

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

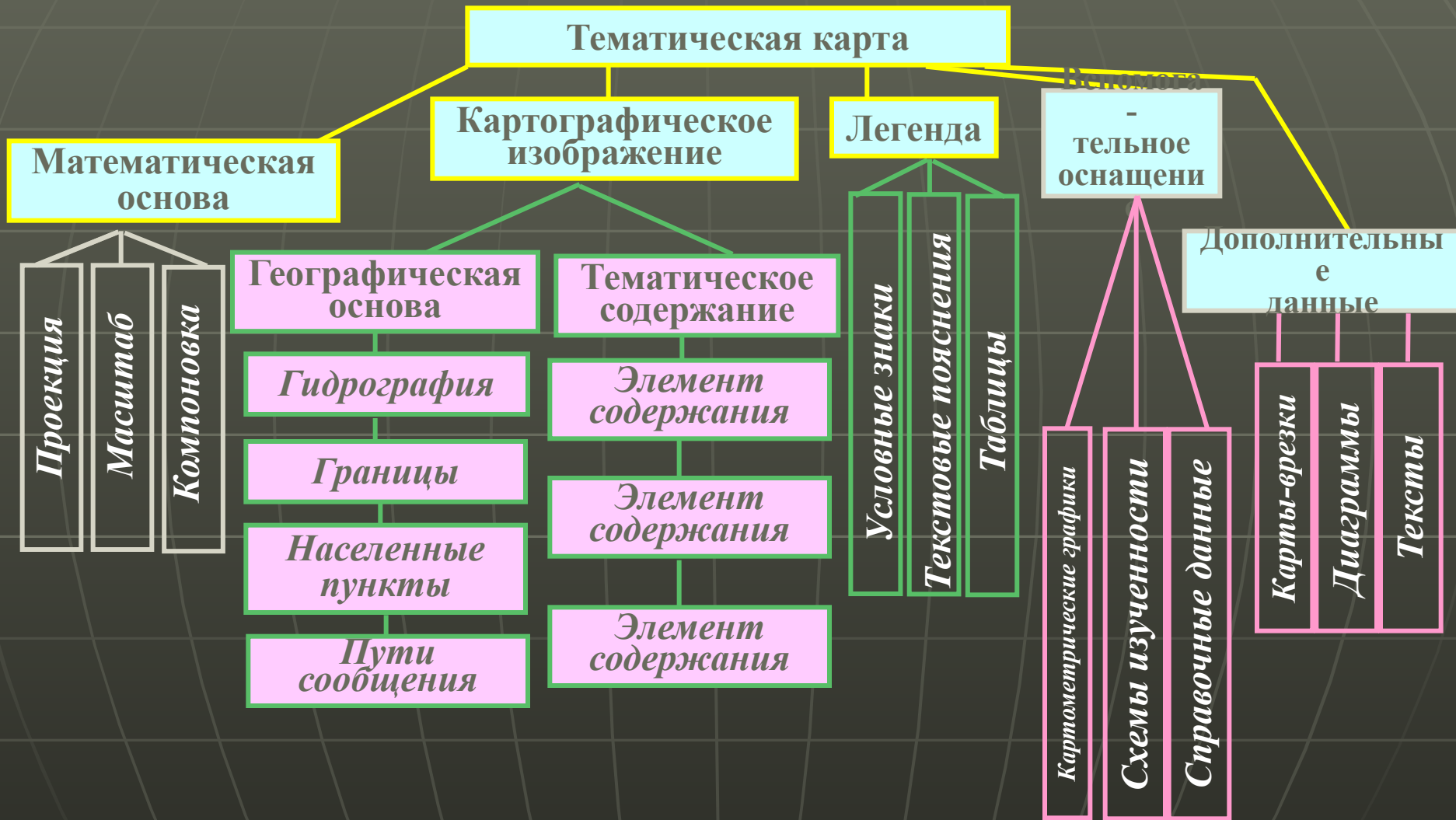
мапа, карта – украинский

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

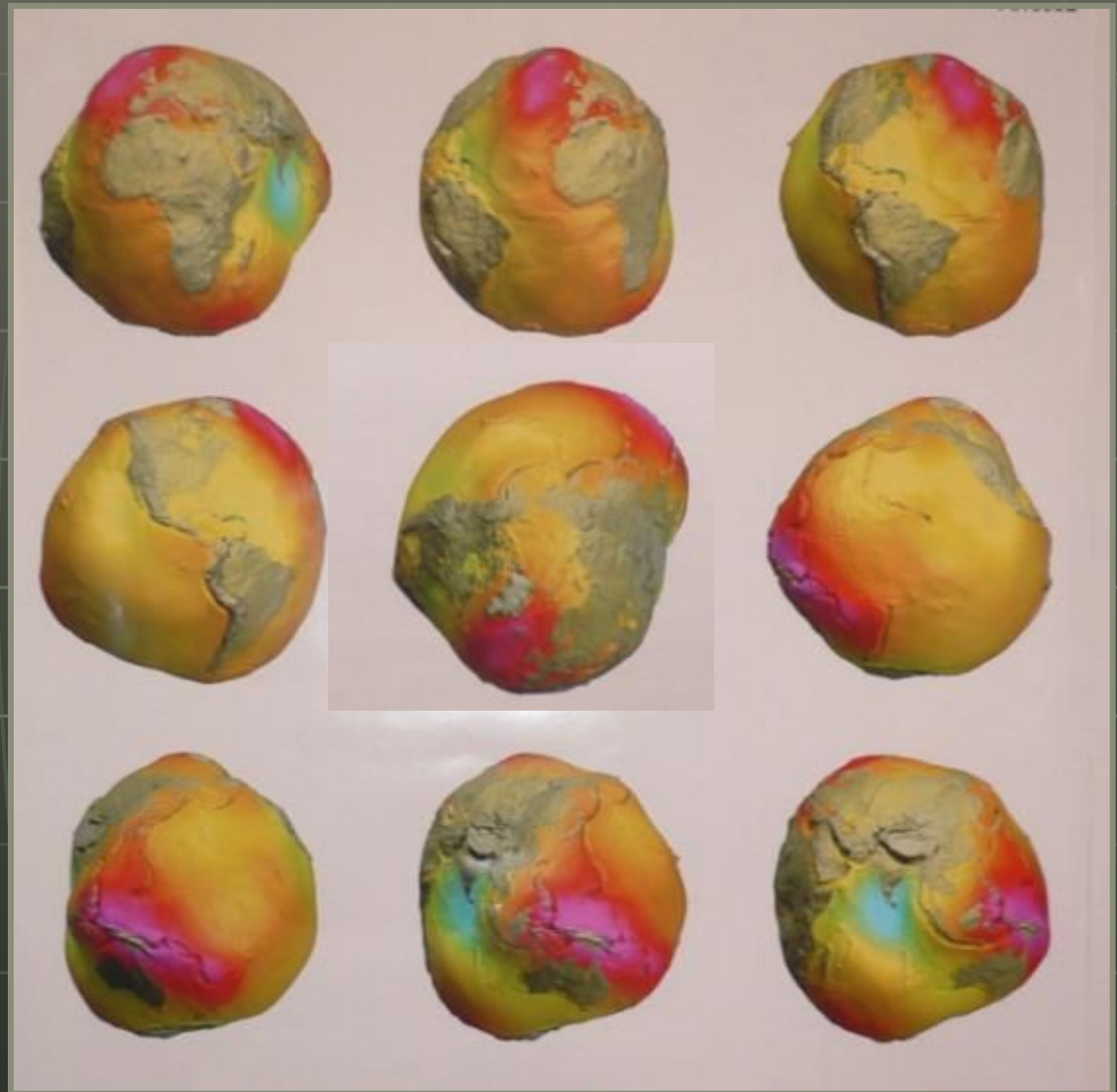
ЭЛЕМЕНТЫ КАРТЫ



ФИГУРА ЗЕМЛИ

ГЕОИД -

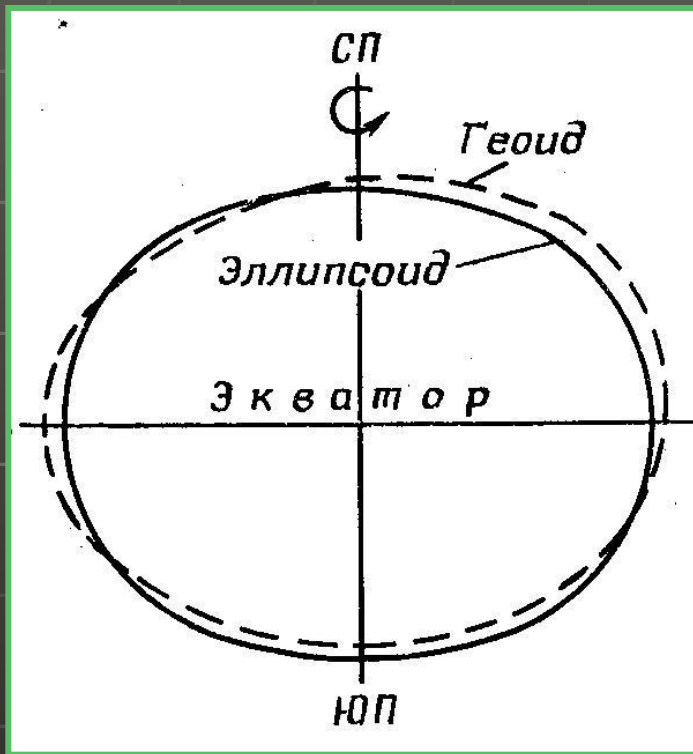
геометрическая фигура, которая совпадает со средней поверхностью вод Мирового океана, свободной от приливов, течений и прочих возмущений



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	± 2	1: 298,257222101	$\pm 0,001$
WGS84	1984	США	6378,137	± 2	1: 298,25722356	$\pm 0,001$
ПЗ-90	1990	СССР	6378,136	± 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.

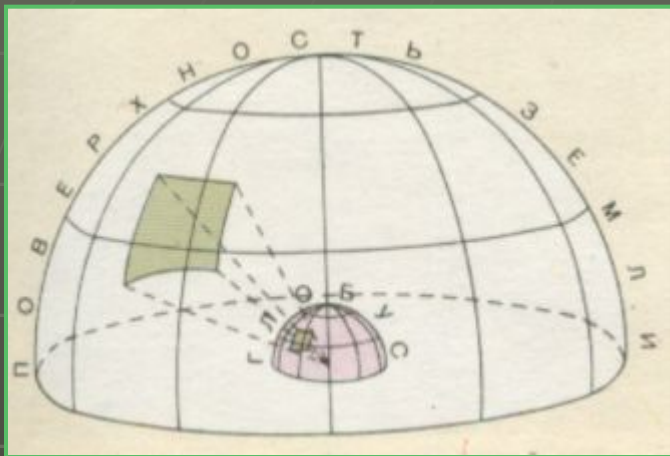
Ориентирование референц-эллипсоида в теле Земли подчиняется следующим требованиям:

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

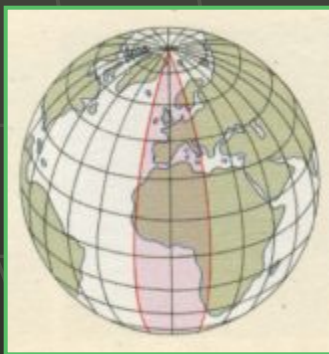
РЕФЕРЕНЦ-ЭЛЛИПСОИДЫ

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

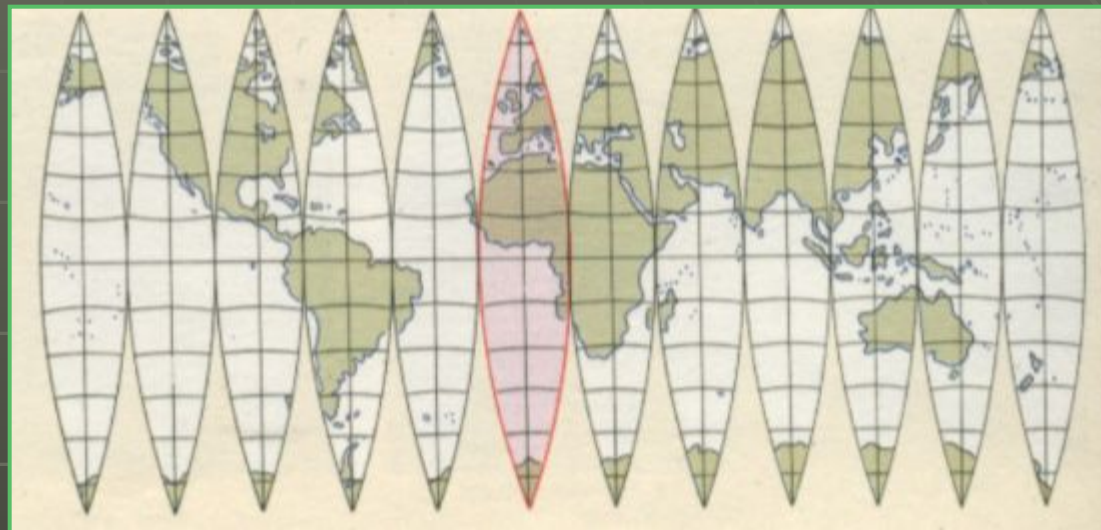
ИЗОБРАЖЕНИЕ СФЕРОИДА НА ПЛОСКОСТИ



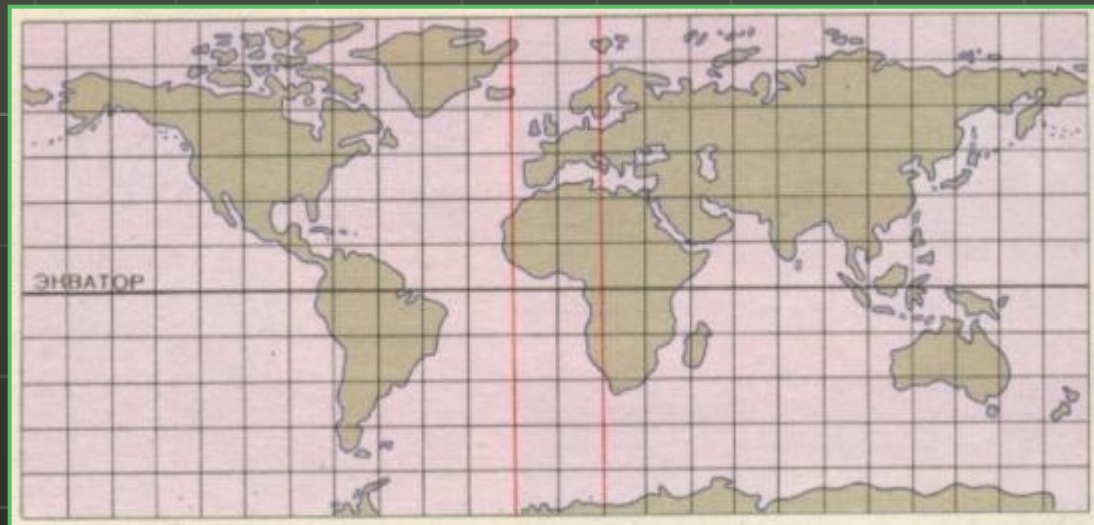
*Поверхность Земли
проецируют на глобус (эллипсоид)*



Глобус



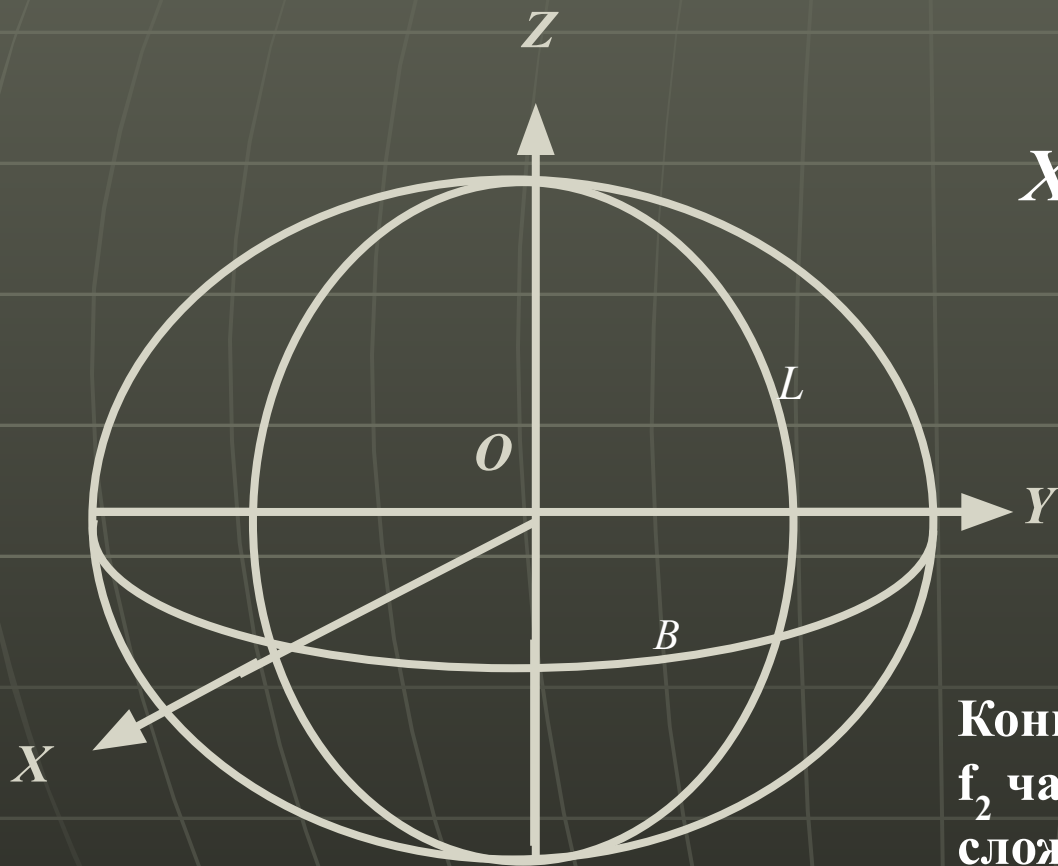
Поверхность глобуса, разделенная на зоны



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:

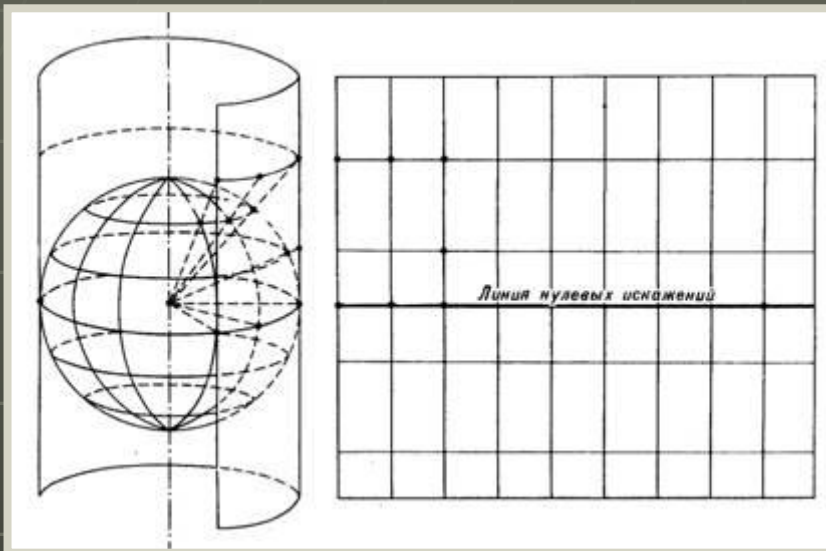
Нормальная система – ось сферических координат совпадает с осью вращения Земли

Поперечная система – ось сферических координат лежит в плоскости экватора

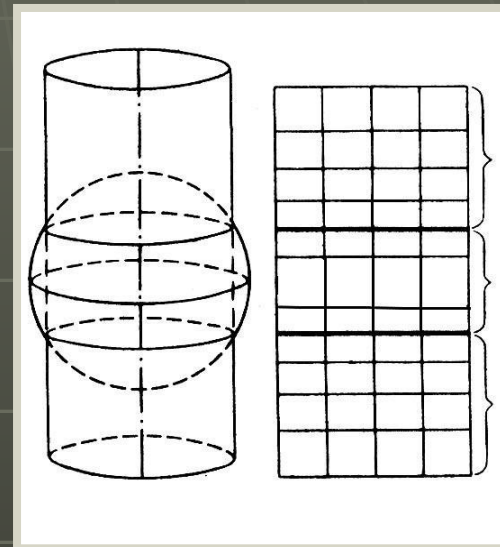
Косая система – ось сферических координат расположена под углом к оси вращения Земли

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

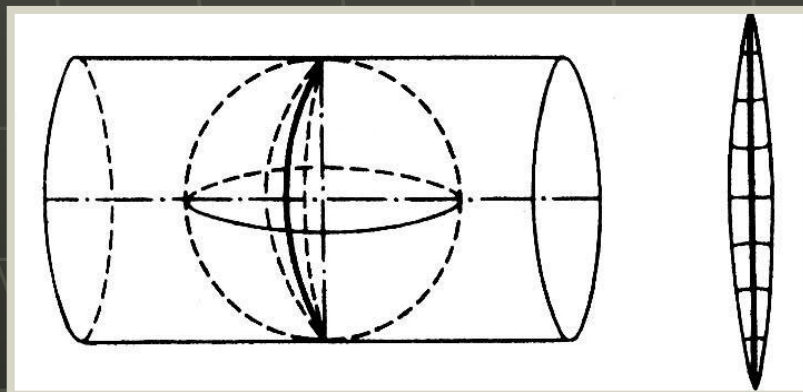
Нормальная прямая



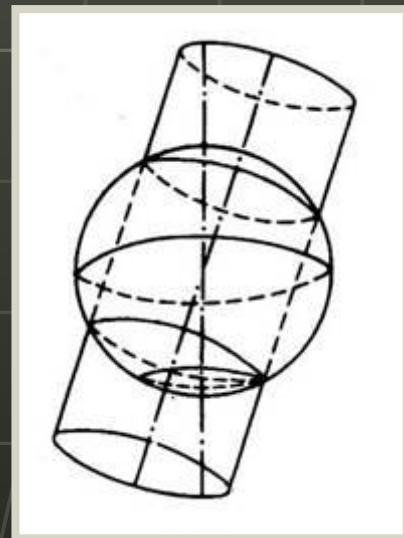
Нормальная секущая



Поперечная

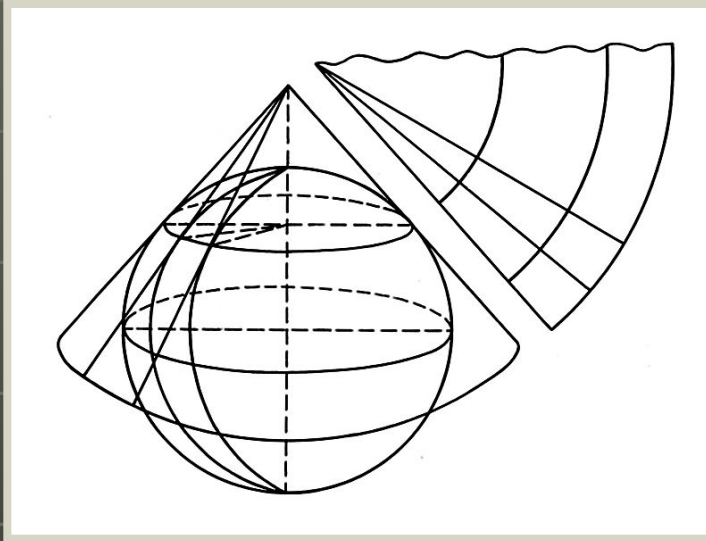


Косая

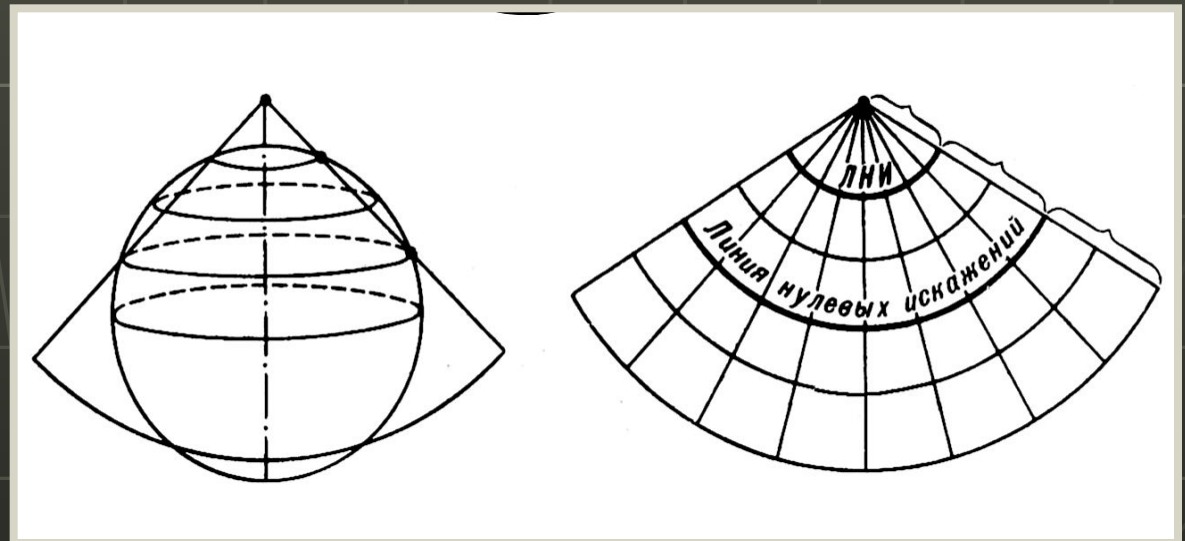


КОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

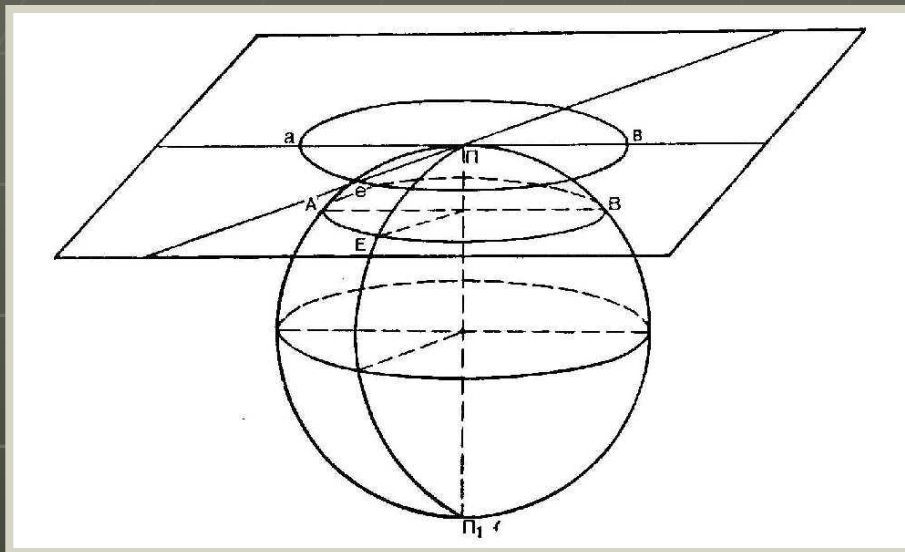
Нормальная касательная



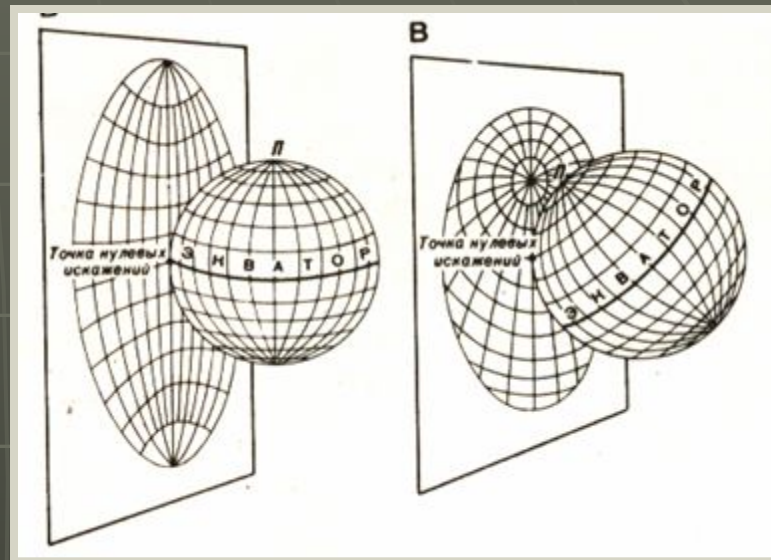
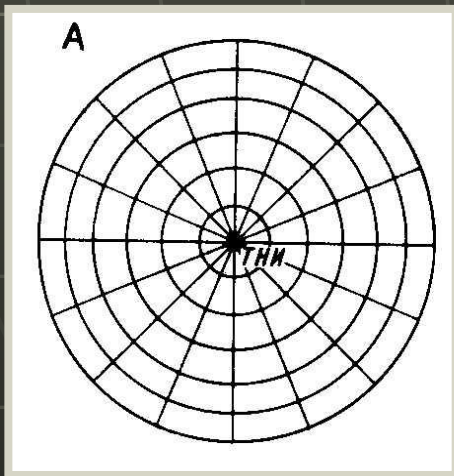
Нормальная секущая



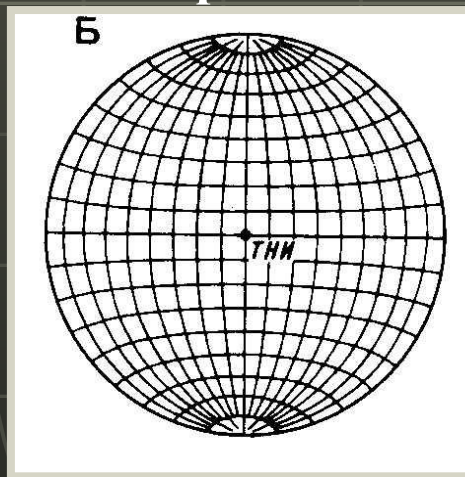
АЗИМУТАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ



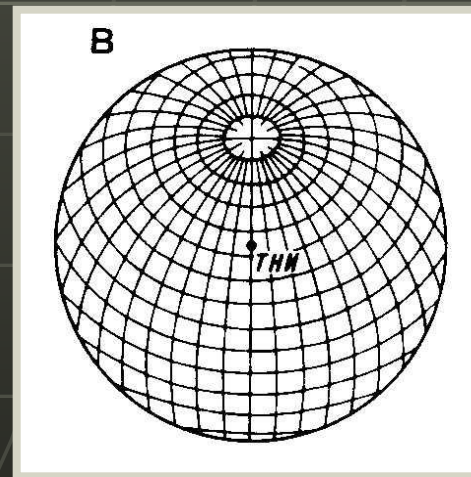
Нормальная
или полярная



Поперечная или
экваториальная



Косая или
горизонтная



АЗИМУТАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ ПОЛУШАРИЙ

Поперечная или
экваториальная

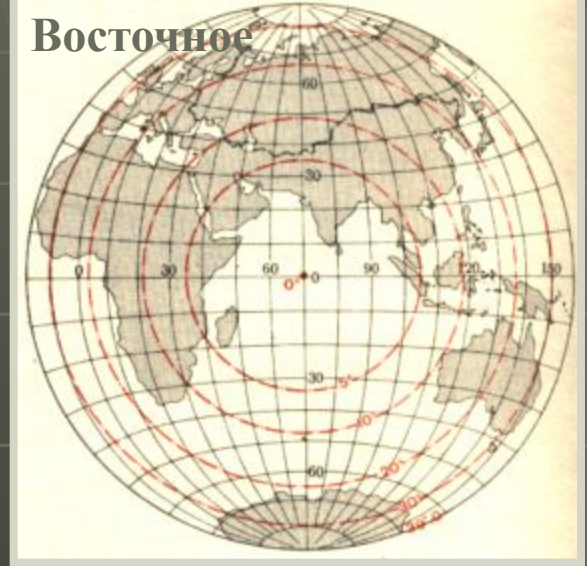
Нормальная или
полярная

Косая

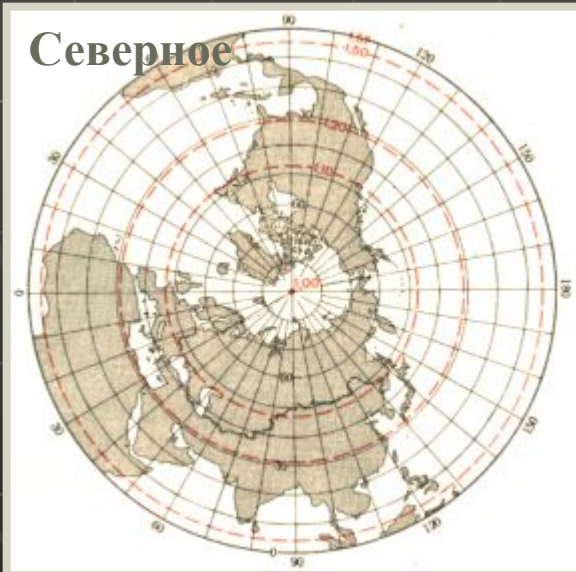
Западное



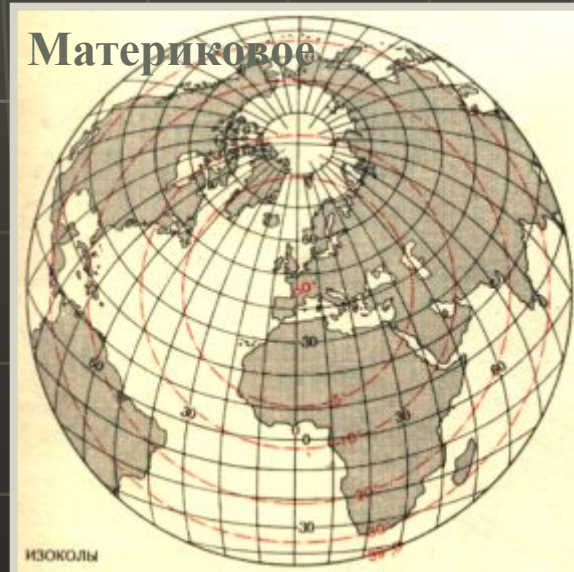
Восточное



Северное



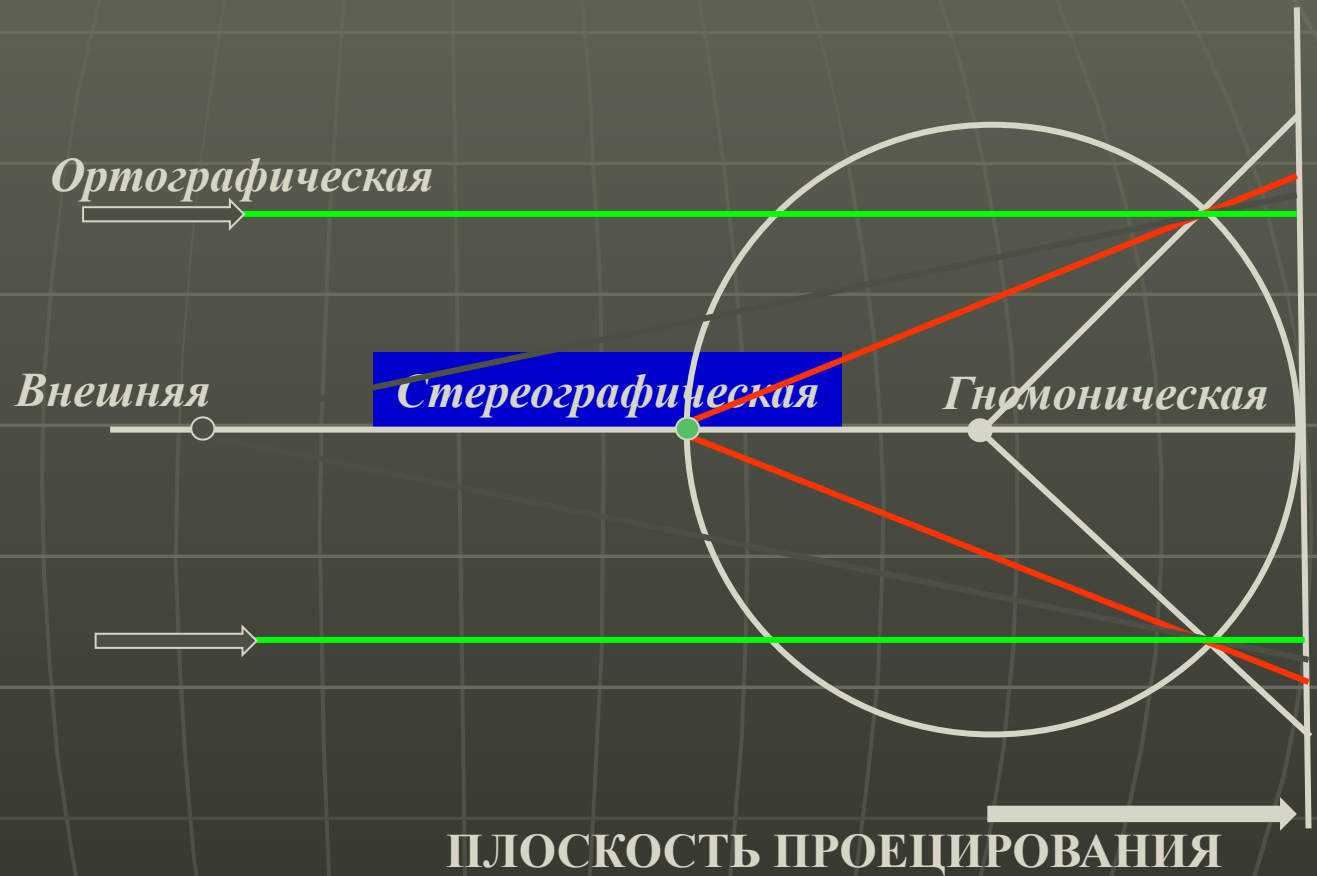
Материковое



Океаническое



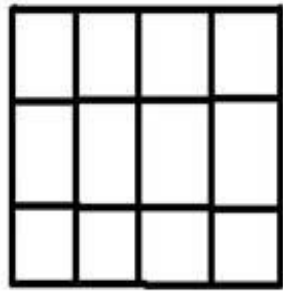
АЗИМУТАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ



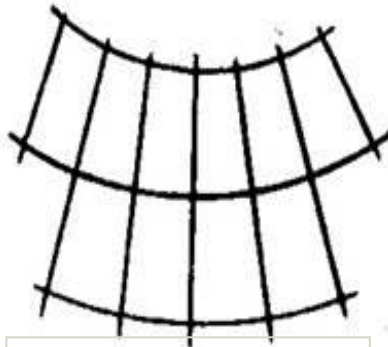
Проекции различаются по положению точки, из которой ведется проектирование

СЕТКИ МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ

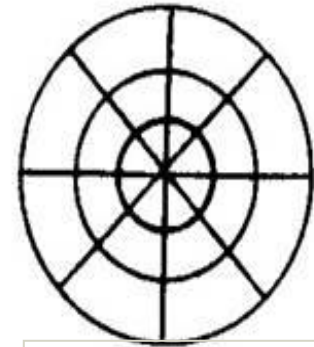
Вид картографических сеток в нормальных проекциях



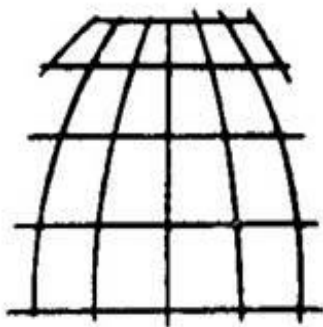
Цилиндрические



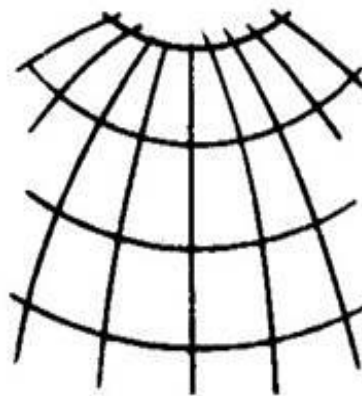
Конические



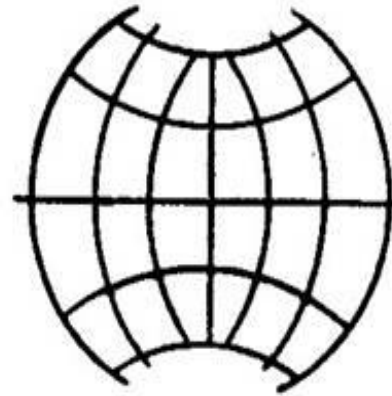
Азимутальные



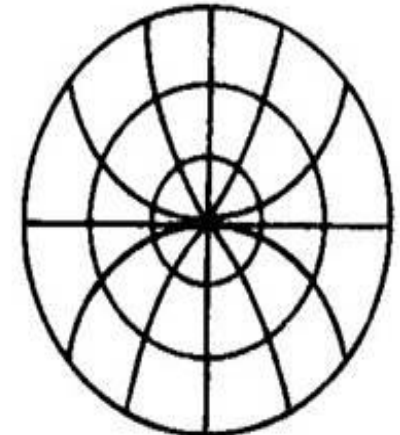
*Псевдо-
цилиндрические*



Псевдоконические



Поликонические

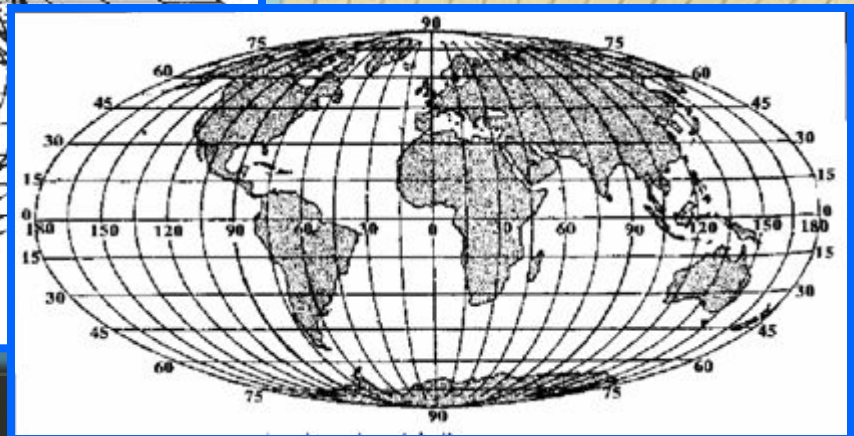
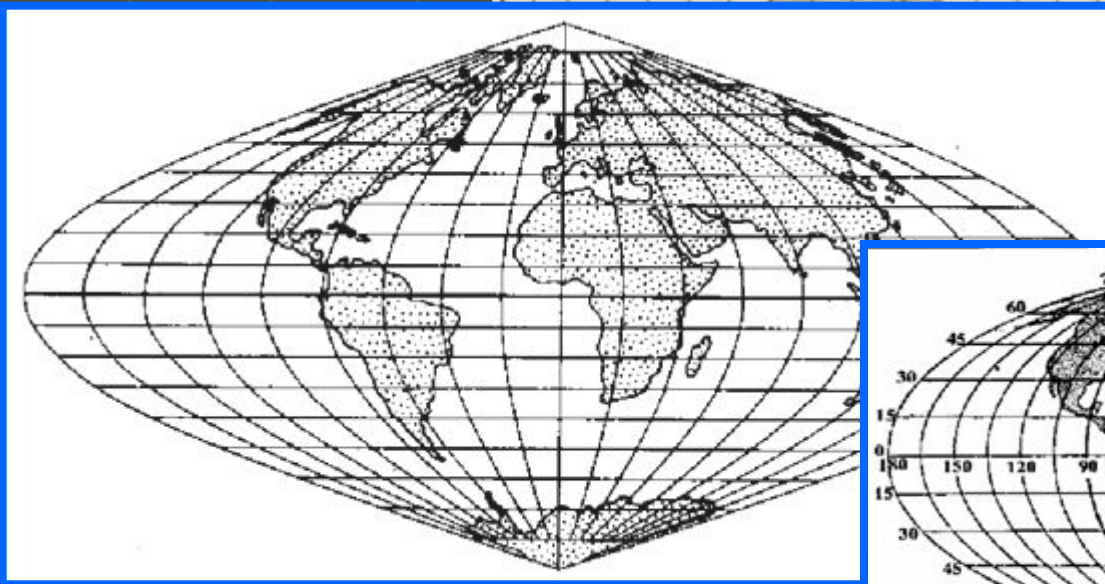
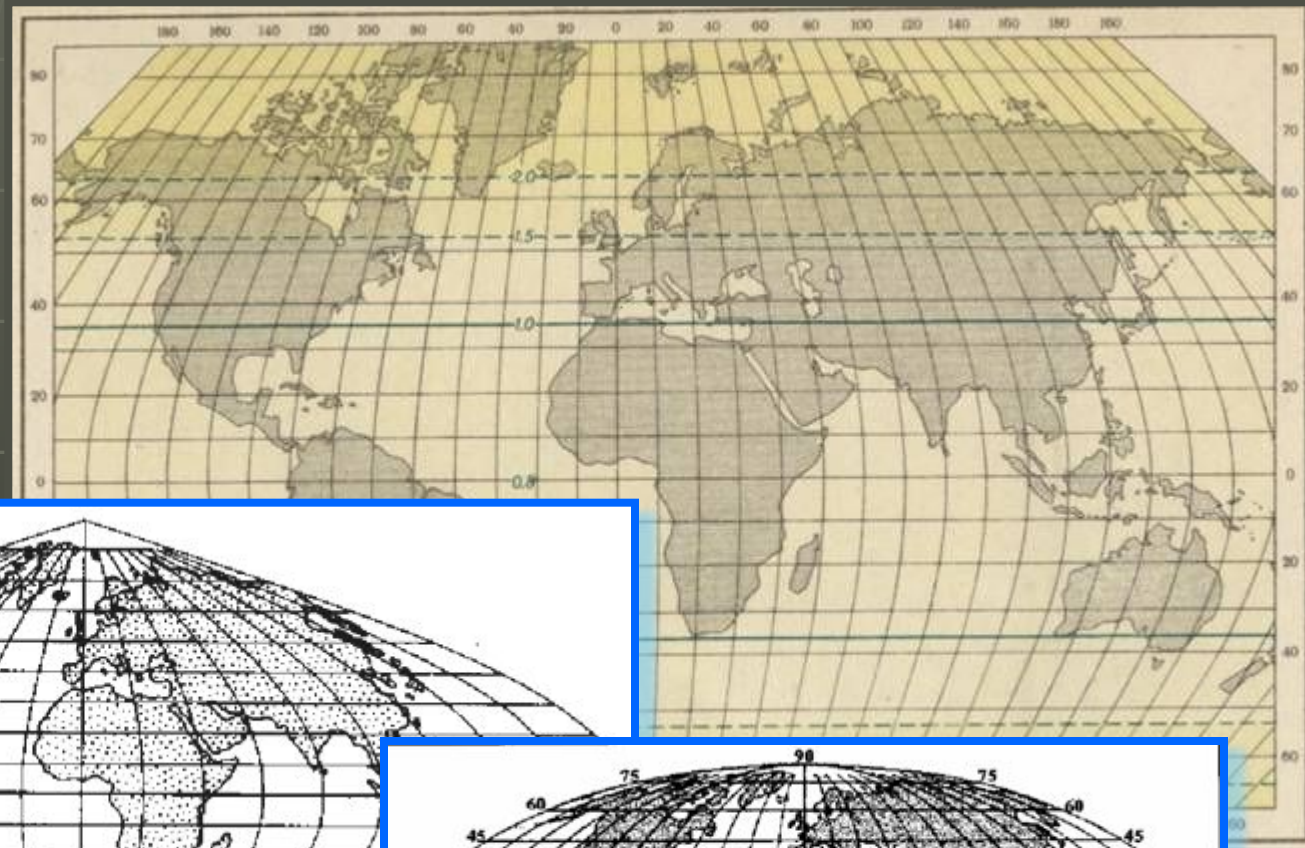


*Псевдо-
азимутальные*

ПСЕВДОЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

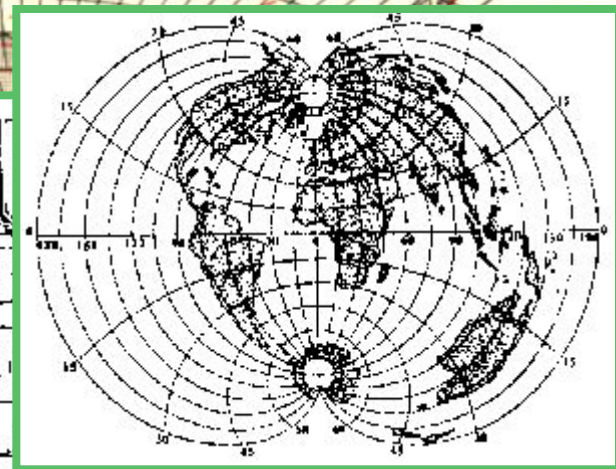
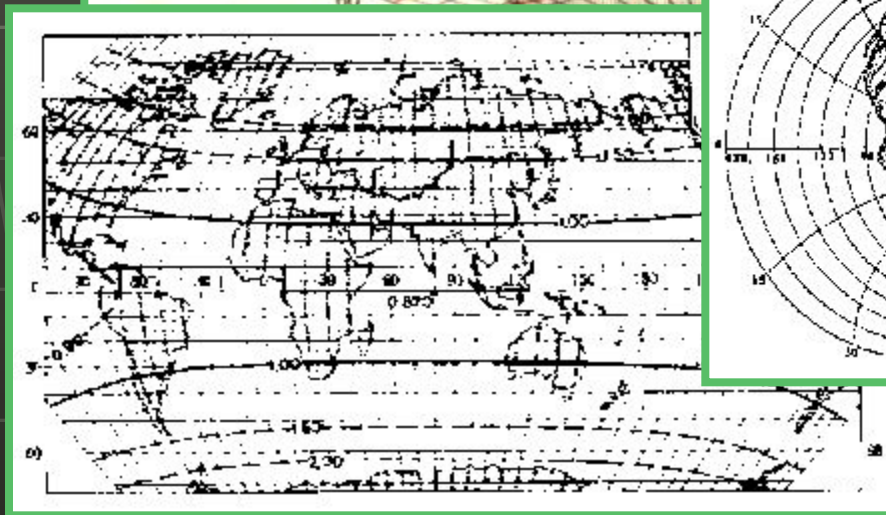
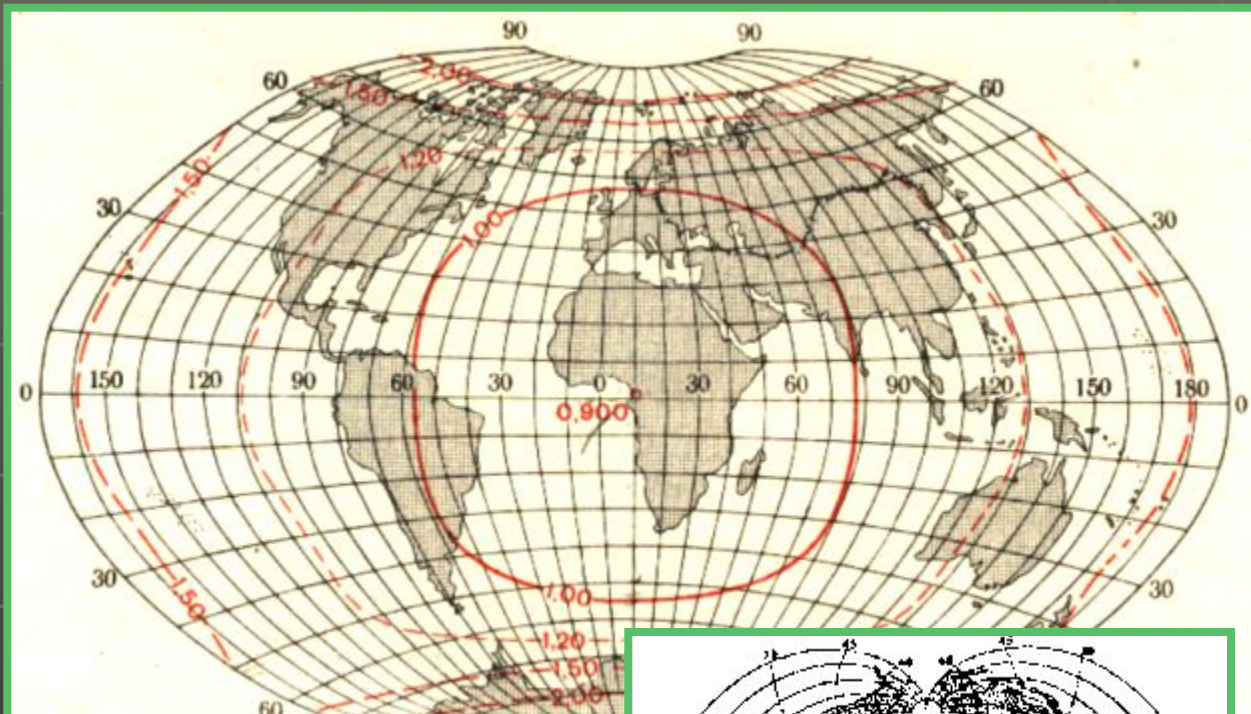
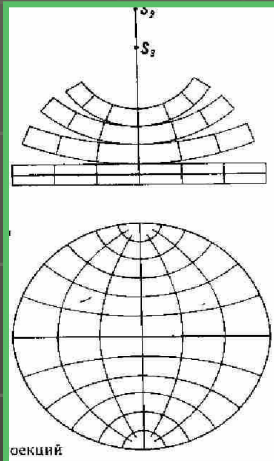
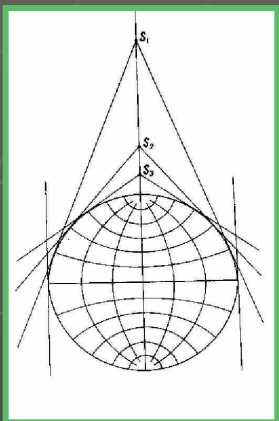
Параллели – прямые, параллельные экватору, как в цилиндрической проекции.

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



*Проекция Каврайского,
Сансона, Мольвейде*

ПОЛИКОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ



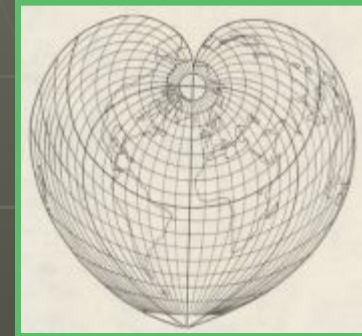
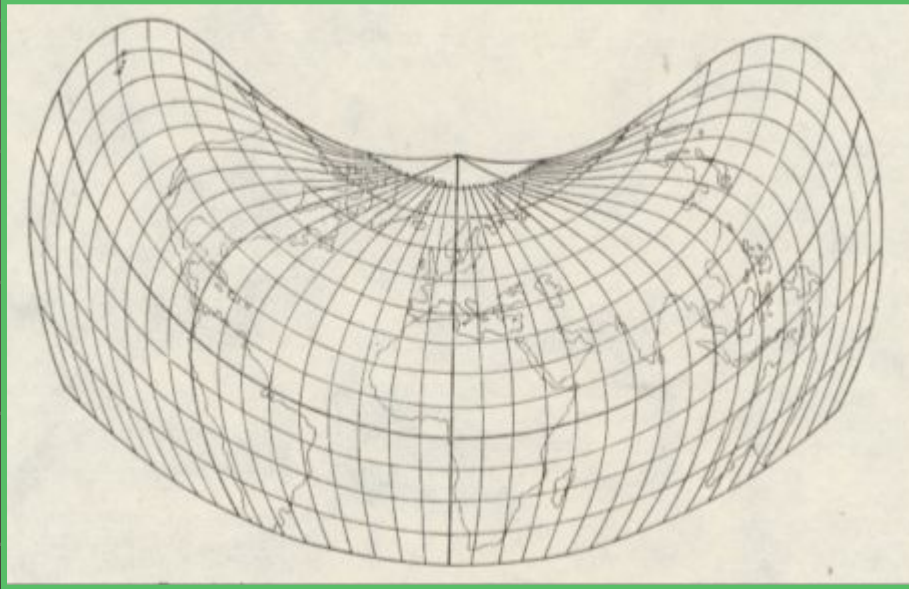
Параллели – дуги эксцентрических окружностей.

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

Проекции ЦНИИГАиК
1944 и 1939-1949

ПСЕВДОКОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Проекция Бонна

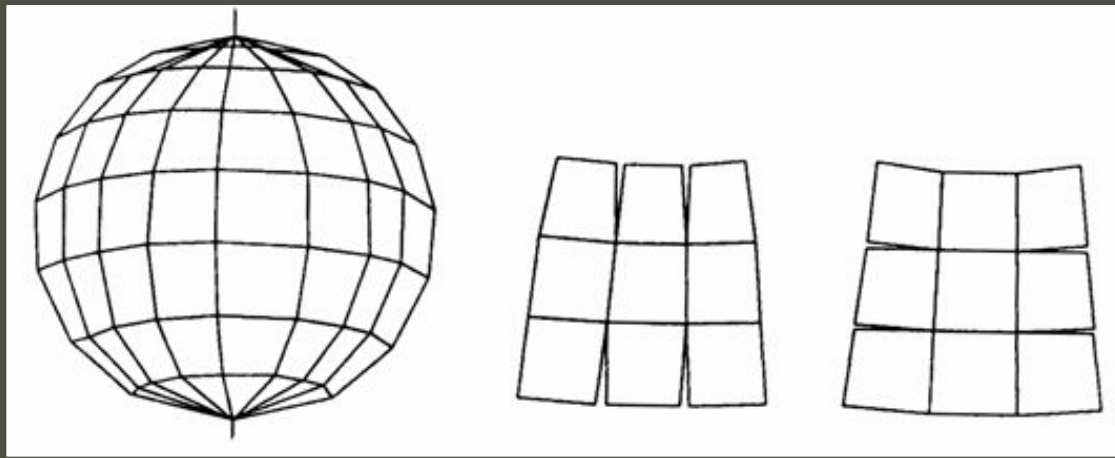


Параллели – кривые,
меридианы – кривые, кривизна
которых возрастает с удалением
от центрального прямого
меридиана

Кардиоидальная проекция Вернера,
XVI век



МНОГОГРАННЫЕ ПРОЕКЦИИ

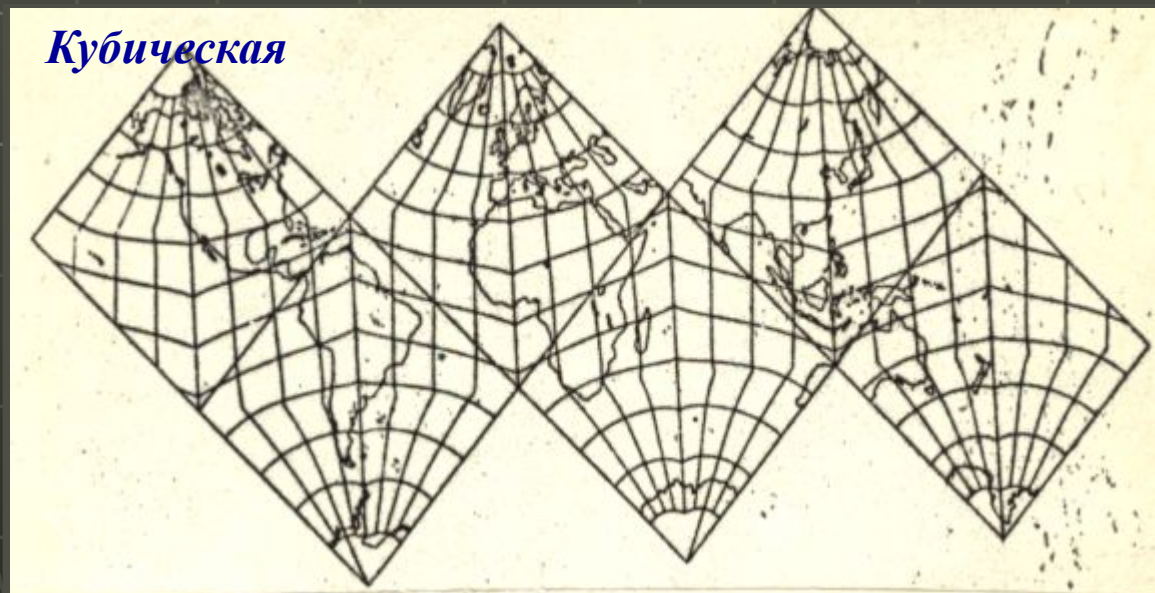


Проекция карт масштаба 1:1 000 000

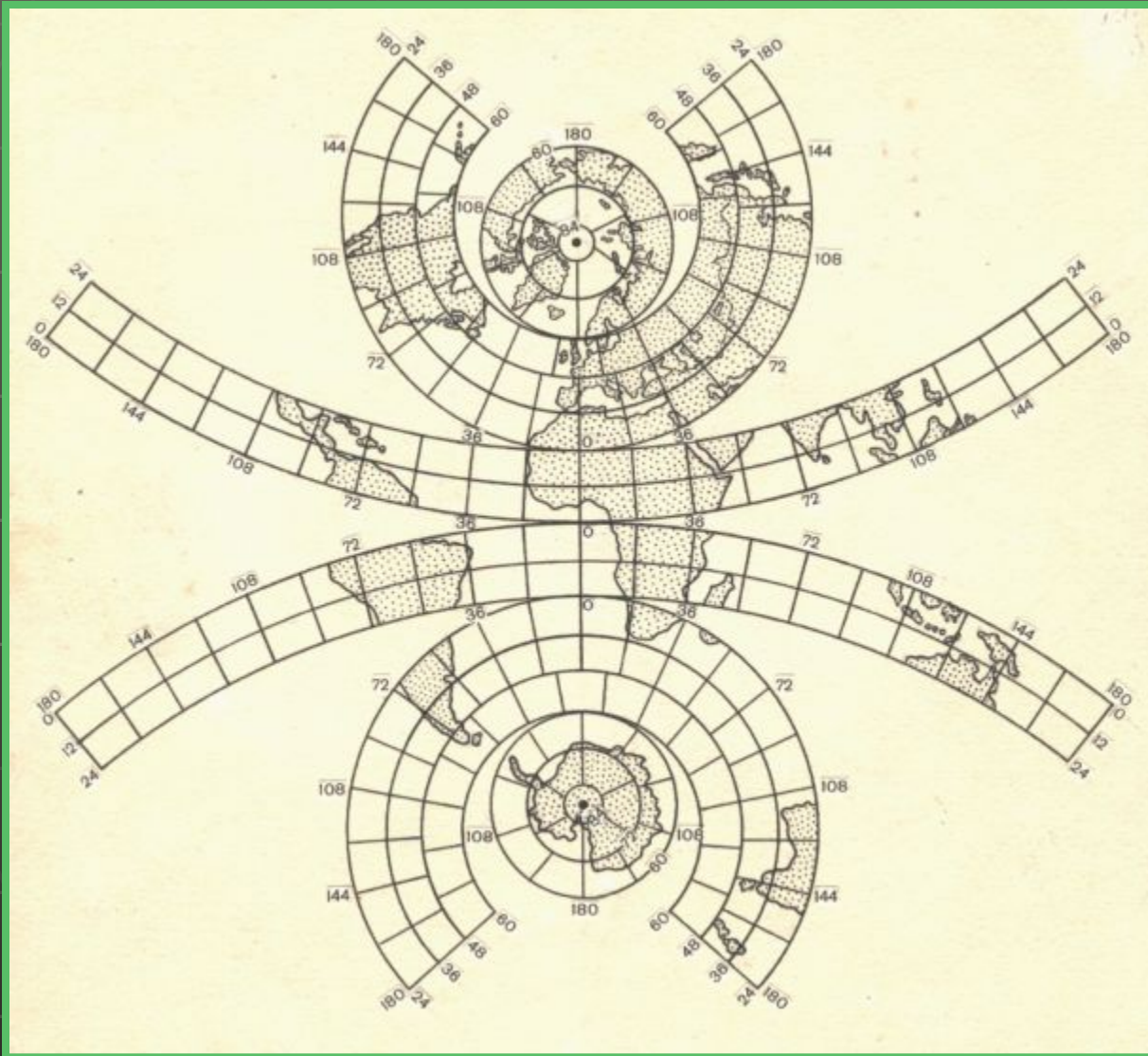
Экспериментальные
проекции на правильные
многогранники



Проекция Фаллера, 1970



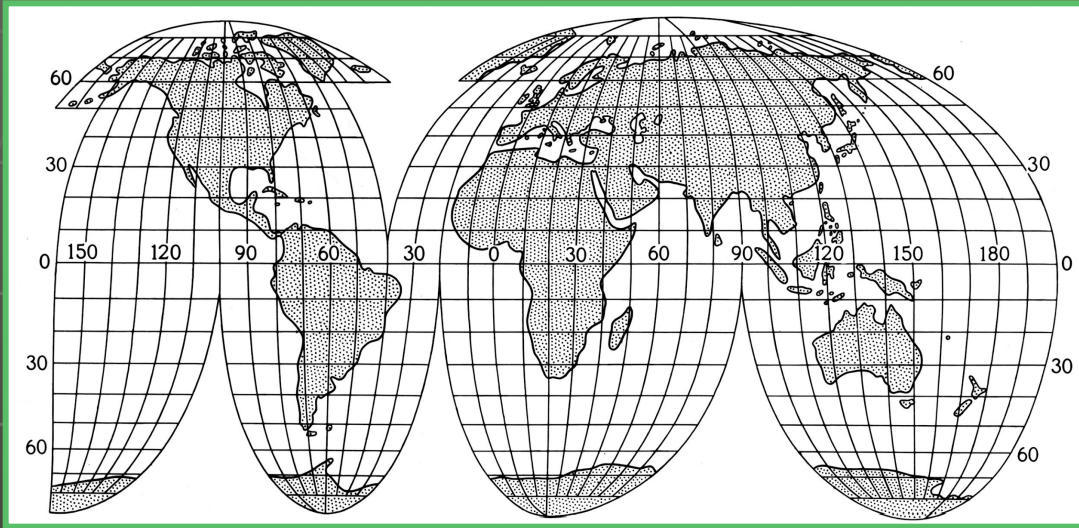
РАЗГРАФКА КАРТЫ 1:2 500 000



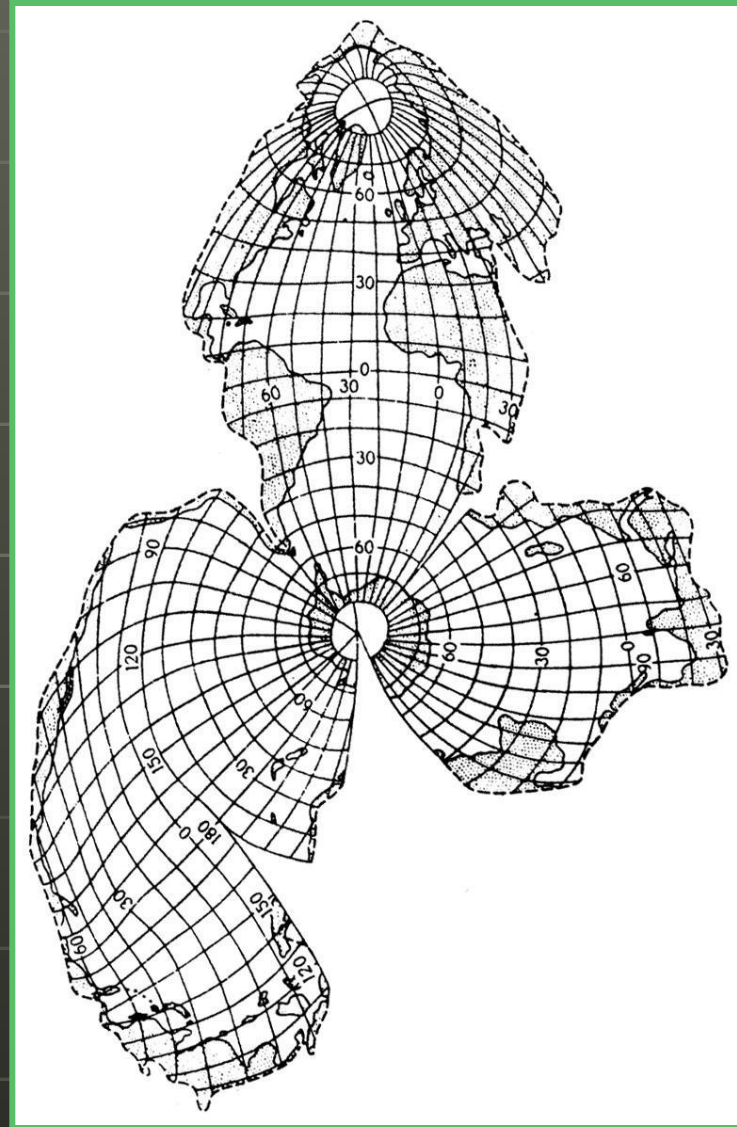
Международная
многолистная карта
масштаба 1:2 500 000.
карта включает
224 основных листа.

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

ДИАГРАММА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСКАЖЕНИЙ

РАВНОУГОЛЬНЫЕ

РАВНОПРОМЕЖУТОЧНЫЕ

РАВНОВЕЛИКИЕ

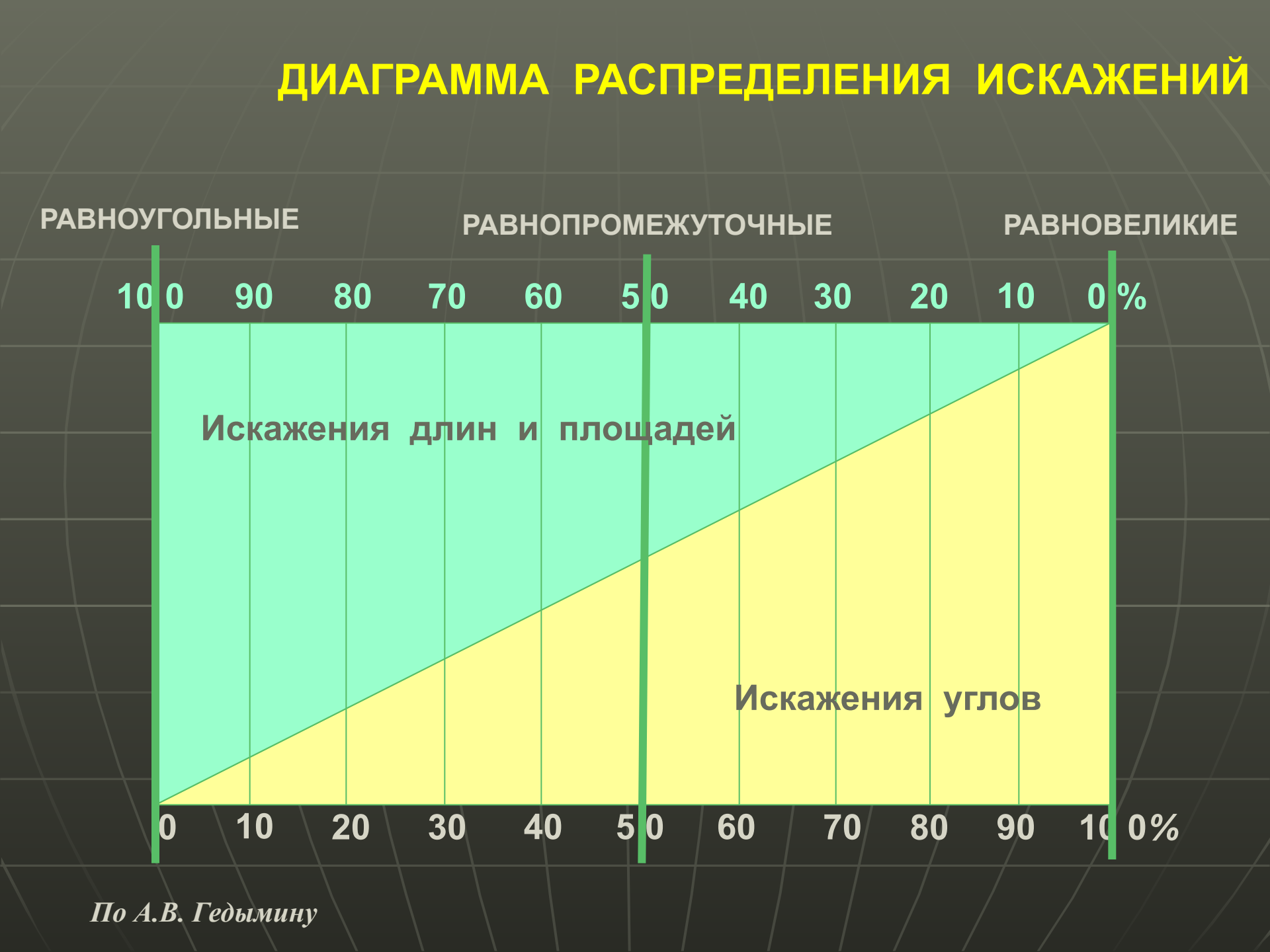
100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0%

Искажения длин и площадей

Искажения углов

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 0%

По А.В. Гедымину



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

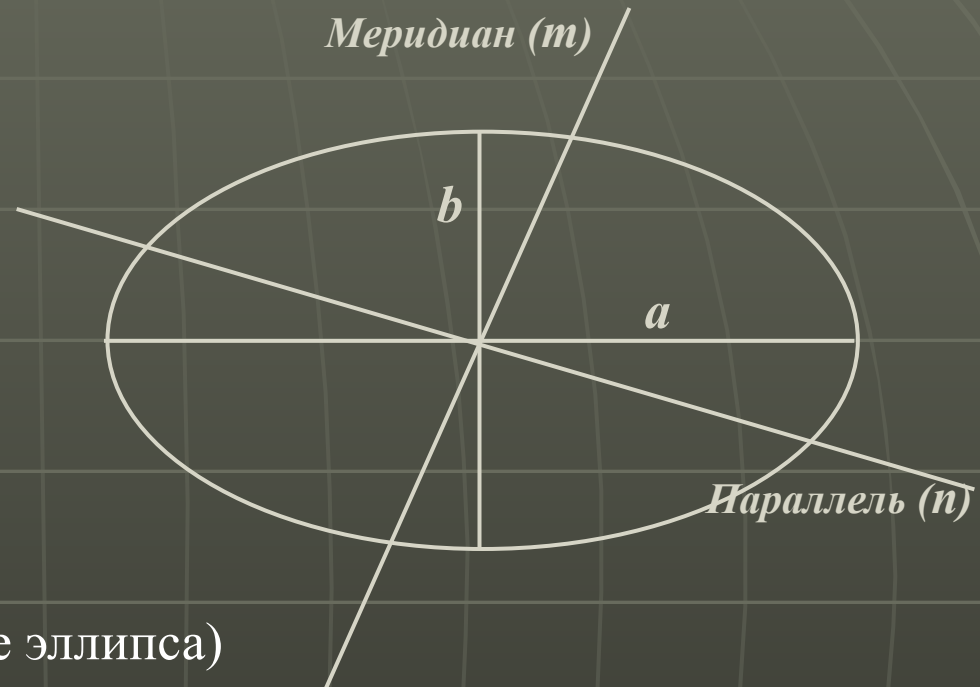
масштабов в данной точке (в центре эллипса)

a – направление наибольшего растяжения масштаба

b – направление наибольшего сжатия масштаба

m – масштаб по меридиану

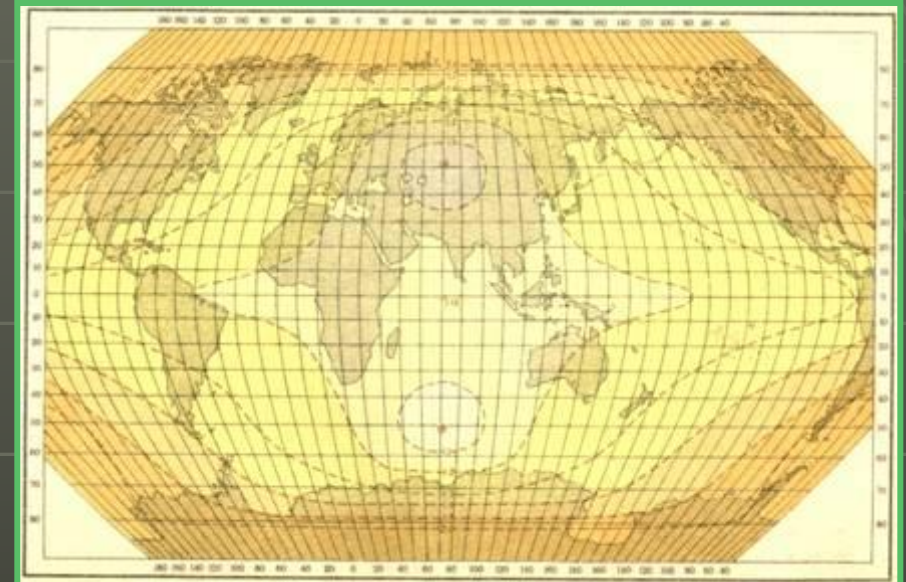
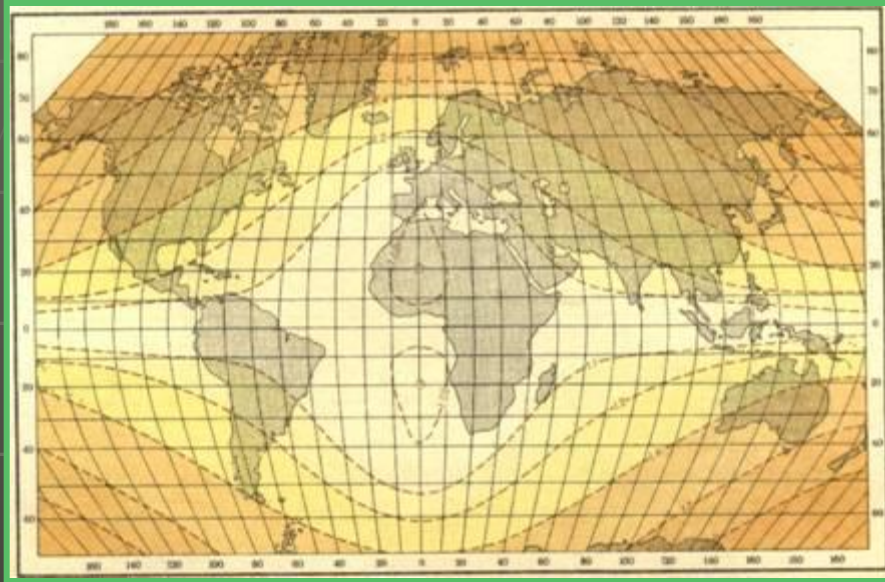
n – масштаб по параллели



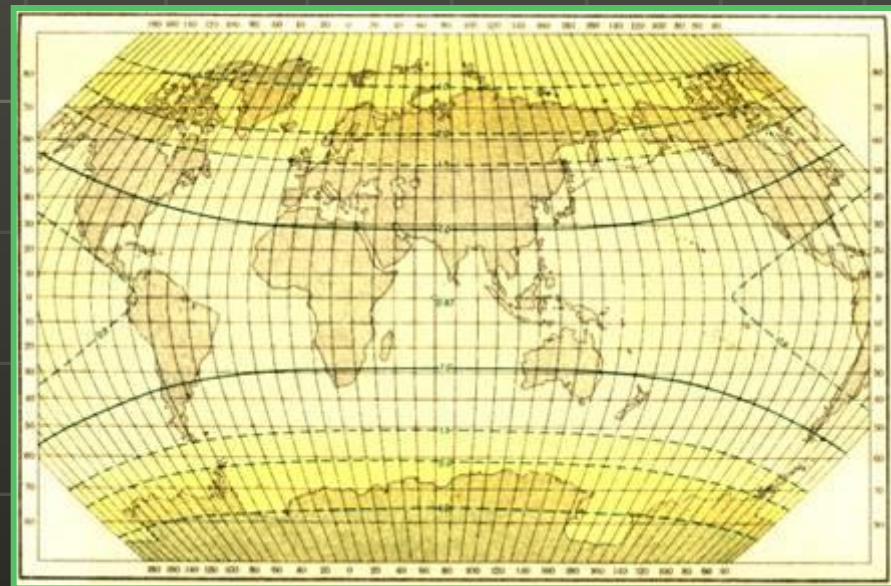
Искажения определяют:

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

ИЗОКОЛЫ – ЛИНИИ РАВНЫХ ИСКАЖЕНИЙ



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



ИСКАЖЕНИЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ



Равноугольная
проекция



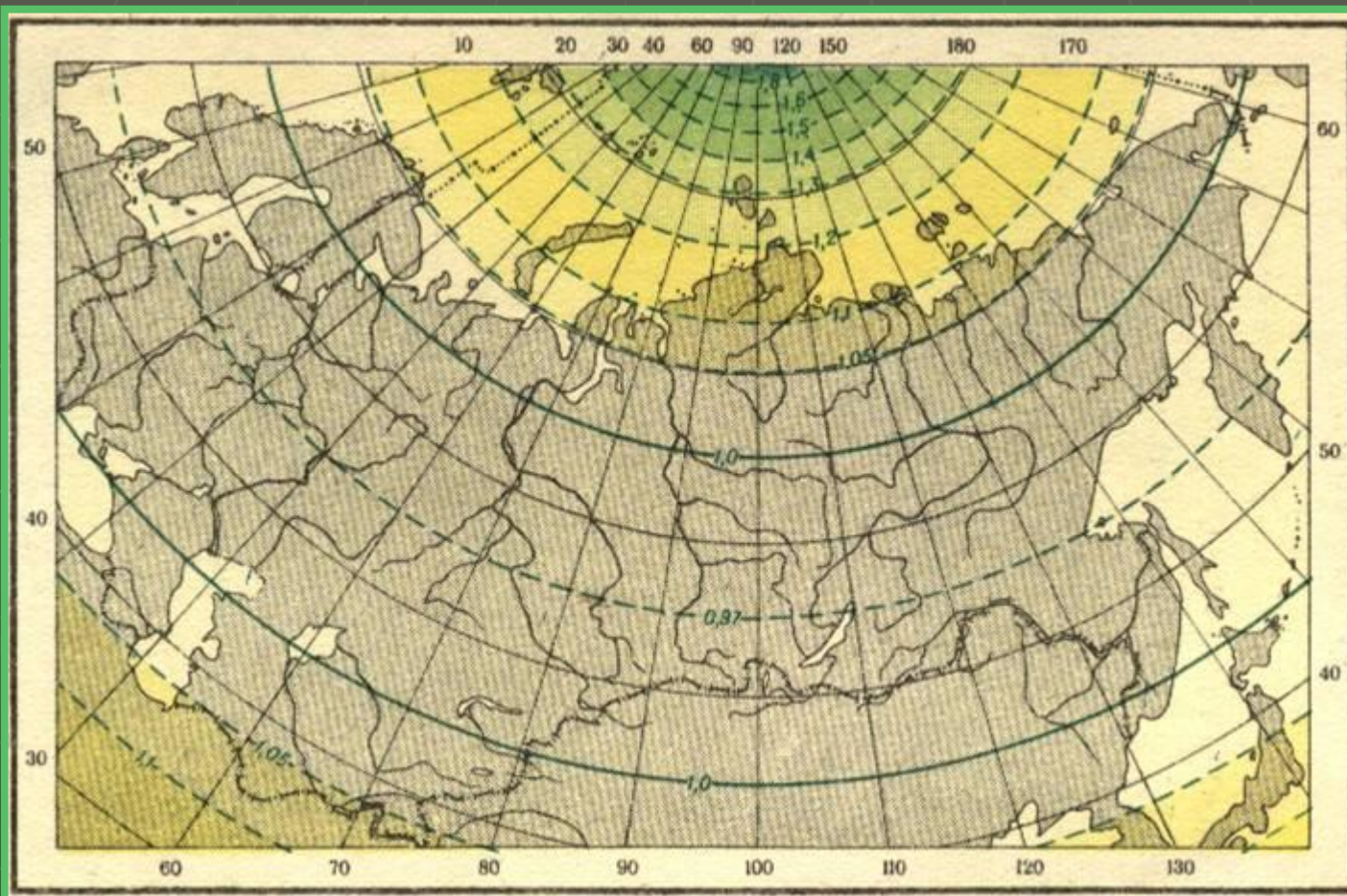
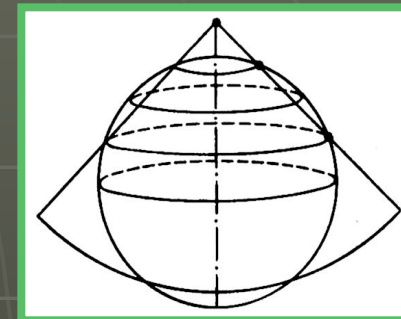
Равнопромежуточная проекция
(по меридиану)



Равновеликая проекция



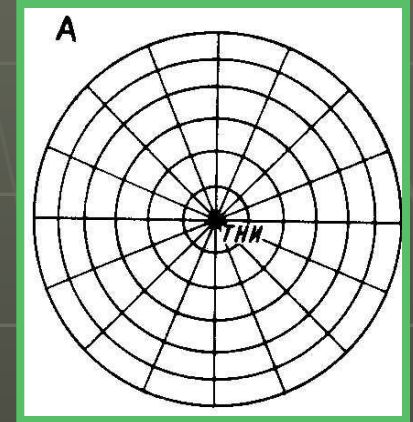
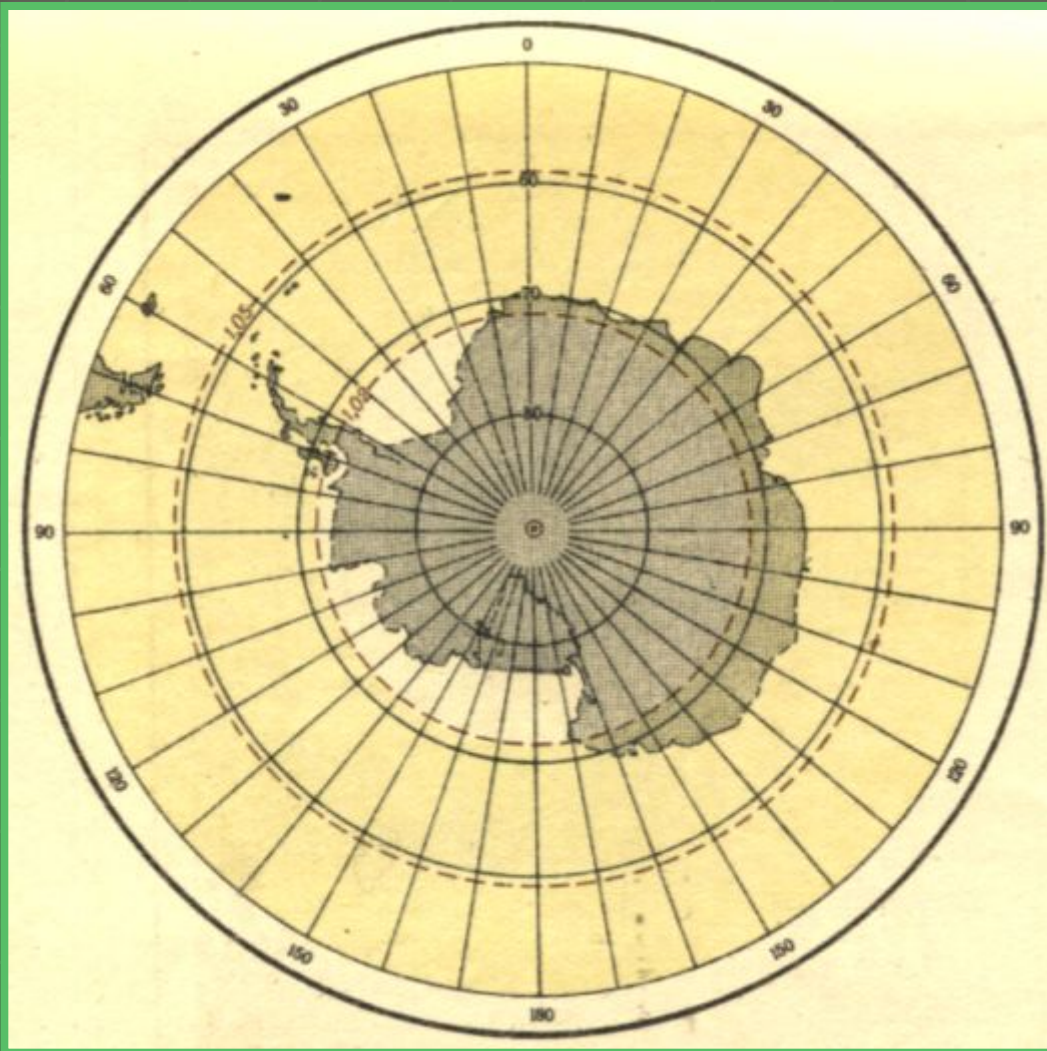
ИСКАЖЕНИЯ В КОНИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ



Нормальная
коническая
секущая
проекция

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

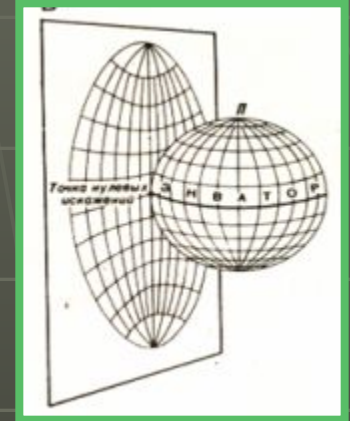
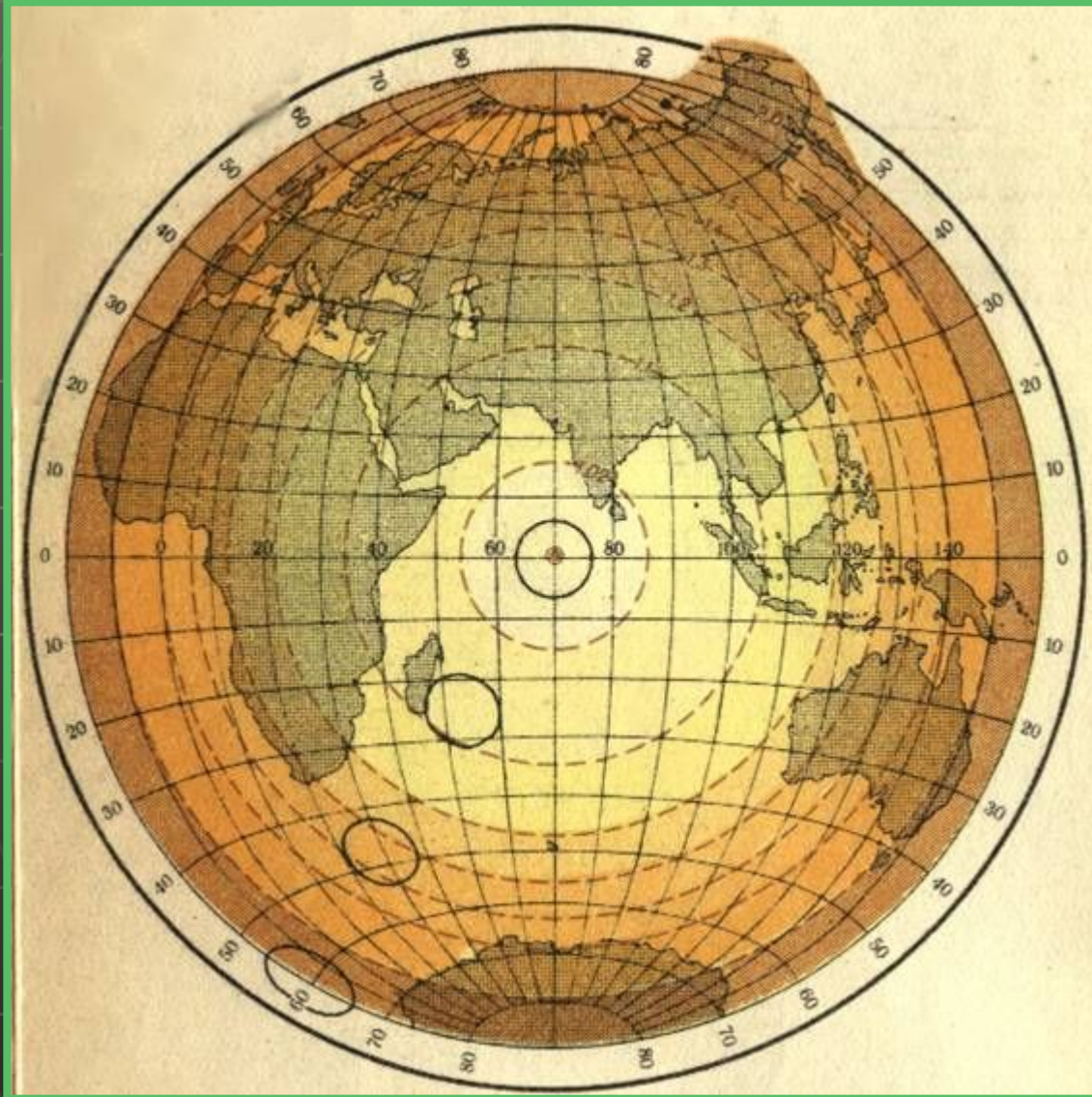
ИСКАЖЕНИЯ В АЗИМУАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ



Нормальная (полярная) проекция Постеля.

Искажения в пределах всей Антарктиды не превышают 3 – 4 %

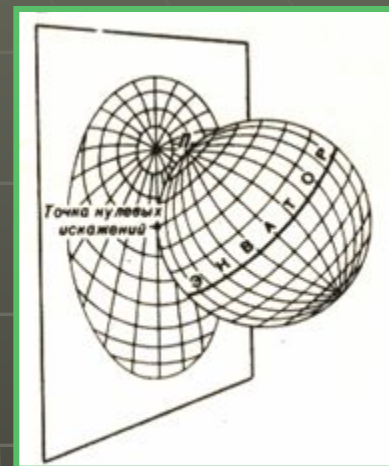
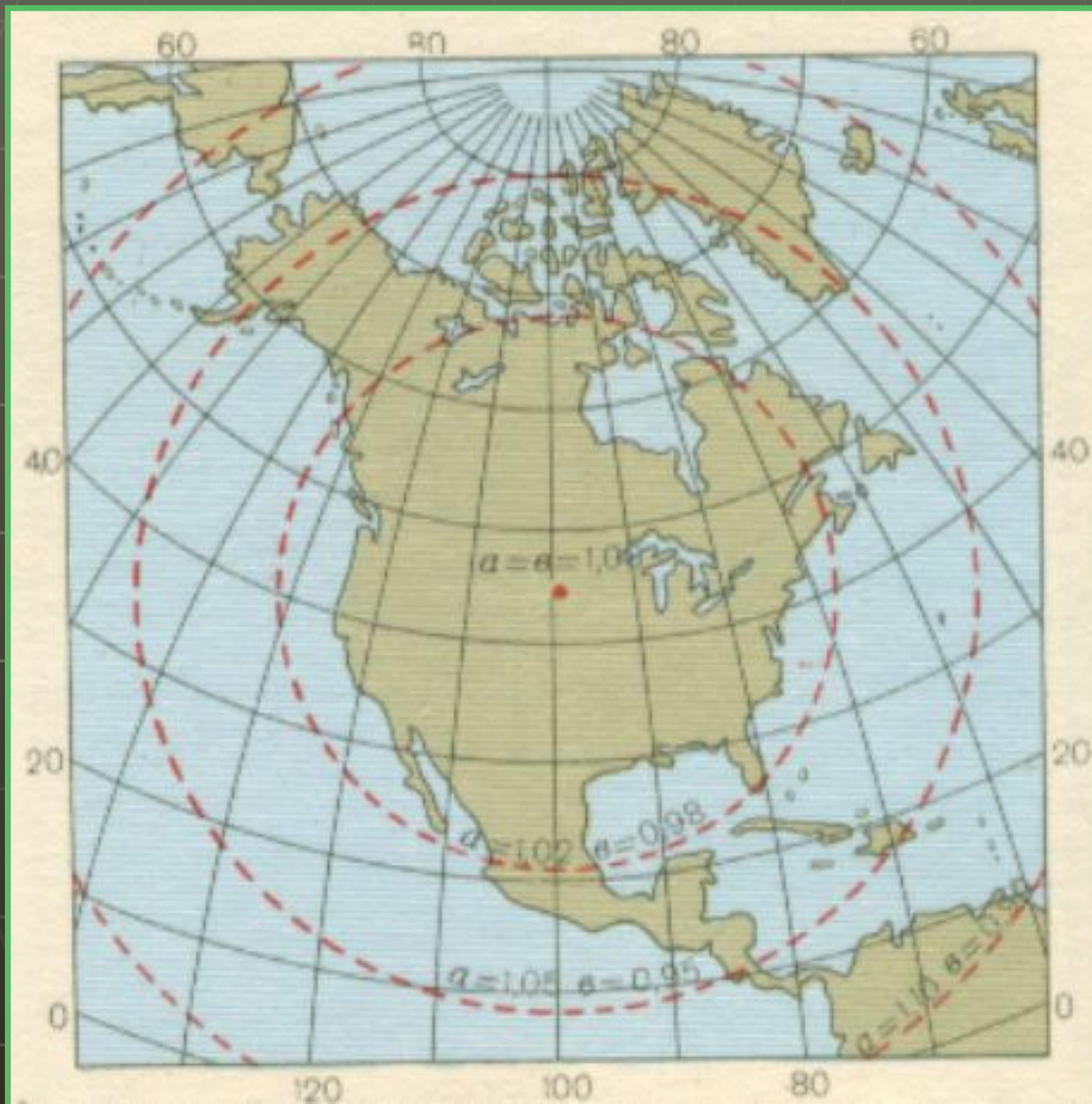
ИСКАЖЕНИЯ В АЗИМУАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ



Поперечная
(экваториальная)
проекция Ламберта.

Наименьшие искажения –
в центре полушария

ИСКАЖЕНИЯ В АЗИМУАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ



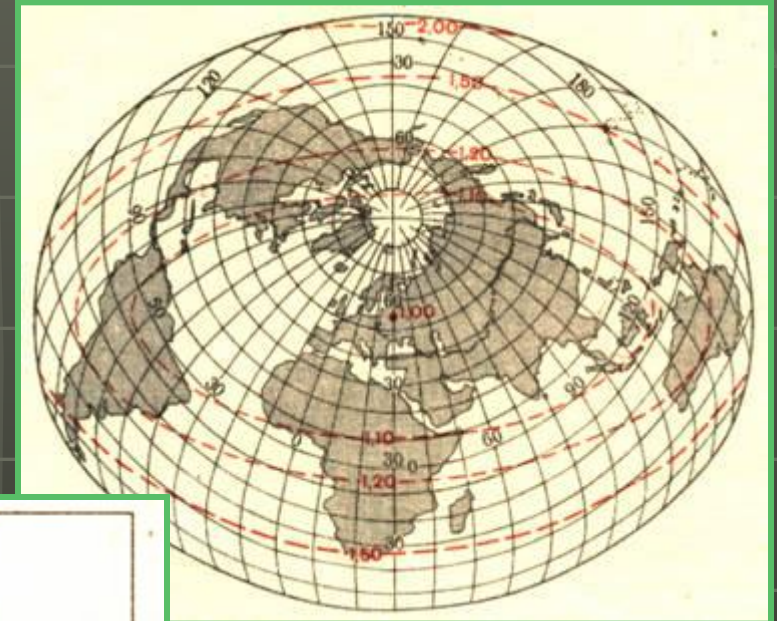
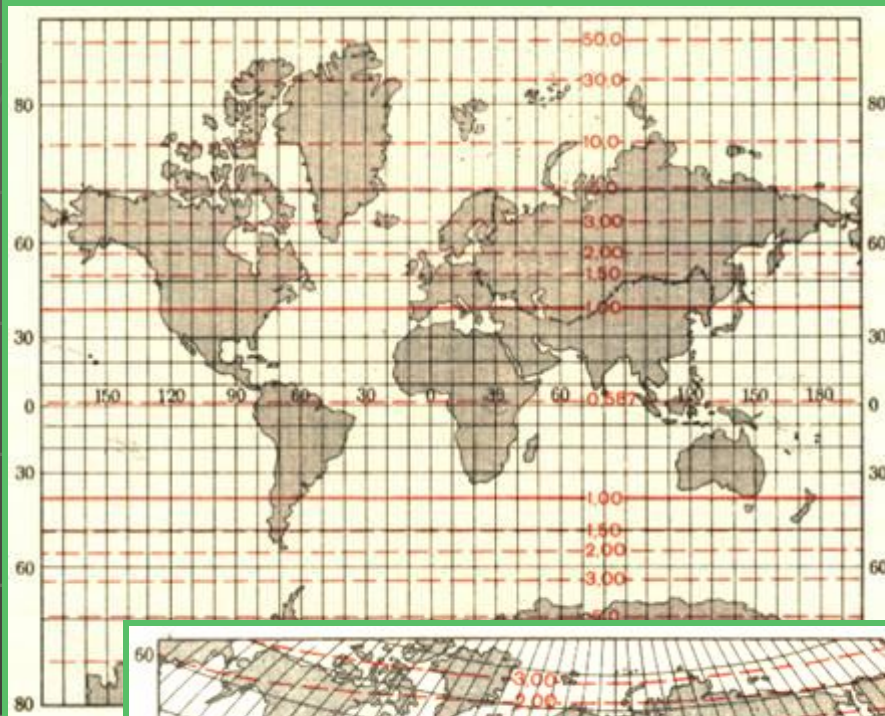
Косая азимутальная проекция для карт материков

Условия выбора проекций:

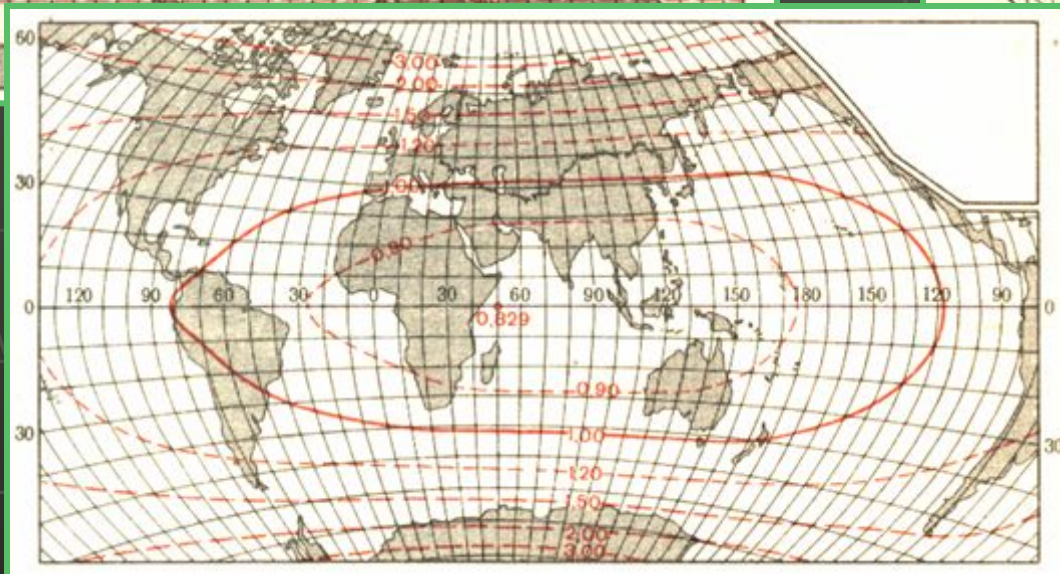
- **Географические особенности территории, ее положение на Земном шаре, размеры и конфигурация**
- **Назначение, масштаб, тематика карты, предполагаемый круг потребителей**
- **Условия и способы использования карты, решаемые задачи, требования к точности измерений**
- **Особенности самой проекции, величины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

ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ

*Цилиндрическая равноугольная
проекция Меркатора*

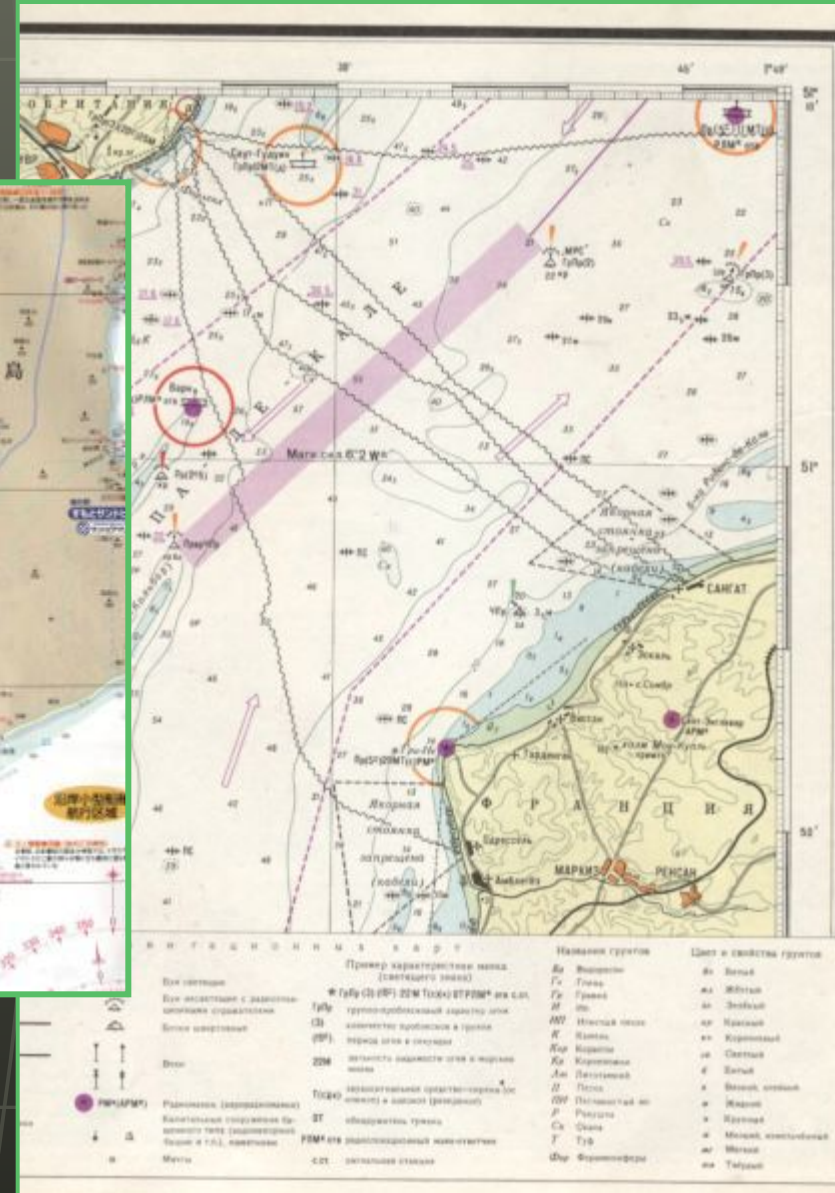
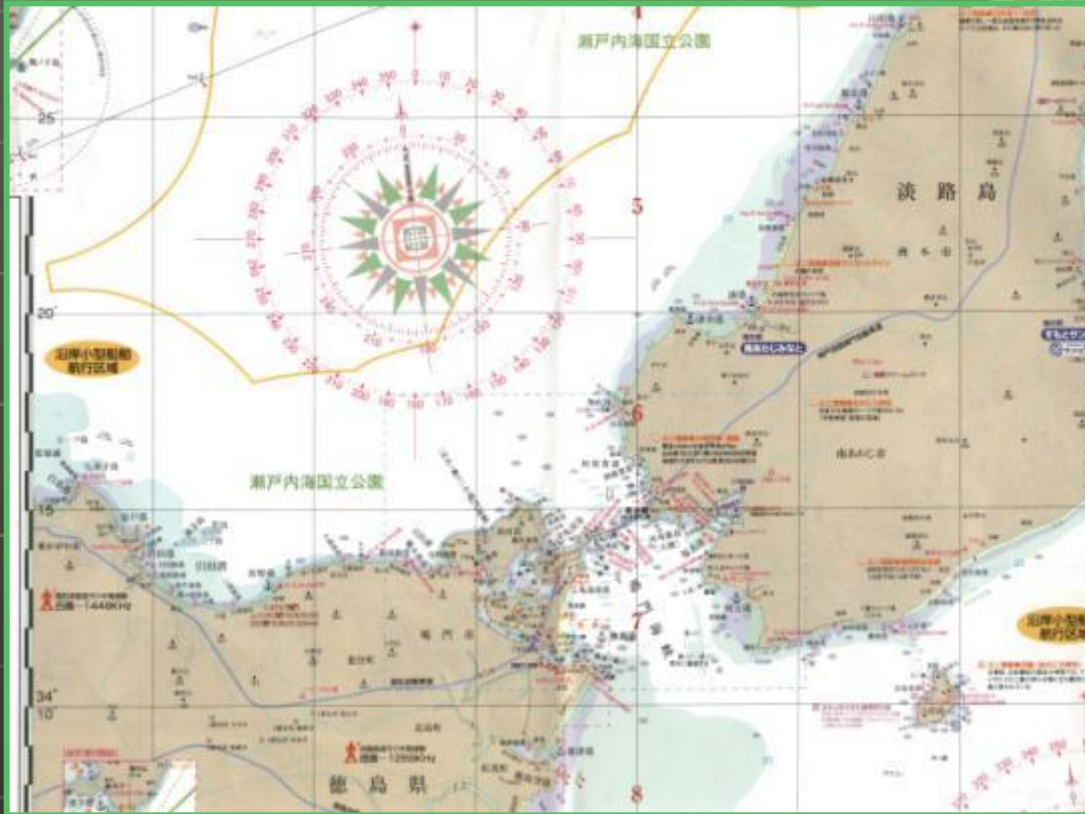


*Косая с овальными
изоколами*

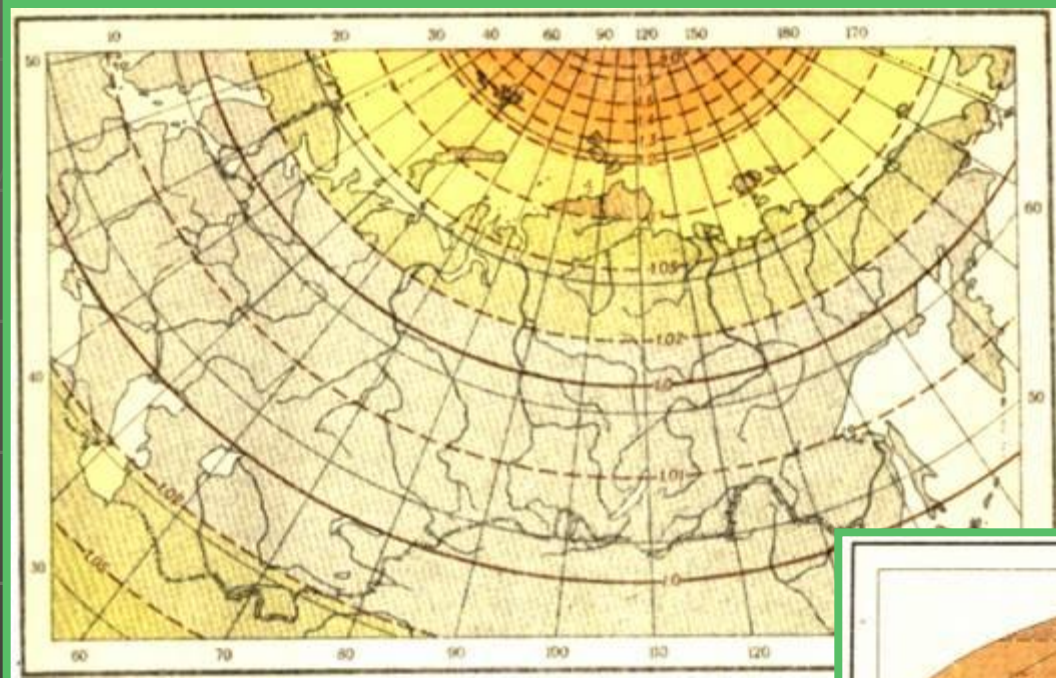


*Псевдоцилиндрическая
ЦНИИГАиК*

ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ

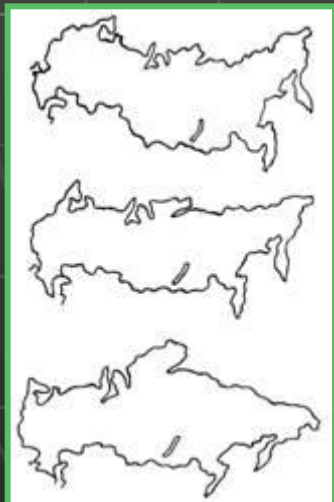
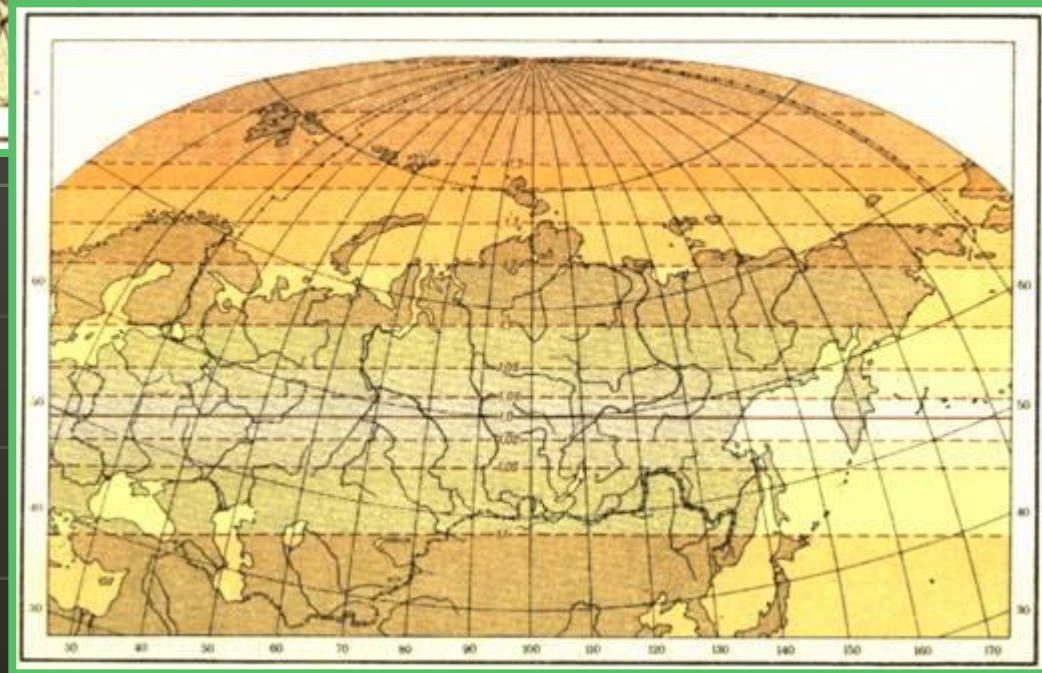


ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ



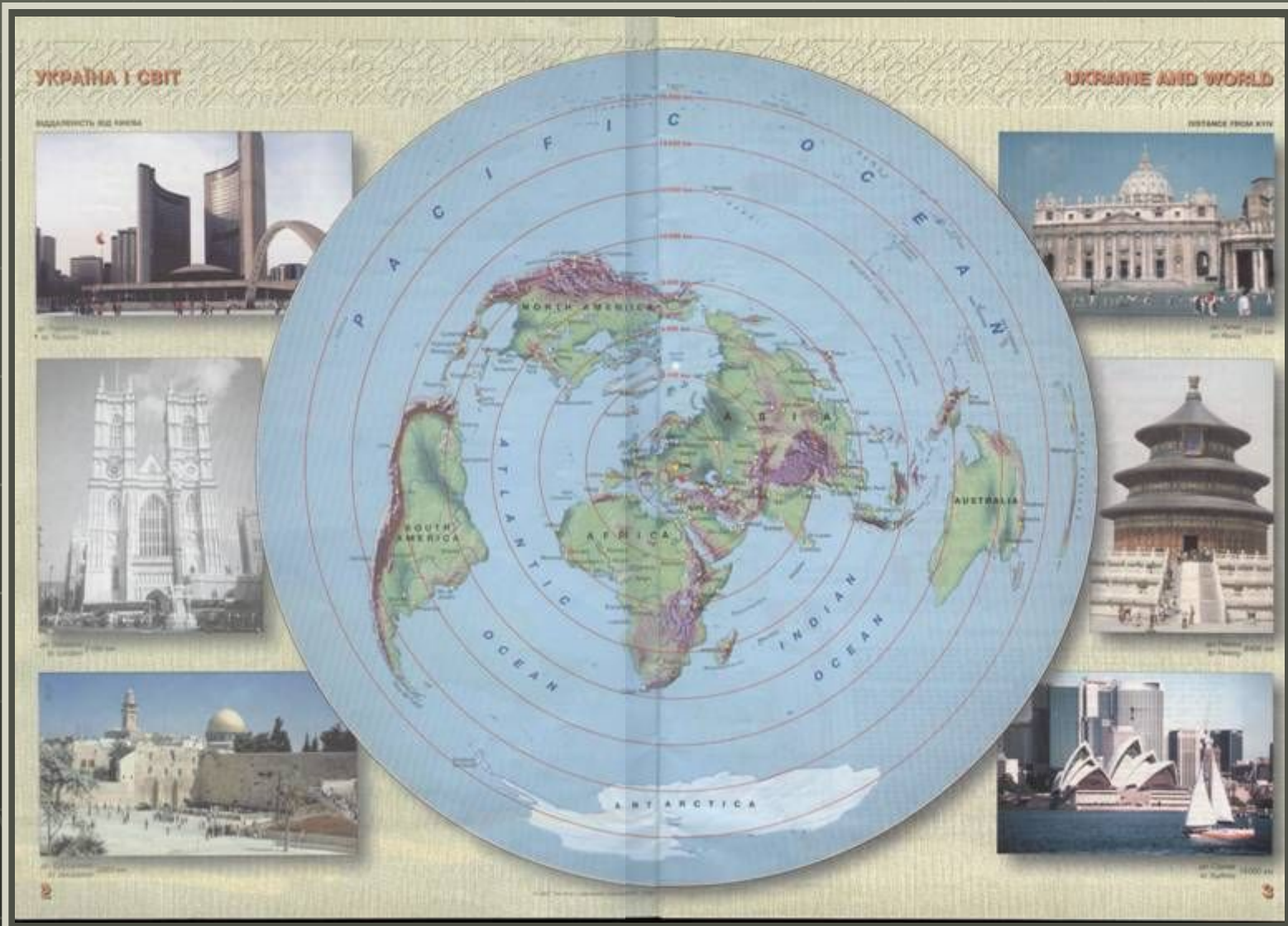
Коническая равнопромежуточная проекция Каврайского

Косая цилиндрическая проекция Соловьева



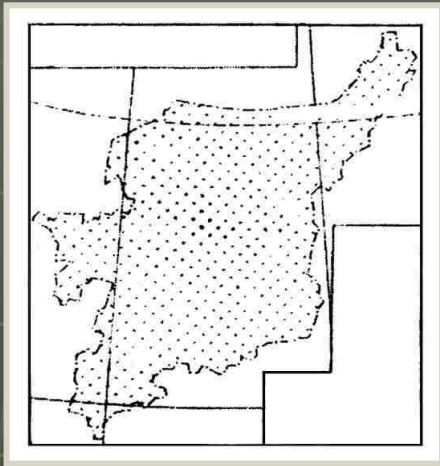
Контуры России в разных проекциях

В ЦЕНТРЕ МИРА

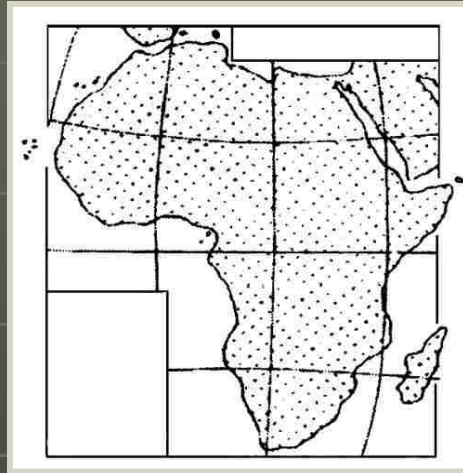


Атлас «Погляд на Україну – Look at Ukraine», 1998

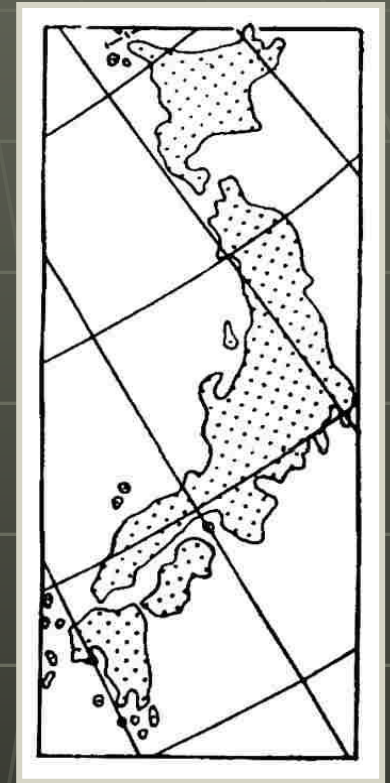
КОМПОНОВКИ ОДНОЛИСТНЫХ КАРТ



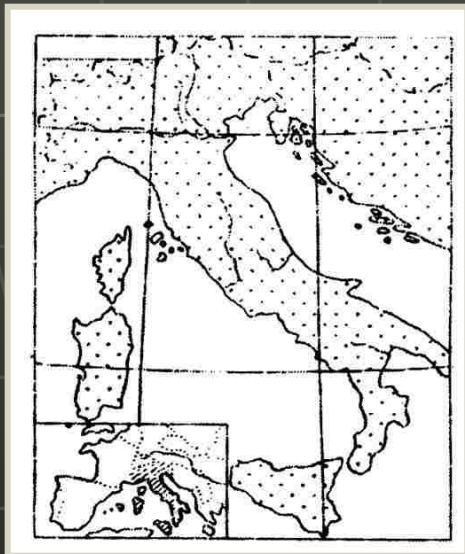
*Легенда и название
внутри рамки*



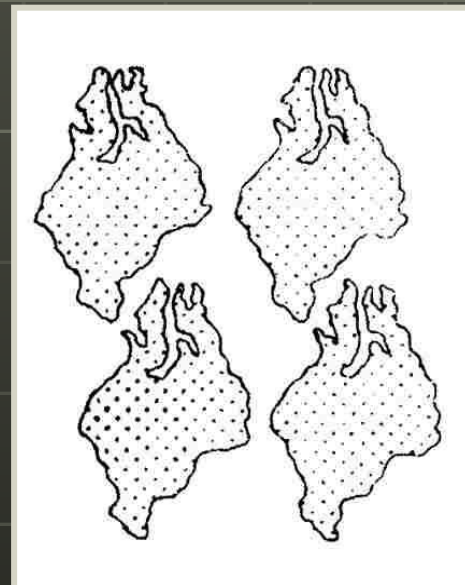
Выход изображения за рамку



Косая компоновка

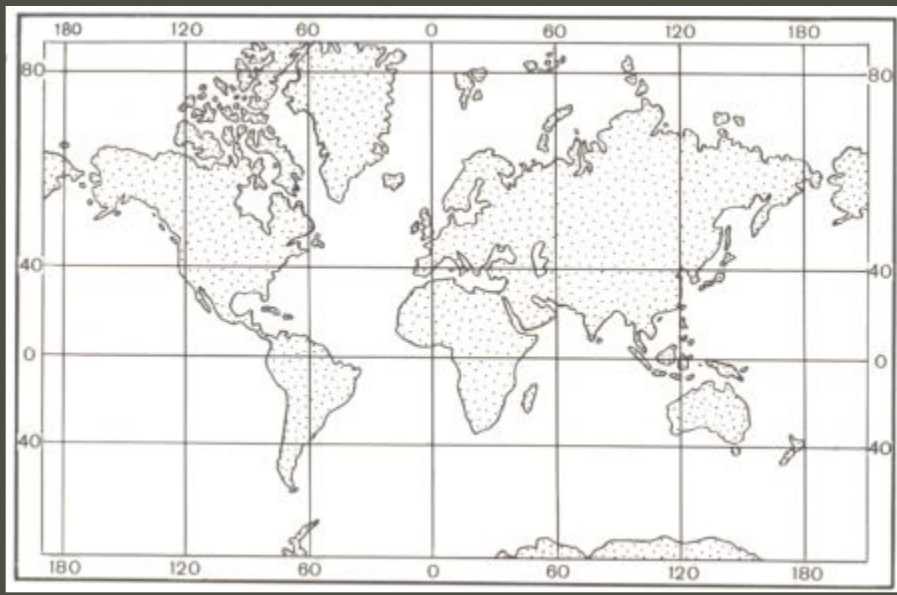


Врезка внутри рамки



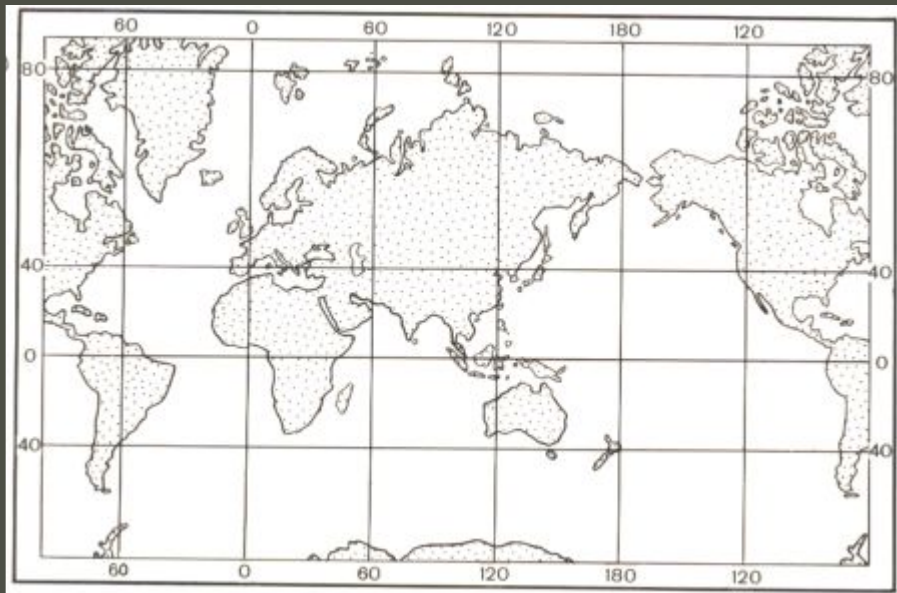
Плавающая компоновка

КОМПОНОВКИ ДЛЯ КАРТЫ МИРА



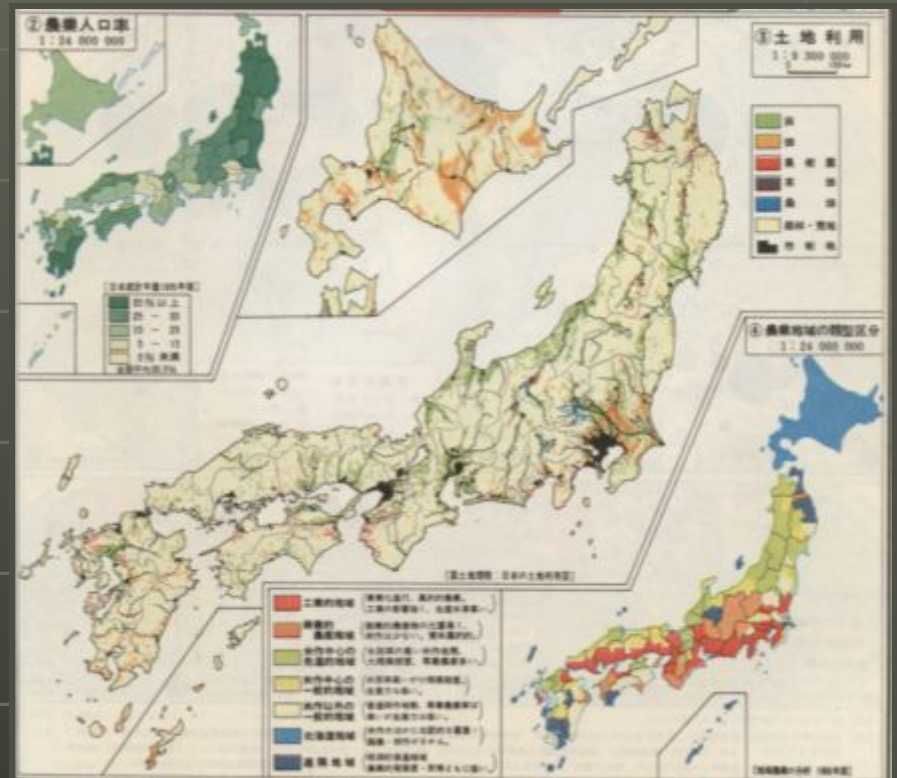
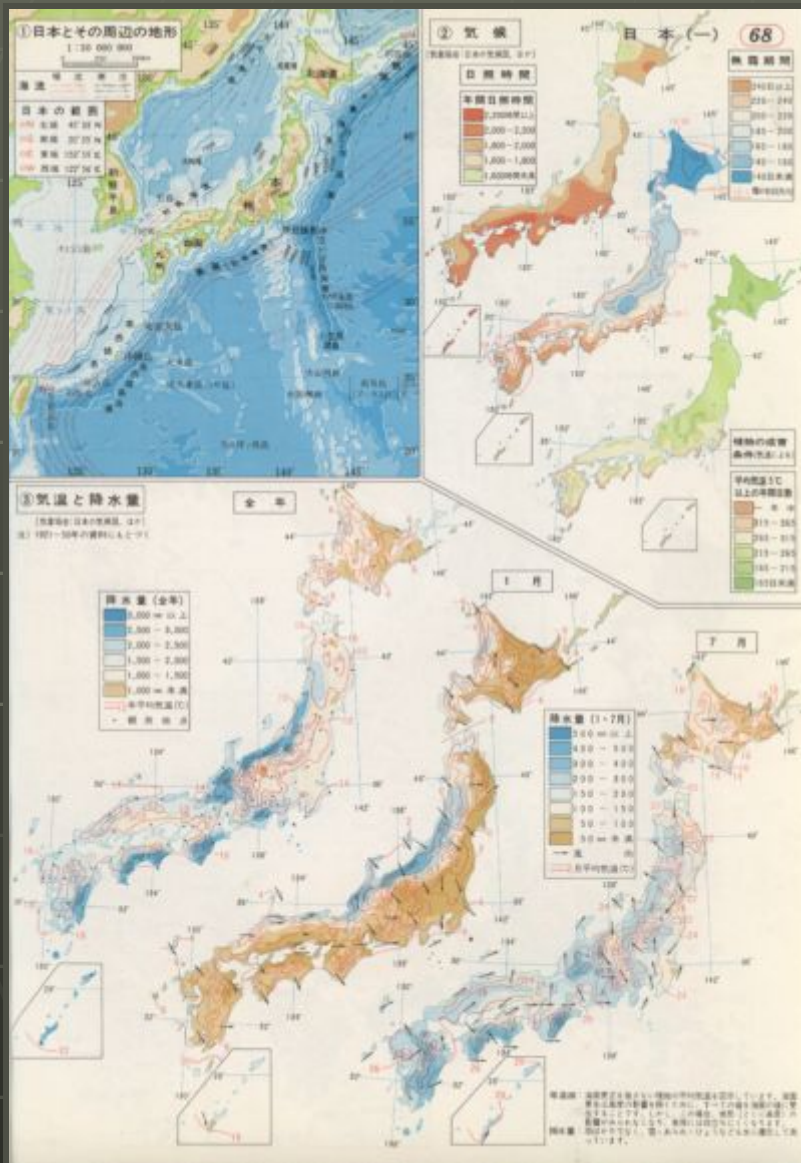
Нормальная цилиндрическая проекция для карты мира с разными центральными меридианами:

а) целостное изображение материков



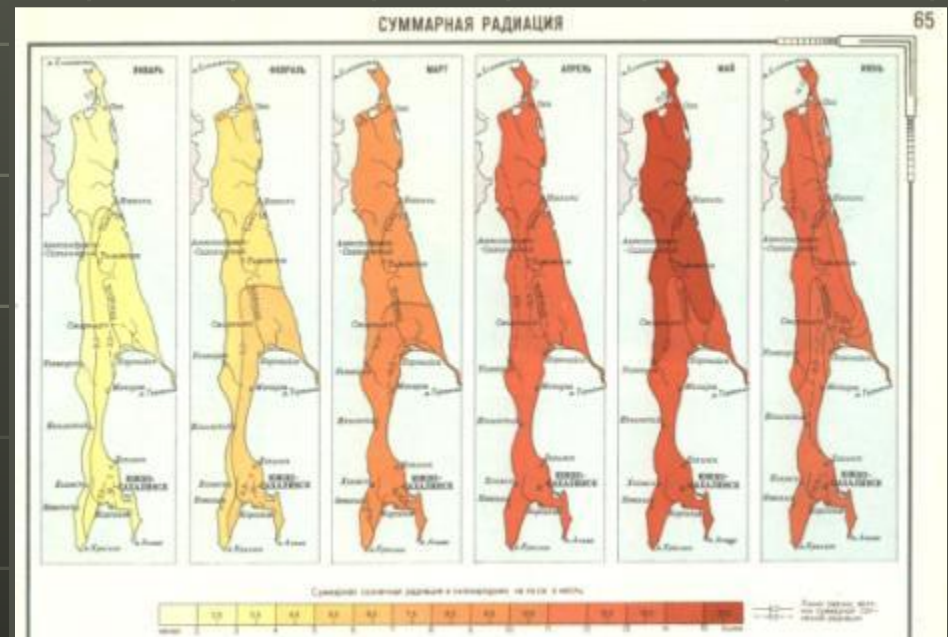
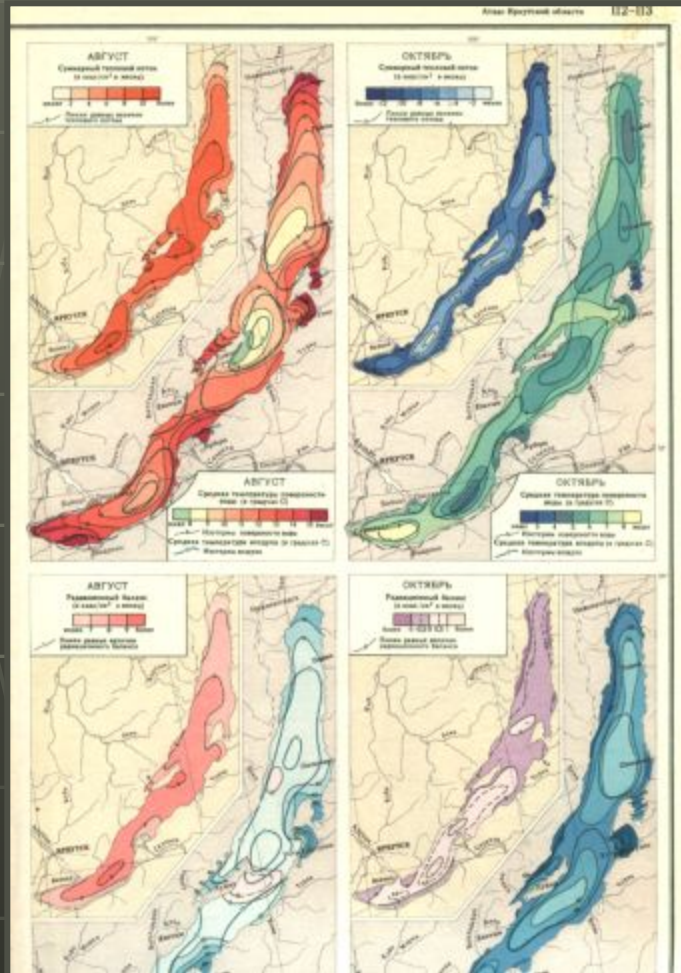
б) целостное изображение океанов

КОМПОНОВКИ В АТЛАСАХ



*Территория Японии
в произвольных компоновках*

КОМПОНОВКИ В АТЛАСАХ



Климатические карты оз. Байкал и острова Сахалин

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ**