

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ**

**ОСНОВА**

**КАРТ**

от латинского **“Charta”**  
– лист, бумага

от греческого  
**“χάρτης”** – бумага  
из папируса

carte – французский

Karte – немецкий

map, chart – английский

kort – датский

carta – итальянский,  
португальский

kaart – голландский

terker – венгерский

zemelapis – литовский

tizu – японский

mapa – польский, чешский,  
словацкий, испанский

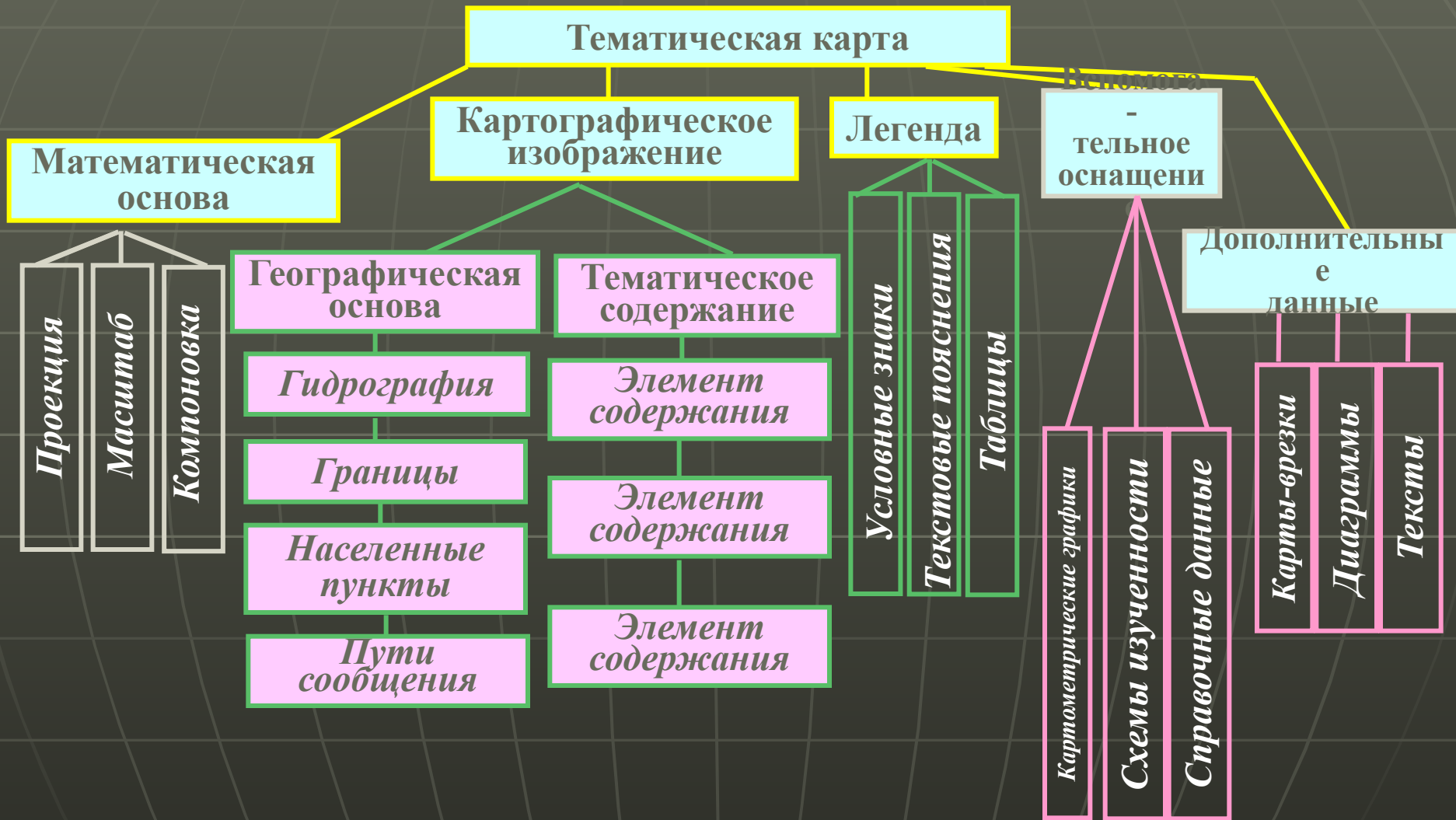
мапа, карта – украинский

**Карта** – чертеж какой-либо части земли, моря, тверди  
небесной (В.Даль, Толковый словарь, 1881 г.)

**КАРТА** – это математически определенное, уменьшенное, генерализованное изображение поверхности Земли, другого небесного тела или космического пространства, показывающее расположенные или спроецированные на них объекты и их свойства в принятой системе условных знаков

- **Математический закон построения** – применение проекций и масштаба
- **Знаковость изображения** – особый условный язык картографических знаков
- **Генерализованность** – отбор и обобщение изображаемых объектов
- **Системность изображения** – показ элементов, связей между ними, иерархии геосистем

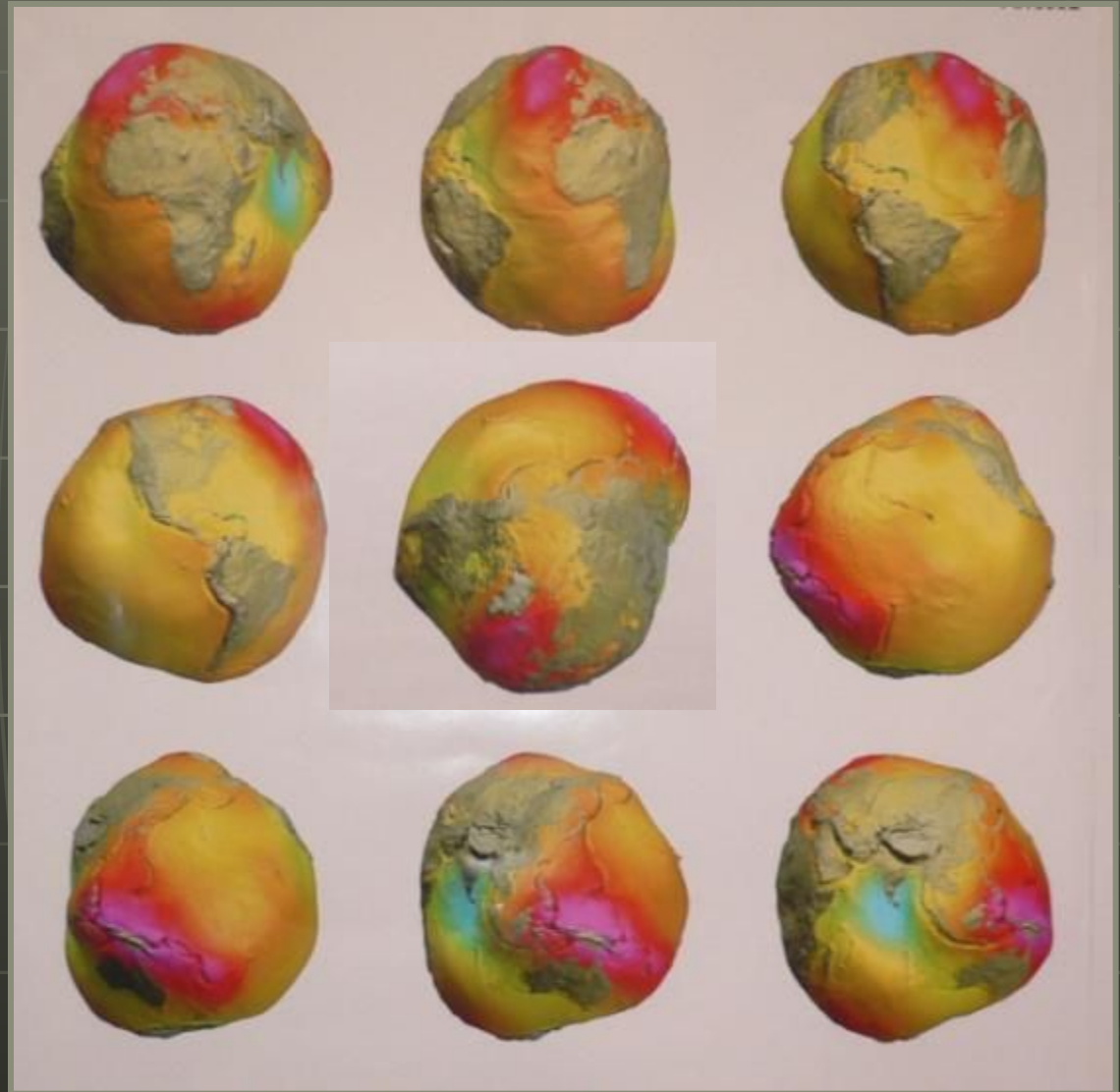
# ЭЛЕМЕНТЫ КАРТЫ



## ФИГУРА ЗЕМЛИ

### ГЕОИД -

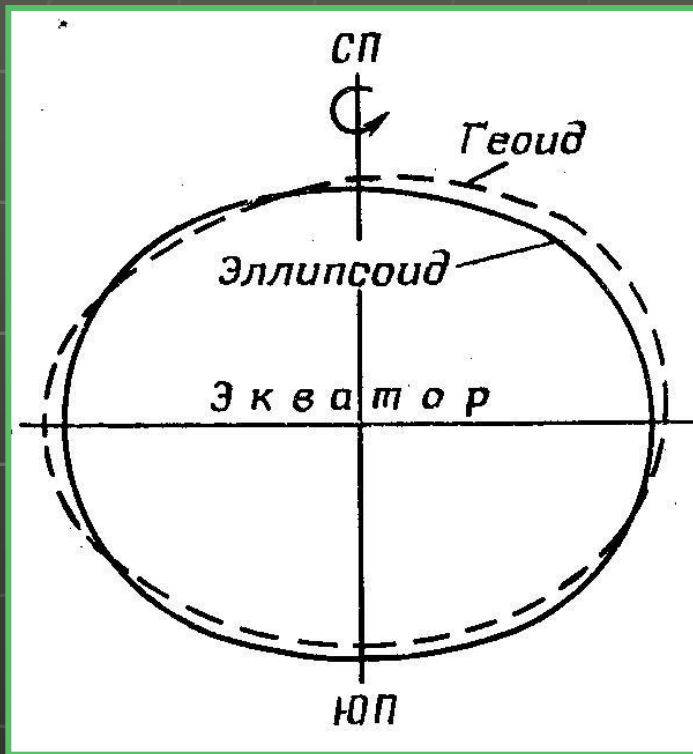
геометрическая фигура, которая совпадает со средней поверхностью вод Мирового океана, свободной от приливов, течений и прочих возмущений



вычислено по данным гравиметрической съемки  
*Eigen-cg01*, Германия

# ЗЕМНОЙ ЭЛЛИпсоИД

Наилучшее геометрическое приближение к фигуре Земли дает **ЭЛЛИпсоИД ВРАЩЕНИЯ** – тело, которое образуется при вращении эллипса вокруг его малой оси



**Общеземной эллипсоид** – эллипсоид, наилучшим образом согласующийся с поверхностью **геоида** в целом.

Требования к общеземному эллипсоиду:

- 1) Центр должен совпадать с центром масс Земли
- 2) Плоскость экватора и малая ось его должны совпадать соответственно с плоскостью экватора и осью вращения Земли
- 3) Объем его должен быть равен объему геоида

# ЗЕМНОЙ ЭЛЛИПСОИД

Земной эллипсоид имеет три основных параметра, любые два из которых однозначно определяют его фигуру:

- большая полуось (экваториальный радиус) эллипсоида,  $a$ ;
- малая полуось (полярный радиус),  $b$ ;
- геометрическое (полярное) сжатие  $f=(a-b)/a$ .



# ЗЕМНОЙ ЭЛЛИПСОИД

## Современные общеземные эллипсоиды:

- GRS80 (Geodetic Reference System 1980) разработан Международной Ассоциацией Геодезии и Геофизики (International Union of Geodesy and Geophysics) и рекомендован для геодезических работ;
- WGS84 WGS84 (World Geodetic System 1984) применяется в системе спутниковой навигации GPS;
- ПЗ-90 ПЗ-90 (Параметры Земли 1990 года) используется на территории России для геодезического обеспечения орбитальных полетов. Этот эллипсоид применяется в системе спутниковой навигации ГЛОНАСС;
- IERS96 IERS96 (International Earth Rotation Service 1996) рекомендован Международной службой вращения Земли IERS96 (International Earth Rotation Service 1996) рекомендован Международной службой вращения Земли для обработки РСДБ-наблюдений.

# ОБЩЕЗЕМНЫЕ ЭЛЛИПСОИДЫ

Название	Год	Страна/организация	a, км	точность $m_a$ , м	1/f	точность $m_f$
GRS 80	1980	МАГГ (IUGG)	6378,137	$\pm 2$	1: 298,257222101	$\pm 0,001$
WGS84	1984	США	6378,137	$\pm 2$	1: 298,25722356	$\pm 0,001$
ПЗ-90	1990	СССР	6378,136	$\pm 1$	1: 298,257839303	$\pm 0,001$
IERS96	1996	<u>MCB3 (IERS)</u>	6378,13649	—	1: 298,25645	—

# РЕФЕРЕНЦ-ЭЛЛИПСОИДЫ

**Референц-эллипсоид** (от лат. referens – сообщающий, вспомогательный) – наилучшим образом согласуется с поверхностью геоида на ограниченной части его поверхности.

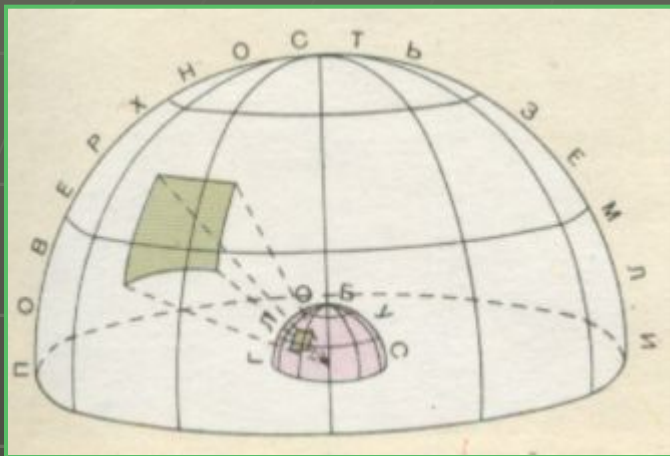
Ориентирование референц-эллипсоида в теле Земли подчиняется следующим требованиям:

- Малая полуось эллипсоида ( $b$ ) должна быть параллельна оси вращения Земли;
- Поверхность эллипсоида должна находиться возможно ближе к поверхности геоида в пределах данного региона.

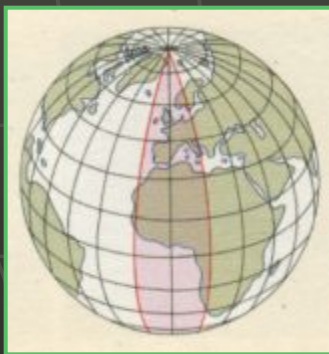
# РЕФЕРЕНЦ-ЭЛЛИПСОИДЫ

Эллипсоид	$a$	$b$	$1/f$	Страны
Красовского (1940)	6 378 245	6 356 863	1:298,3	Россия, СНГ, Вост. Европа
Бесселя (1841)	6 377 397	6 356 079	1:299,2	Европа и Азия
Хейфорда (1909)	6 378 388	6 356 912	1:297	Европа, Азия, Ю. Америка
Кларка I (1866)	6 378 206	6 356 584	1:295	С. и Ц. Америка
Кларка II (1880)	6 378 249	6 356 515	1:293,5	Африка, Израиль
Эйри (1880)	6 377 491	6 356 185	1:299	Великобритания
Эвереста (1830)	6 376 276	6 356 075	1:301	Индия, Пакистан

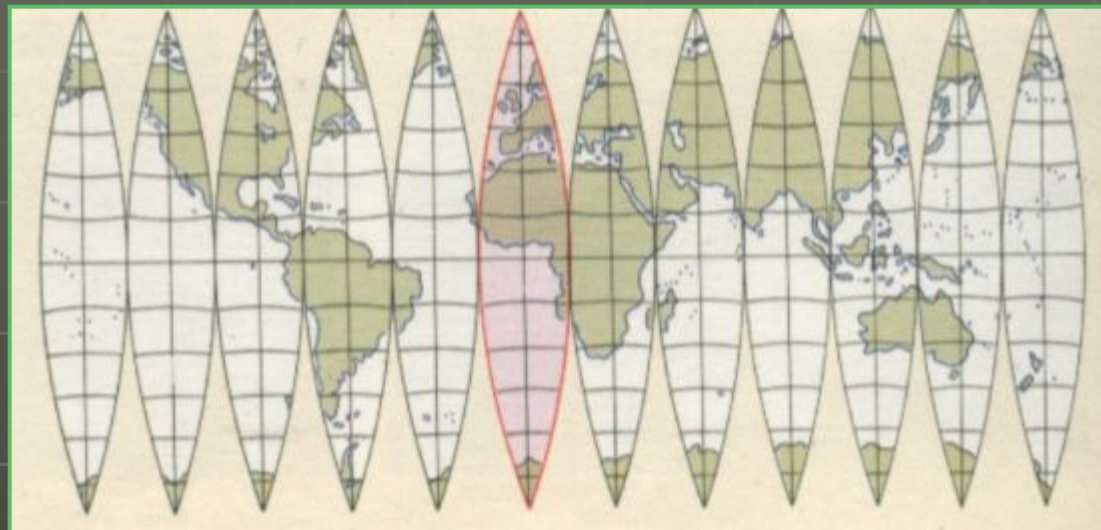
# ИЗОБРАЖЕНИЕ СФЕРОИДА НА ПЛОСКОСТИ



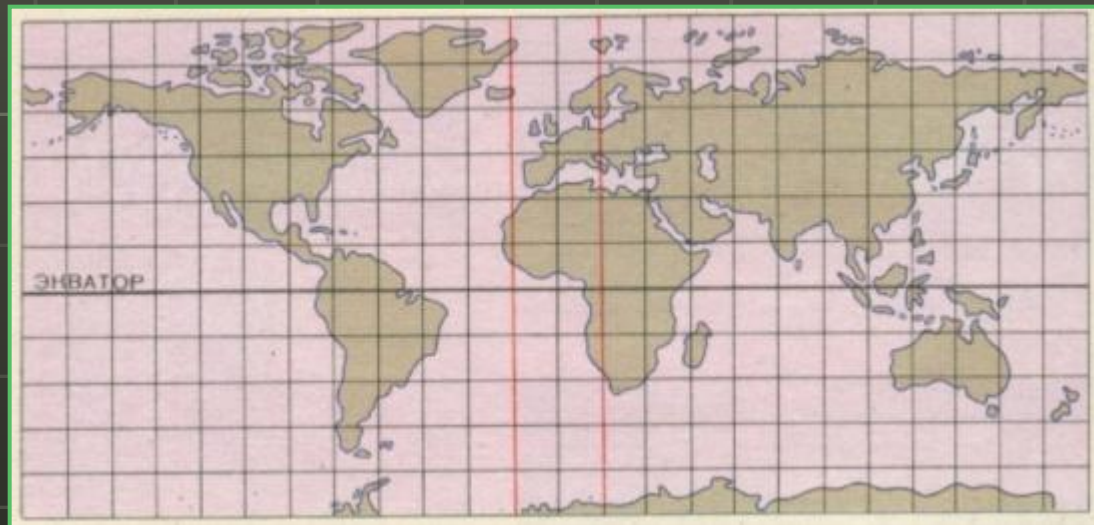
*Поверхность Земли  
проецируют на глобус (эллипсоид)*



*Глобус*



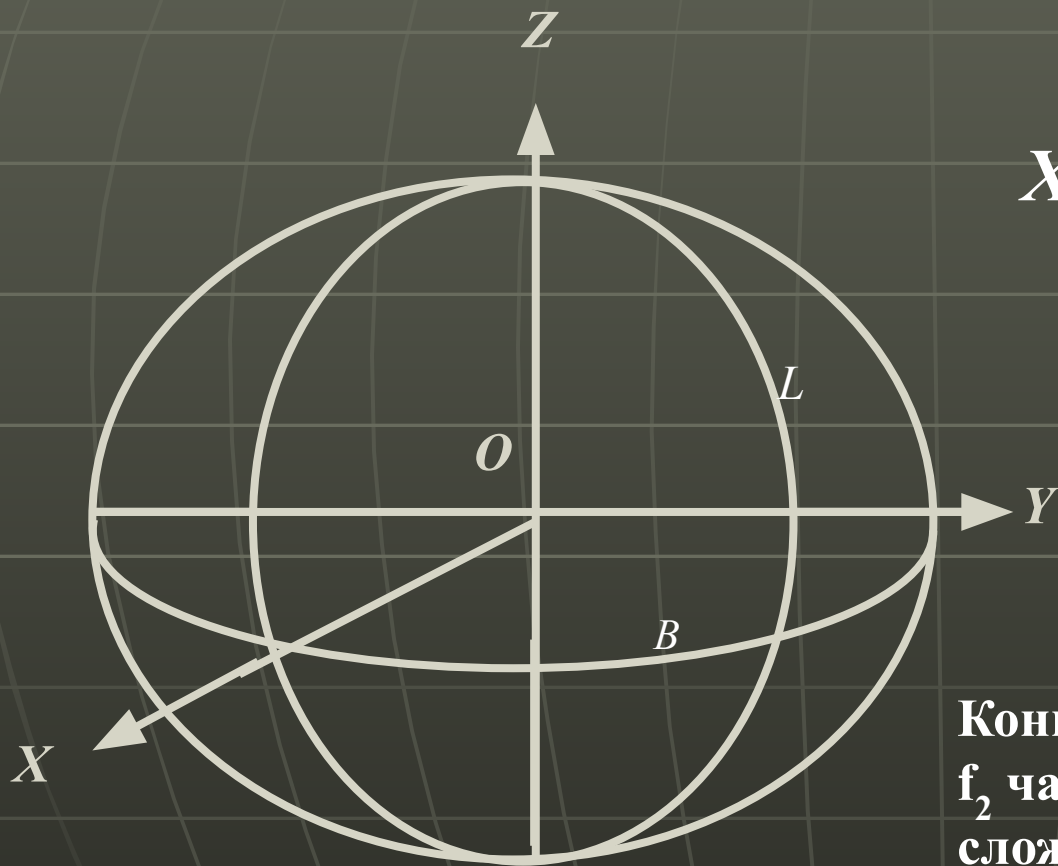
*Поверхность глобуса, разделенная на зоны*



*Карта, полученная растяжением зон*

# КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

**КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ** – ЭТО МАТЕМАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛЕННОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЛИпсоиДА ИЛИ ШАРА НА ПЛОСКОСТИ



Уравнения проекции в общем виде:

$$X = f_1(B, L); \quad Y = f_2(B, L)$$

$B$  – широта,  $L$  – долгота

$X$  и  $Y$  – прямоугольные координаты

Конкретные реализации функций  $f_1$  и  $f_2$  часто выражены сложными математическими зависимостями, а их число практически не ограничено.

# СЕТКИ КООРДИНАТ

В зависимости от положения оси системы сферических координат, используемой при проецировании, различаются:

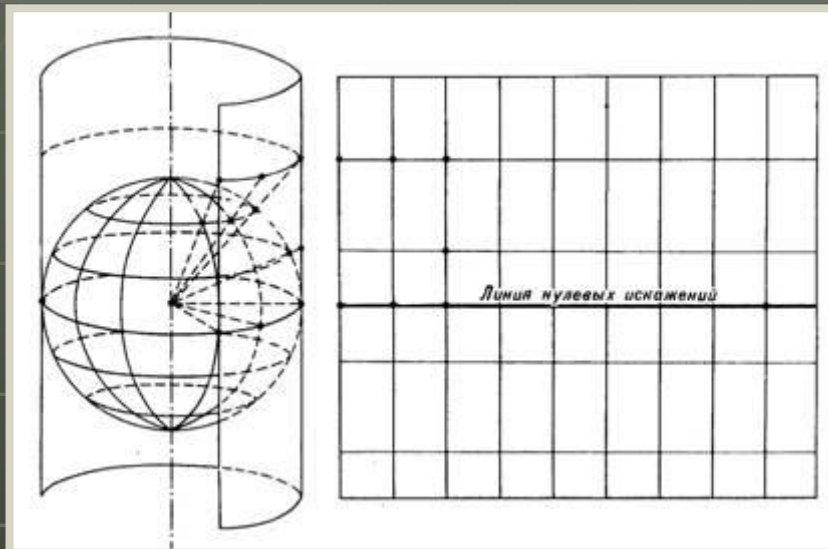
**Нормальная система** – ось сферических координат совпадает с осью вращения Земли

**Поперечная система** – ось сферических координат лежит в плоскости экватора

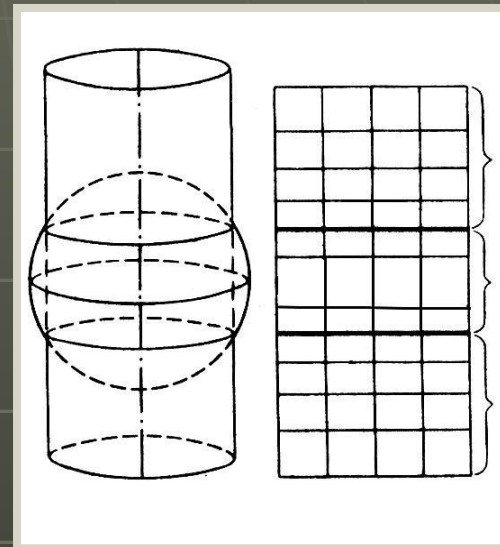
**Косая система** – ось сферических координат расположена под углом к оси вращения Земли

# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

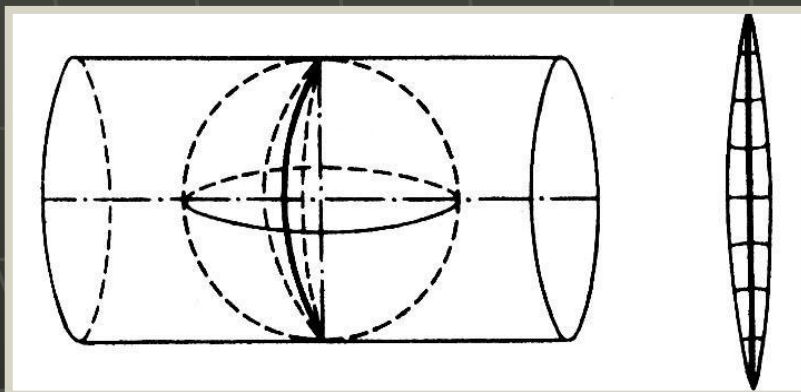
Нормальная прямая



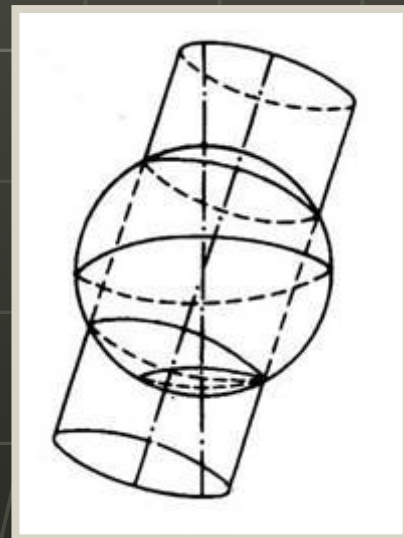
Нормальная секущая



Поперечная



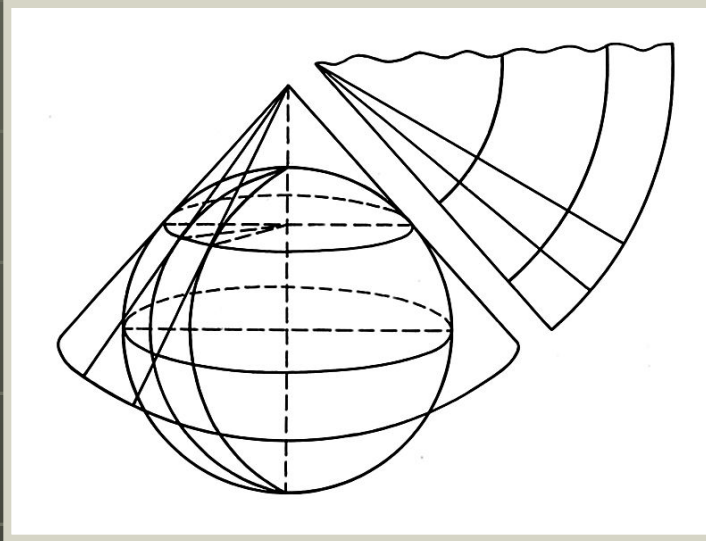
Косая



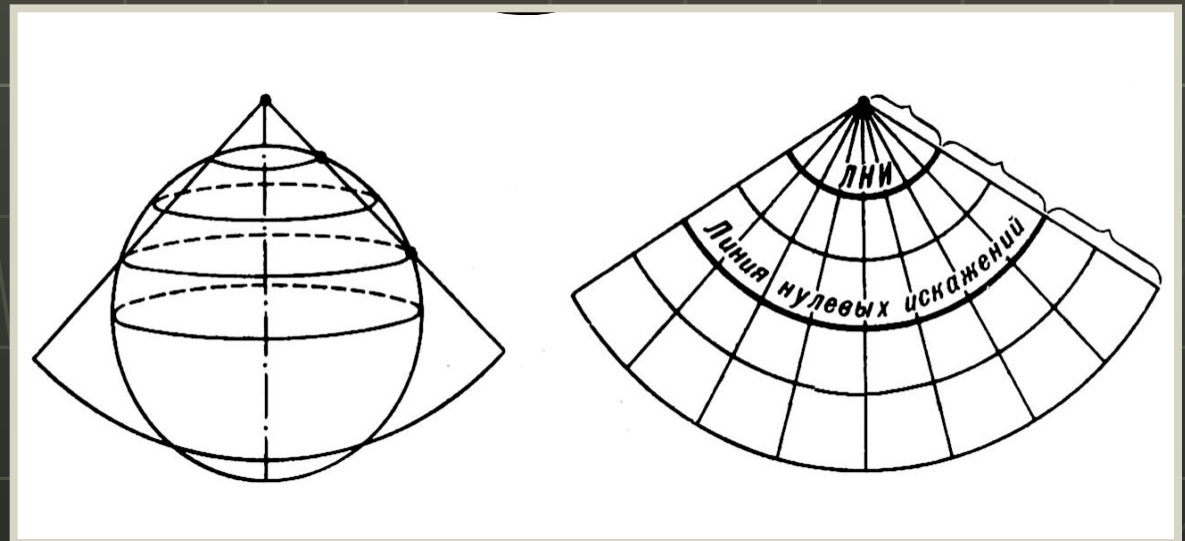


# КОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

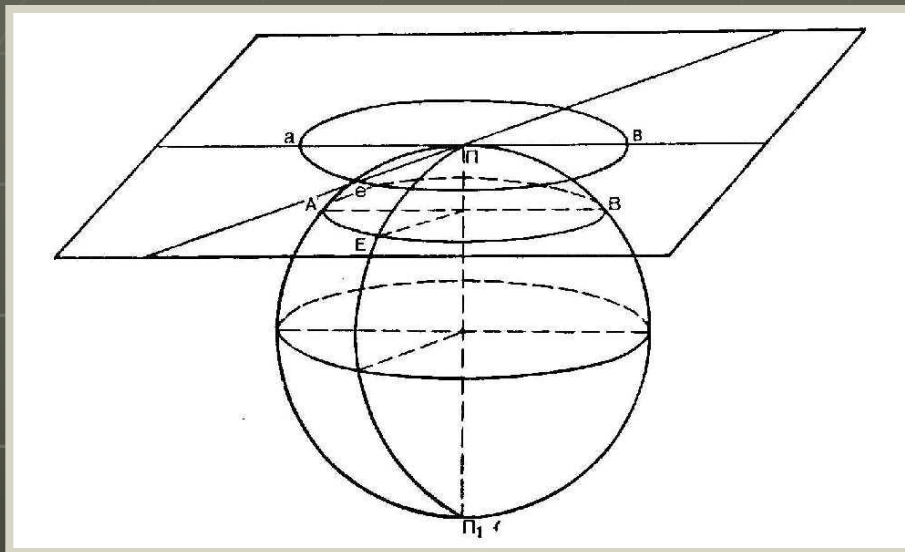
Нормальная касательная



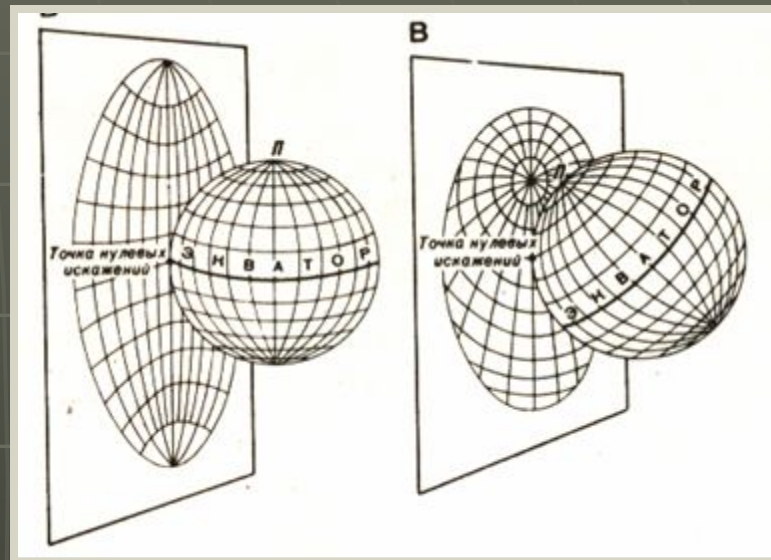
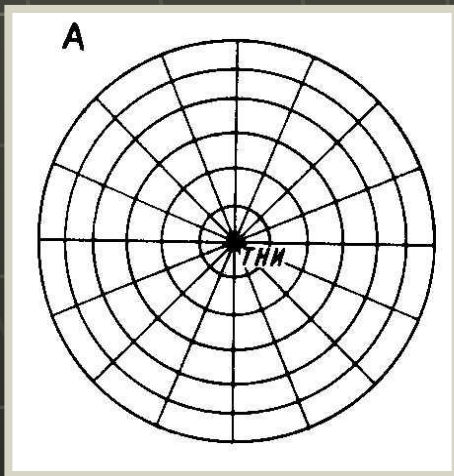
Нормальная секущая



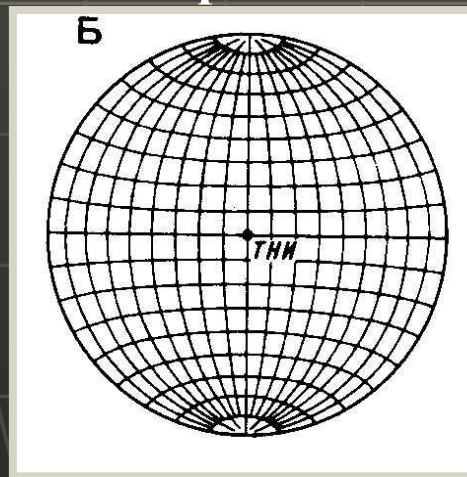
# АЗИМУТАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ



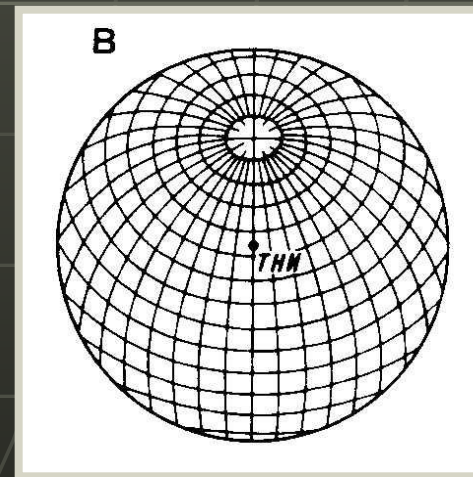
Нормальная  
или полярная



Поперечная или  
экваториальная



Косая или  
горизонтная



# АЗИМУТАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ ПОЛУШАРИЙ

Поперечная или  
экваториальная

Нормальная или  
полярная

Косая

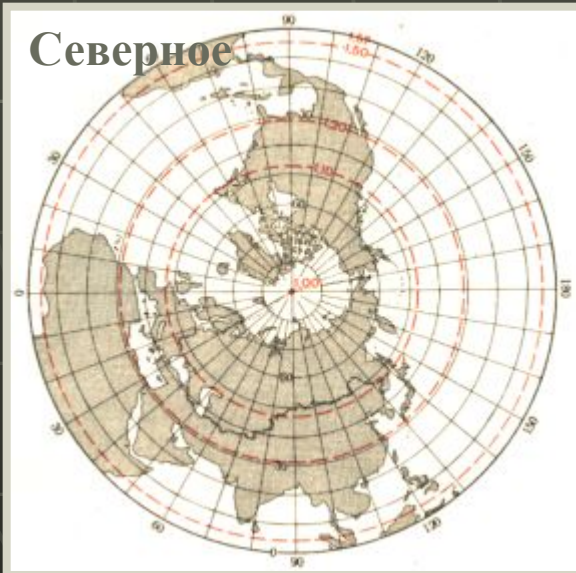
Западное



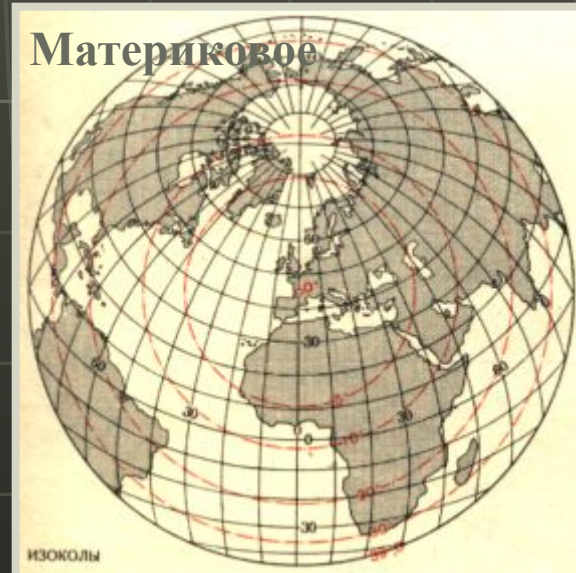
Восточное



Северное



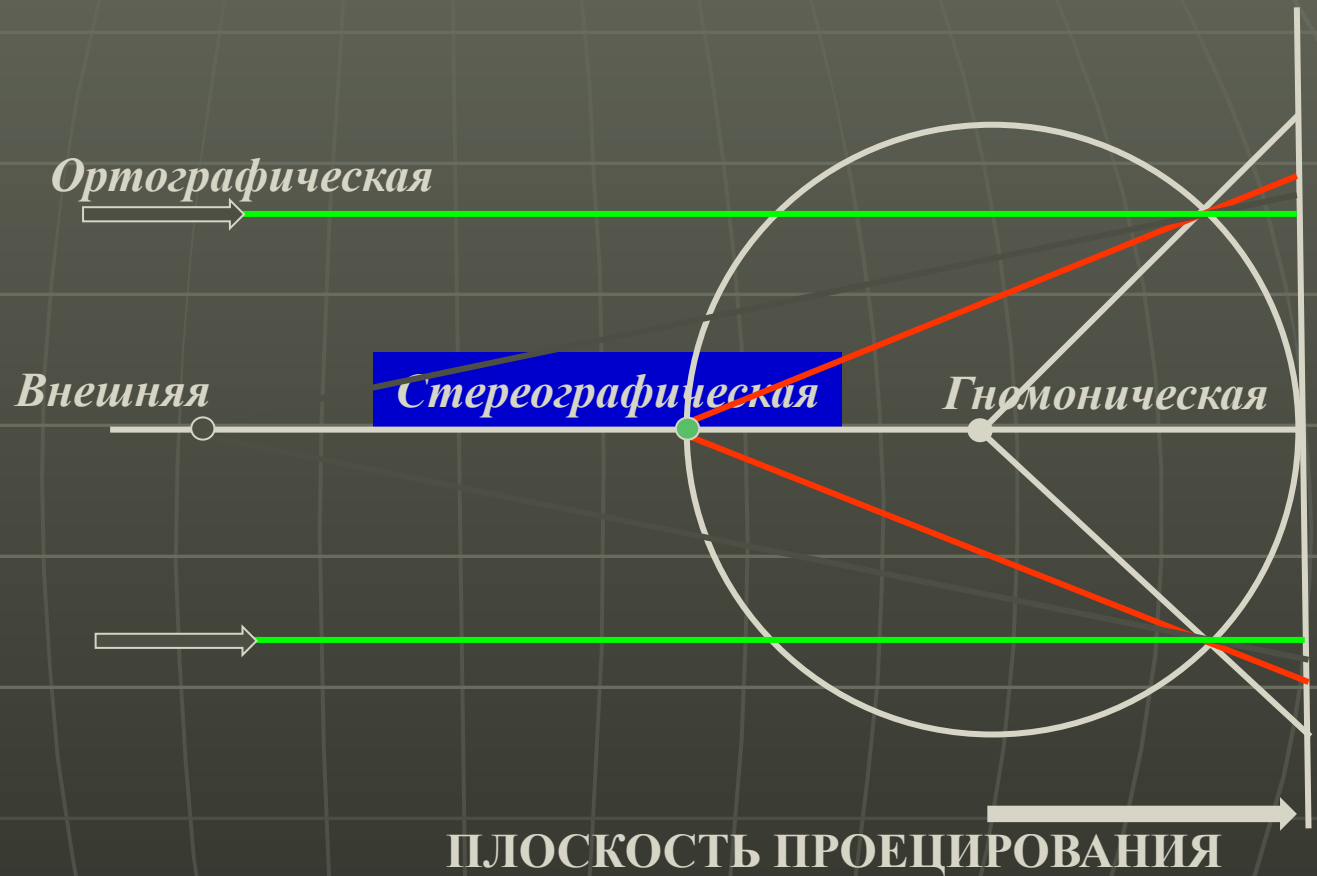
Материковое



Океаническое



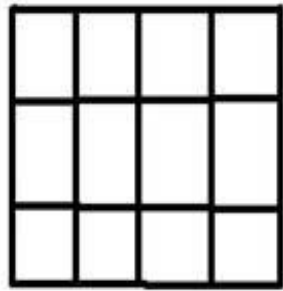
# АЗИМУТАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ



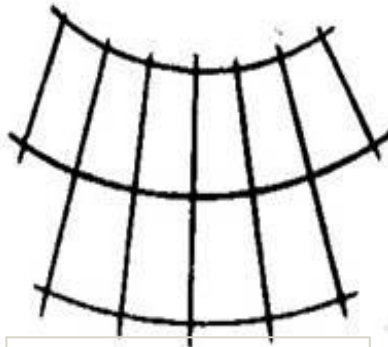
*Проекции различаются по положению точки, из которой ведется проектирование*

# СЕТКИ МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ

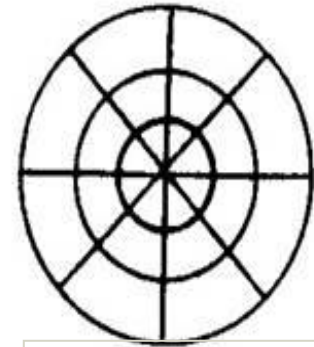
Вид картографических сеток в нормальных проекциях



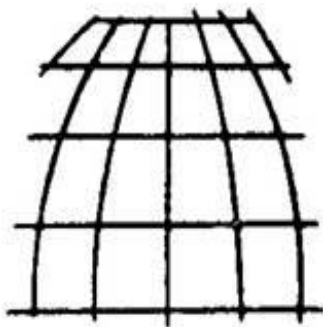
*Цилиндрические*



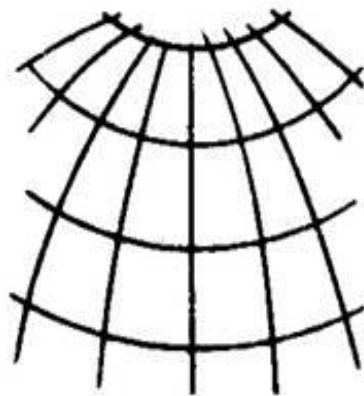
*Конические*



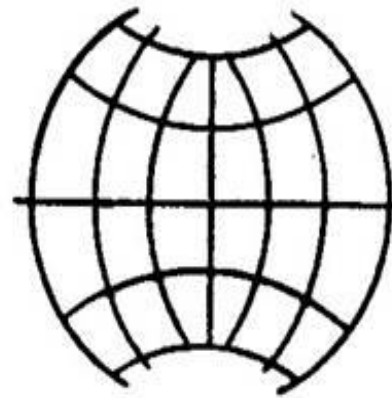
*Азимутальные*



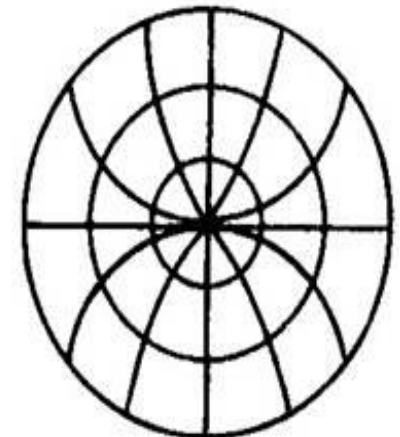
*Псевдо-  
цилиндрические*



*Псевдоконические*



*Поликонические*

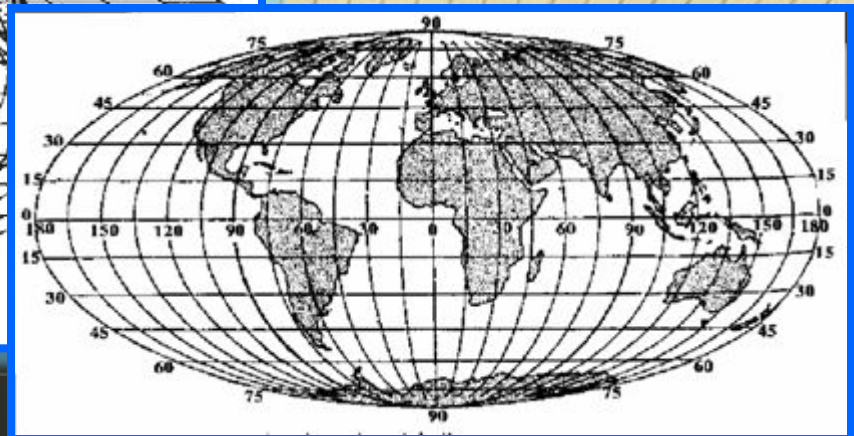
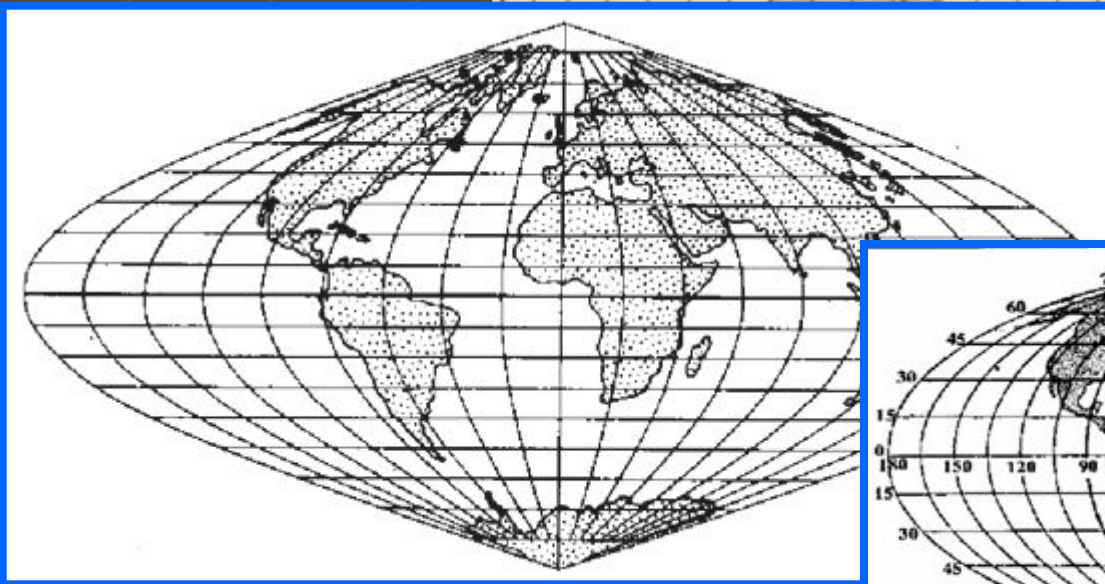
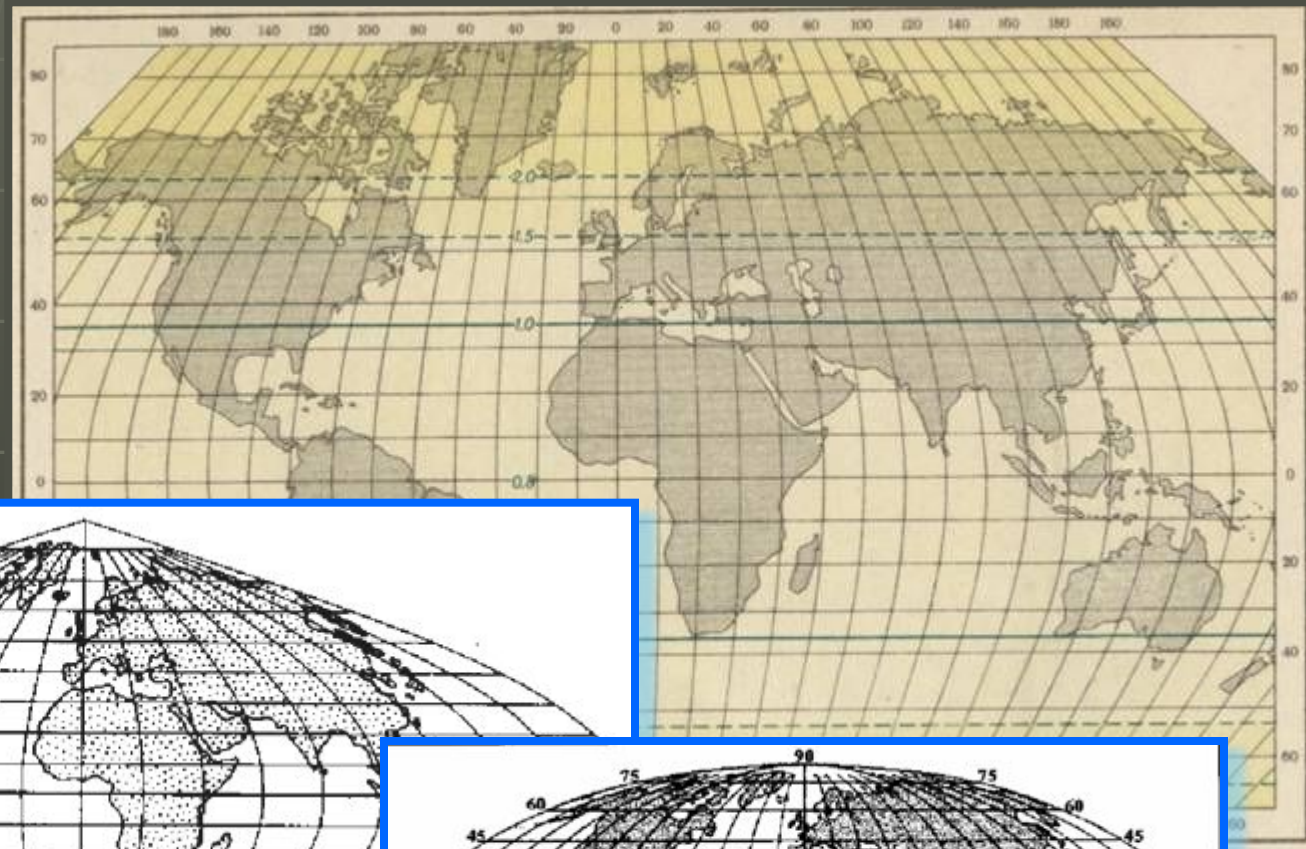


*Псевдо-  
азимутальные*

# ПСЕВДОЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

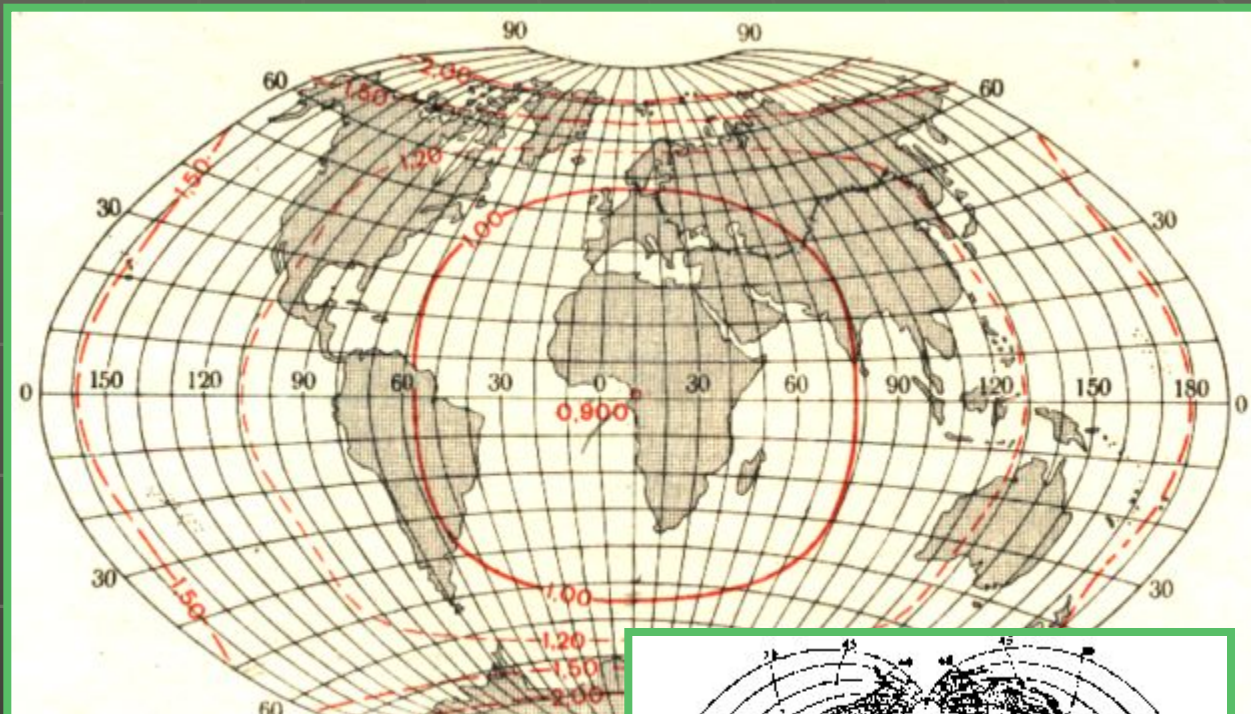
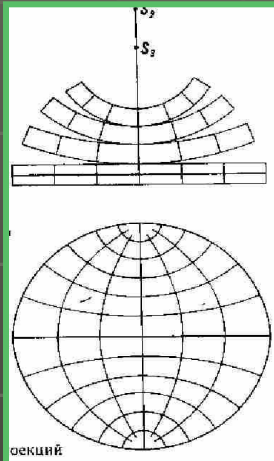
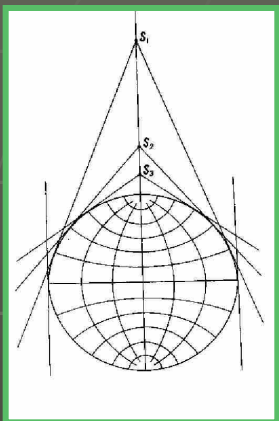
Параллели – прямые, параллельные экватору, как в цилиндрической проекции.

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



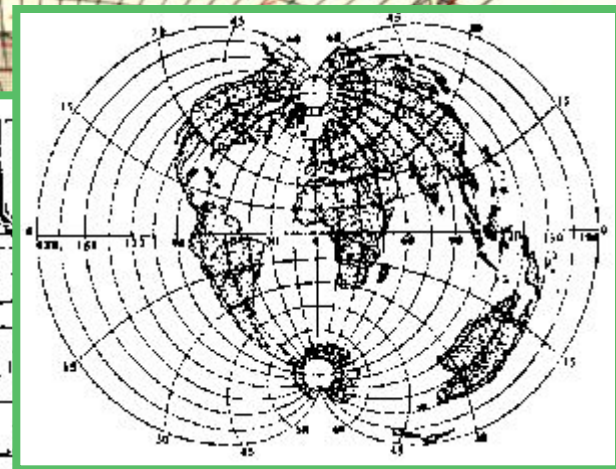
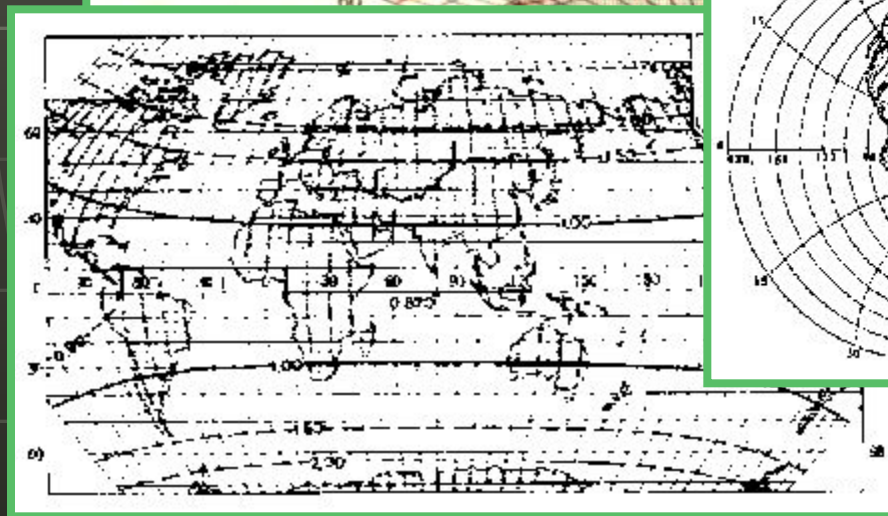
*Проекция Каврайского,  
Сансона, Мольвейде*

# ПОЛИКОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ



Параллели – дуги эксцентрических окружностей.

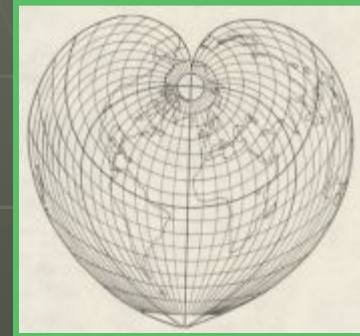
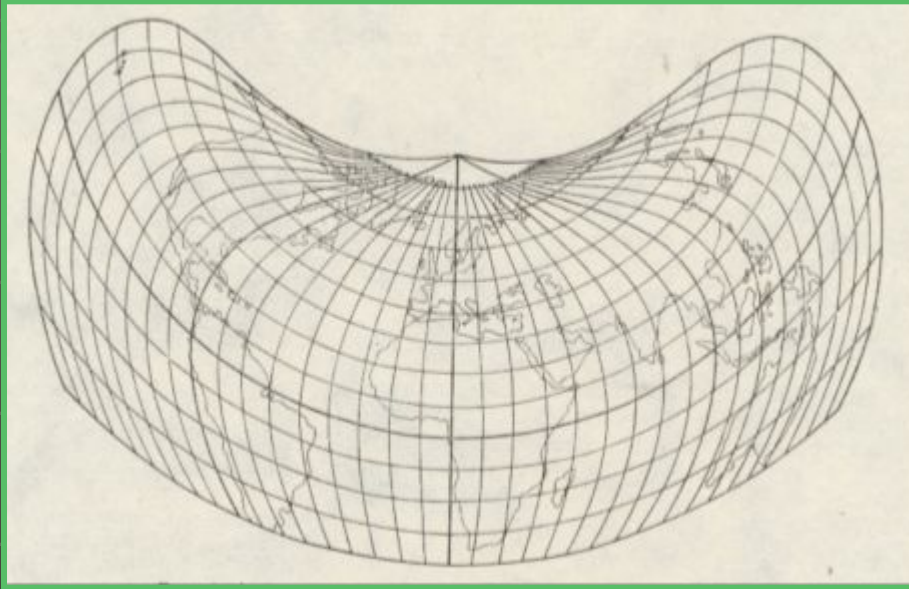
Меридианы – кривые, увеличивающие кривизну с удалением от среднего прямого меридиана



Проекции ЦНИИГАиК  
1944 и 1939-1949

# ПСЕВДОКОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Проекция Бонна



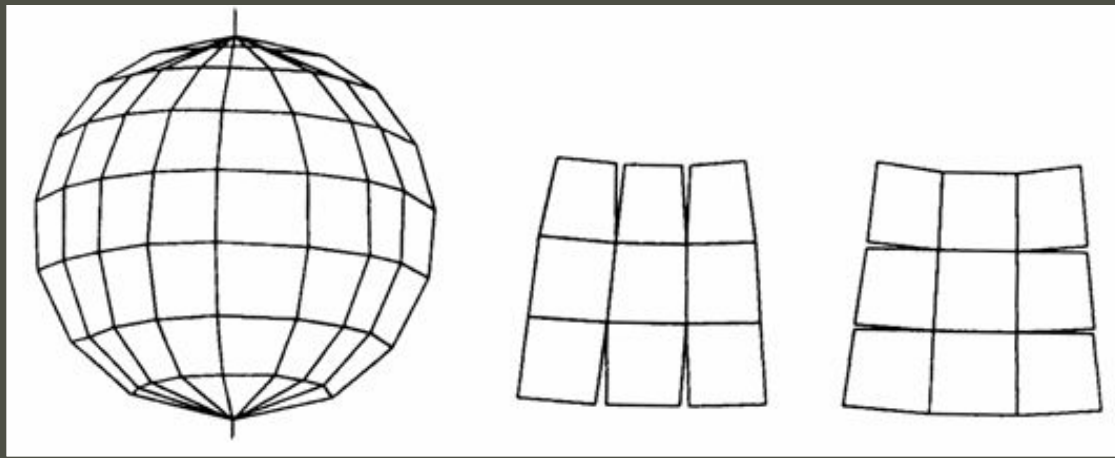
Параллели – кривые,  
меридианы – кривые, кривизна  
которых возрастает с удалением  
от центрального прямого  
меридиана

Кардиоидальная проекция Вернера,  
XVI век



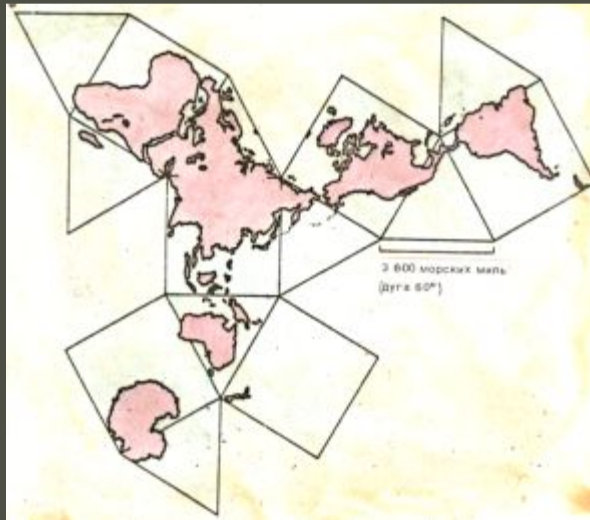


# МНОГОГРАННЫЕ ПРОЕКЦИИ

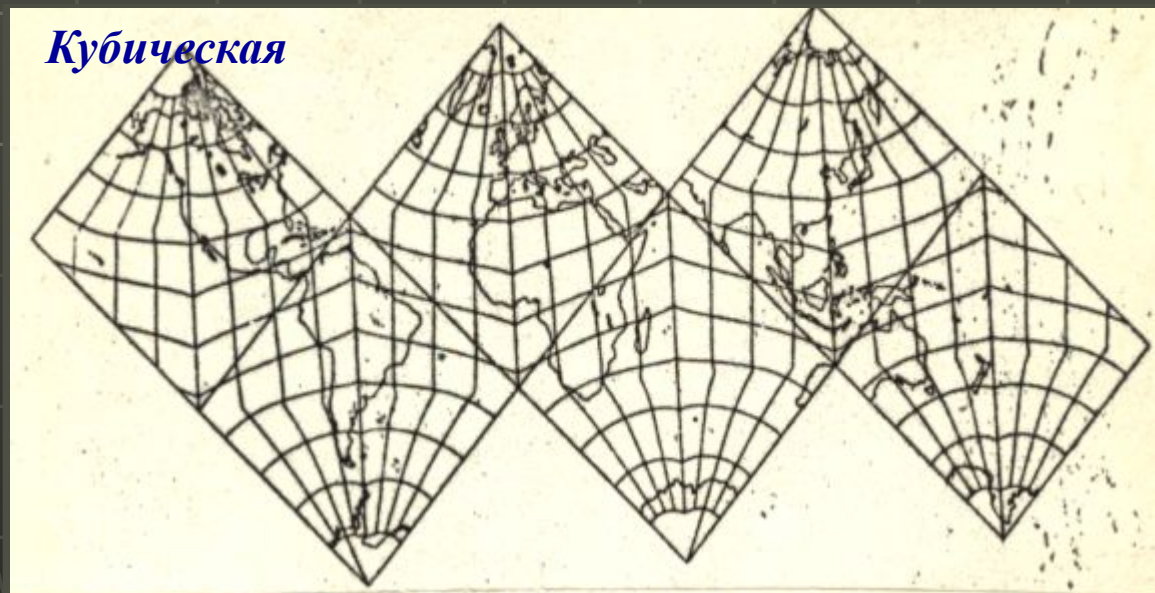


Проекция карт масштаба 1:1 000 000

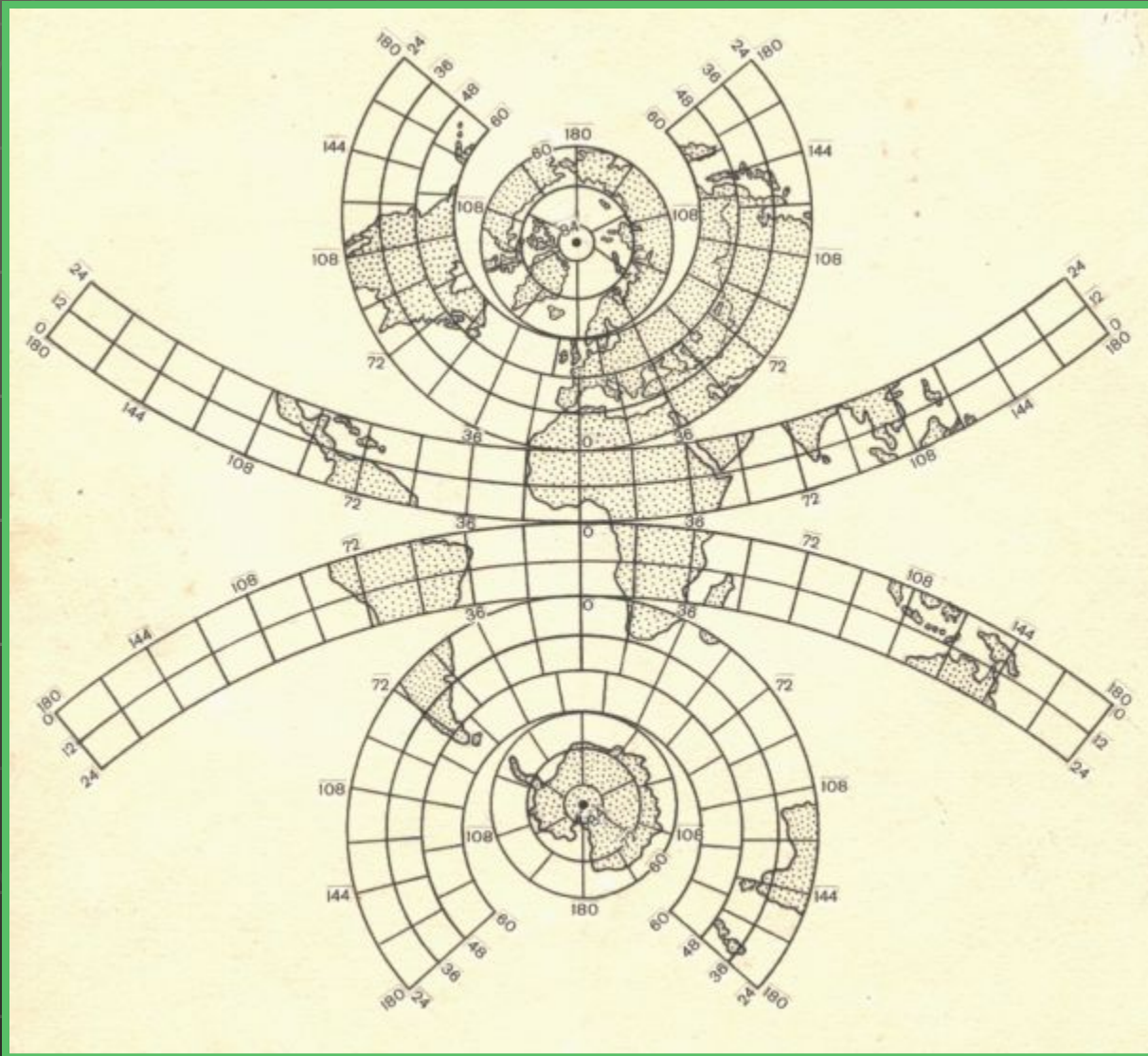
Экспериментальные  
проекции на правильные  
многогранники



Проекция Фаллера, 1970



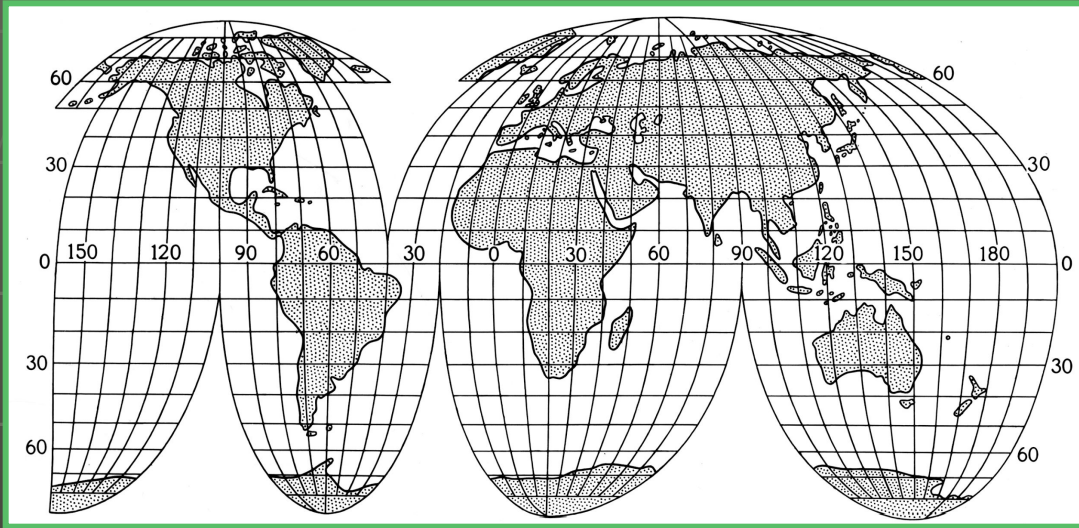
# РАЗГРАФКА КАРТЫ 1:2 500 000



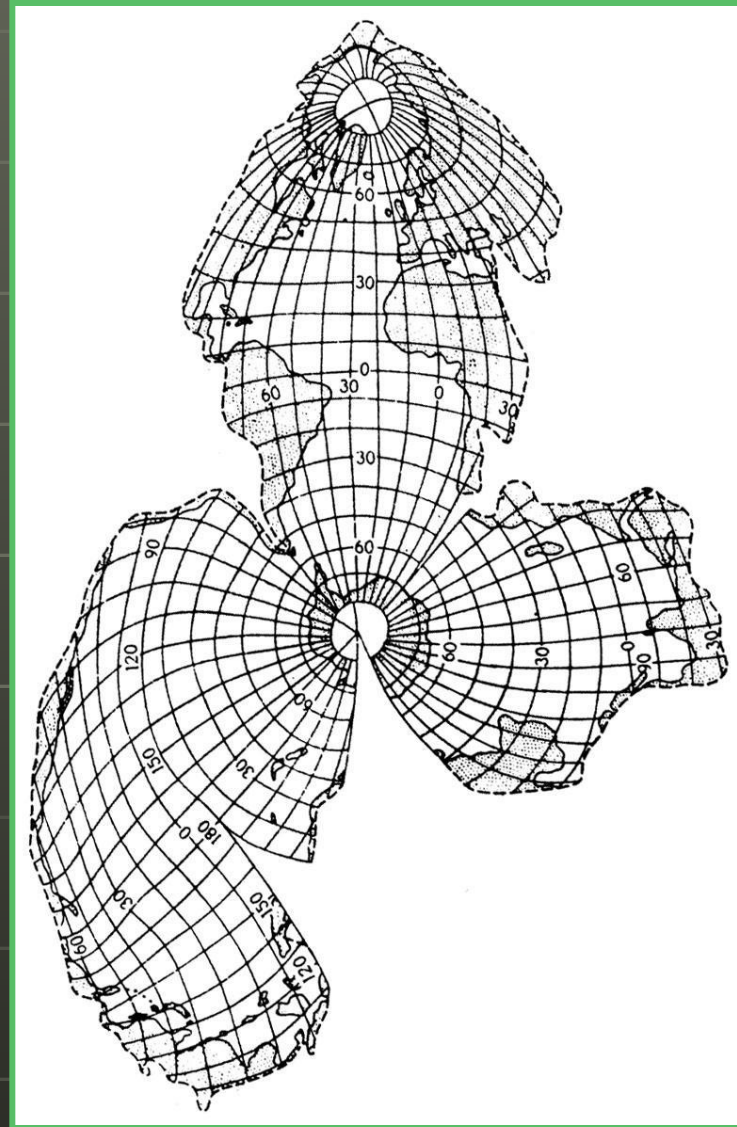
Международная  
многолистная карта  
масштаба 1:2 500 000.  
карта включает  
224 основных листа.

4 зоны даны в  
равнопромежуточной  
конической проекции,  
а 2 приполярные – в  
равнопромежуточной  
азимутальной

# ПРОЕКЦИИ С РАЗРЫВАМИ



*Проекция Мольвейде  
с разрывами на океанах*



*Проекция Муревскиса  
с разрывами на материках*

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ

## Классификация по виду нормальной картографической сетки

- Цилиндрические
- Конические
- Азимутальные
- Псевдоцилиндрические
- Псевдоконические
- Псевдоазимутальные
- Поликонические
- Многогранные
- Многополосные
- Условные

## Классификация по характеру искажений

- **Равновеликие**
- **Равноугольные**
- **Произвольные, в том числе**
  - Равнопромежуточные**
    - по меридианам
    - по параллелям

# ЭЛЛИПС ИСКАЖЕНИЙ

## Виды искажений в проекциях:

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

## Эллипс искажений

или индикатриса Тиссо –  
характеризует искажения

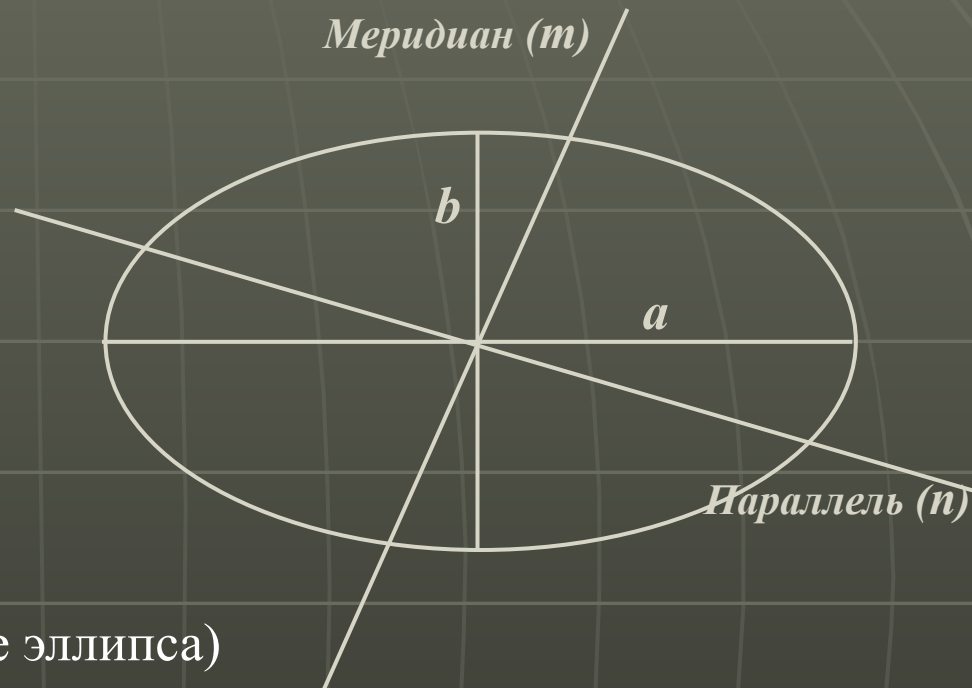
масштабов в данной точке (в центре эллипса)

$a$  – направление наибольшего растяжения масштаба

$b$  – направление наибольшего сжатия масштаба

$m$  – масштаб по меридиану

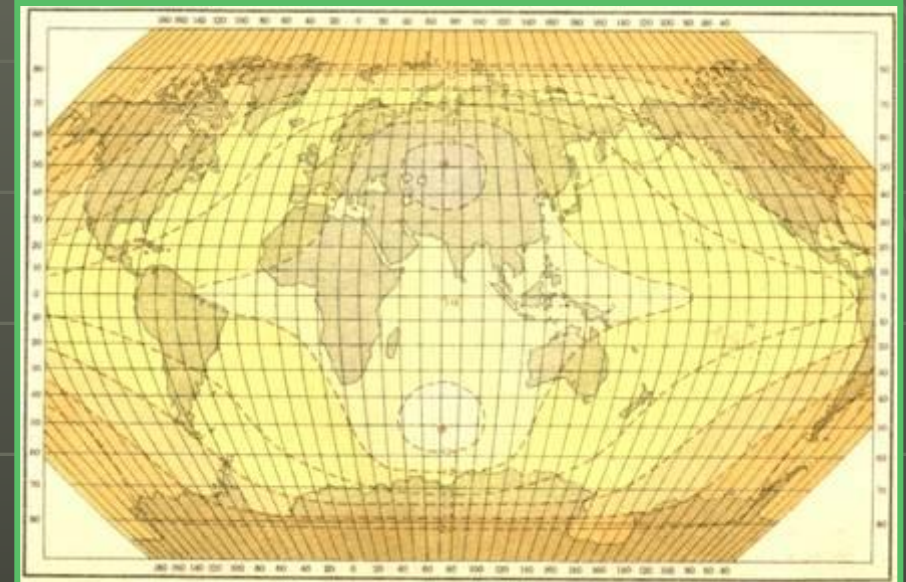
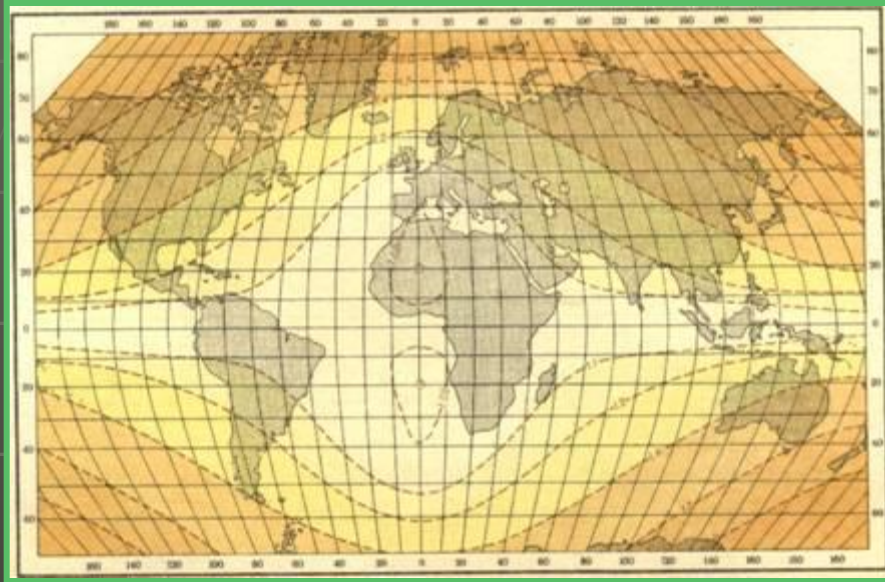
$n$  – масштаб по параллели



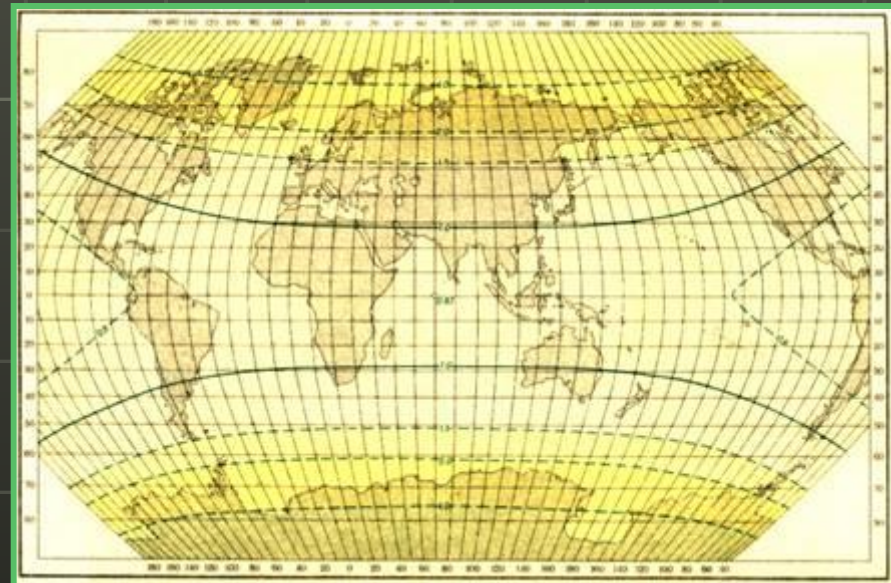
## Искажения определяют:

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

# ИЗОКОЛЫ – ЛИНИИ РАВНЫХ ИСКАЖЕНИЙ



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



# ИСКАЖЕНИЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ



Равноугольная  
проекция



Равнопромежуточная проекция  
(по меридиану)

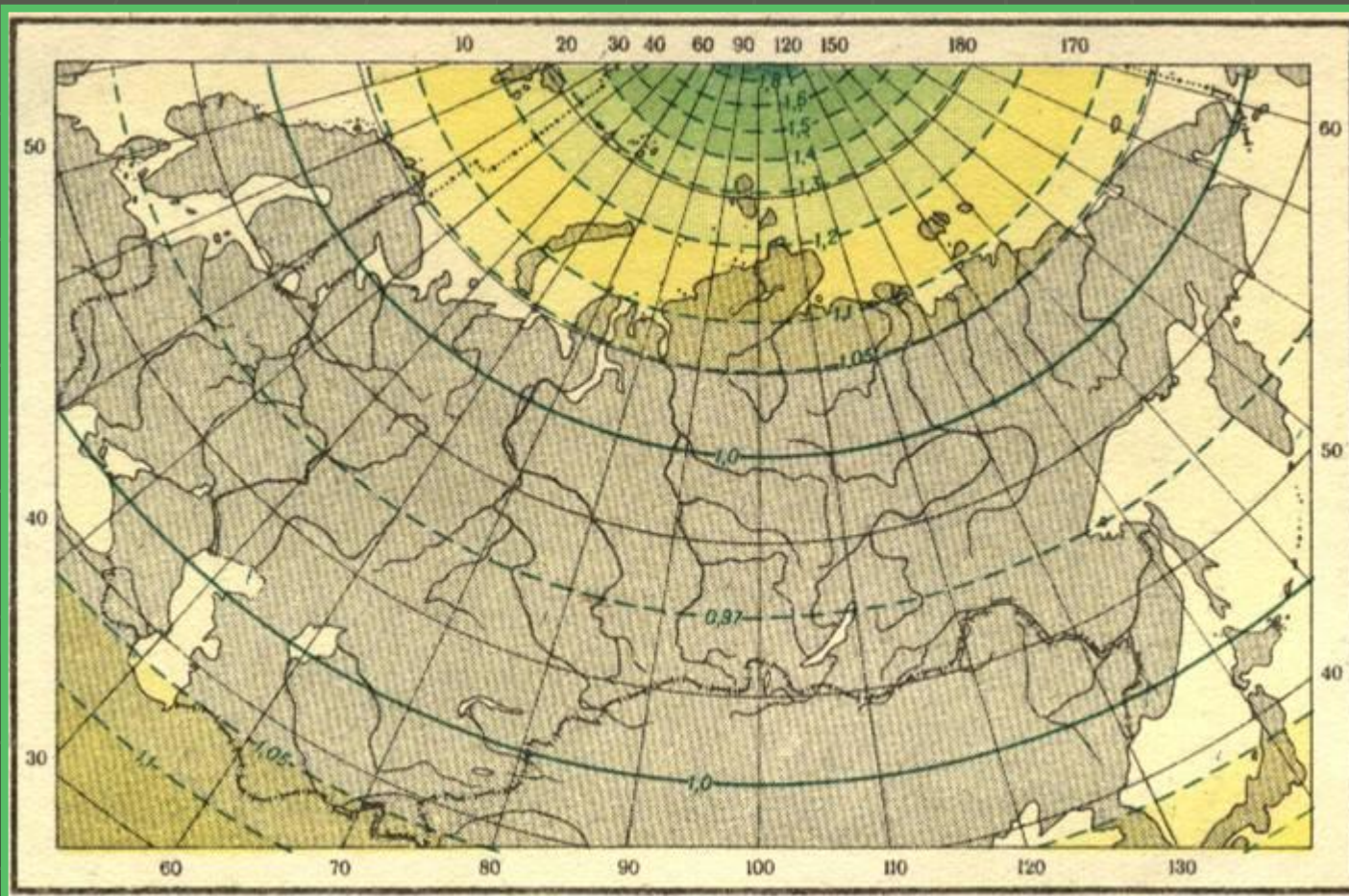
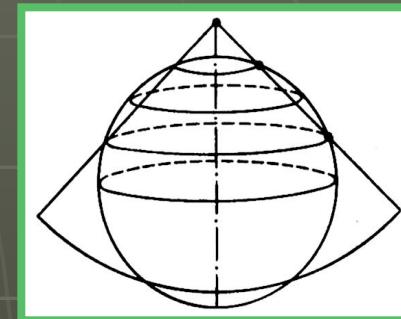


Равновеликая проекция





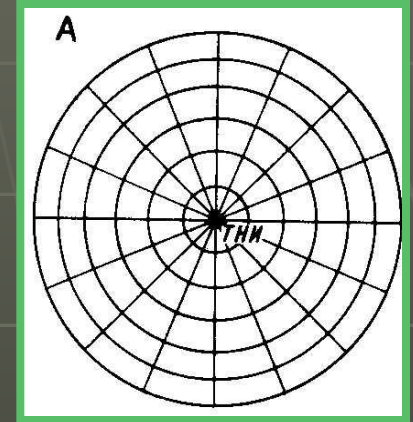
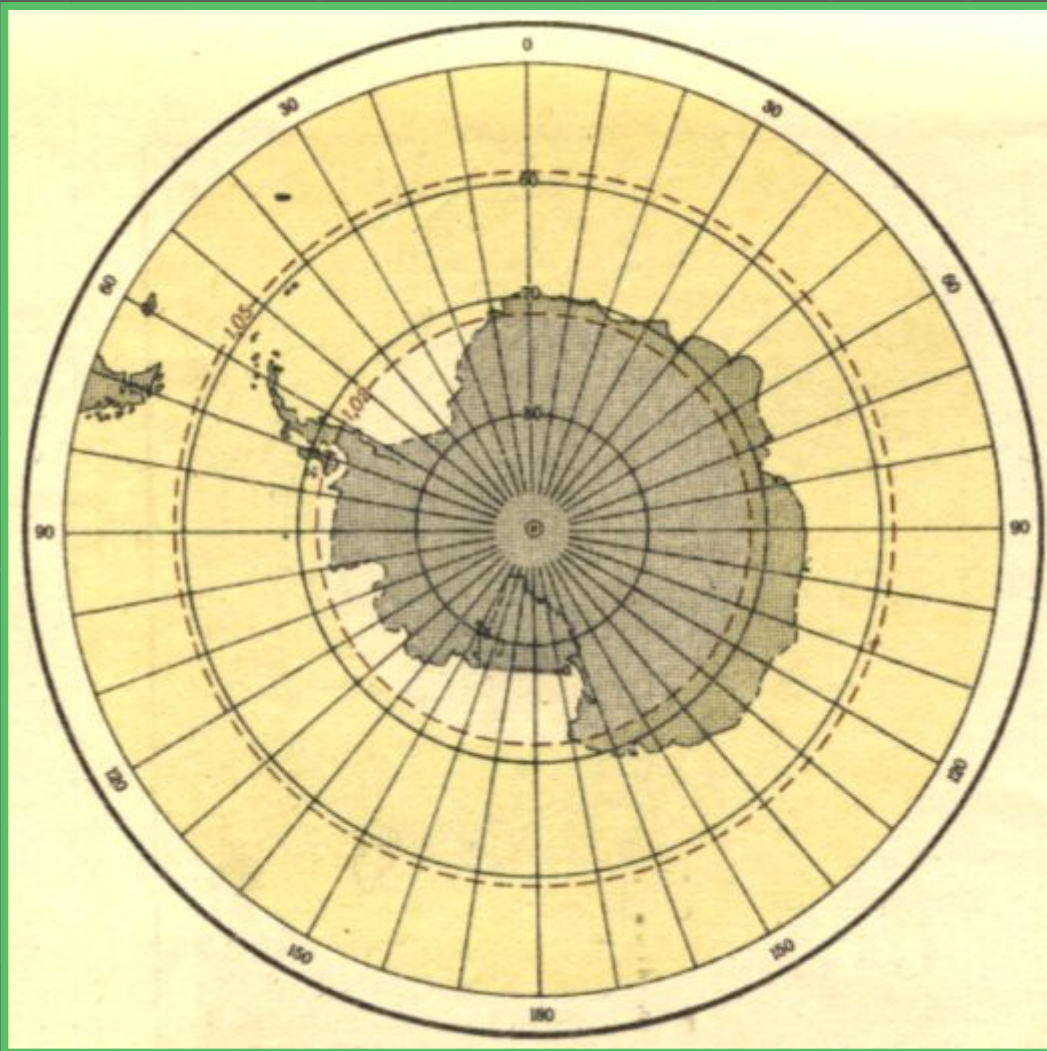
# ИСКАЖЕНИЯ В КОНИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ



Нормальная  
коническая  
секущая  
проекция

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

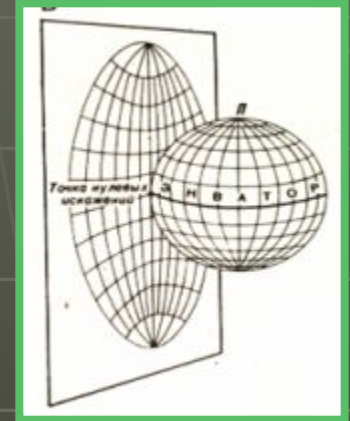
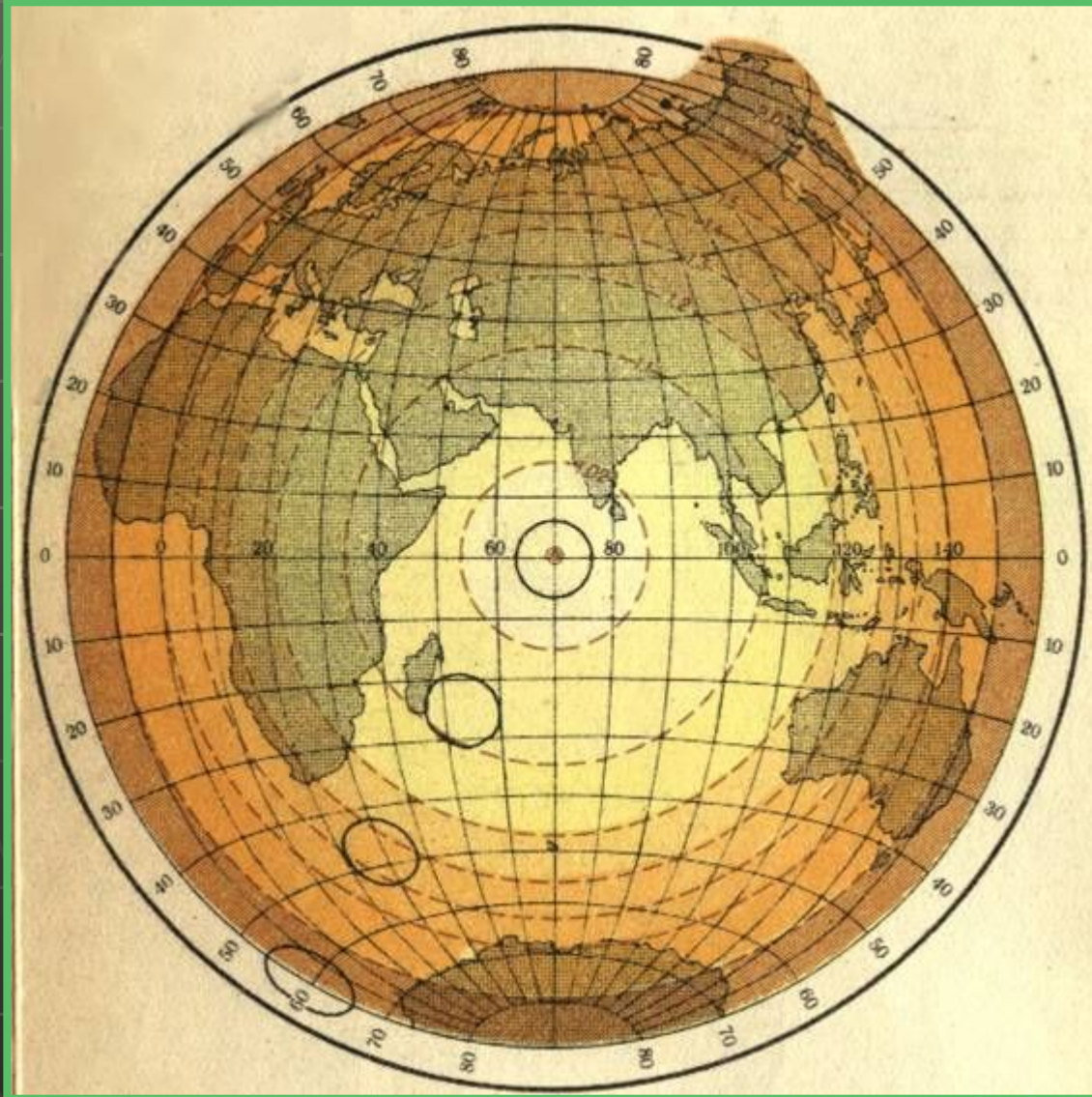
# ИСКАЖЕНИЯ В АЗИМУАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ



Нормальная (полярная) проекция Постеля.

Искажения в пределах всей Антарктиды не превышают 3 – 4 %

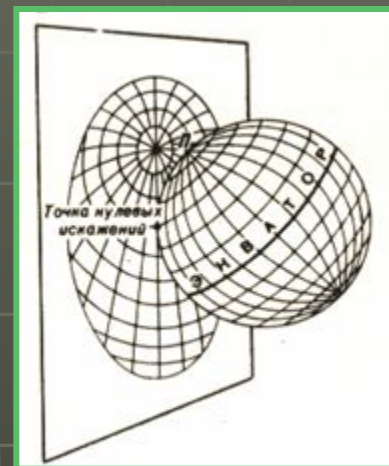
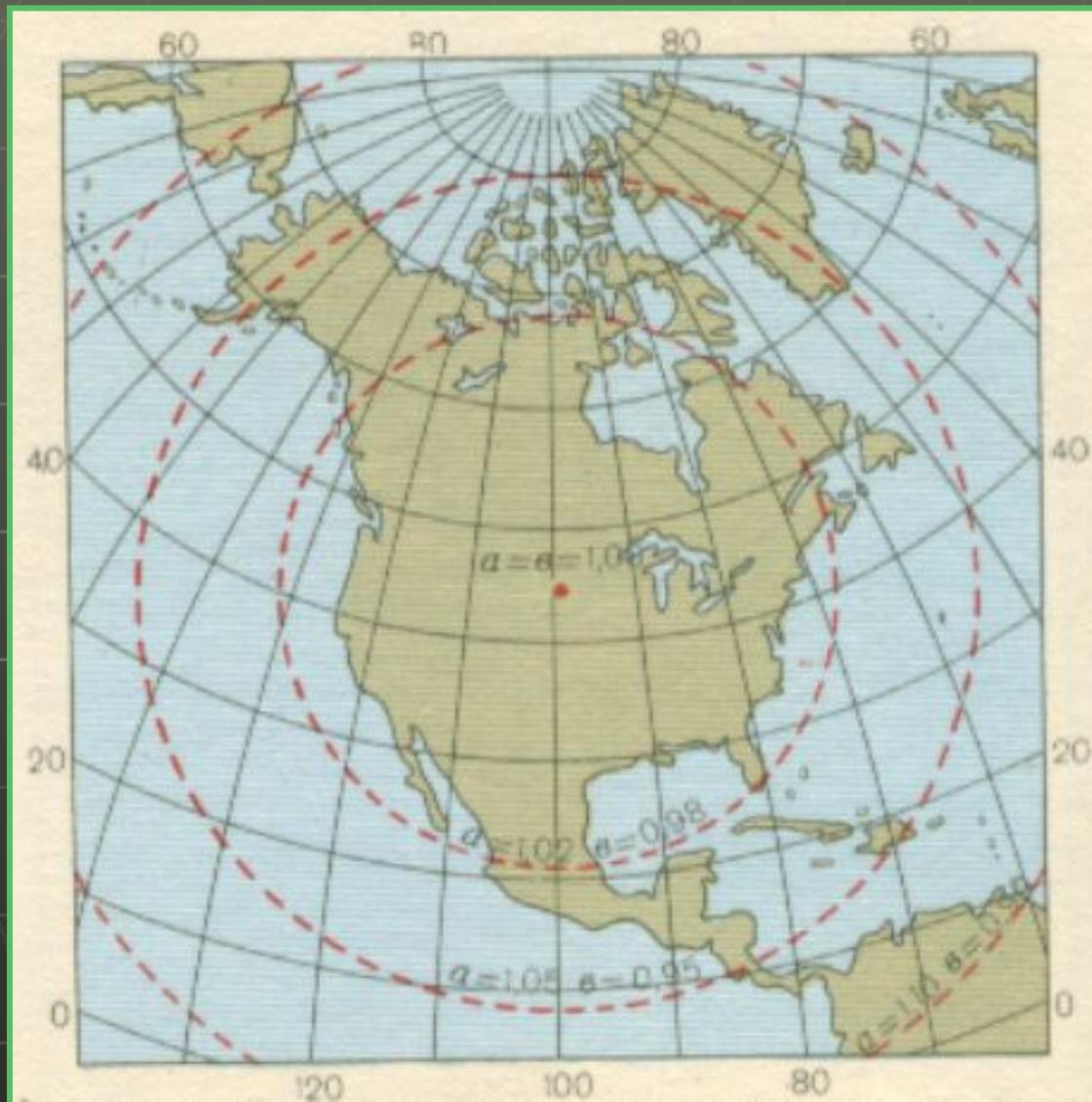
# ИСКАЖЕНИЯ В АЗИМУАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ



Поперечная  
(экваториальная)  
проекция Ламберта.

Наименьшие искажения –  
в центре полушария

# ИСКАЖЕНИЯ В АЗИМУАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ



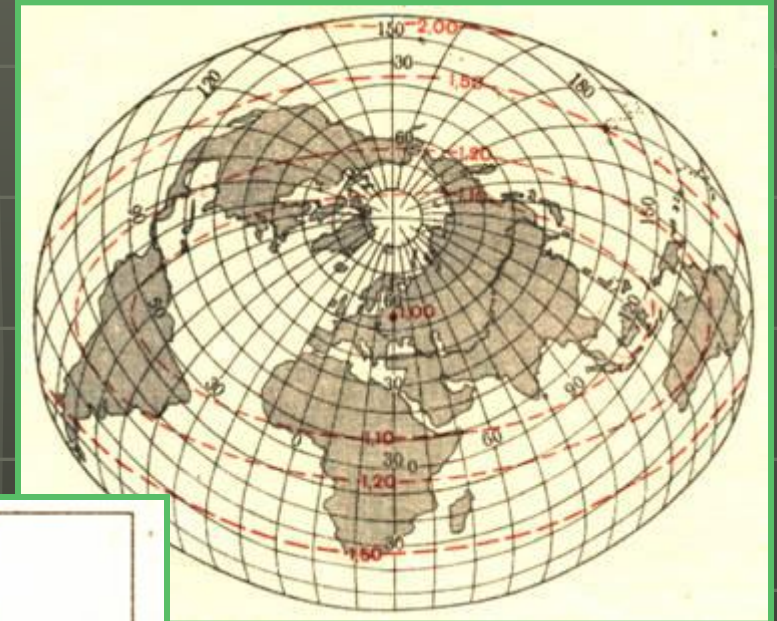
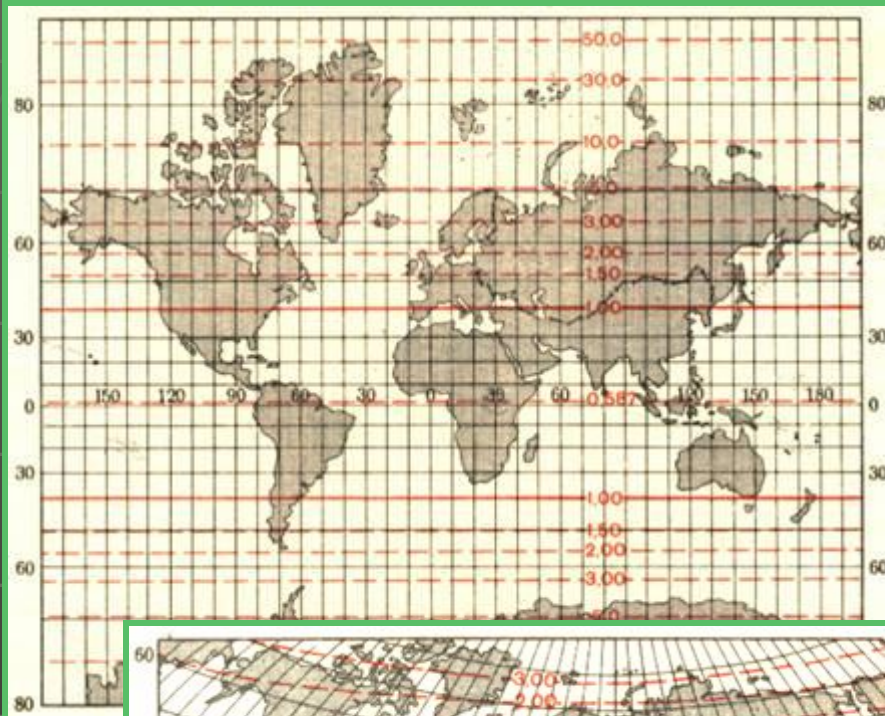
Косая азимутальная проекция для карт материков

## Условия выбора проекций:

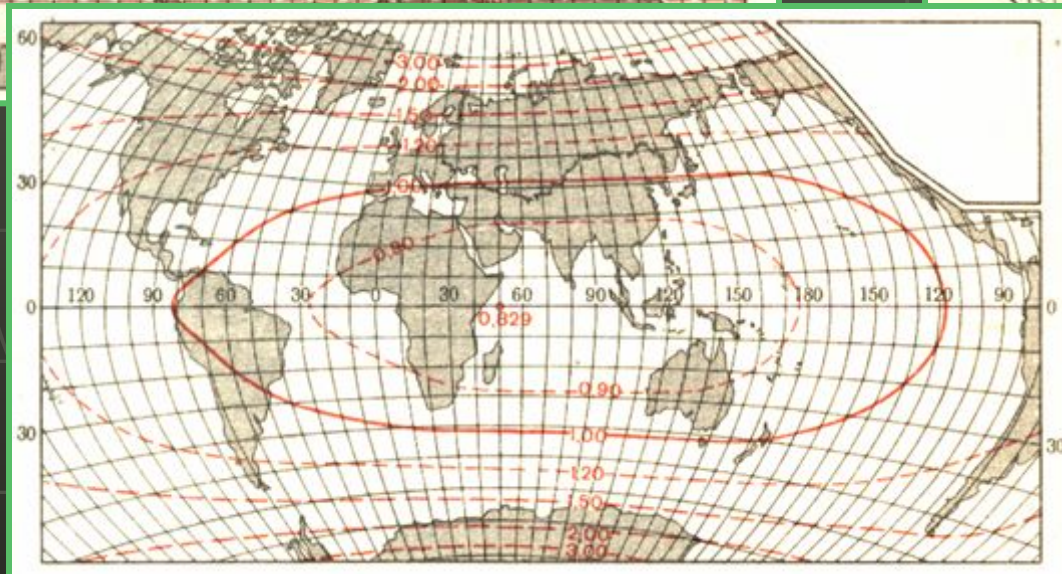
- **Географические особенности территории, ее положение на Земном шаре, размеры и конфигурация**
- **Назначение, масштаб, тематика карты, предполагаемый круг потребителей**
- **Условия и способы использования карты, решаемые задачи, требования к точности измерений**
- **Особенности самой проекции, величины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

# ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ

*Цилиндрическая равноугольная  
проекция Меркатора*

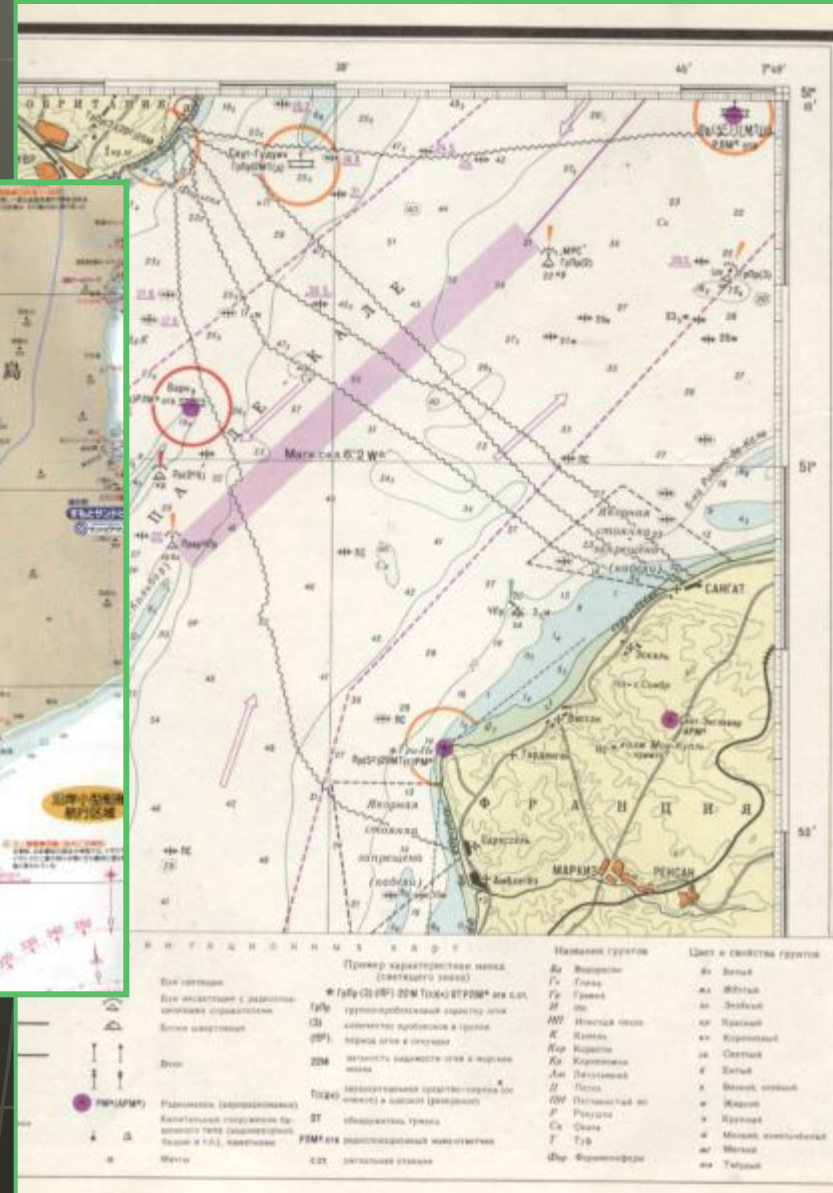
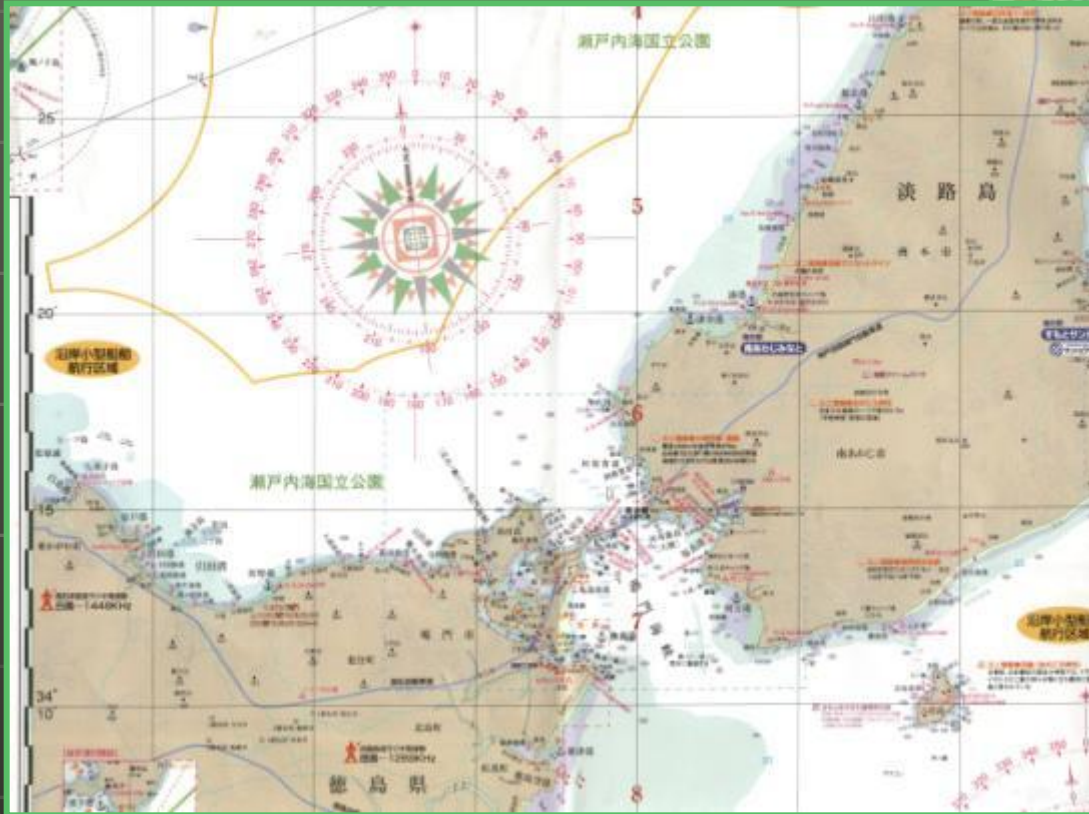


*Косая с овальными  
изоколами*

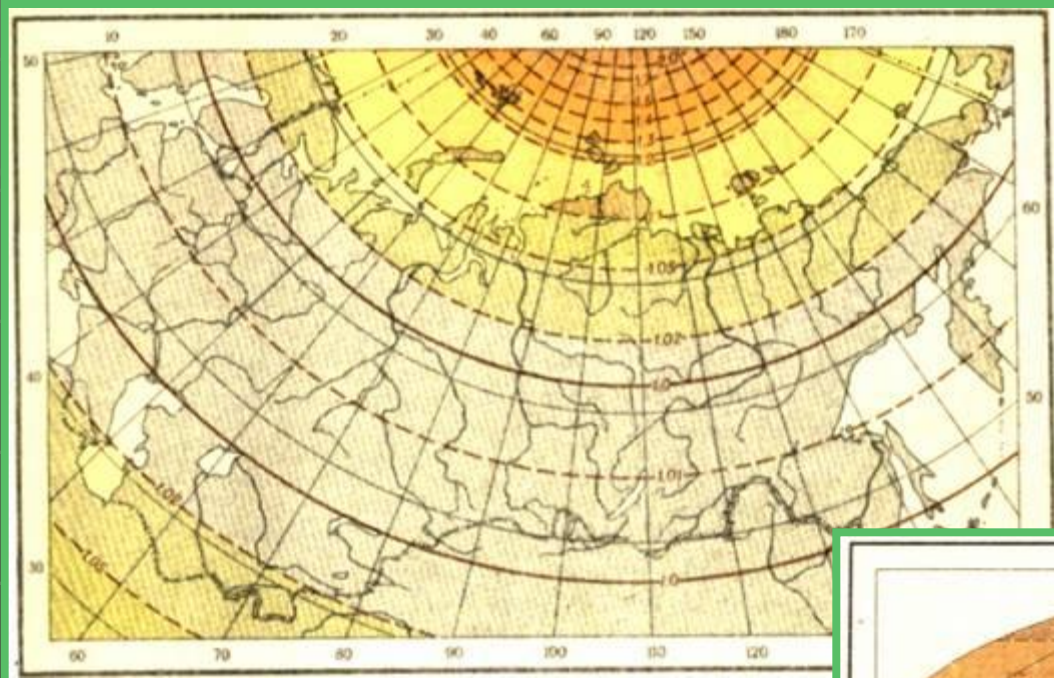


*Псевдоцилиндрическая  
ЦНИИГАиК*

# ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ

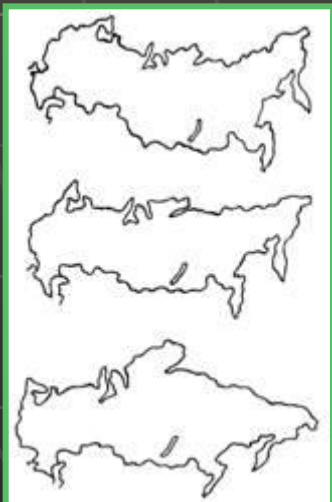
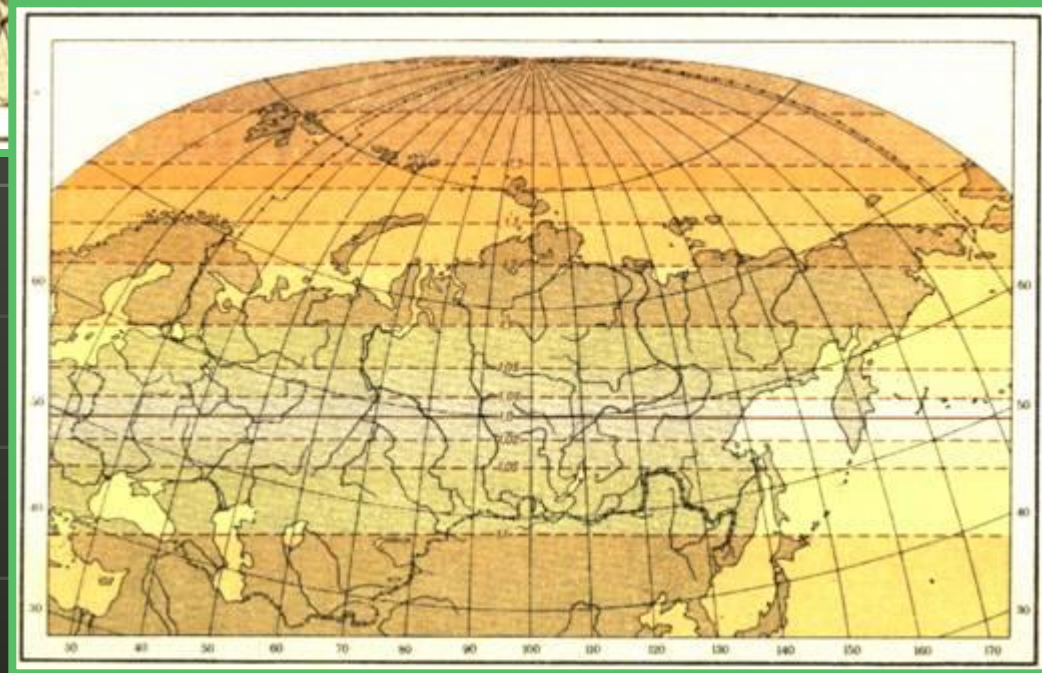


# ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ



*Коническая равнопромежуточная проекция Каврайского*

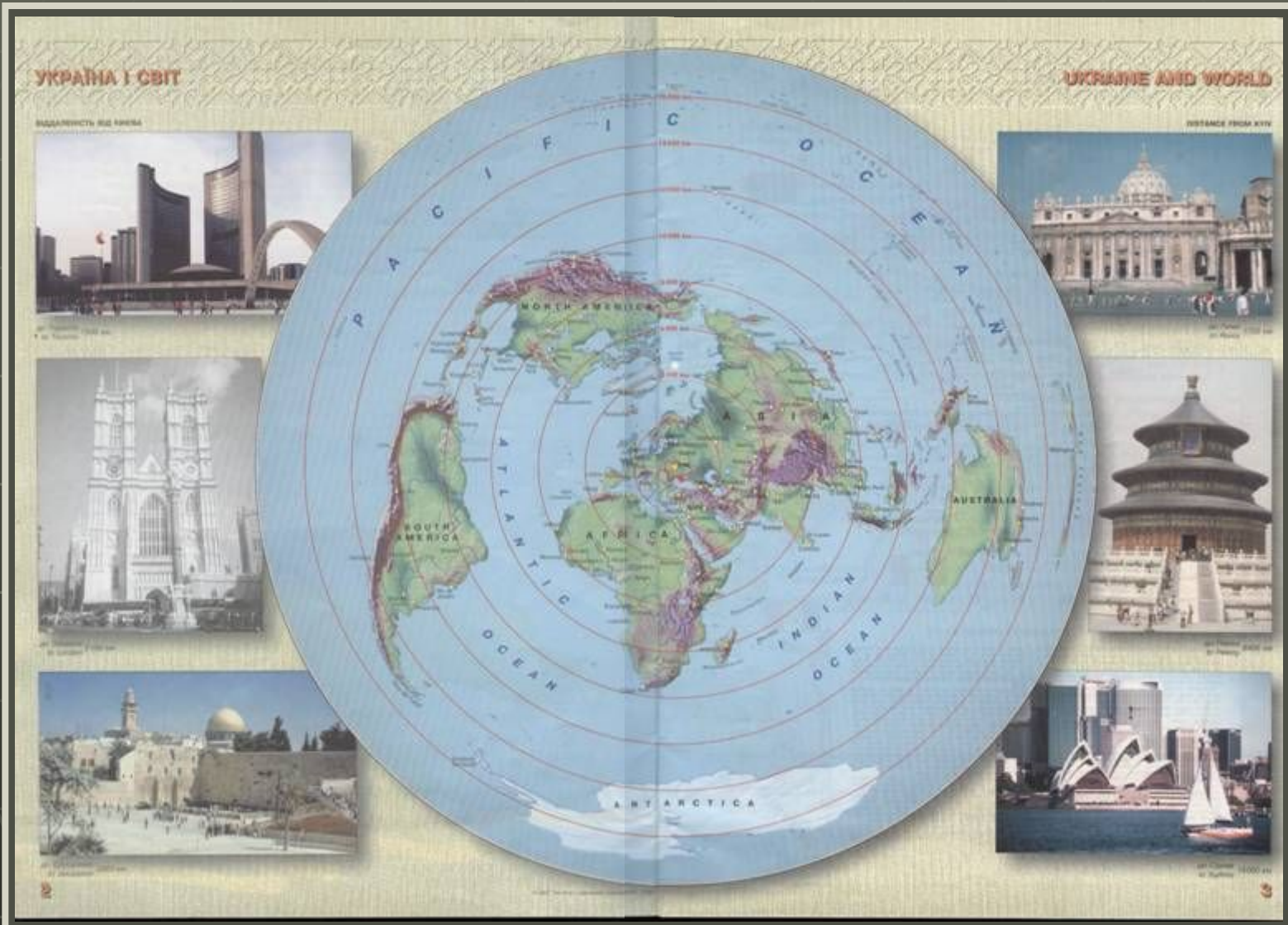
*Косая цилиндрическая проекция Соловьева*



*Контуры России  
в разных проекциях*

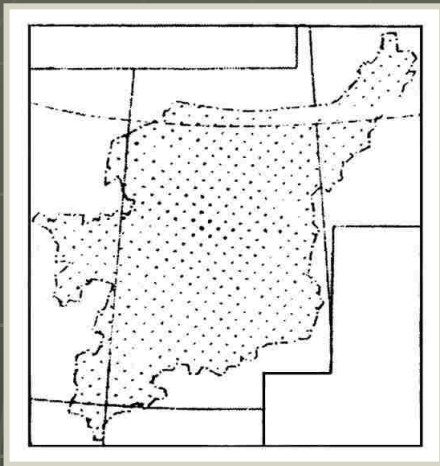


# В ЦЕНТРЕ МИРА

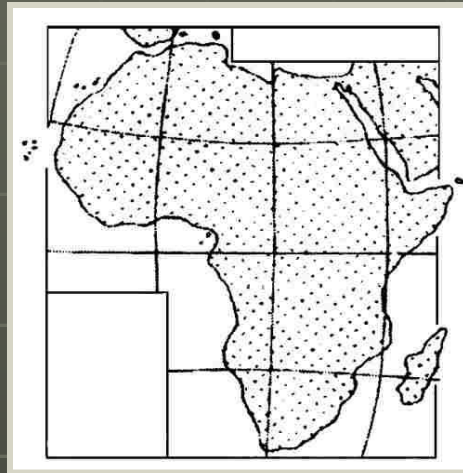


*Атлас «Погляд на Україну – Look at Ukraine», 1998*

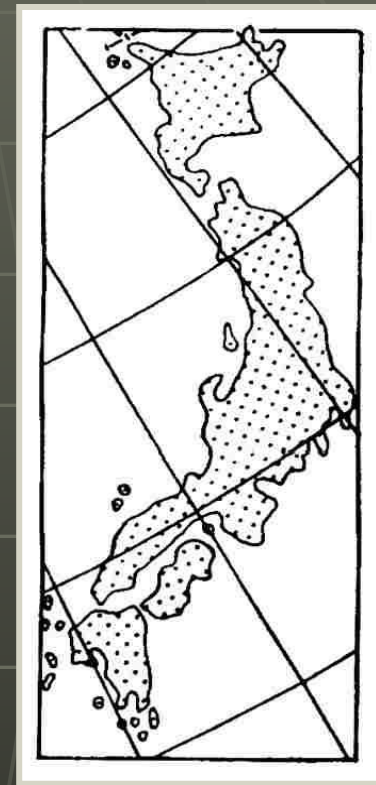
# КОМПОНОВКИ ОДНОЛИСТНЫХ КАРТ



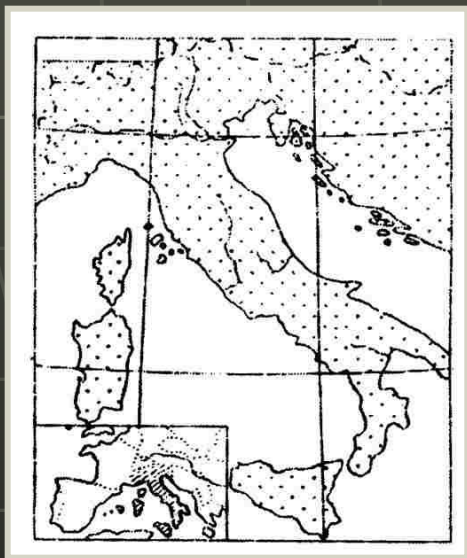
*Легенда и название  
внутри рамки*



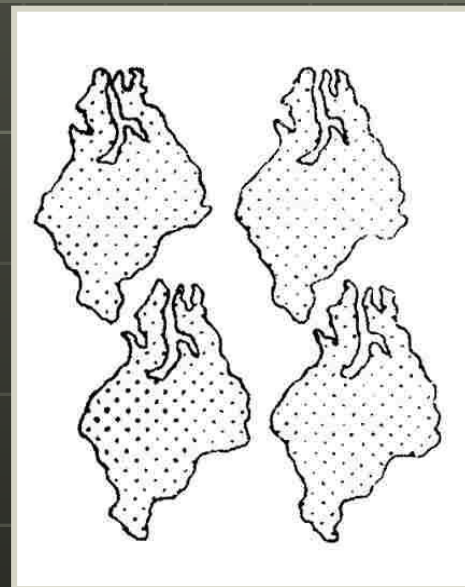
*Выход изображения за рамку*



*Косая компоновка*

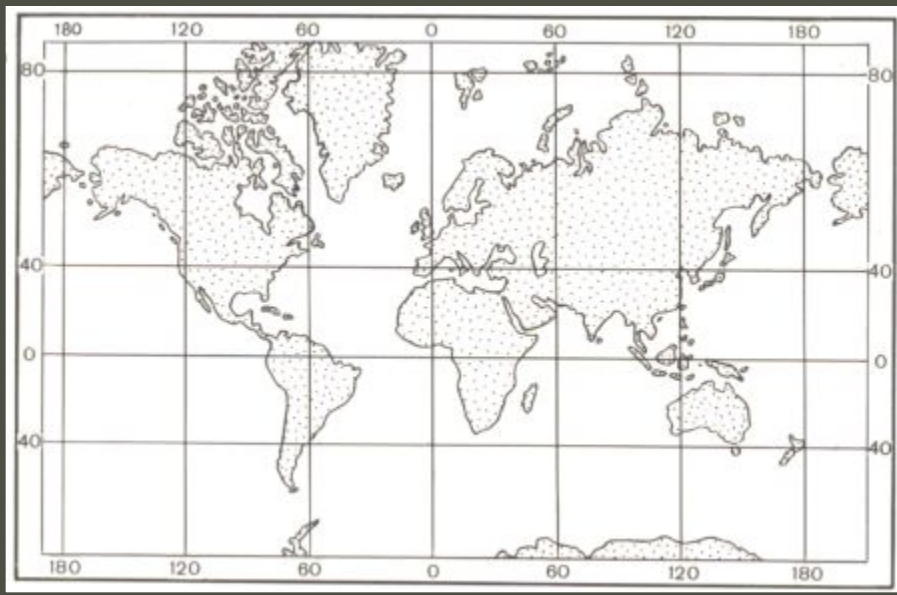


*Врезка внутри рамки*



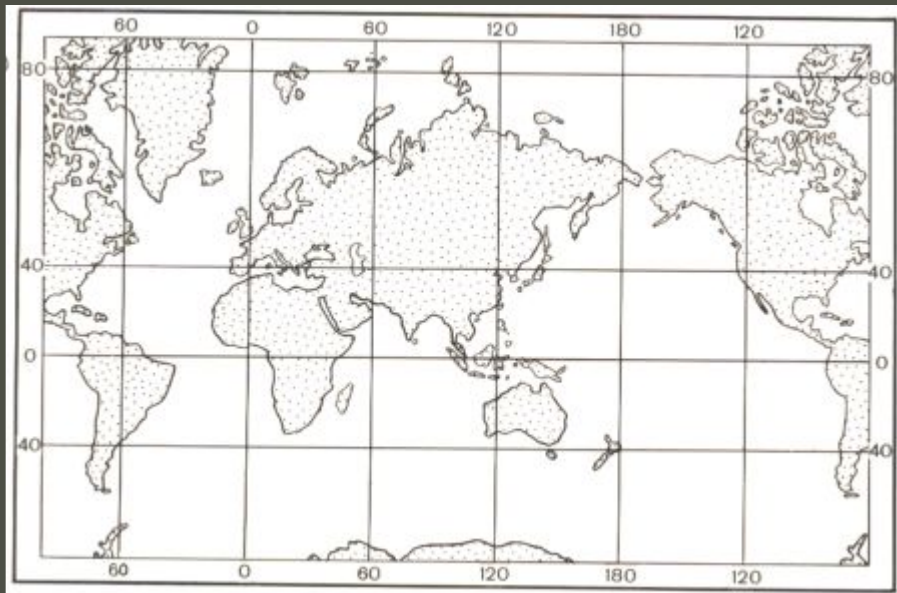
*Плавающая компоновка*

# КОМПОНОВКИ ДЛЯ КАРТЫ МИРА



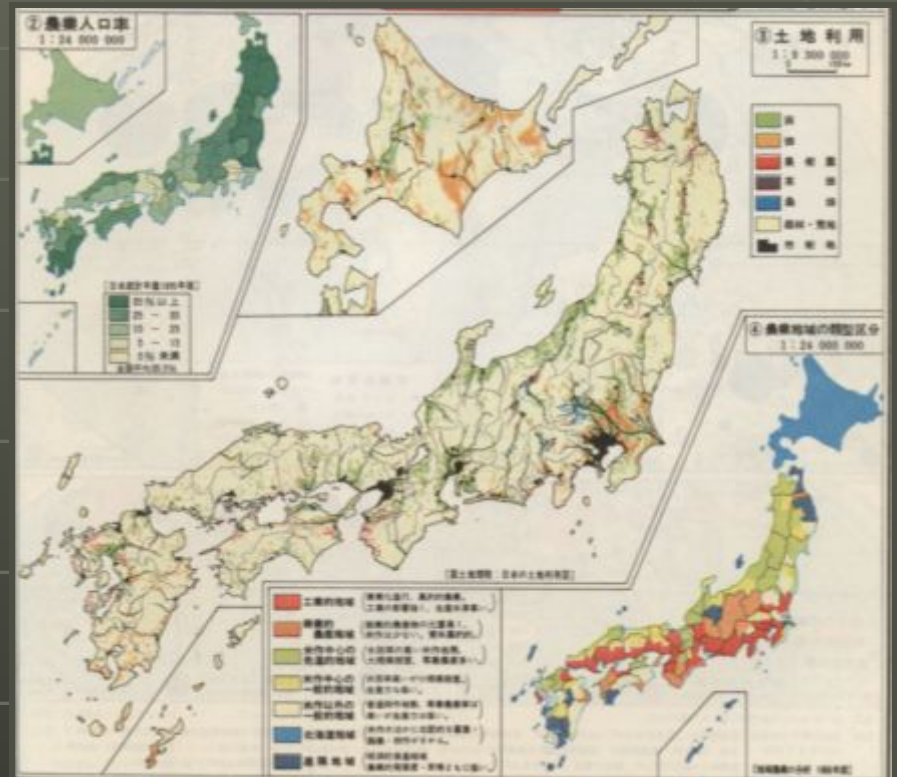
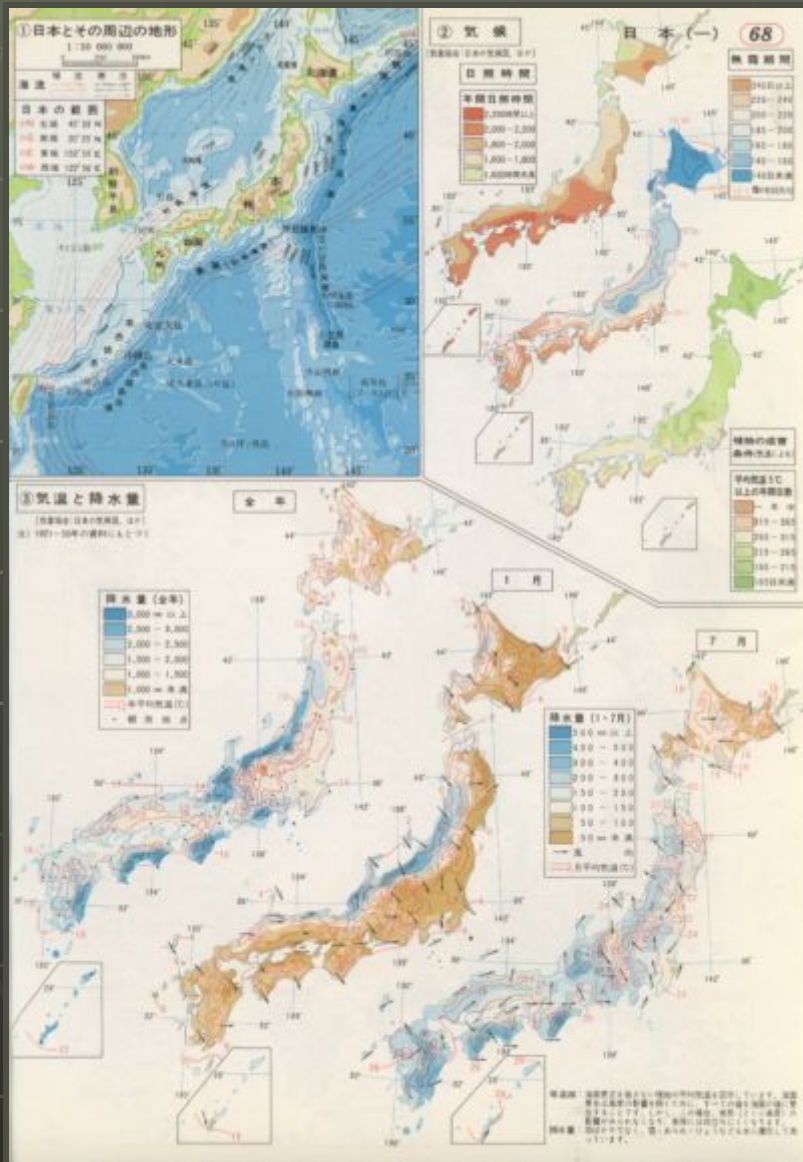
Нормальная цилиндрическая проекция для карты мира с разными центральными меридианами:

*а) целостное изображение материков*



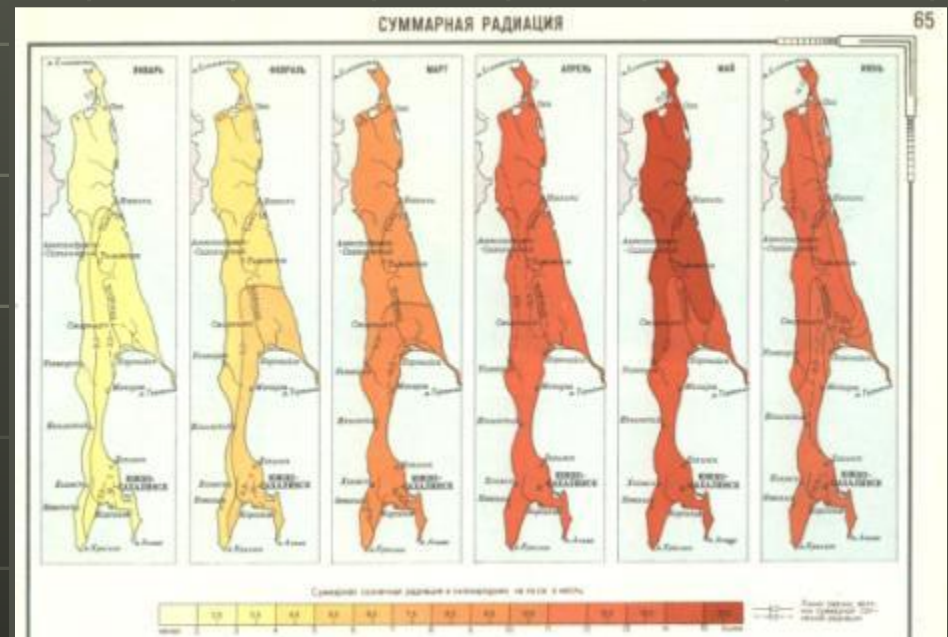
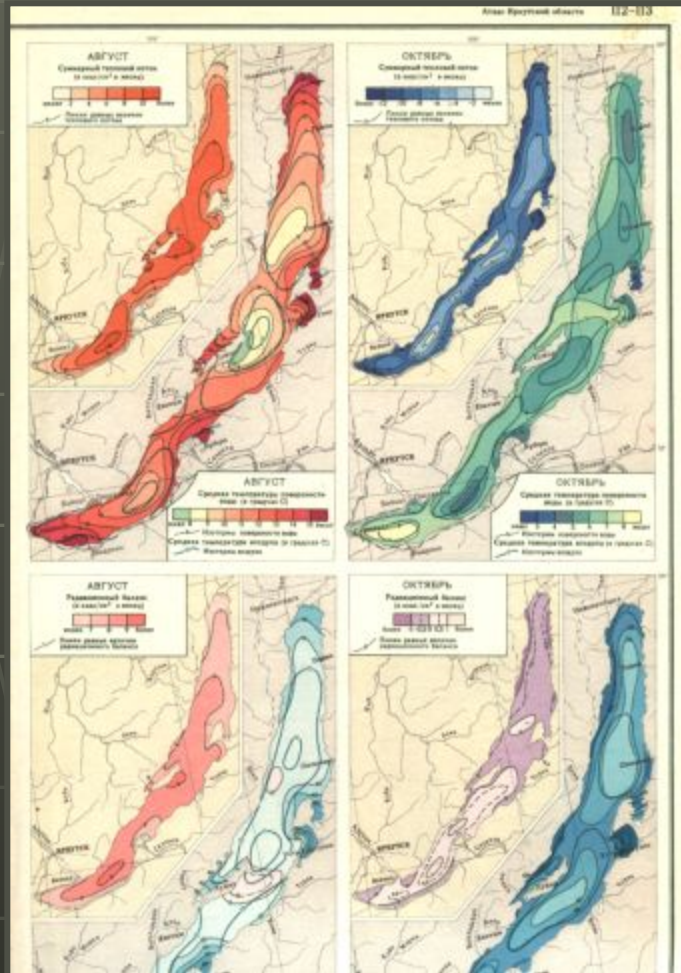
*б) целостное изображение океанов*

# КОМПОНОВКИ В АТЛАСАХ



*Территория Японии  
в произвольных компоновках*

# КОМПОНОВКИ В АТЛАСАХ



*Климатические карты оз. Байкал и острова Сахалин*

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ**