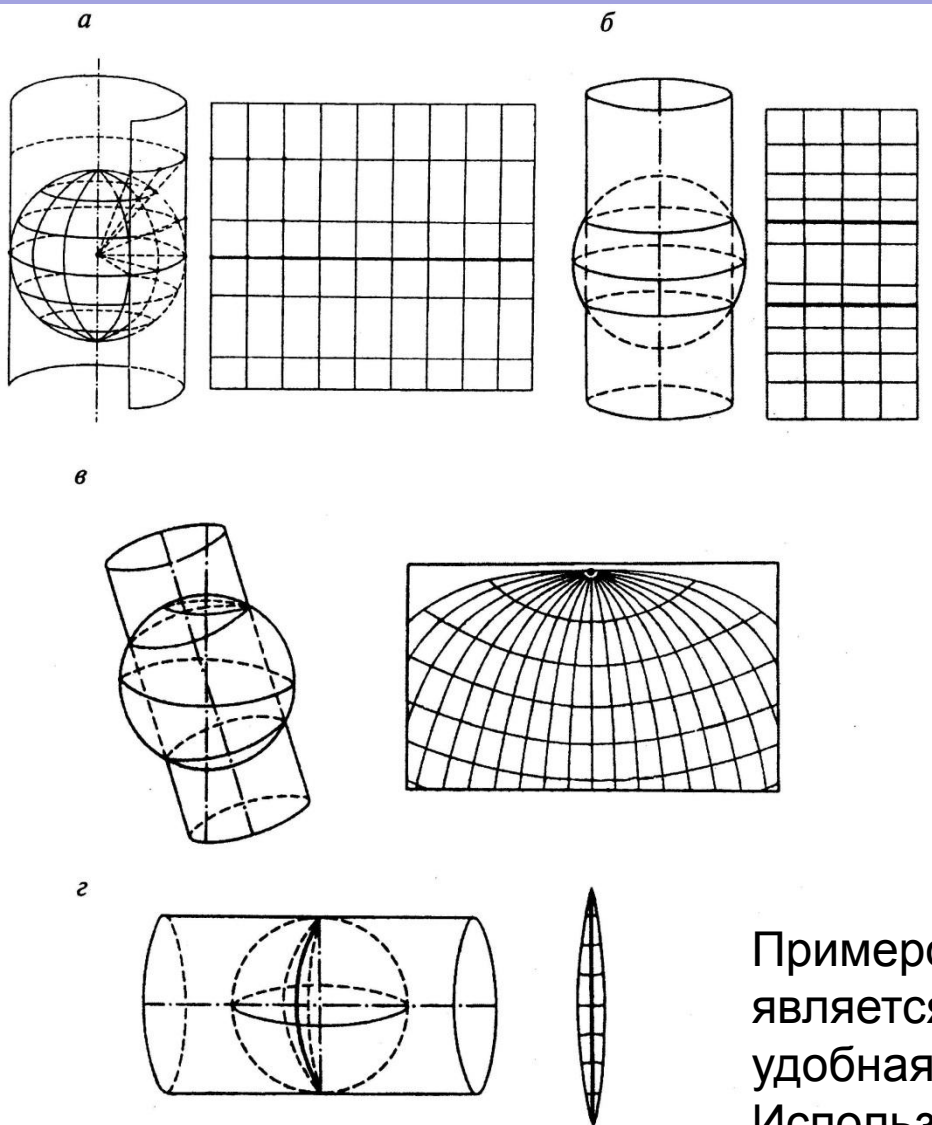
А) нормальные (прямые) цилиндрические проекции – ось цилиндра совпадает с осью Земли, **меридианы** изображаются равноотстоящими **параллельными прямыми**, а **параллели** – **перпендикулярными к ним прямыми**; в таких проекциях меньше всего искажений в приэкваториальных и тропических областях

Б) поперечные цилиндрические проекции – ось цилиндра располагается в плоскости экватора, цилиндр касается шара по меридиану, искажения вдоль него отсутствуют

В) косые цилиндрические проекции – ось цилиндра располагается под острым углом к поверхности экватора

В поперечных и косых проекциях параллели и меридианы, исключая средний, имеют вид кривых линий. Поперечные проекции наиболее применимы для территорий, вытянутых с севера на юг, косые – для территорий ориентированных на северо-запад или северо-восток.

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

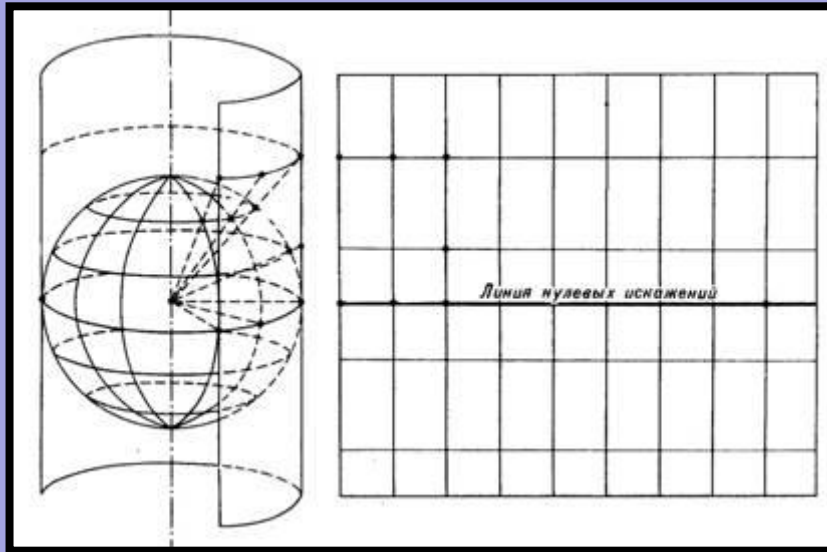


- а – нормальная цилиндрическая проекция на касательном цилиндре;
- б – нормальная цилиндрическая проекция на секущем цилиндре;
- в – косая цилиндрическая проекция на секущем цилиндре;
- г – поперечная цилиндрическая проекция на касательном цилиндре.

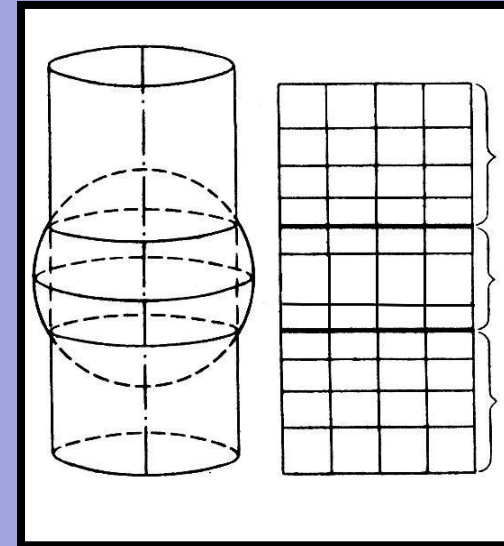
Примером поперечной цилиндрической проекции является проекция Гаусса-Крюгера, удобная для проектирования геодезических зон. Используется на топографических картах.

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

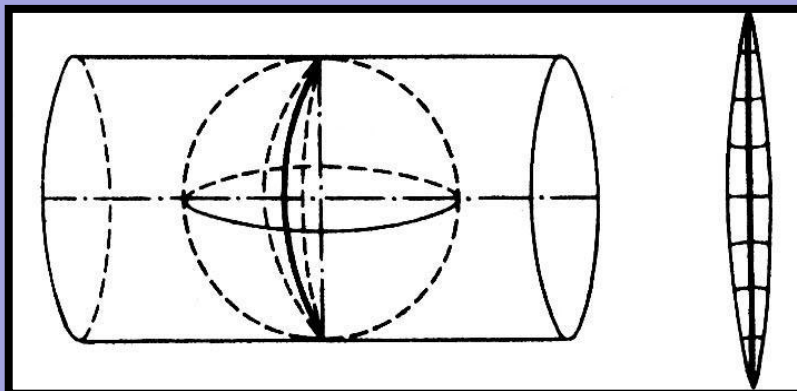
Нормальная прямая



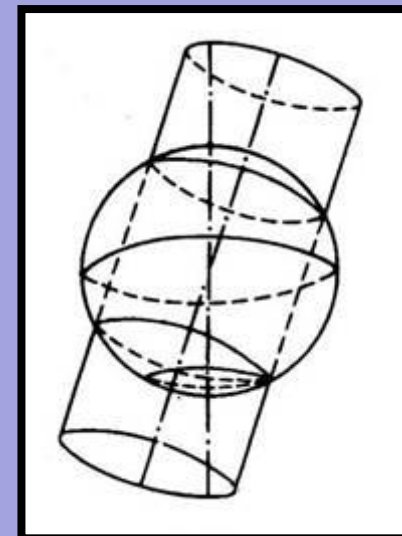
Нормальная секущая

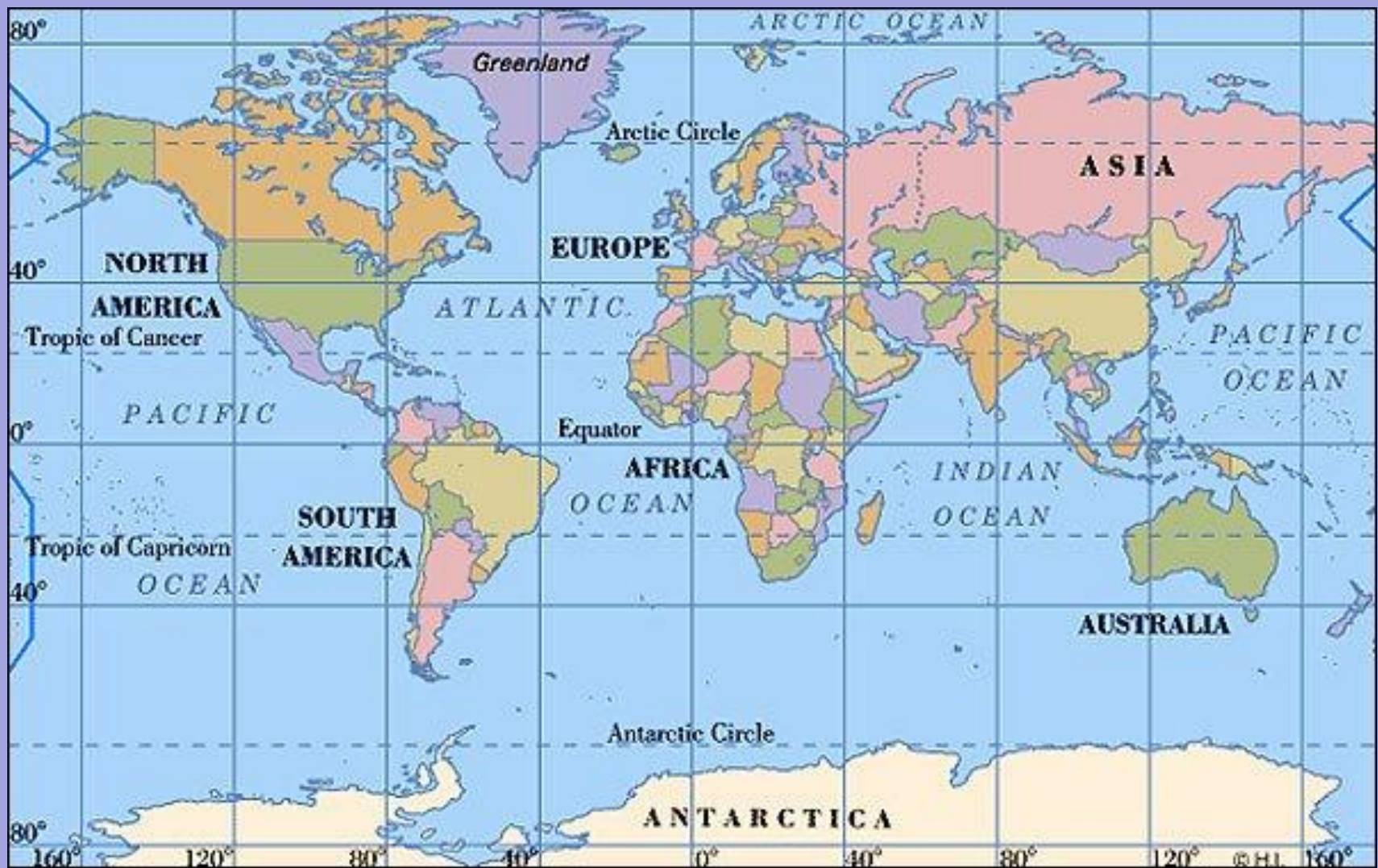


Поперечная



Косая

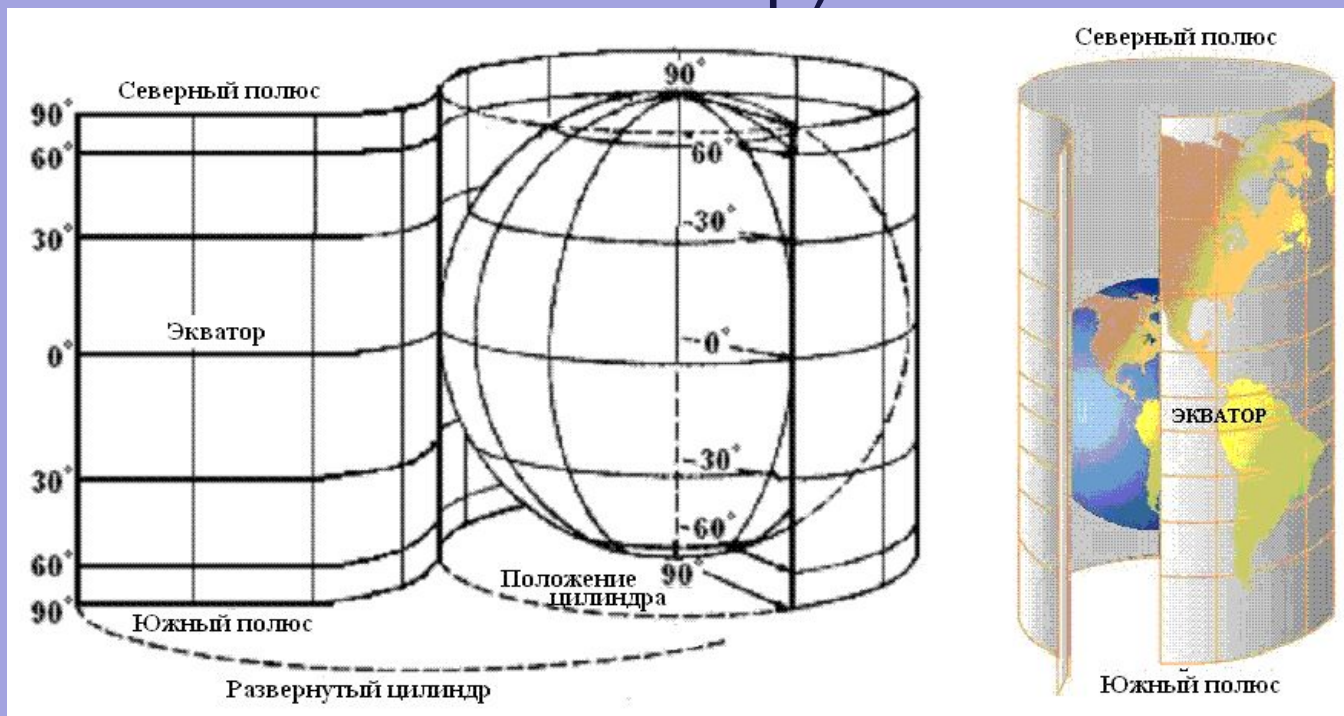




Нормальная цилиндрическая

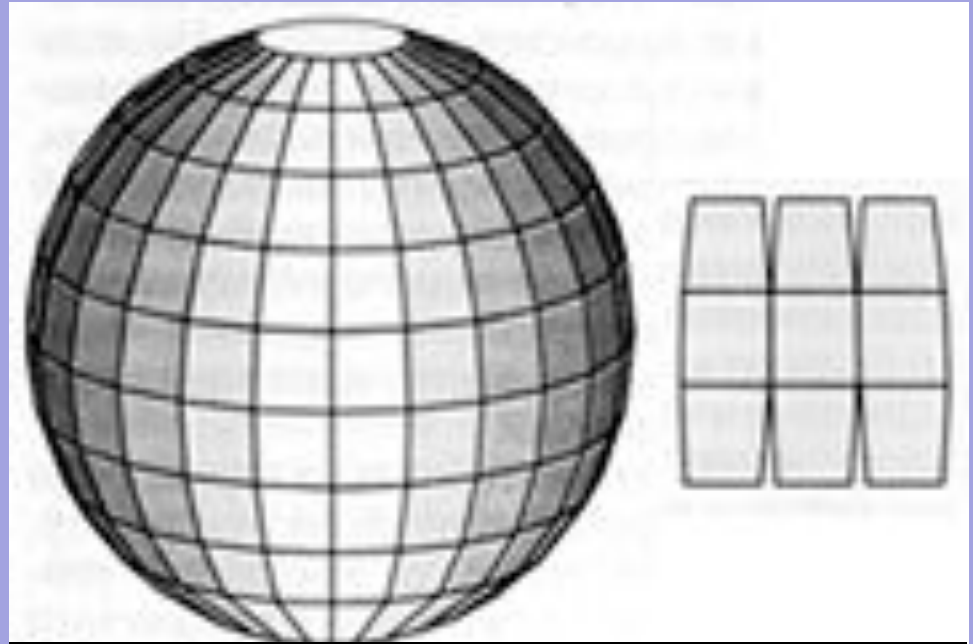
Цилиндрические проекции

используются для карт мира
(линией наименьших искажений является
экватор)



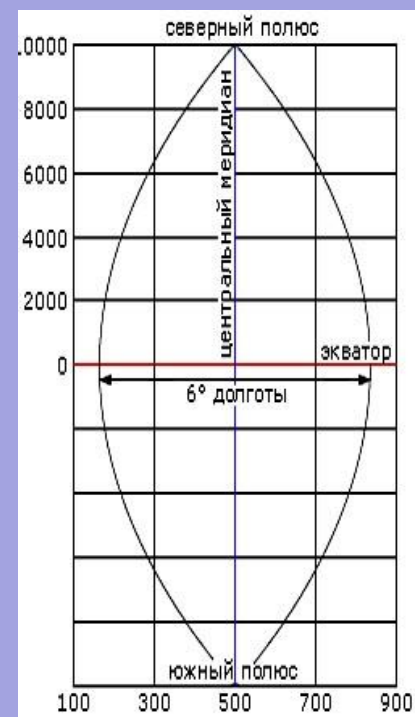
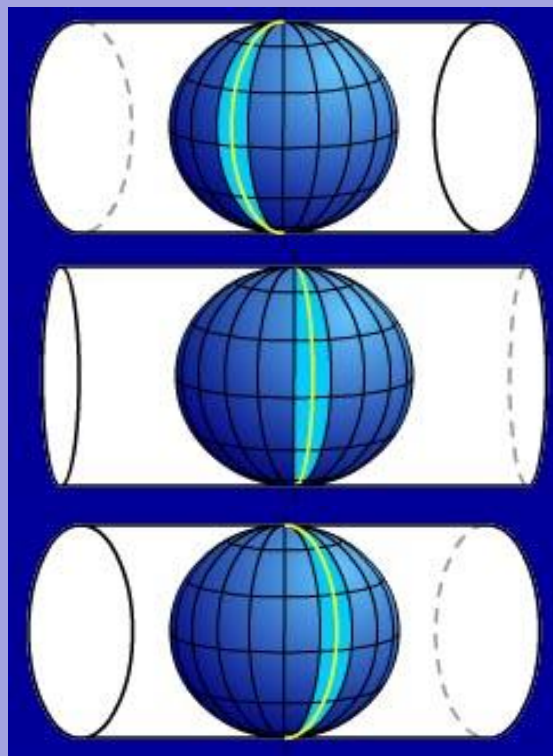
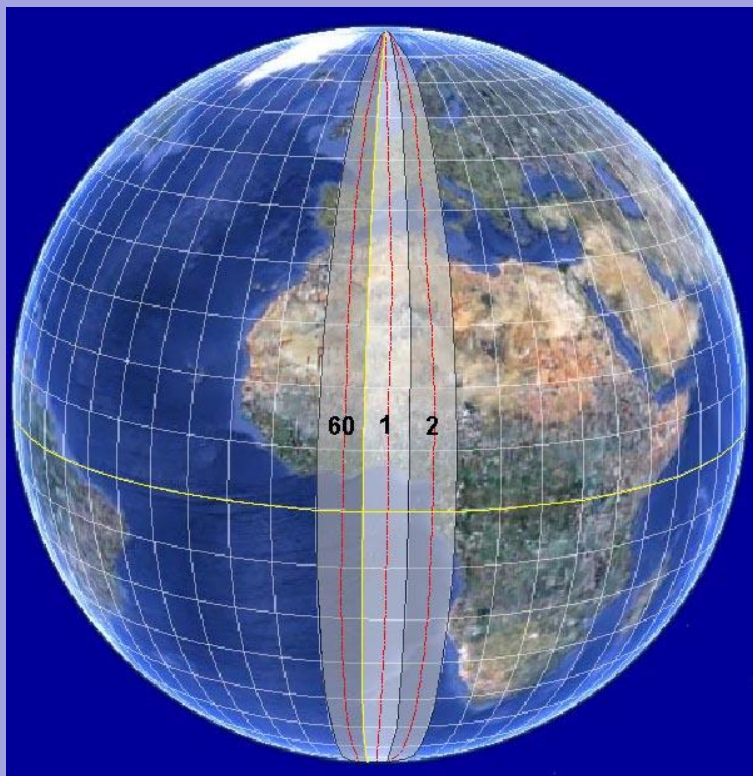
КАК ВЫБИРАЮТ ПРОЕКЦИЮ

- Для карт мира чаще всего используют цилиндрические проекции, размещая цилиндр так, чтобы он касался шара по экватору или рассекал его вблизи экватора. Тогда Африка, Центральная и Южная Америка, Южная Азия и Австралия будут искажены мало, потому что они расположены близко к линии касания.



При расположении на плоскости листов карт, ограниченных параллелями и меридианами, появляются разрывы

Поперечно – цилиндрическая проекция Меркатора

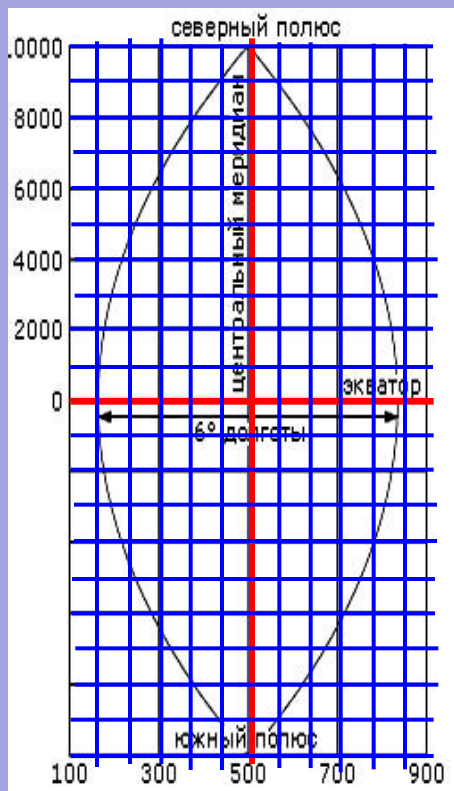


Земной шар разделён на 60 зон шириной 6°
Зоны нумеруются с запада на восток,
начиная с 0°

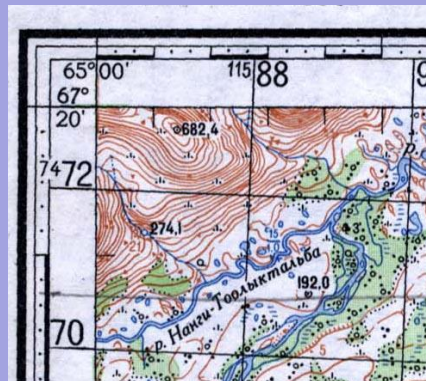
Проектирование происходит на воображаемый цилиндр,
который охватывает земной эллипсоид по меридиану,
называемому центральным (осевым) меридианом **зоны**.

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

Протяженность сфероида или эллипсоида должна быть в пределах $10 - 12^\circ$ по обе стороны 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° .

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

4. Условные проекции:

- **Условные** проекции – проекции, которые строят по заданным условиям, например, для получения определенного вида географической сетки, заданного характера искажений и др.
- К ним относятся *псевдоцилиндрические, псевдоконические, псевдоазимутальные* и другие проекции, строящиеся посредством преобразования исходных проекций

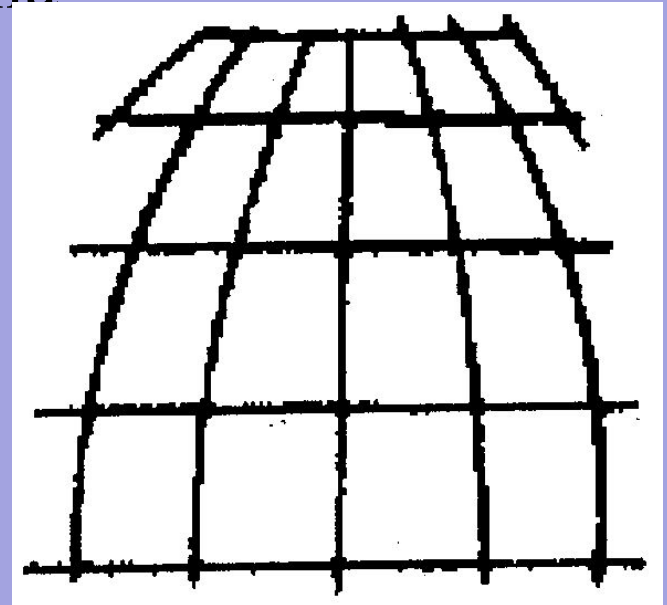
Условные проекции

К этой категории относятся все проекции, которые по способу построения нельзя отнести ни к одному из перечисленных выше видов проекций. Они обычно удовлетворяют каким-нибудь заранее поставленным условиям, в зависимости от тех целей, для которых требуется карта. Число условных проекций не ограничено.

Например, небольшие участки земной поверхности до 85 км можно изобразить на плоскости с сохранением на них подобия нанесенных фигур и площадей. Такие плоские изображения небольших участков земной поверхности, на которых искажениями практически можно пренебрегать, называются планами.

А) Псевдоцилиндрические проекции – проекции, в которых экватор и параллели – прямые, параллельные друг другу (что роднит их с цилиндрическими проекциями), а меридианы, кроме среднего, кривые линии, увеличивающие свою кривизну по мере удаления от среднего меридиана

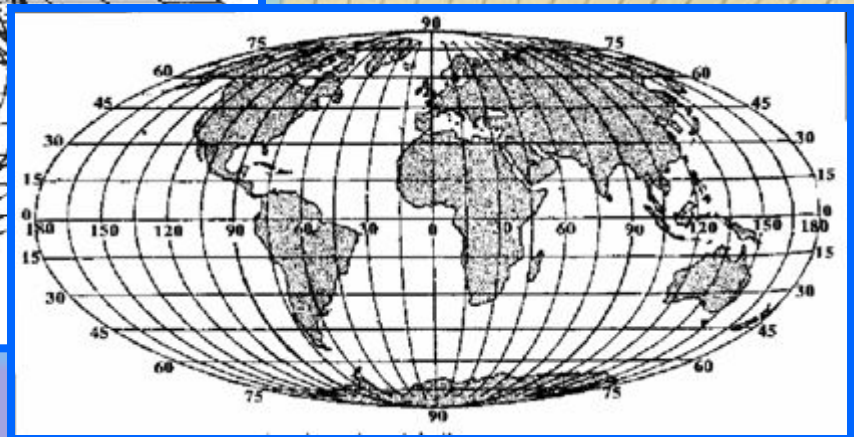
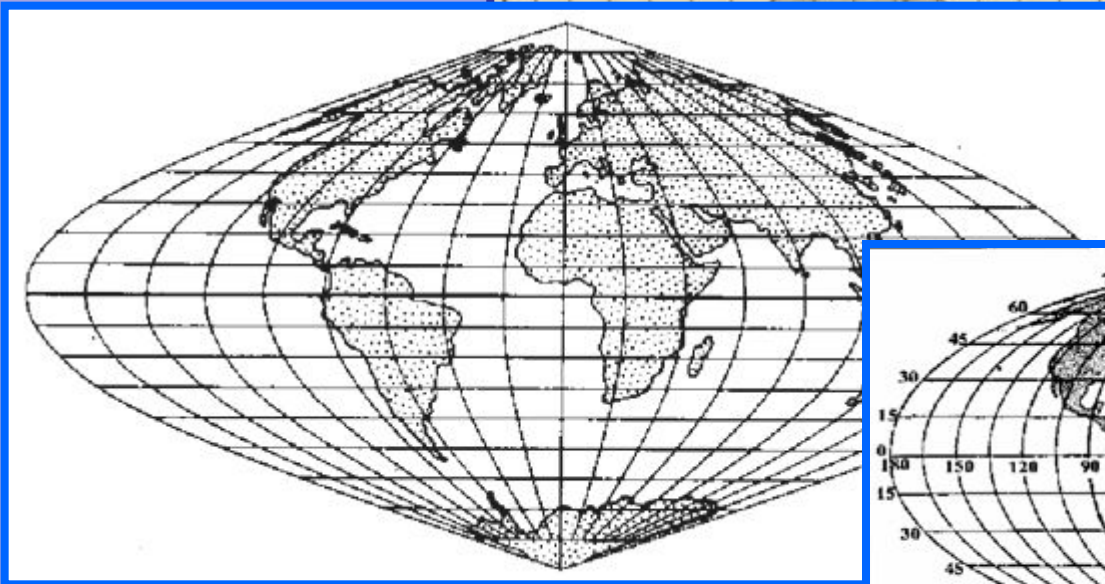
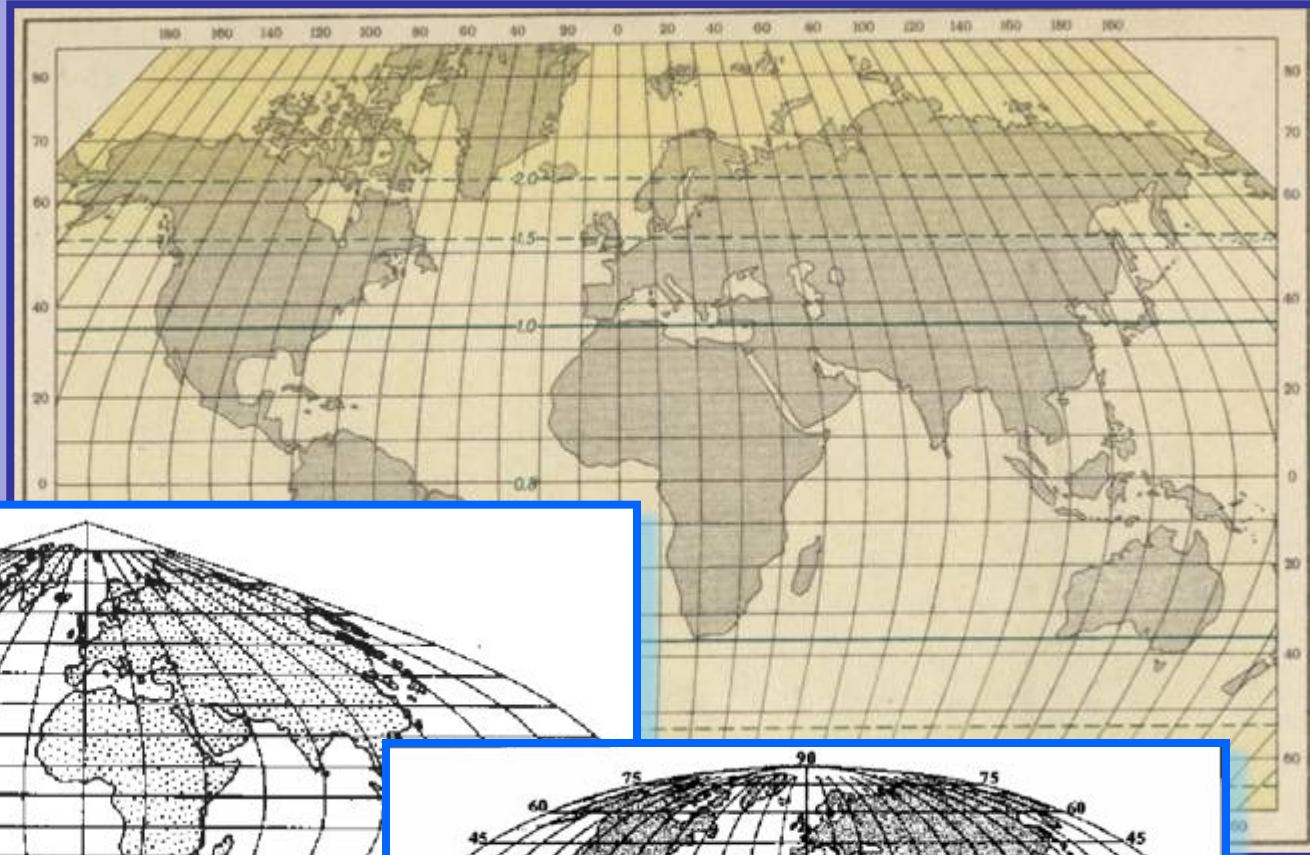
Наиболее применимы эти проекции для мировых карт и Тихого океана



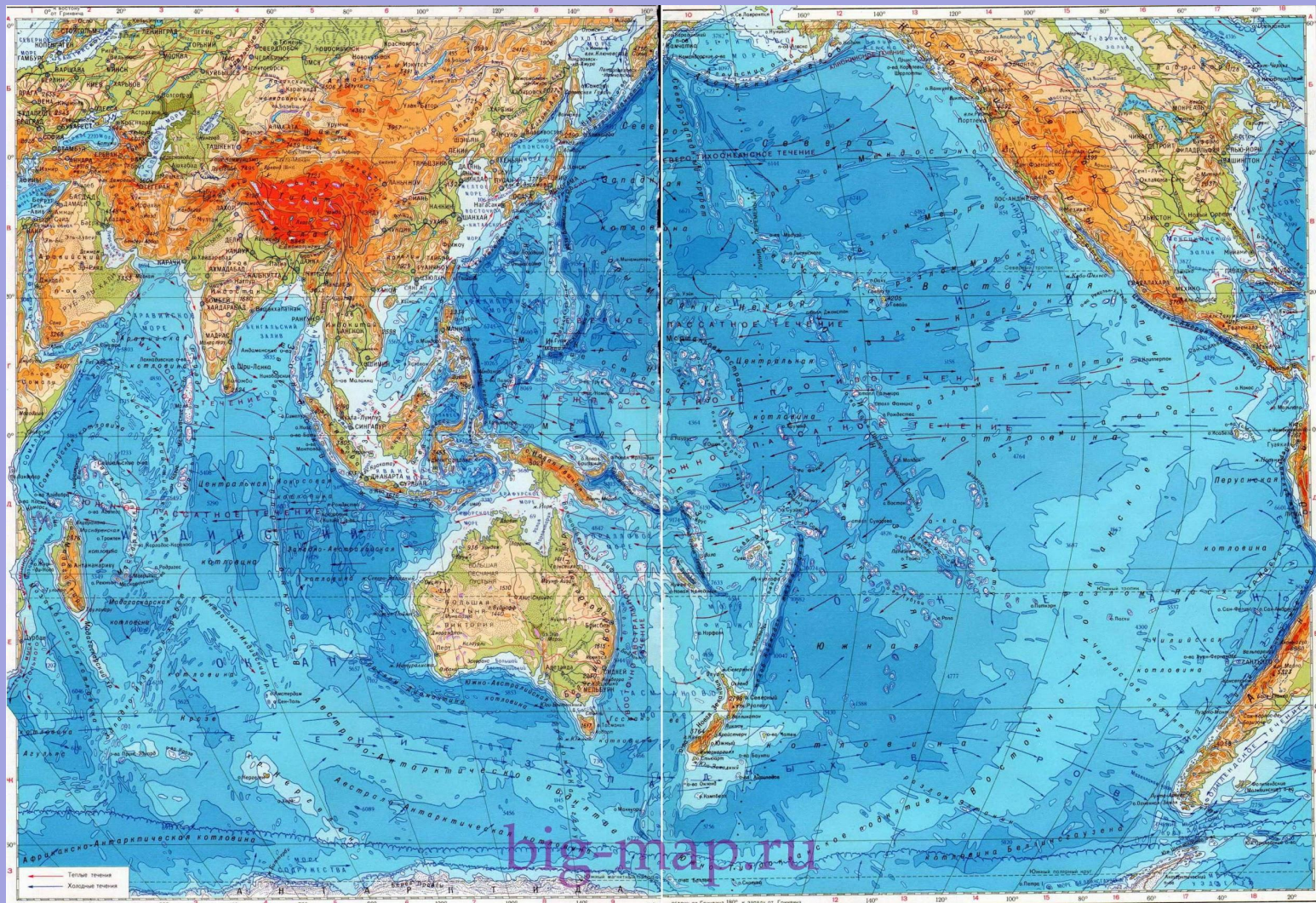
ПСЕВДОЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Параллели – прямые, параллельные экватору, как в цилиндрической проекции.

Меридианы – кривые, кривизна которых увеличивается с удалением от среднего прямого меридиана

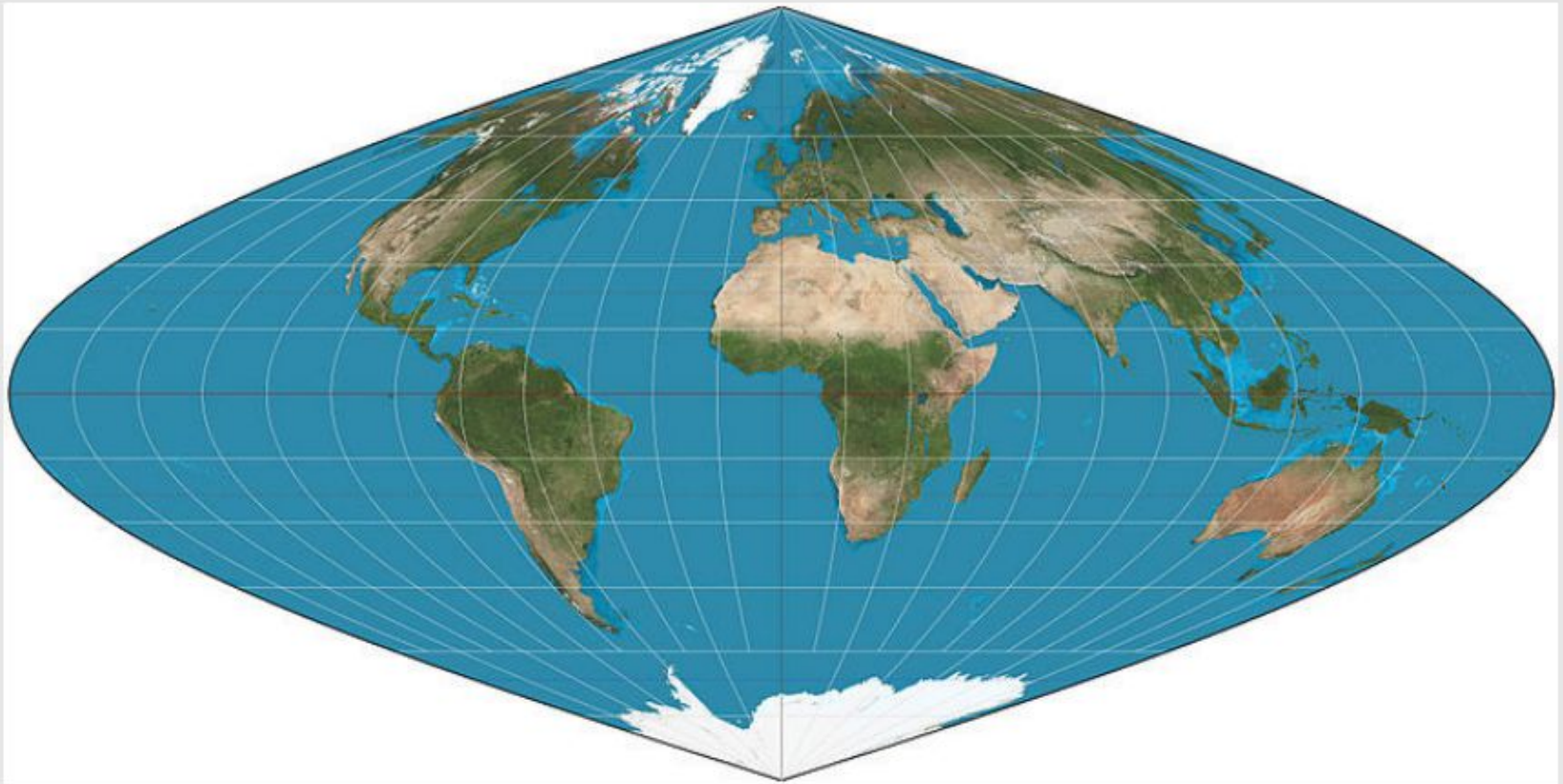


*Проекция Каврайского,
Сансона, Мольвейде*



Псевдоцилиндрическая

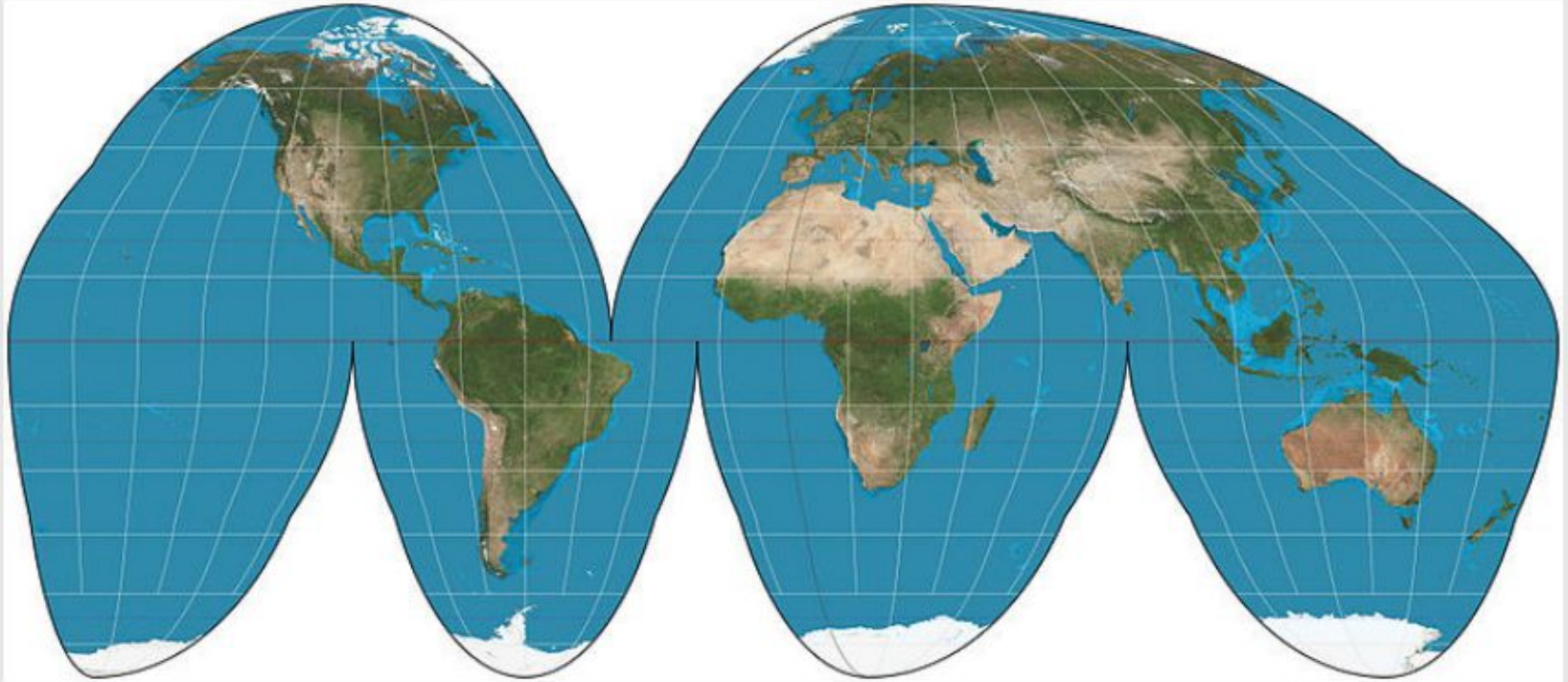
Псевдоцилиндрическая синусоидальная проекция Сэнсона-Флемстида (1570 г.)



Псевдоцилиндрическая проекция Каврайского (1939)

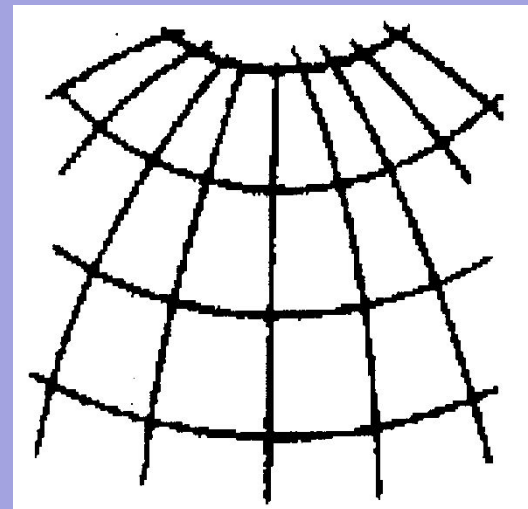


Псевдоцилиндрическая проекция Гуда (1923)



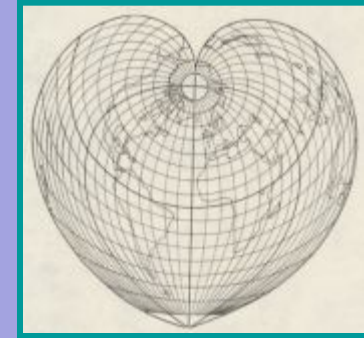
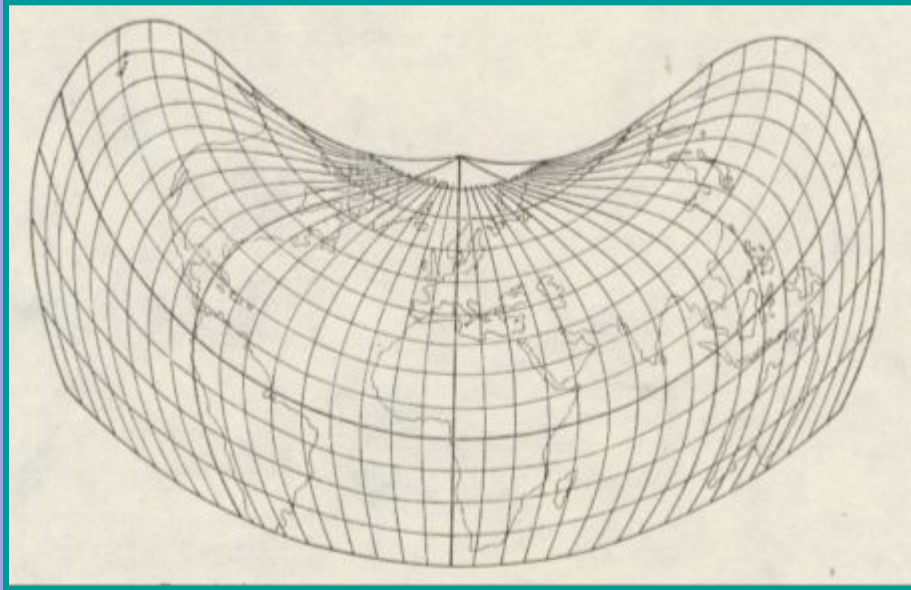
Б) Псевдоконические проекции – проекции, в которых **параллели** представляют собой **дуги концентрических окружностей** (как и в нормальных конических), а **меридианы** – **кривые линии**, симметрично расположенные относительно **среднего прямолинейного меридиана**, кривизна их увеличивается с удалением от среднего меридиана

Применяются для карт России, Евразии, других материков



ПСЕВДОКОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Проекция Бонна

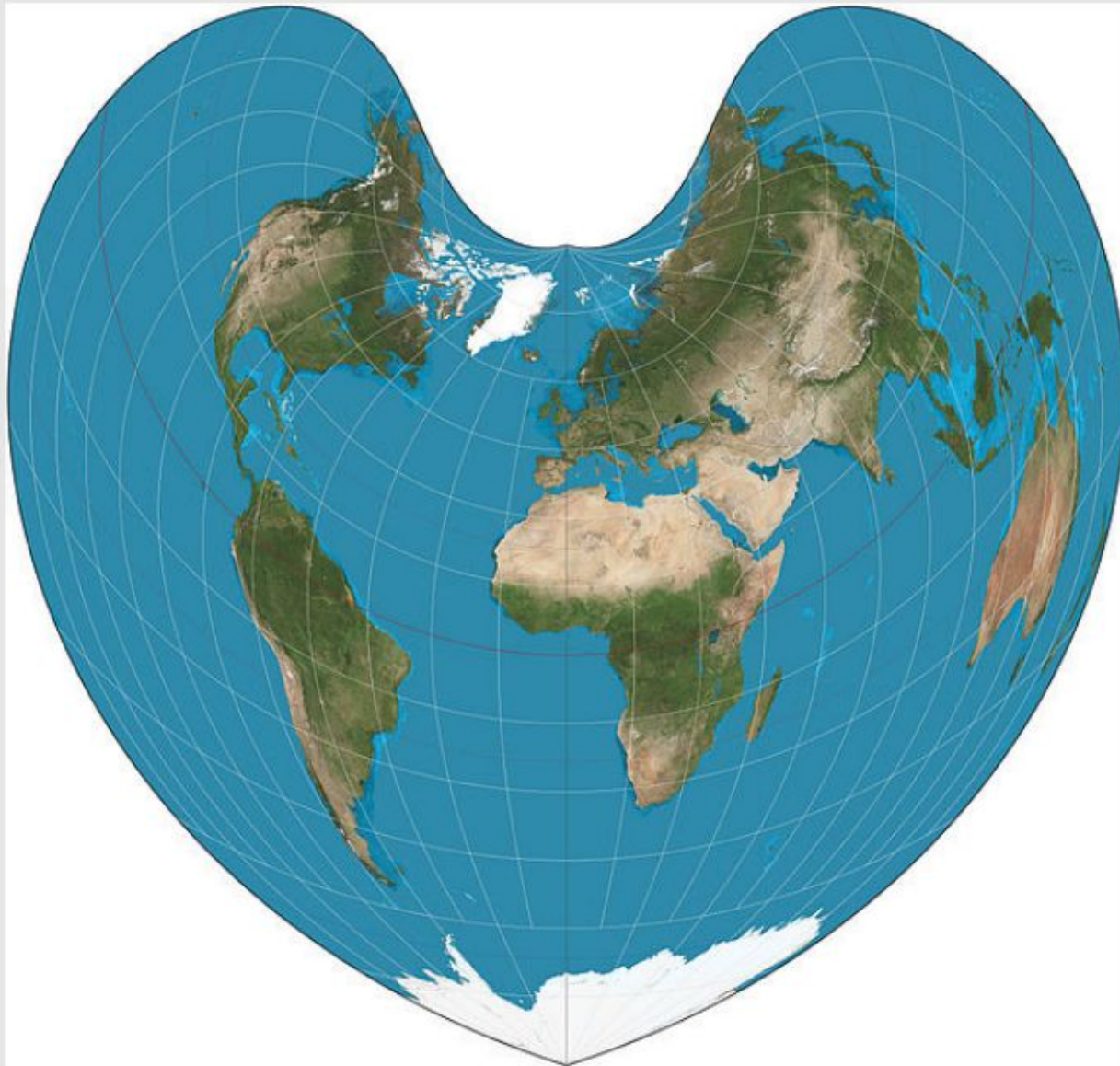


Параллели – кривые,
меридианы – кривые, кривизна
которых возрастает с удалением
от центрального прямого
меридиана

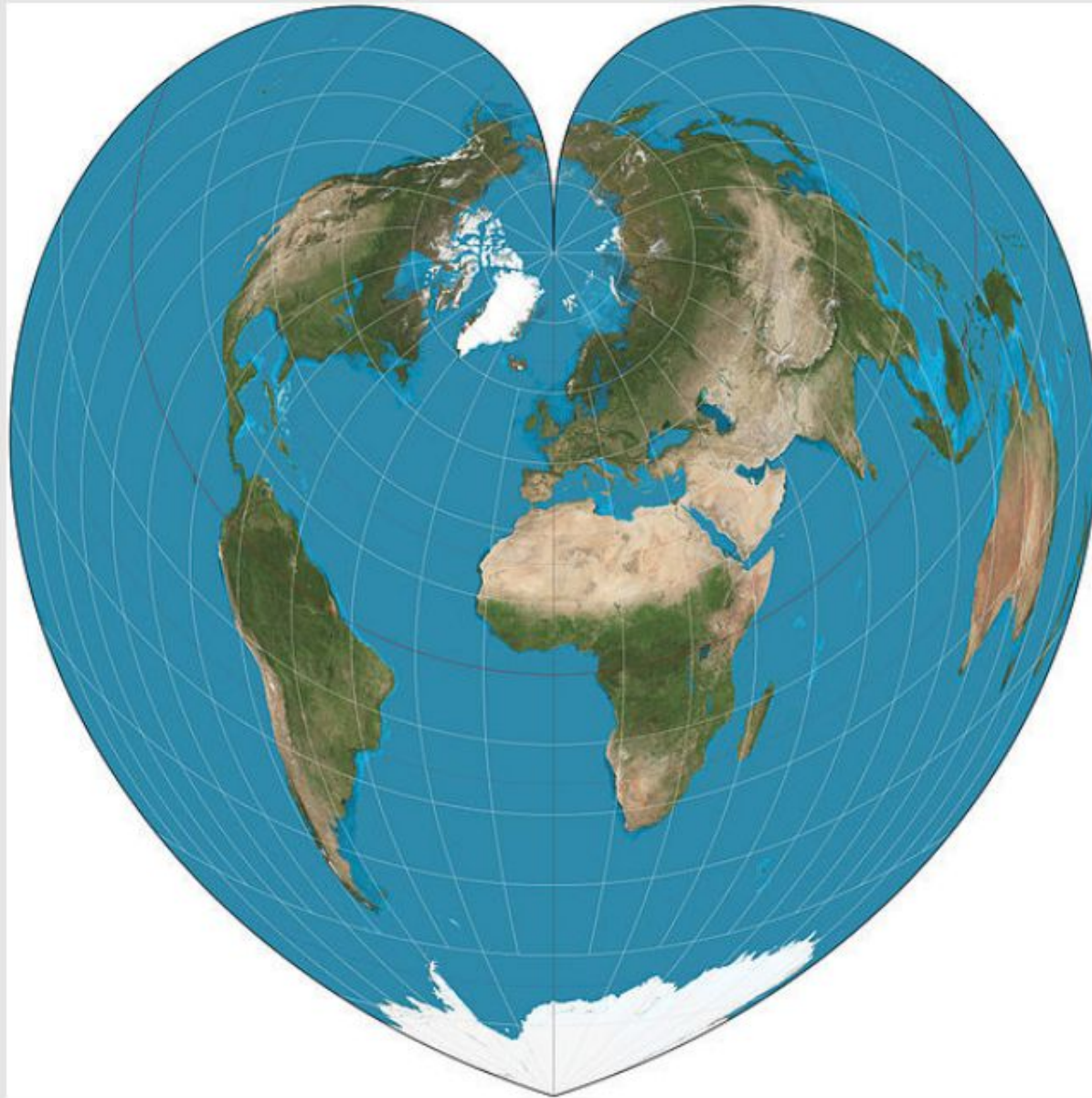
Кардиоидальная проекция Вернера,
XVI век



Псевдоконическая проекция Бонне (18 в. (16 в.))



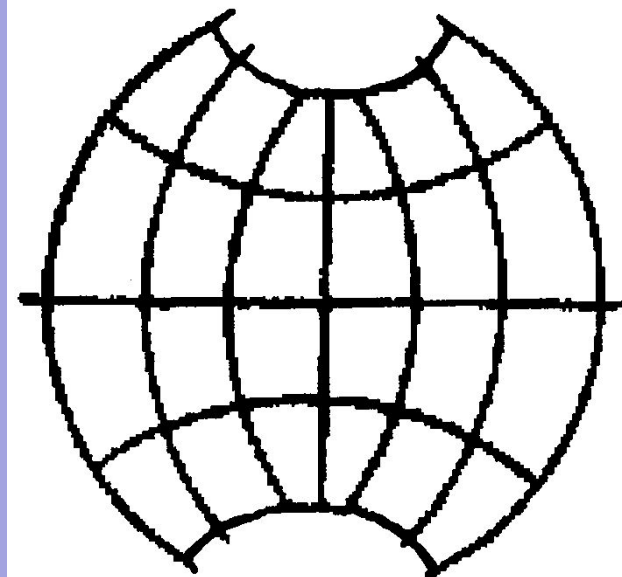
Псевдоконическая проекция Вернера (ок 1500 г.)



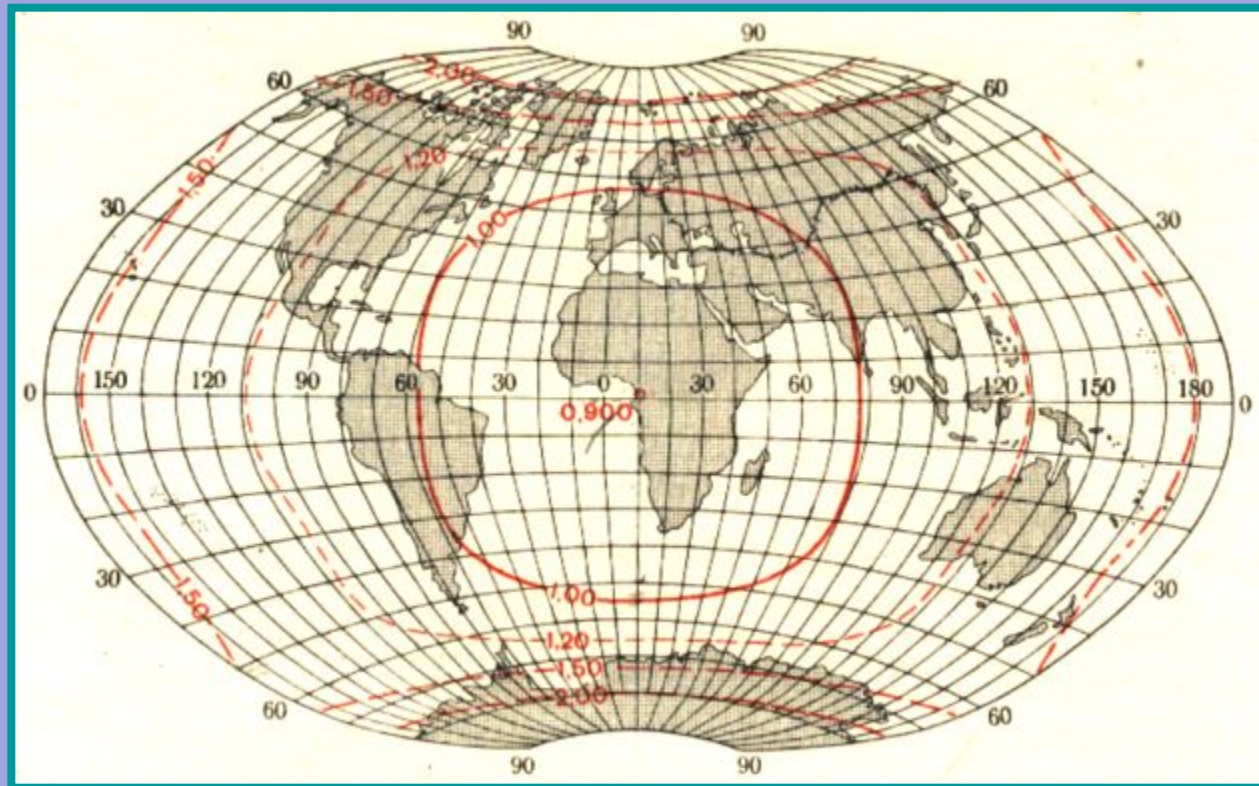
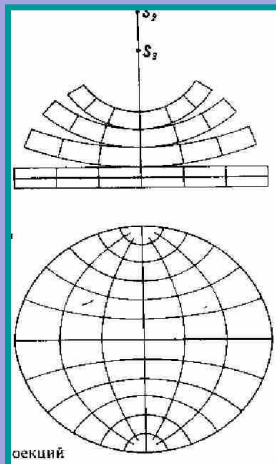
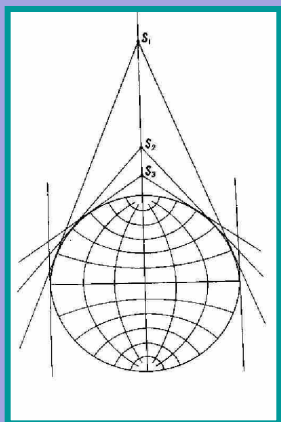
В) Поликонические проекции – проекции, в которых сеть меридианов и параллелей переносится на несколько конусов, каждый из которых разворачивается в плоскость .

Параллели, исключая экватор, изображаются дугами эксцентрических окружностей, центры которых лежат на продолжении **среднего меридиана**, имеющего вид **прямой** линии. **Остальные меридианы** – **кривые**, симметричные к среднему меридиану

Наиболее употребительны эти проекции для карт мира



ПОЛИКОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ



Параллели – дуги эксцентрических окружностей.

Меридианы – кривые, увеличивающие кривизну с удалением от среднего прямого меридиана

*Проекции ЦНИИГАиК
1944 и 1939-1949*

1. Будущие Западной Сахары подлежат урегулированию согласно соответствующим решениям ООН.
 2. Палестинские территории (Западный берег реки Иордан и сектор Газа) оккупированы Израилем в 1967 году. В настоящее время в рамках мирного урегулирования на Ближнем Востоке идет процесс формирования палестинского самоуправления.

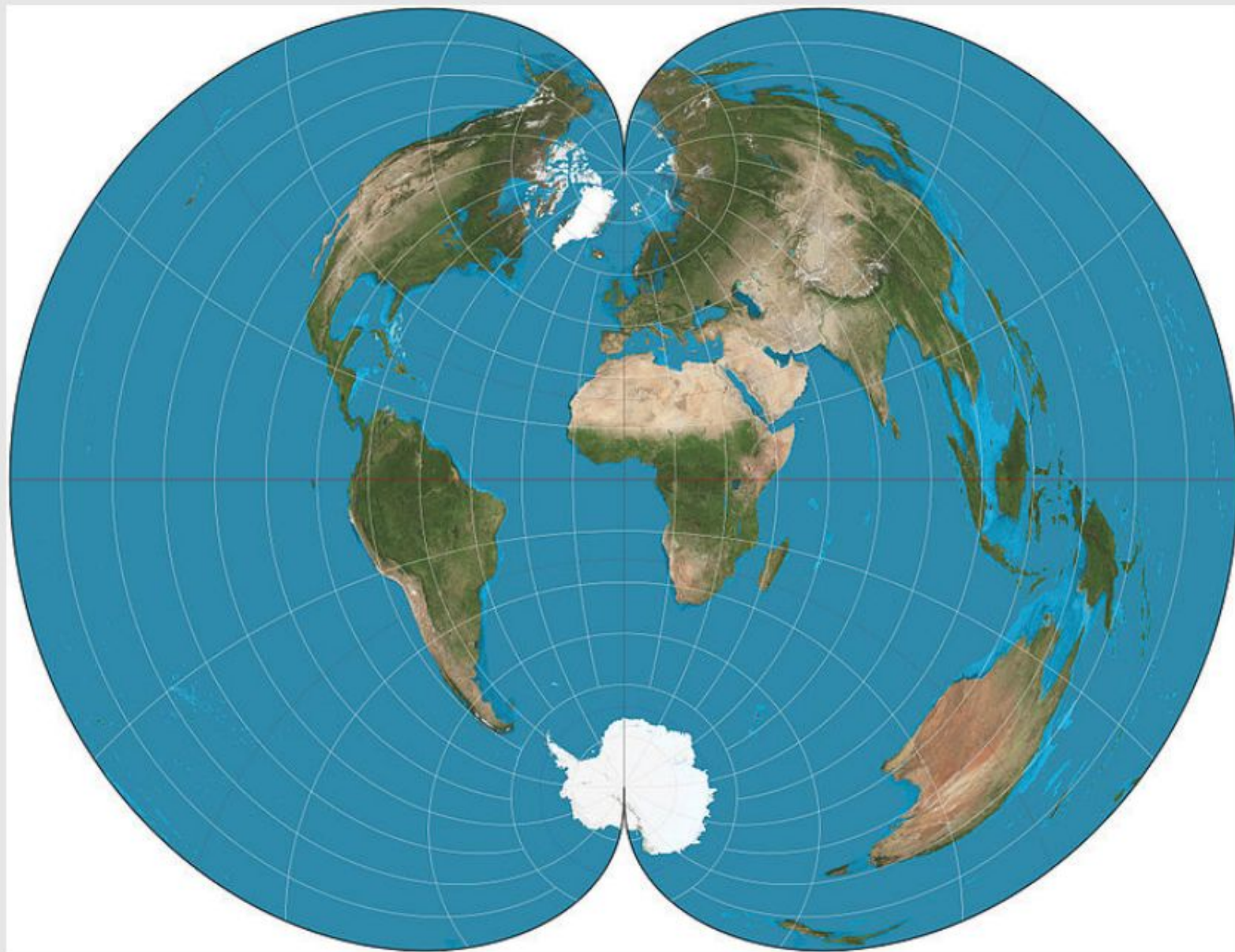


МИР в 1914г.

МИР в 1966г.

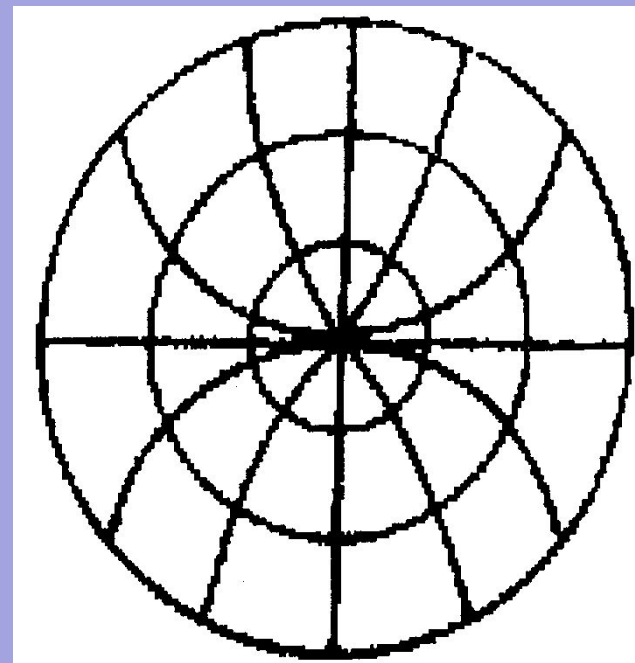
Поликоническая

Поликоническая проекция Хасслер (18-19 в.)

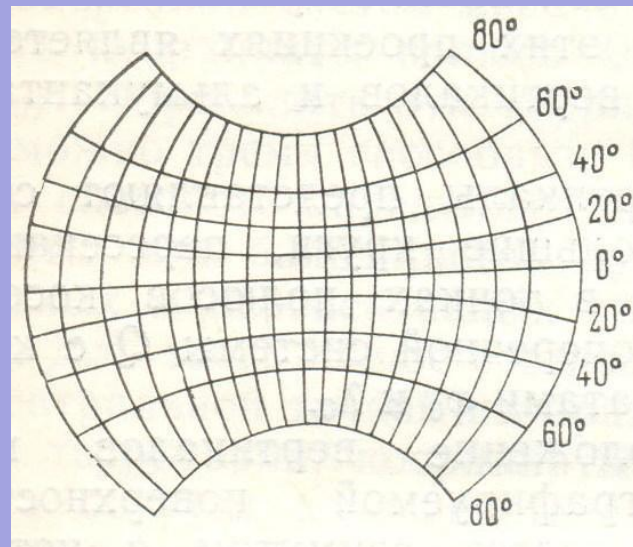


Г) **Псевдоазимутальные проекции** – проекции, в которых **параллели представляют концентрические окружности, а меридианы – кривые, сходящиеся в точке полюса и симметричные относительно одного или двух прямолинейных меридианов**

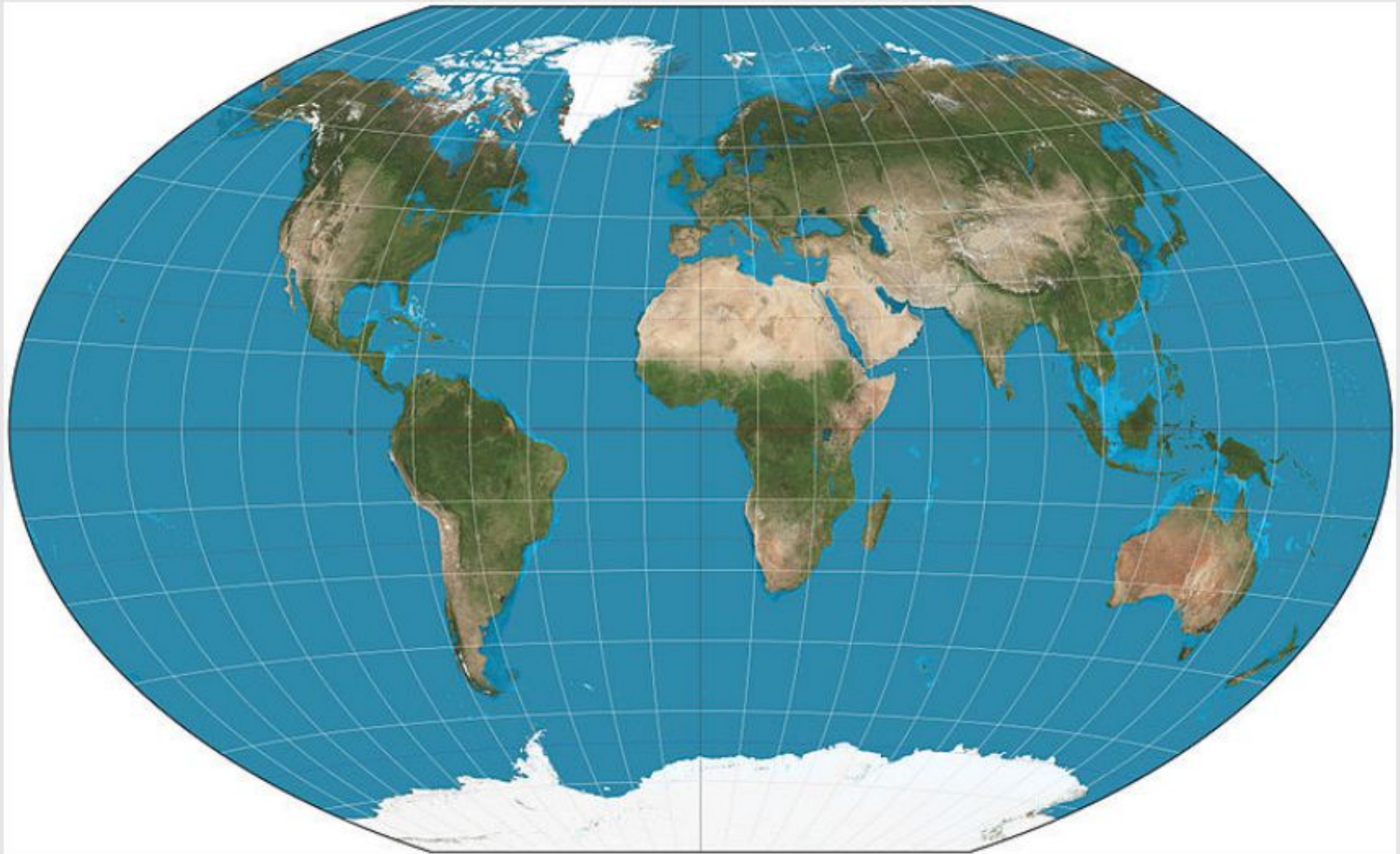
Применяются для карт океанов



- **Круговые проекции – меридианы, исключая средний, и параллели, исключая экватор, изображаются дугами эксцентрических окружностей**
- **Средний меридиан и экватор – прямые**

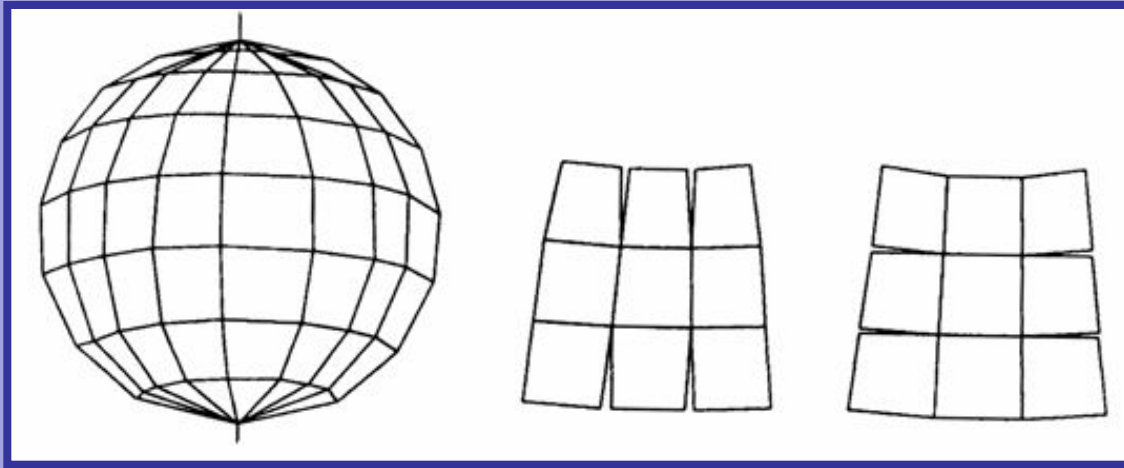


Псевдоазимутальная тройная проекция Винкеля (1921)



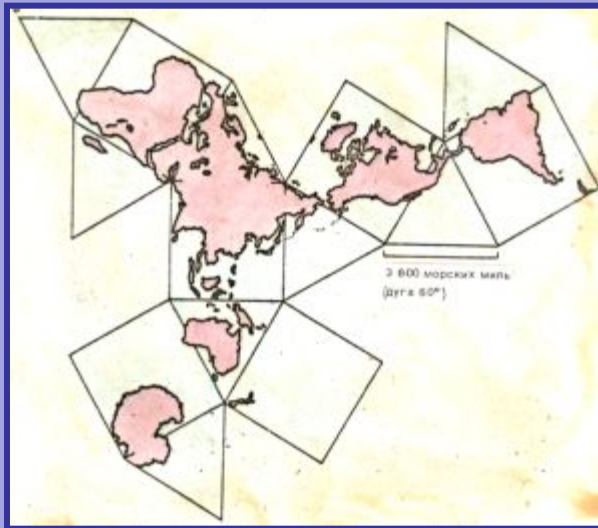
- **Д) Многогранные проекции** – проектирование эллипсоида (шара) ведется на поверхность касательного или секущего **многогранника**
- В этой проекции составляются топографические и обзорно-топографические карты, в которых рамки листов карт имеют вид трапеций
- Разновидностью многогранных являются многополосные проекции. Полосы могут нарезать и по меридианам и по параллелям. Эти проекции используются для многолистных карт

МНОГОГРАННЫЕ ПРОЕКЦИИ

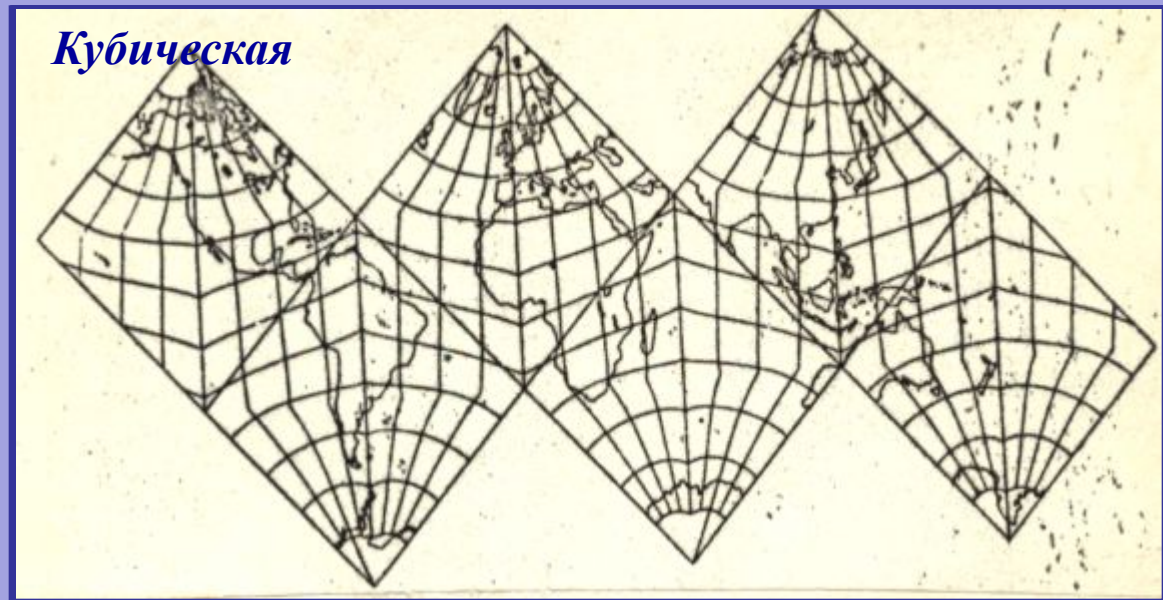


Проекция карт масштаба 1:1 000 000

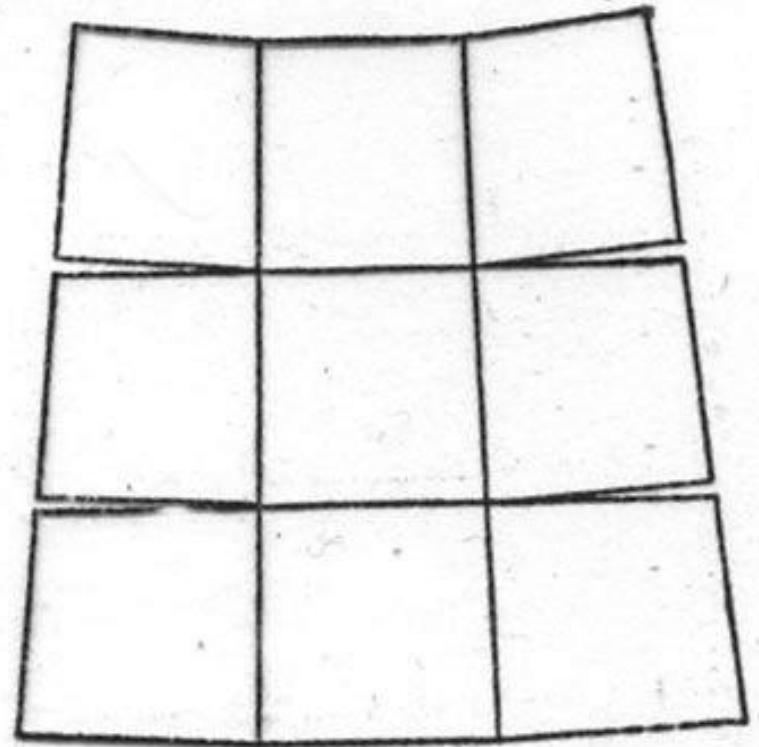
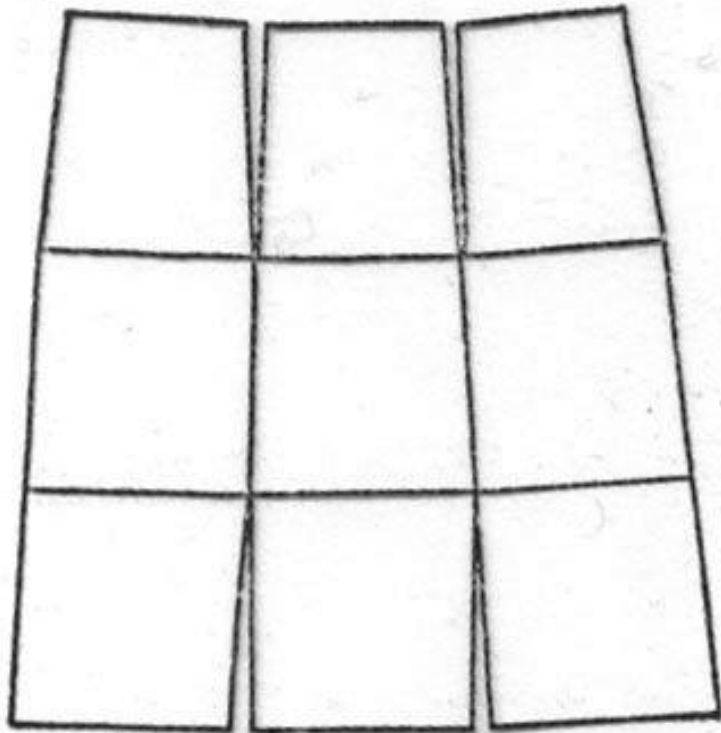
Экспериментальные
проекции на правильные
многогранники



Проекция Фаллера, 1970



МНОГОГРАННЫЕ ПРОЕКЦИИ



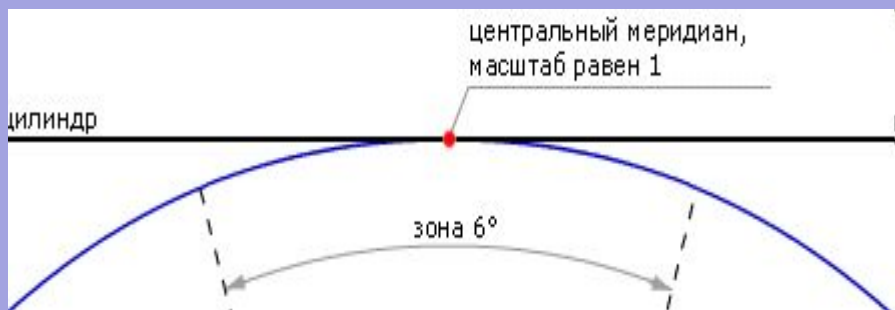
Разрывы при соединении по рамкам листов карты, построенной в многогранной проекции

Универсальная поперечная проекция Меркатора (UTM)

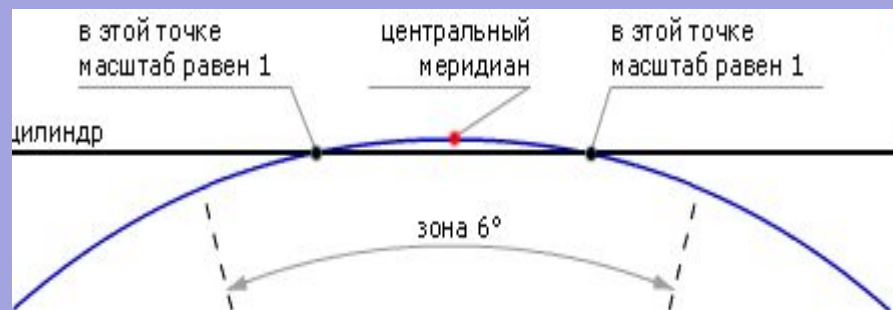
и

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

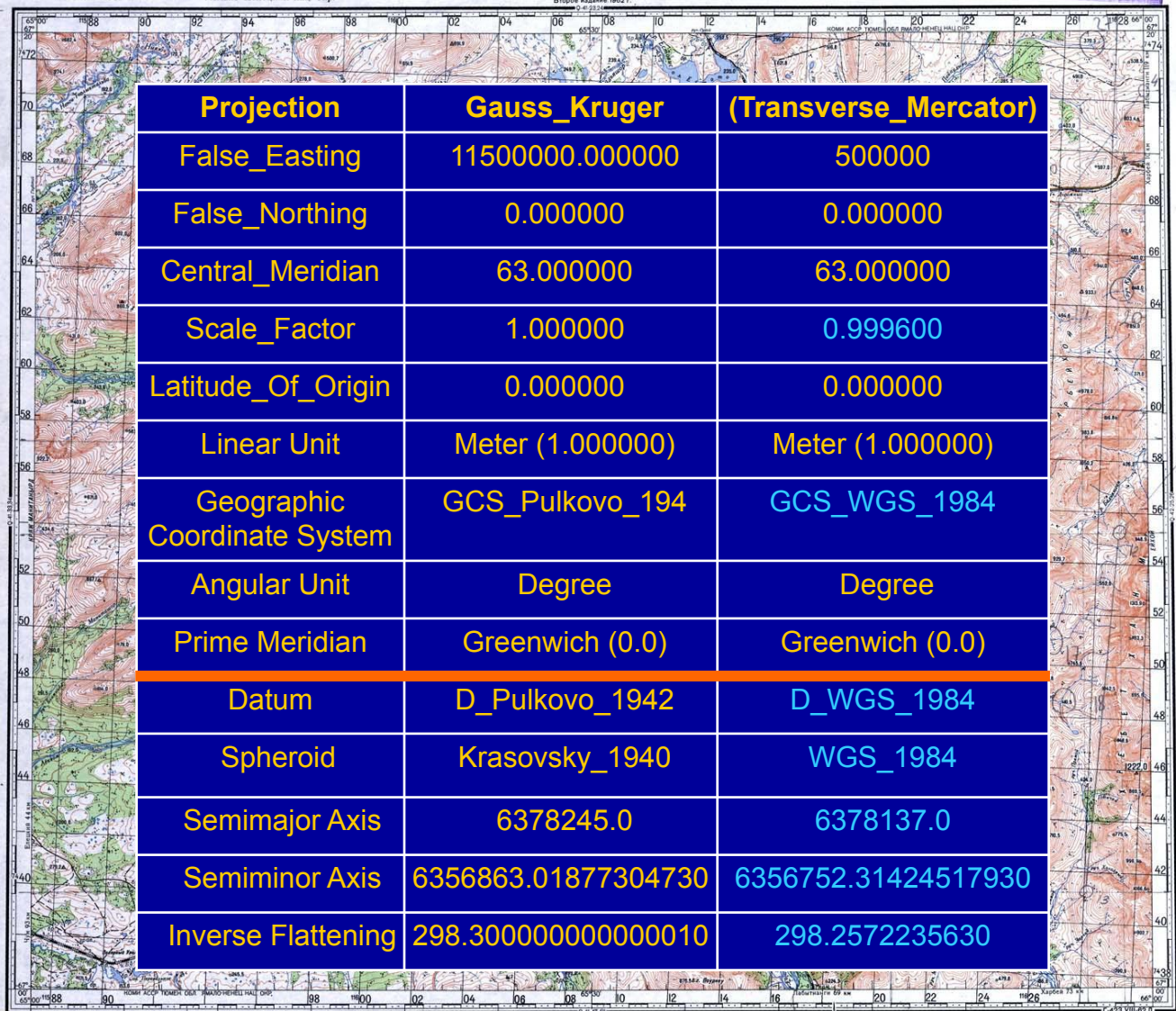


Параметры

UTM

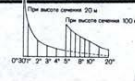
Гаусса-Крюгера

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	



Projection	Gauss_Kruger	(Transverse_Mercator)
False_Easting	11500000.000000	500000
False_Northing	0.000000	0.000000
Central_Meridian	63.000000	63.000000
Scale_Factor	1.000000	0.999600
Latitude_Of_Origin	0.000000	0.000000
Linear Unit	Meter (1.000000)	Meter (1.000000)
Geographic Coordinate System	GCS_Pulkovo_194	GCS_WGS_1984
Angular Unit	Degree	Degree
Prime Meridian	Greenwich (0.0)	Greenwich (0.0)
Datum	D_Pulkovo_1942	D_WGS_1984
Spheroid	Krasovsky_1940	WGS_1984
Semimajor Axis	6378245.0	6378137.0
Semiminor Axis	6356863.01877304730	6356752.31424517930
Inverse Flattening	298.300000000000010	298.2572235630

Составлено на 1961г. восточнее 23°30' 03-07'Средняя
 сближение проекции восточнее 23° 00' 00" Показ
 выданных координатных точек (вдоль дуги) восточнее средней
 восточнее 07°05' (0-10) Показана в градусах, минутах, секундах
 при преобразовании в координаты Гаусса-Крюгера
 (безо деления и номера $\times 0,6$)




Составлено в 1956г. по карте масштаба
 1:50 000 издания 1957
 Исправлено в 1961г. по аэроснимкам 1959г.
 Подготовлено и издано в 1961г.
 Отпечатано в 1962г.
 Система координат Гаусса-Крюгера
 Сближение меридианов эллипсоида
 восточнее 23°05' (0-10) Показана в градусах, минутах, секундах
 при преобразовании в координаты Гаусса-Крюгера
 (безо деления и номера $\times 0,6$)

Классификация проекции по виду нормальной картографической сетки: цилиндрические, конические, азимутальные

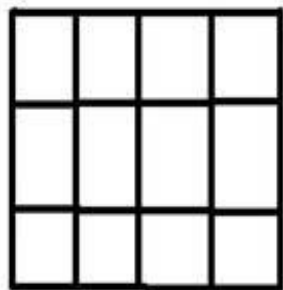
	Нормальная цилиндрическая	Нормальная коническая	Азимутальная		
			нормальная	поперечная	косая
Особенности картографической сетки	Меридианы – параллельные равноотстоящие прямые, параллели – прямые, перпендикулярные к ним.	Меридианы – прямые, расходящиеся из точки полюса, параллели – дуги концентрических окружностей	Меридианы – прямые, расходящиеся из точки полюса, параллели – концентрические окружности	Параллели и меридианы – кривые линии, экватор прямой.	Параллели и меридианы – кривые линии.
Особенности использования и	Часто используется для тропических и экваториальных областей. Примеры карт: карты мира	Удобны для территорий, вытянутых с запада на восток в средних широтах. Примеры карт: карты России и др. отдельных карт	Картографирование полярных областей Примеры карт: карты северного и южного полушария.	Примеры карт: карты полушарий и материков (Африка)	Примеры карт: карты полушарий и материков, отдельных стран.
					

Классификация проекций по виду нормальной картографической сетки: условные

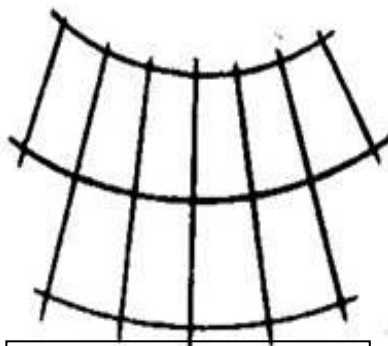
	Псевдоцилиндрические	Поликонические	Псевдоконическая	Псевдоазимутальная
Особенности картографической сетки	<p><i>Параллели</i> – параллельные равноотстоящие прямые, <i>меридианы</i> – перпендикулярная к ним прямая, остальные – кривые, симметричные относительно среднего меридиана.</p>	<p><i>Параллели</i> – дуги эксцентрических окружностей, <i>меридианы</i> – кривые, симметричные относительно среднего прямолинейного меридиана.</p>	<p><i>Параллели</i> – дуги концентрических окружностей, <i>средний меридиан</i> – прямая линия, остальные кривые.</p>	<p><i>Параллели</i> – концентрические окружности, <i>меридианы</i> – кривые линии, симметричные относительно одного или двух прямых меридианов.</p>
Особенности использования и	<p>Часто используется для тропических и экваториальных областей.</p> <p><i>Примеры карт:</i></p>	<p>Удобны для территорий, вытянутых с запада на восток в средних широтах.</p> <p><i>Примеры карт:</i> карты</p>	<p>Картографирование полярных областей</p> <p><i>Примеры карт:</i> карты России, Евразии и др.</p>	<p><i>Примеры карт:</i> карты Атлантического океана или Атлантического океана с Северным</p>
				

СЕТКИ МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ

Вид картографических сеток в нормальных проекциях



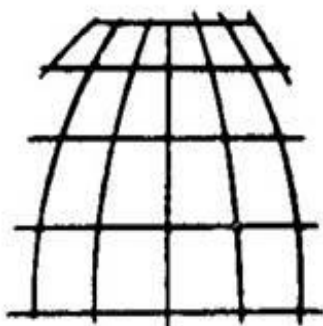
Цилиндрические



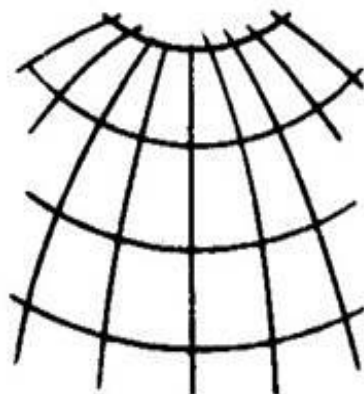
Конические



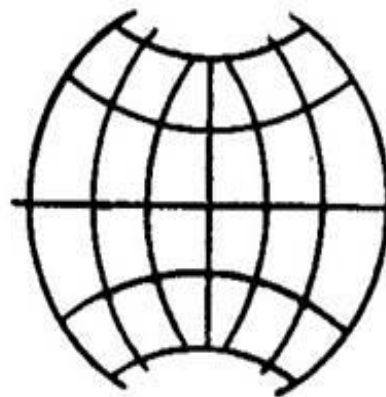
Азимутальные



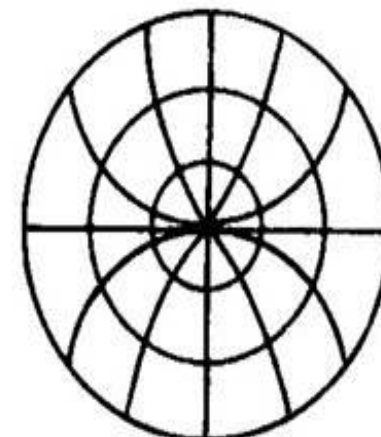
*Псевдо-
цилиндрические*



Псевдоконические



Поликонические



*Псевдо-
азимутальные*

Классификация картографических проекций и их использование

Классификация проекций по		Изображение (вид)		Изображаемая территория на картах
виду меридианов и параллелей	ориентировке вспомогательной поверхности	меридианов	параллелей	
цилиндрические	нормальные	прямые	прямые	Карты мира. Экваториальные государства
	поперечные	кривые	кривые	Топографические карты, отдельные государства
	косые	кривые	кривые	Карты СНГ (СССР) для начальной школы
конические	нормальные	прямые	дуги концентрических окружностей	Карты СНГ (СССР) и других государств, Западная Европа, Австралия
	поперечные	кривые	кривые	Не используются
	косые	кривые	кривые	Отдельные государства, мало используются
азимутальные	нормальные	прямые	концентрические окружности	Карты Арктики и Антарктиды
	поперечные*	кривые	кривые	Западное и восточное полушария, Африка, экваториальные государства
	косые	кривые	кривые	Карты материков, материковое и океаническое полушария, отдельные государства
поликонические		кривые	дуги эксцентрических окружностей	Карты мира, СССР (для карт вузов 1953-1959гг.), океанов
псевдоцилиндрические		кривые	прямые	Карты мира, океанов, Африка
псевдоконические		кривые	дуги концентрических окружностей	Карты Евразии и других материков

ВЫБОР И РАСПОЗНАВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

На выбор картографических проекций для мелкомасштабных карт влияют следующие факторы:

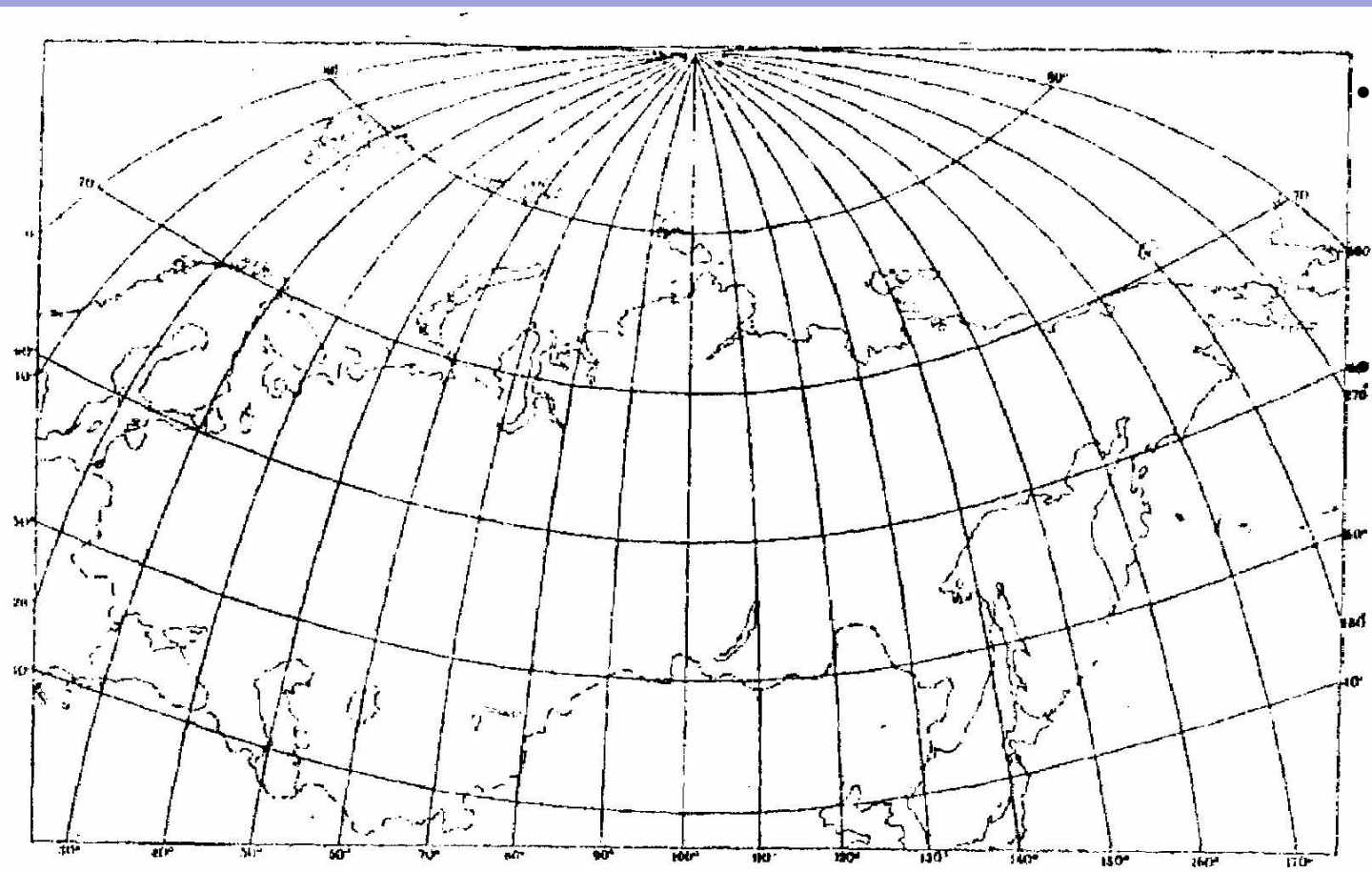
- назначение
- масштаб и тематика карты
- географическое положение картографируемой территории, ее конфигурация и размеры
- условия и способы использования карты
- требования к ее точности
- специфические требования к проекции, такие, как вид и величина искажений, форма меридианов и параллелей, их симметричность, изображение полюса и компоновка карты

ВЛИЯНИЕ НАЗНАЧЕНИЯ КАРТЫ

- Назначение карты, прежде всего, определяет предпочтительный характер искажений
- Для карт, предназначенных для измерений площадей, выбирают равновеликие проекции
- Для измерений углов, азимутов – равноугольные. К картам, предназначенным для навигации, наиболее применима равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора
- Для карт начальной школы была разработана косая цилиндрическая проекция Соловьева, которая имеет ряд ценных качеств при преподавании географии (изображение полюса точкой в рамке карты; картографическая сетка напоминает шарообразность Земли; меньшая изогнутость чем у конических проекций параллелей, благодаря чему северная точка суши России занимает самое высокое положение)

КОСАЯ ПЕРСПЕКТИВНО-ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПРОИЗВОЛЬНАЯ ПРОЕКЦИЯ СОЛОВЬЕВА

Параллели и меридианы - кривые



- изображение полюса точкой в рамке карты;
- картографическая сетка зрительно передает шарообразность Земли; меньшая изогнутость чем у конических проекций параллелей, благодаря чему северная точка суши России занимает самое высокое положение

ВЛИЯНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ КАРТОГРАФИРУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

- **Географические факторы**, т.е. форма, размеры и положение картографируемой территории позволяют найти в отобранной группе проекций такую, которая имела бы наименьшие искажения, их определенное распределение по территории или другие ценные для карты свойства (показ полюса, шарообразности и т.п.).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ГЕОГРАФИЧЕСКИМ ПОЛОЖЕНИЕМ

- Для **мировых карт** преимущественно используются цилиндрические, псевдоцилиндрические и поликонические проекции.
- **Карты полушарий** чаще составляют в азимутальных проекциях: для северного и южного полушарий предпочтительно брать нормальные (полярные), для западного и восточного полушарий – поперечные (экваториальные), для материкового и океанического полушарий – косые азимутальные проекции.
- **Карты материков** Европы, Азии, Северной Америки, Южной Америки, Австралии с Океанией обычно строят в косых азимутальных проекциях, для Африки применяют поперечные, для Антарктиды – нормальные азимутальные.
- Для **карт отдельных стран, административных областей, штатов, провинций** чаще всего употребляют конические и азимутальные проекции, различные по характеру искажений и ориентированию в зависимости от величины и конфигурации территории, ее положения на Земном шаре.
- **Вытянутые вдоль меридиана** страны изображают в поликонических или поперечно-цилиндрических проекциях, **вдоль параллели** – в прямых конических или поликонических проекциях.
- Для **стран округленной формы** чаще применяются азимутальные проекции.
- **Приэкваториальные страны** отображают в цилиндрических и псевдоцилиндрических проекциях.

- С учетом вышеприведенных факторов на практике при картосоставлении применяется ограниченное количество проекций в зависимости от величины изображаемой территории (карты мира, полушарий, материков, государств и их частей)
- Имеются специальные таблицы – определители проекций для карт мира, полушарий, материков и океанов, частей света, государств. Выполнив определенные измерения по картографической сетке, можно определить по данным таблицам название проекции

РАСПОЗНАВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

Распознать картографическую проекцию - это значит установить по виду меридианов и параллелей ее название, принадлежность к определенному классу по способу построения и по характеру искажений, а также авторство

По изображению меридианов и параллелей определить к какому классу проекций можно отнести картографическую сетку

Установить, являются ли параллель или меридиан дугой окружности или кривой

Концентричность дуг окружностей параллелей легко определяется путем измерения расстояний между соседними параллелями: если расстояния равны, то это будут концентрические (одноцентричные) окружности или их дуги. У эксцентрических окружностей этот интервал будет увеличиваться к западу и востоку от среднего меридиана.

Симметричность построения криволинейных меридианов относительно прямолинейного среднего проверяется измерением интервалов между меридианами к западу и востоку от него по разным параллелям.

По величине отрезков между параллелями на среднем меридиане можно определить равноугольность, равновеликость или равнопромежуточность проекций. При удалении от средней части этого меридиана к северу и югу промежутки в равноугольных увеличиваются, в равновеликих – уменьшаются,

в равнопромежуточных – остаются постоянными

Если проекция равновеликая, то клетки трапеций между соседними параллелями и рядом пересекающих их меридианов будут равны по площади

Если меридианы и параллели в некоторых частях карты пересекаются не под прямым углом, то проекция не может быть равноугольной, хотя признак перпендикулярности еще не означает, что проекция является равноугольной