

# Картографические проекции и их классификация

План

1. Картографические проекции
2. Классификация картографических проекций по характеру искажений.
3. Классификация картографических проекций по виду нормальной сетки параллелей и меридианов.
4. Проекция Гауса -Крюгера
5. Выбор и распознавание картографических проекций. (ПЗ)

## 1. КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

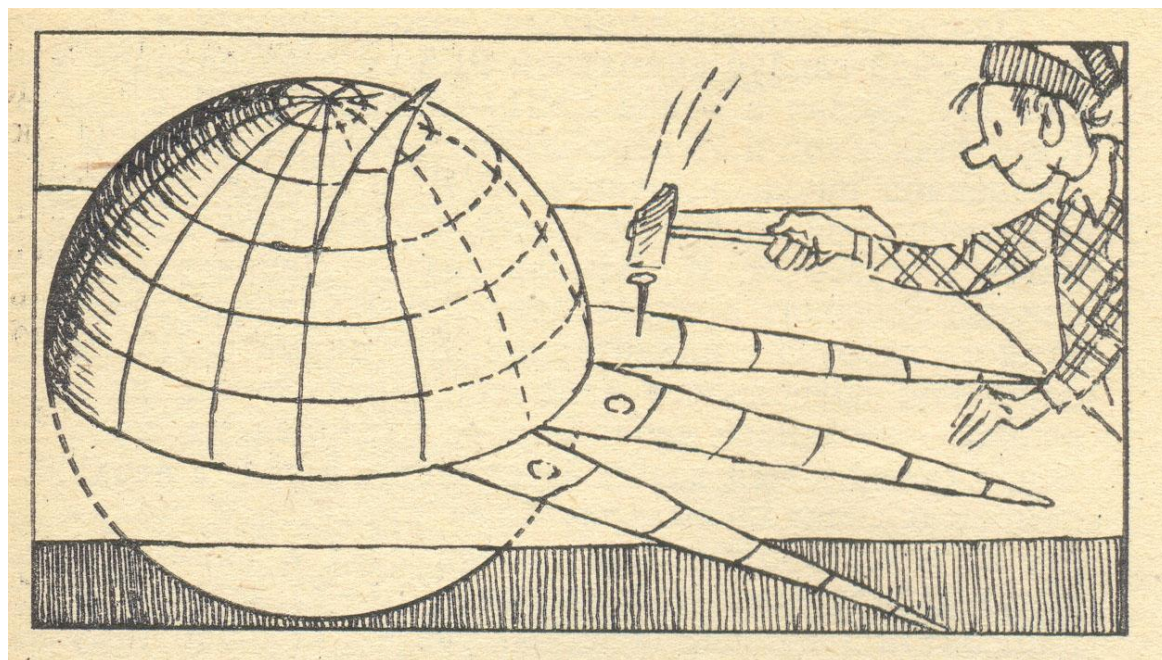
**Картографической проекцией** называется математически определенный способ отображения поверхности земного эллипсоида на плоскости

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**

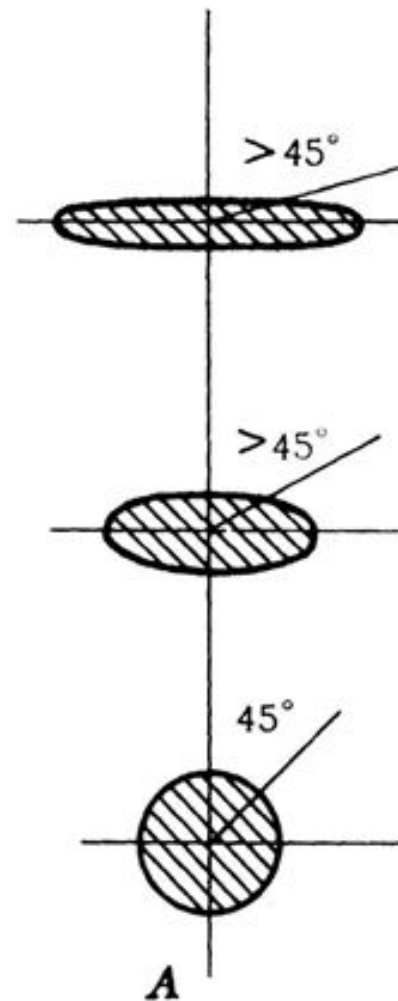


- Наличие искажений в картографических проекциях, применяемых для географических карт, неизбежно, так как земная поверхность, имеющая форму сфероида, не может быть развернута в плоскость без деформаций: в одних местах возникают разрывы, для устранения которых необходимо равномерное растяжение, в других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

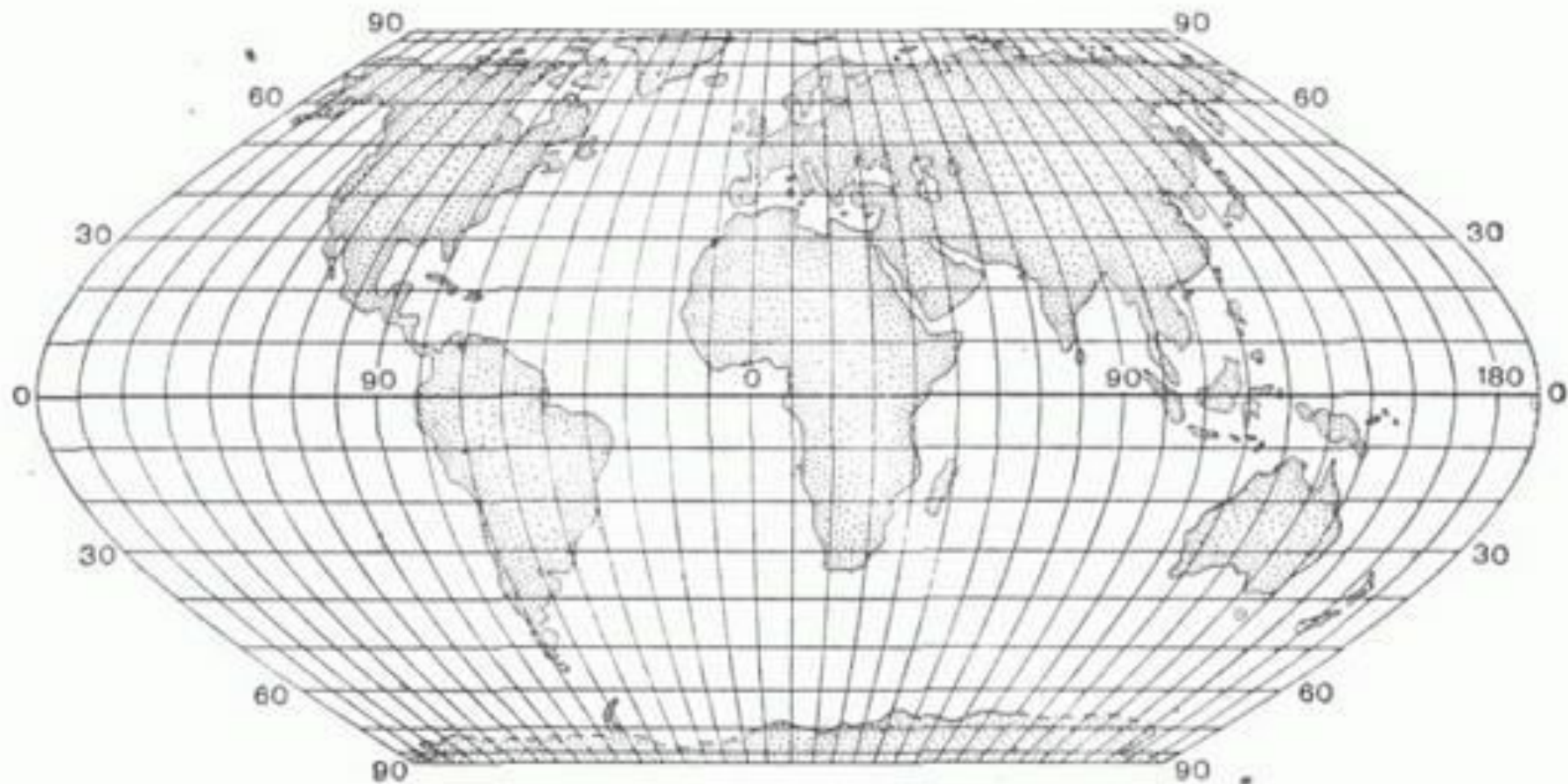


## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ХАРАКТЕРУ ИСКАЖЕНИЙ

а) **равновеликие (эквивалентные)** – в которых на карте отсутствуют искажения площадей, т.е. сохраняются соотношения площадей на карте и эллипсоиде, однако значительно искажаются углы и формы.



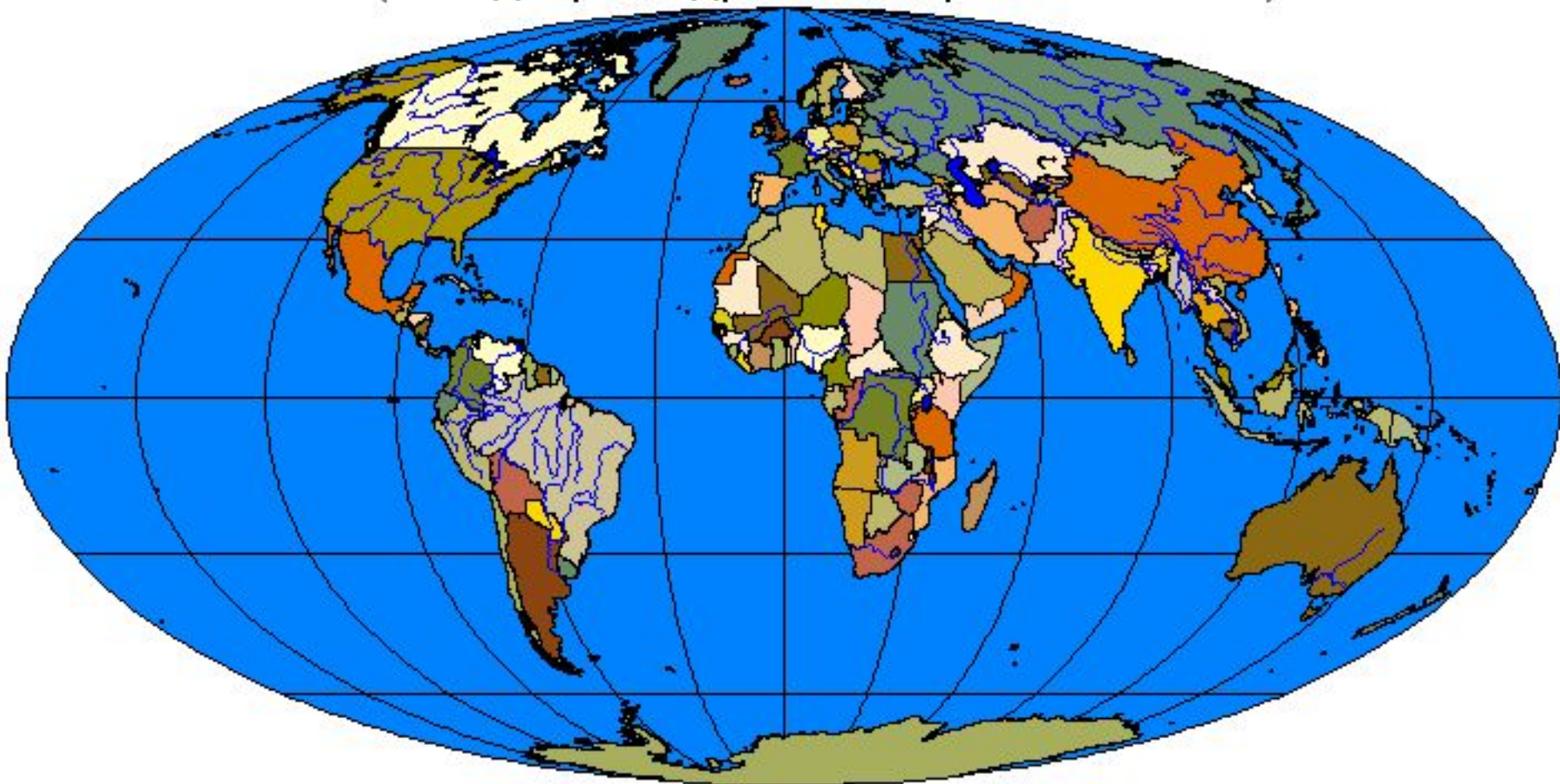
Б. РАВНОВЕЛИКАЯ СИНУСОИДАЛЬНАЯ ПРОЕКЦИЯ В.В. КАВРАЙСКОГО



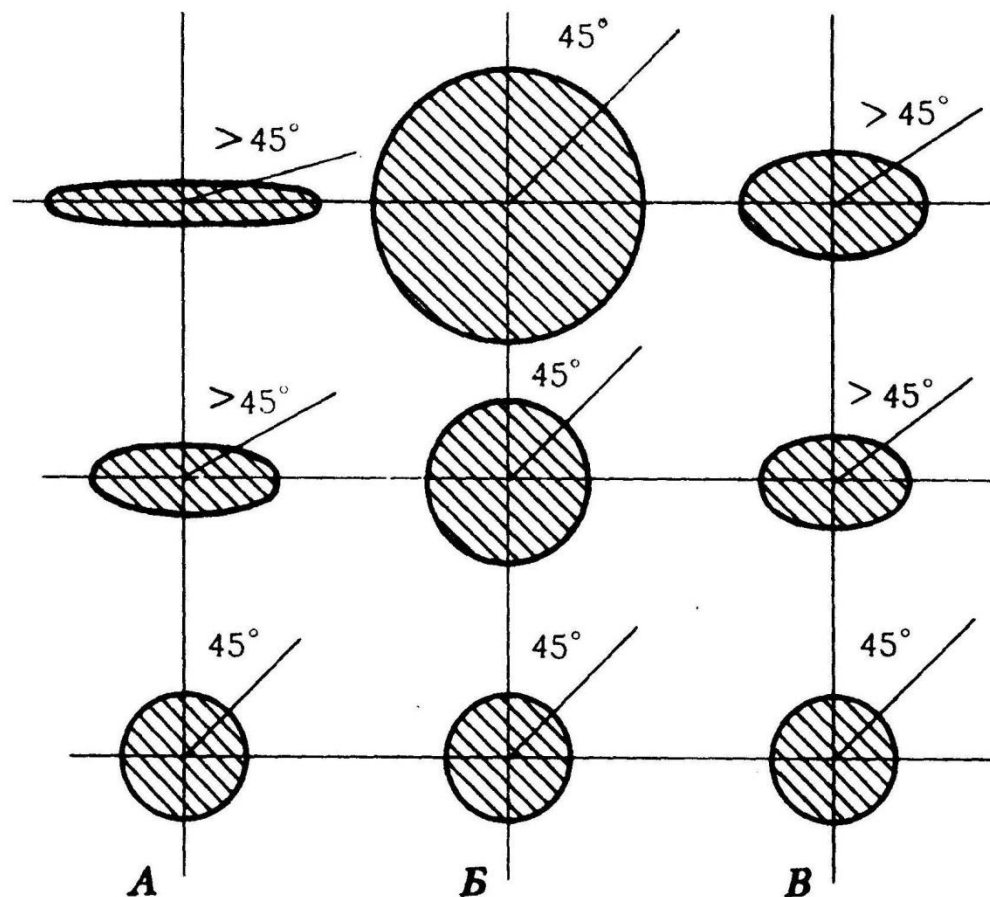
Изображения меридианов—дуги синусоид. Длины сохраняются вдоль параллелей с широтами  $\varphi = \pm 46^{\circ},5$



Проекция Мольвейде  
(псевдоцилиндрическая равновеликая)



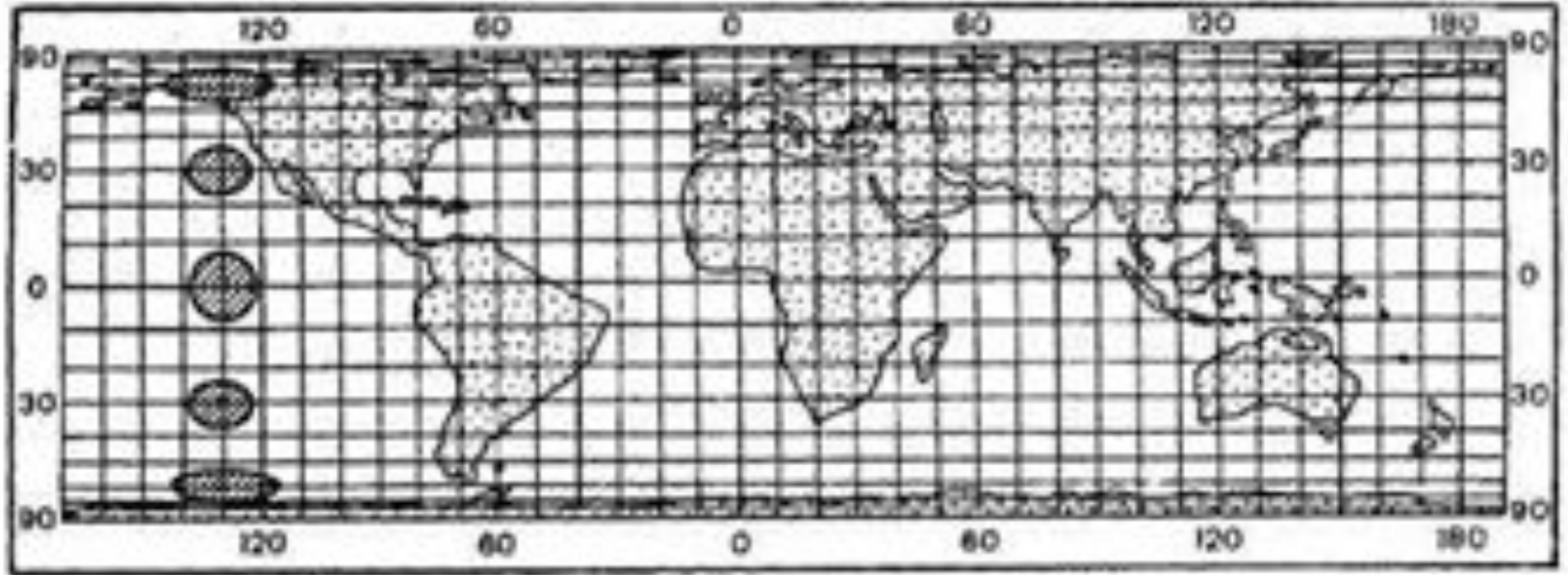
# ВИД ЭЛЛИПСА ИСКАЖЕНИЙ В ПРОЕКЦИЯХ



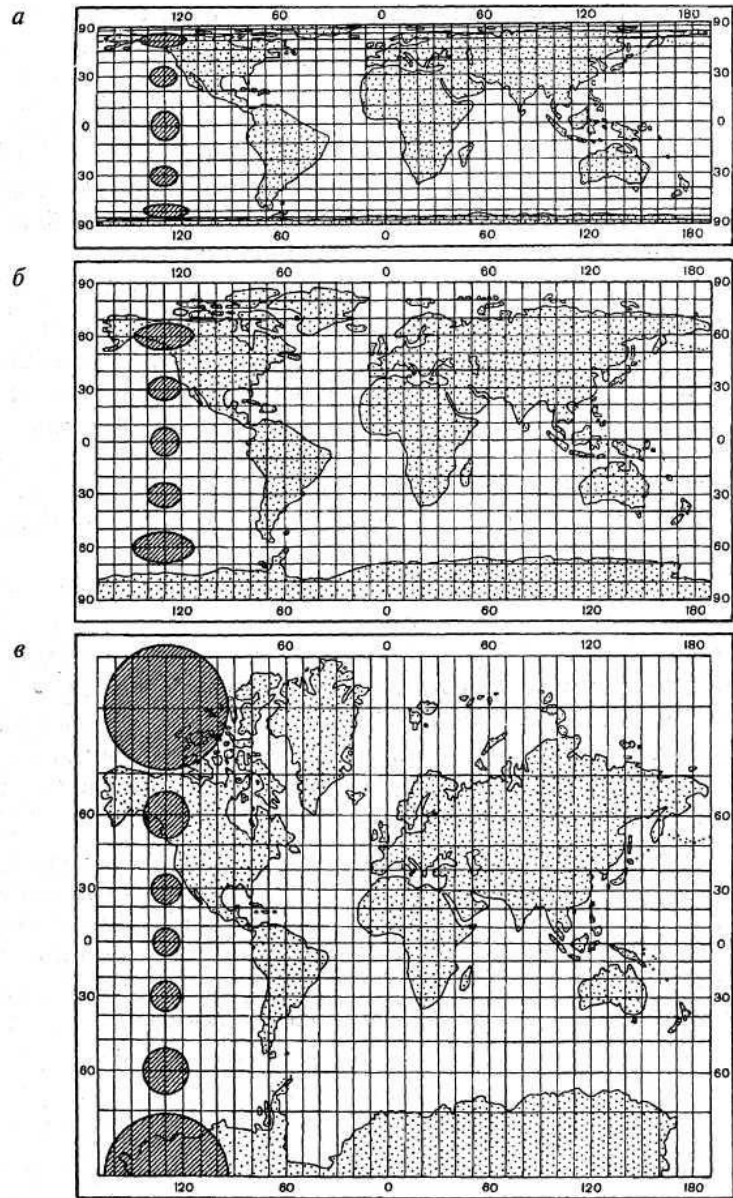
А - равновеликой; Б - равноугольной; В – произвольной (равнопромежуточной).  
На схемах показано искажение угла  $45^\circ$



a



- Искажения в равновеликой цилиндрической проекции
- *В равновеликих проекциях окружность, взятая на поверхности эллипсоида сохраняет свою площадь, но при этом искажаются углы и длины линий.*



**Рис. 3.5.** Искажения в равновеликой (а), равнопромежуточной (б) и равноугольной (в) цилиндрических проекциях. Размеры и форма эллипсов искажений характеризуют искажения площадей и углов (форм).

РАВНОБЕЛИКАЯ (КОСЛИНДРИЧЕСКАЯ)



РАВНОПРОМЕЖУТОЧНАЯ

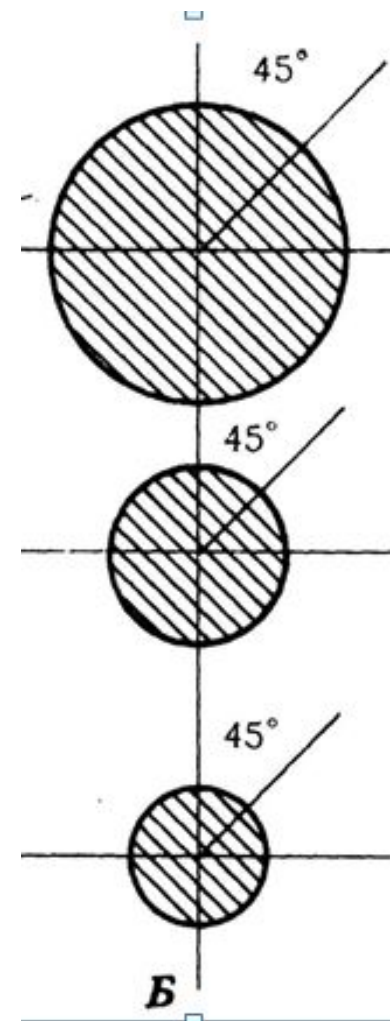


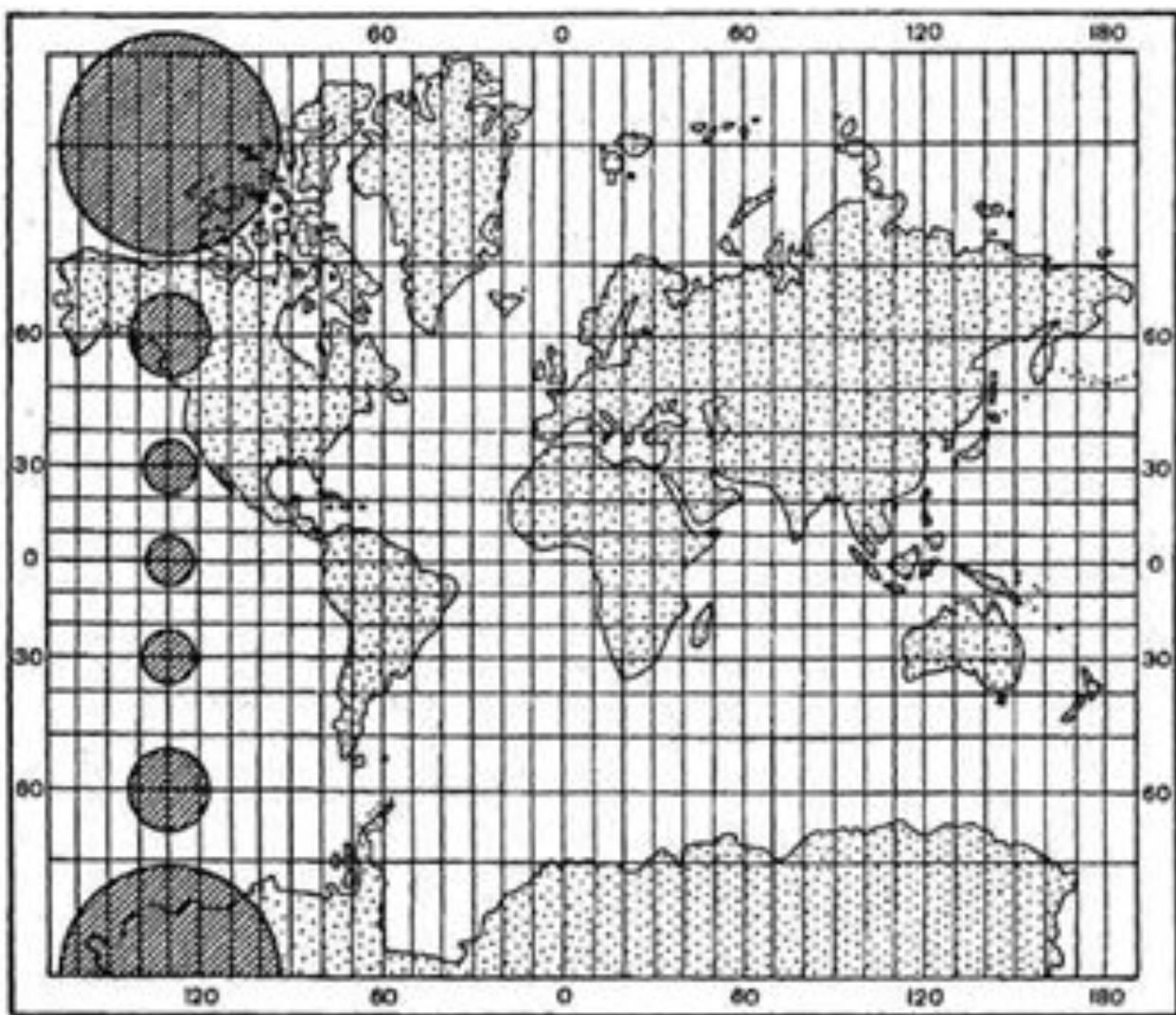
РАВНОУГОЛЬНАЯ МЕРКАТОРА



## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ХАРАКТЕРУ ИСКАЖЕНИЙ

**б) равноугольные (конформные)** – передают величину углов без искажений и, следовательно, не искажают формы бесконечно малых фигур, а масштаб длин в любой точке остается одинаковым по всем направлениям. В этих проекциях значительно искажаются площади. *Эллипсы искажений в них изображаются окружностями разного радиуса.*



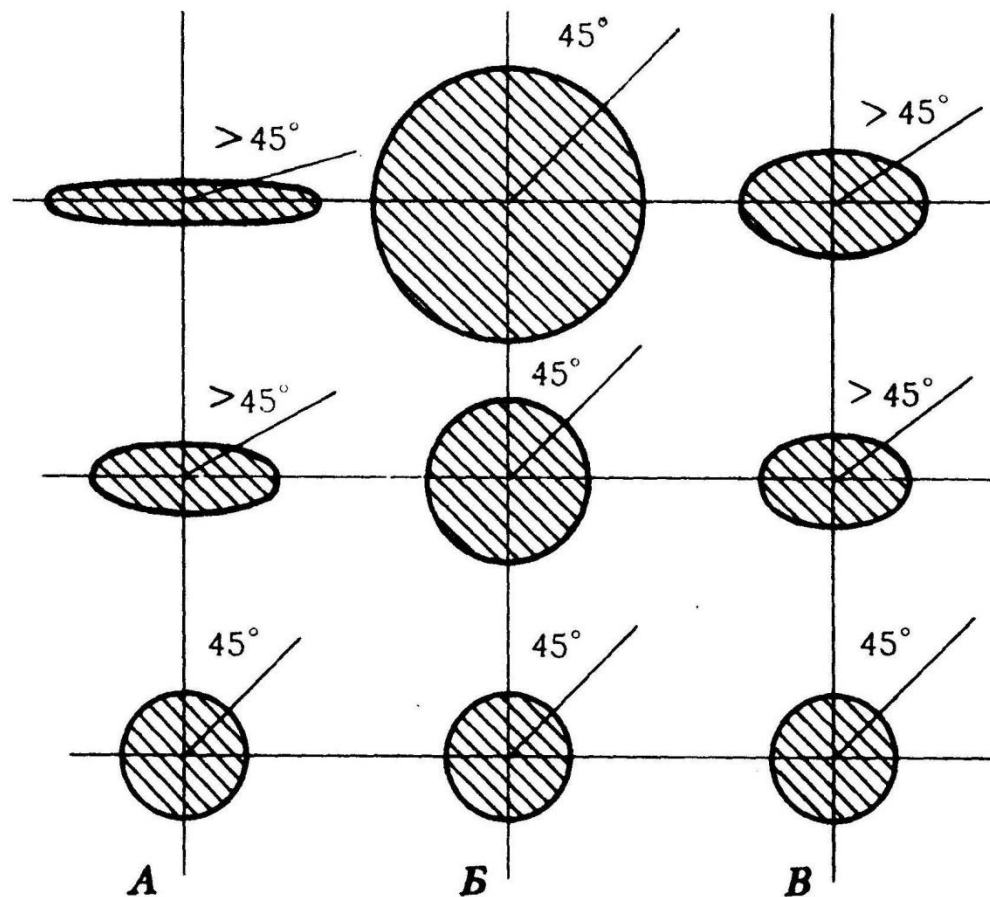


- Искажения в равноугольной цилиндрической проекции

Равноугольные проекции широко используются на навигационных картах, так как они удобны для определения направлений и прокладки маршрутов по заданному направлению;



# ВИД ЭЛЛИПСА ИСКАЖЕНИЙ В ПРОЕКЦИЯХ



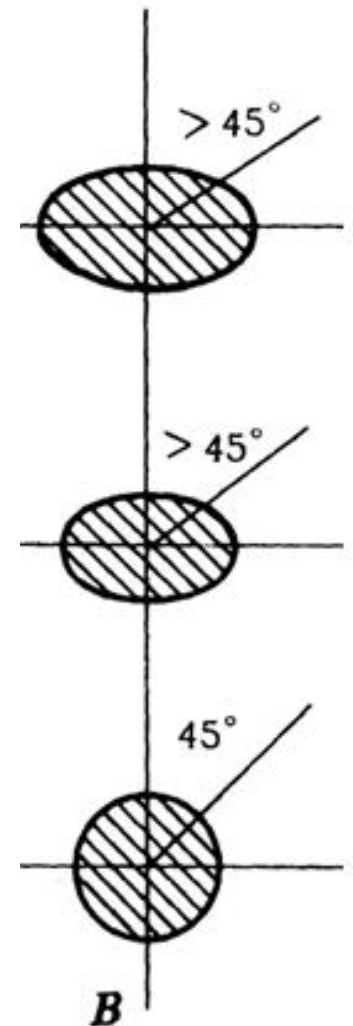
*A* - равновеликой; *Б* - равноугольной; *В* – произвольной.  
На схемах показано искажение угла  $45^\circ$

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ХАРАКТЕРУ ИСКАЖЕНИЙ

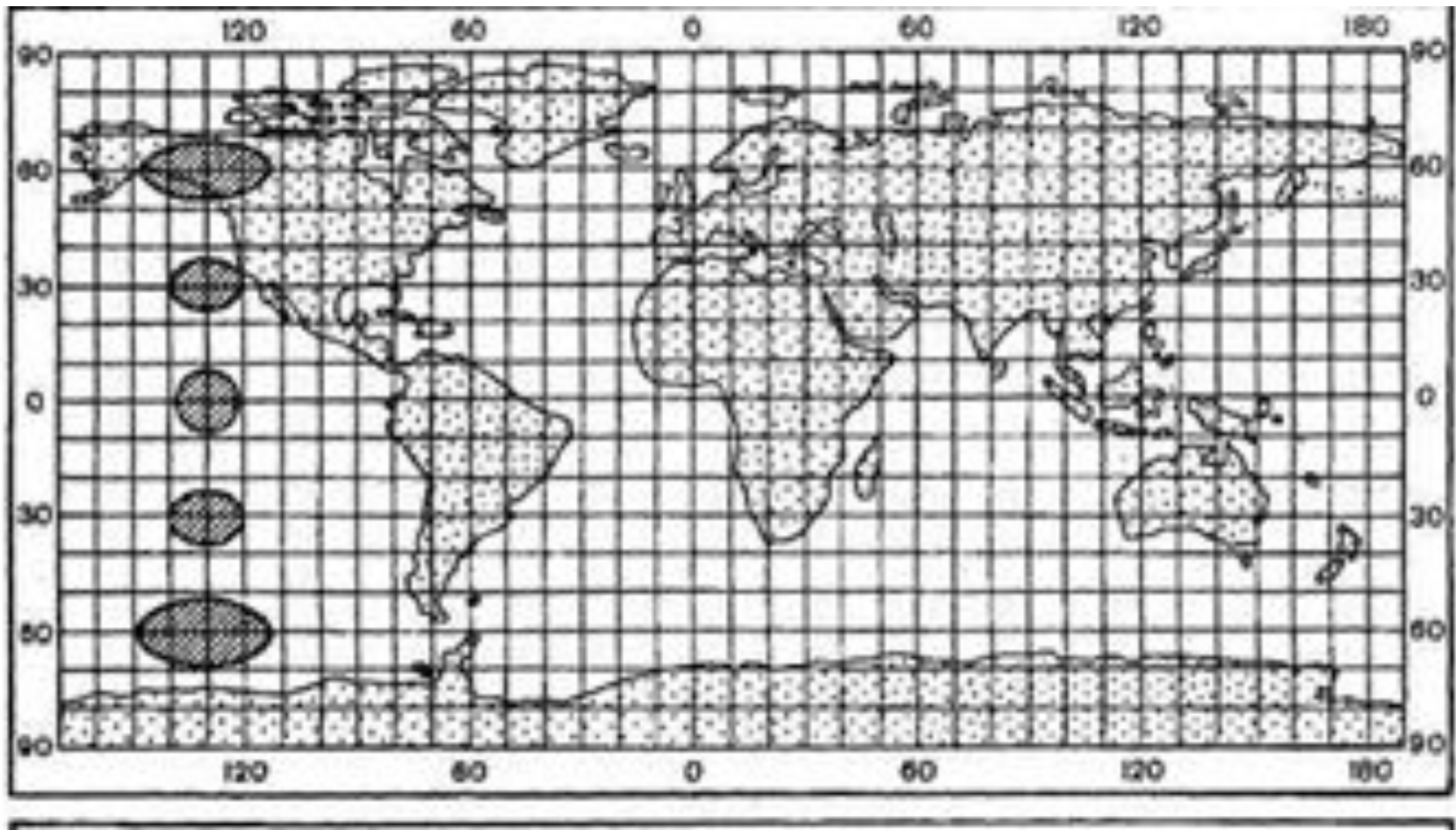
в) **произвольные** – искажаются в разных соотношениях и углы (формы) и площади и длины линий.

Среди них выделяются **равнопромежуточные (эквидистантные)**, в которых Масштаб длин по одному из главных направлений (меридианам или параллелям) остается постоянным, т.е. сохраняется длина одной из осей эллипса.

В то же время в равной степени искажаются углы и площади.

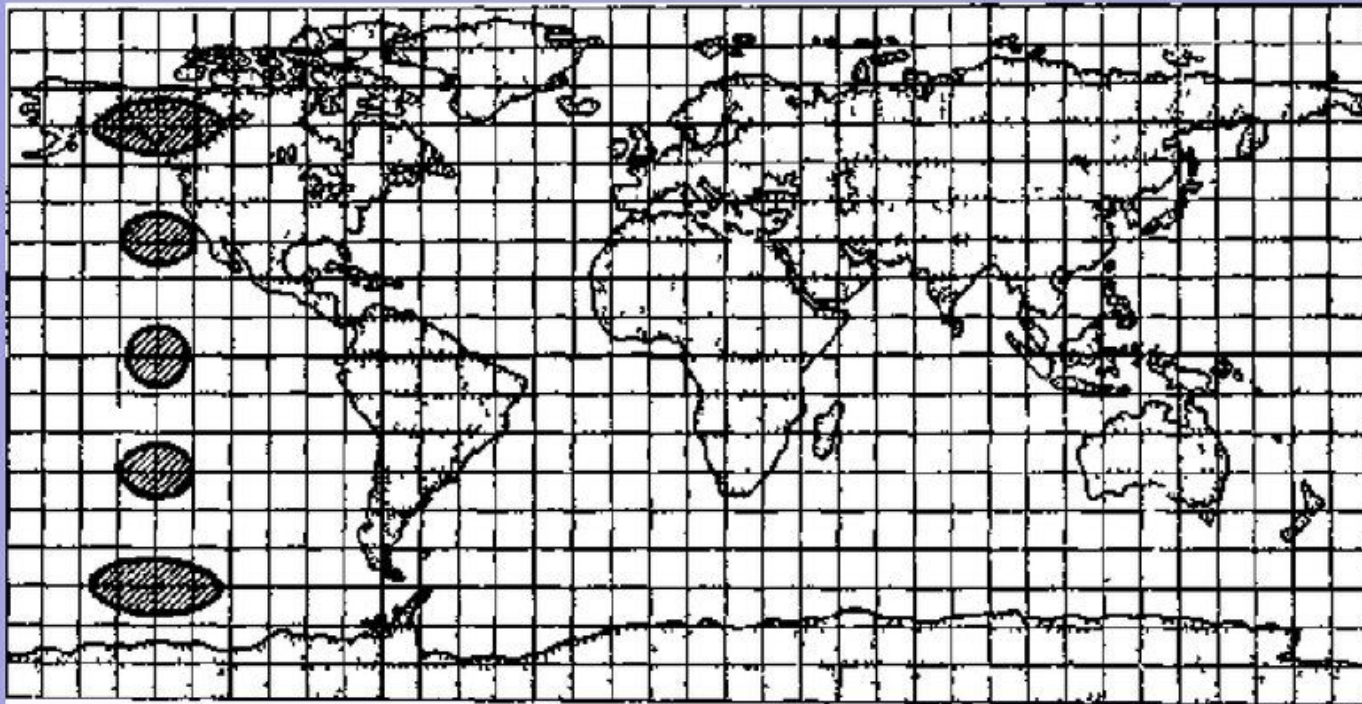


б



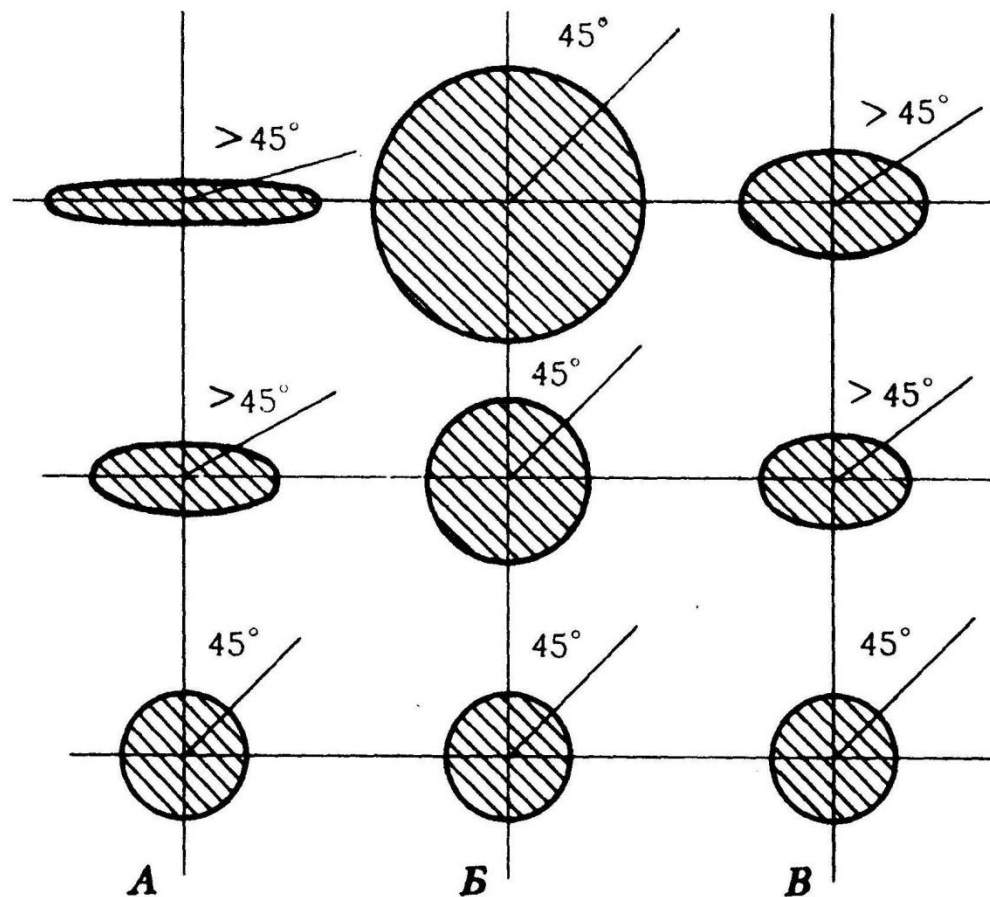
- Искажения в равнопромежуточной цилиндрической проекции

# 3. Равнопромежуточная проекция



Нормальная равнопромежуточная цилиндрическая проекция

# ВИД ЭЛЛИПСА ИСКАЖЕНИЙ В ПРОЕКЦИЯХ



А - равновеликой; Б - равноугольной; В – произвольной.  
На схемах показано искажение угла  $45^\circ$

### 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ СЕТКИ ПАРАЛЛЕЛЕЙ И МЕРИДИАНОВ

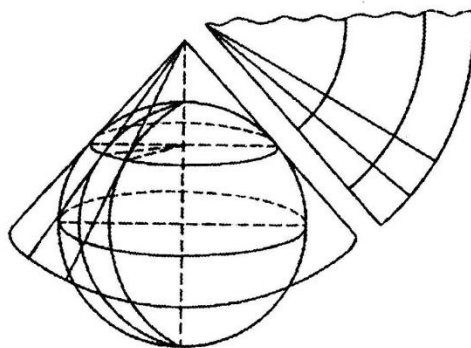
- В зависимости от вида геометрической поверхности, на которую проектируют поверхность эллипсоида различают проекции **конические, цилиндрические, азимутальные и некоторые другие.**



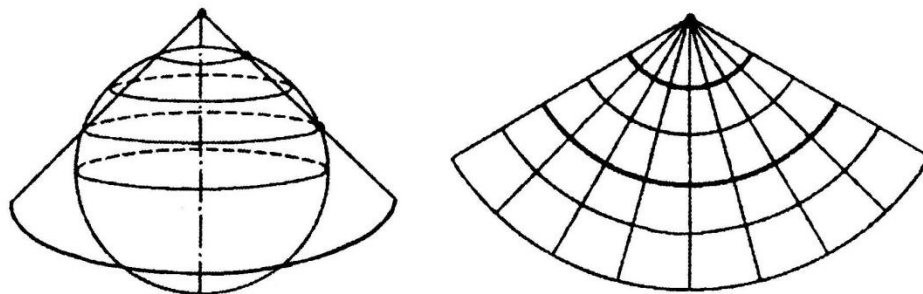
# КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТКИ (МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ)

- **3.1. Конические** проекции – поверхность эллипсоида (шара) переносится на поверхность касательного или секущего конуса

*a*

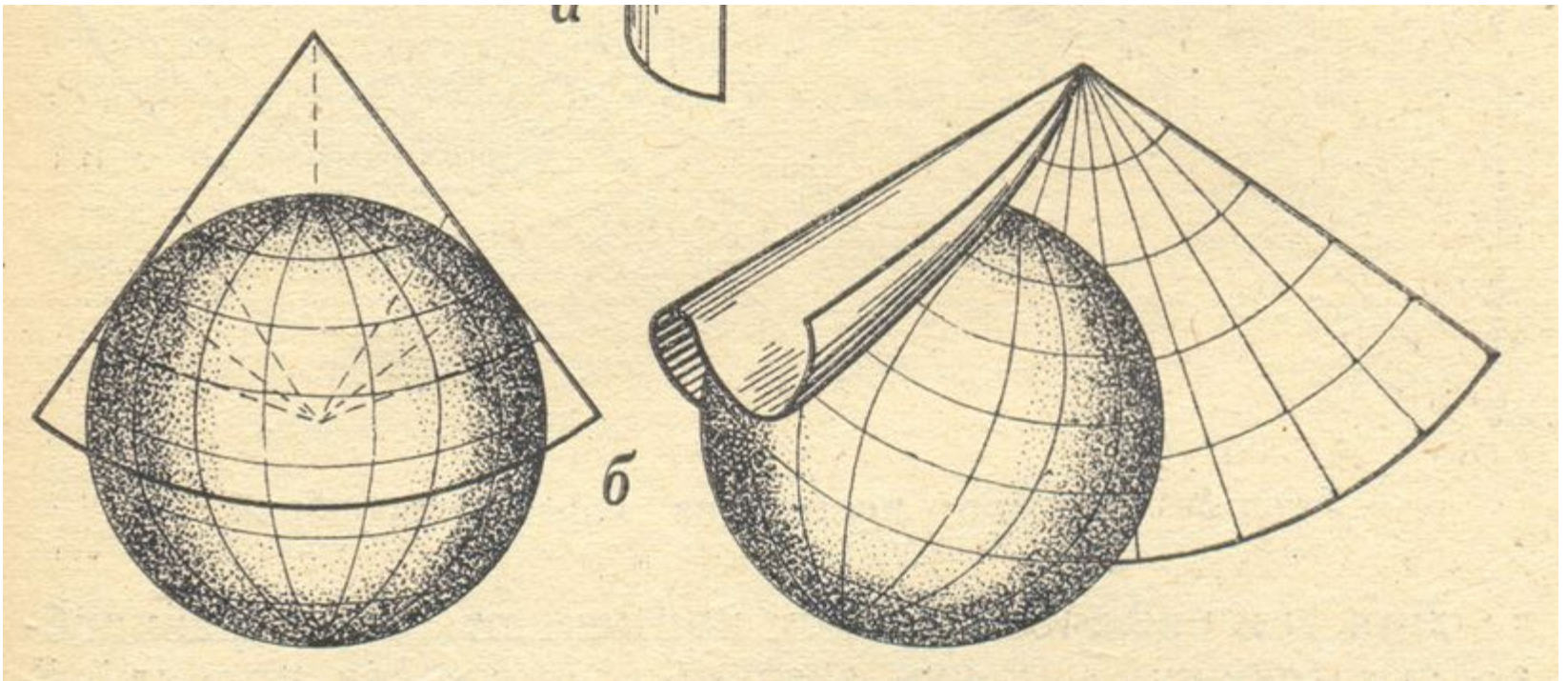


*б*



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

- Проектирование географической сетки на поверхность конуса.



- **ВИДЫ ПРОЕКЦИЙ ПО  
ОРИЕНТИРОВКЕ  
ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**
- **на примере конических проекций**

## КОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

- **нормальная (прямая)** коническая проекция – ось конуса совпадает с осью вращения Земли.  
**Меридианы** изображаются **прямыми**, сходящимися в одной точке под углами, пропорциональными 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.



Рис. 67. Коническая нормальная проекция.





Символы		Символы		Символы		Символы		Символы	
Города	Сельские населенные пункты	Рельеф	Гидрография	Климат	Почвы	Растительность	Животный мир	Административные границы	Другие символы
1. Города	1. Сельские населенные пункты	1. Рельеф	1. Гидрография	1. Климат	1. Почвы	1. Растительность	1. Животный мир	1. Административные границы	1. Другие символы
2. Города	2. Сельские населенные пункты	2. Рельеф	2. Гидрография	2. Климат	2. Почвы	2. Растительность	2. Животный мир	2. Административные границы	2. Другие символы
3. Города	3. Сельские населенные пункты	3. Рельеф	3. Гидрография	3. Климат	3. Почвы	3. Растительность	3. Животный мир	3. Административные границы	3. Другие символы
4. Города	4. Сельские населенные пункты	4. Рельеф	4. Гидрография	4. Климат	4. Почвы	4. Растительность	4. Животный мир	4. Административные границы	4. Другие символы
5. Города	5. Сельские населенные пункты	5. Рельеф	5. Гидрография	5. Климат	5. Почвы	5. Растительность	5. Животный мир	5. Административные границы	5. Другие символы
6. Города	6. Сельские населенные пункты	6. Рельеф	6. Гидрография	6. Климат	6. Почвы	6. Растительность	6. Животный мир	6. Административные границы	6. Другие символы
7. Города	7. Сельские населенные пункты	7. Рельеф	7. Гидрография	7. Климат	7. Почвы	7. Растительность	7. Животный мир	7. Административные границы	7. Другие символы
8. Города	8. Сельские населенные пункты	8. Рельеф	8. Гидрография	8. Климат	8. Почвы	8. Растительность	8. Животный мир	8. Административные границы	8. Другие символы
9. Города	9. Сельские населенные пункты	9. Рельеф	9. Гидрография	9. Климат	9. Почвы	9. Растительность	9. Животный мир	9. Административные границы	9. Другие символы
10. Города	10. Сельские населенные пункты	10. Рельеф	10. Гидрография	10. Климат	10. Почвы	10. Растительность	10. Животный мир	10. Административные границы	10. Другие символы

## КОНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

- **поперечная** коническая проекция – ось конуса лежит в плоскости экватора
- В поперечных проекциях – параллели и меридианы, исключая средний – кривые линии.

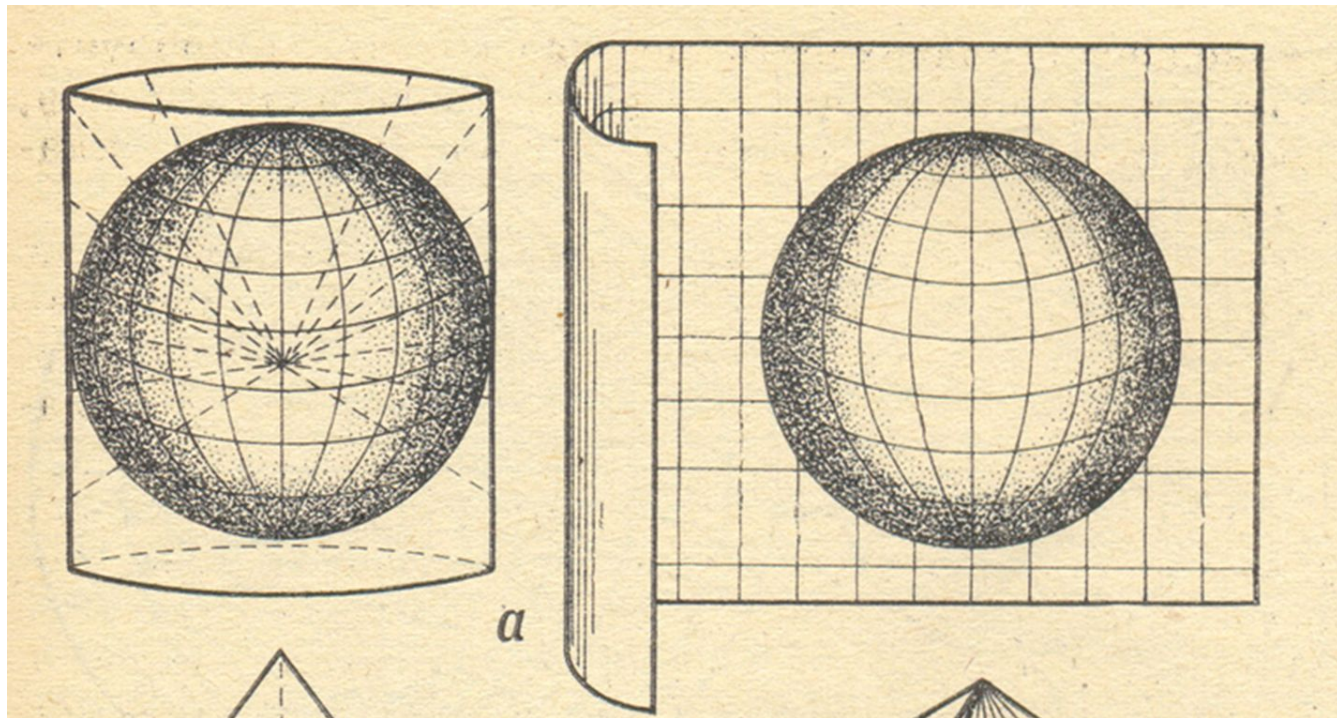


## КНИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

- 
- **косая** коническая проекция – ось конуса располагается под углом к плоскости экватора.

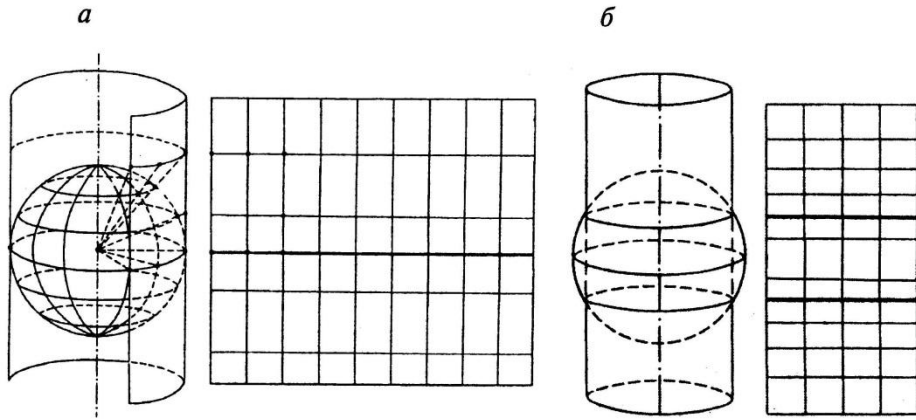
В косых проекциях – параллели и меридианы, исключая средний – кривые линии.

- **3.2. Цилиндрические проекции**, в которых поверхность эллипсоида переносится на боковую поверхность касательного (рис.а) или секущего (рис.б) цилиндра, после чего последний разрезается по образующей и разворачивается в плоскость.



- **ВИДЫ ПРОЕКЦИЙ ПО  
ОРИЕНТИРОВКЕ  
ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**
- **на примере цилиндрических  
проекций**

# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

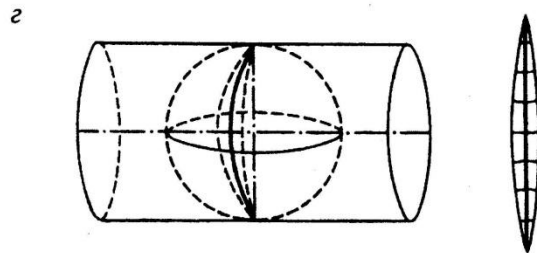
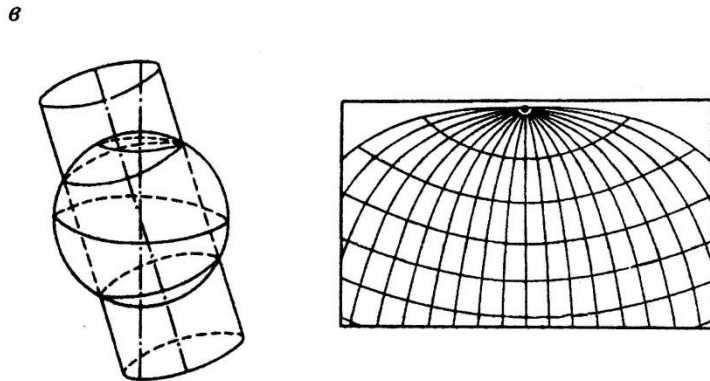


а – нормальная цилиндрическая проекция на касательном цилиндре;

б – нормальная цилиндрическая проекция на секущем цилиндре;

в – косая цилиндрическая проекция на секущем цилиндре;

г – поперечная цилиндрическая проекция на касательном цилиндре.

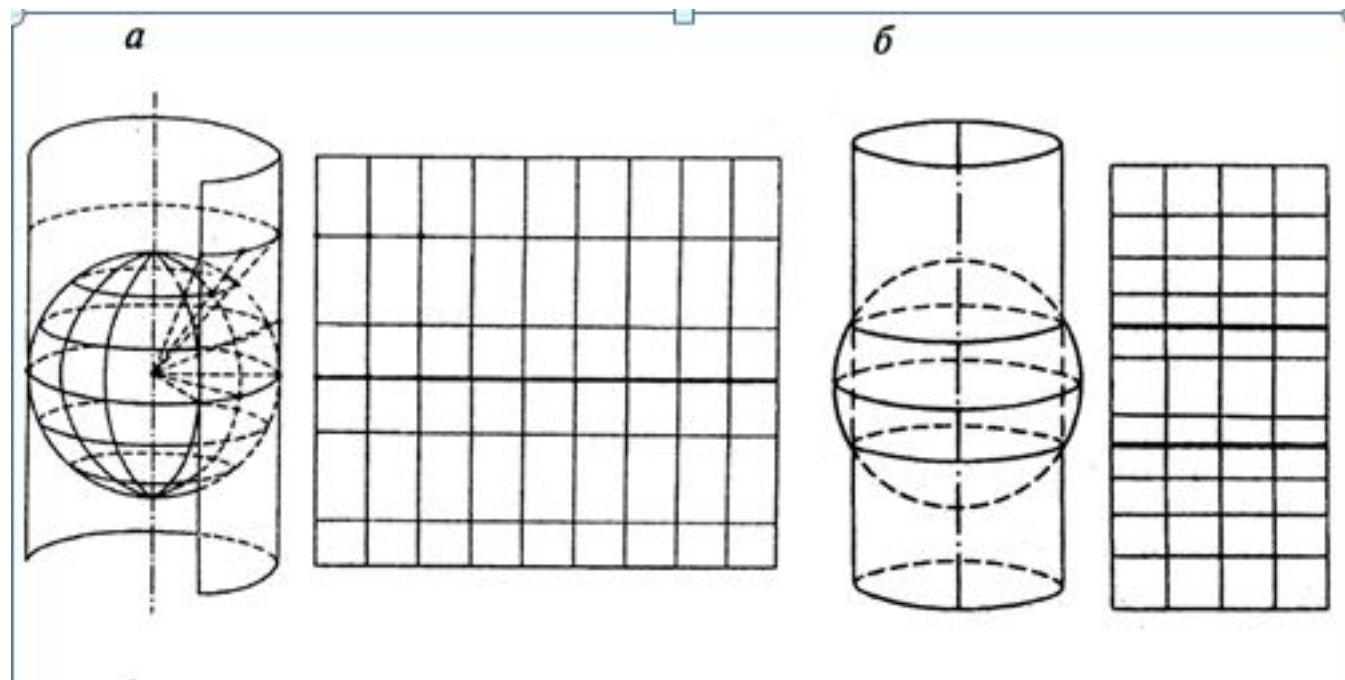


# КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТКИ (МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ)

- **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

а – нормальная цилиндрическая проекция на касательном цилиндре;

б – нормальная цилиндрическая проекция на секущем цилиндре;





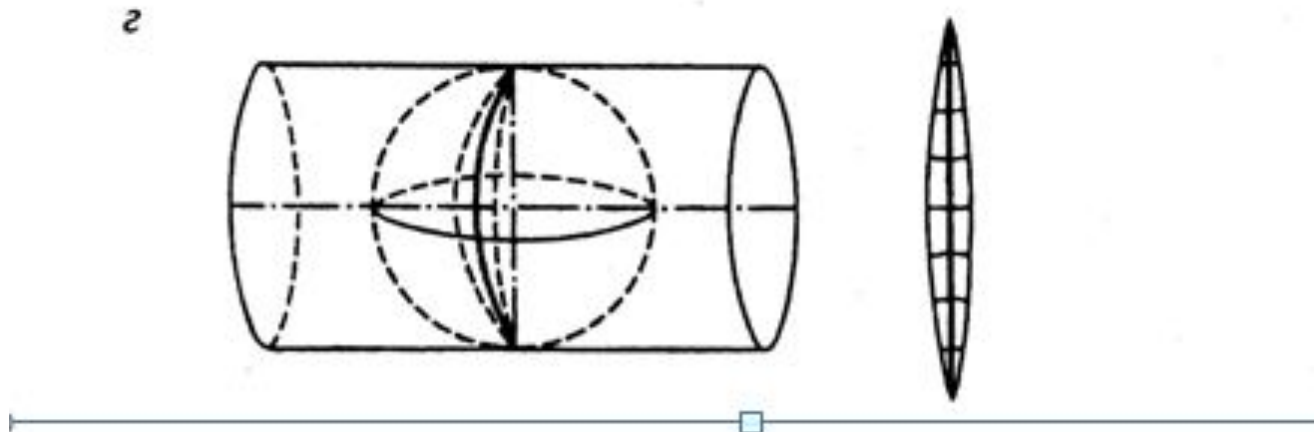
# Австралия





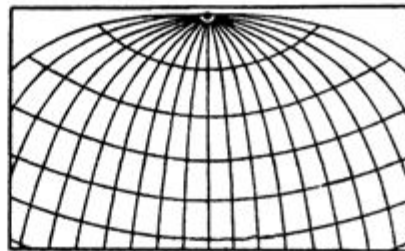
## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТКИ (МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ)

- **поперечные** цилиндрические проекции – ось цилиндра располагается в плоскости экватора, цилиндр касается шара по меридиану, искажения вдоль него отсутствуют
- **В поперечных проекциях параллели и меридианы, исключая средний, имеют вид кривых линий.** Поперечные проекции наиболее применимы для территорий, вытянутых с севера на юг,
- г – поперечная цилиндрическая проекция
- на касательном цилиндре.



## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТКИ (МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ)

- **косые** цилиндрические проекции – ось цилиндра располагается под острым углом к поверхности экватора
- **В косых проекциях параллели и меридианы, исключая средний, имеют вид кривых линий.** косые – проекции наиболее применимы для территорий, ориентированных на северо-запад или северо-восток.
- **в** – косая цилиндрическая проекция





# ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТА РОССИИ



Масштаб 1:10 000 000

Карта не является юридическим документом. Владелец карт не несет ответственности за любые ошибки, содержащиеся в ней.

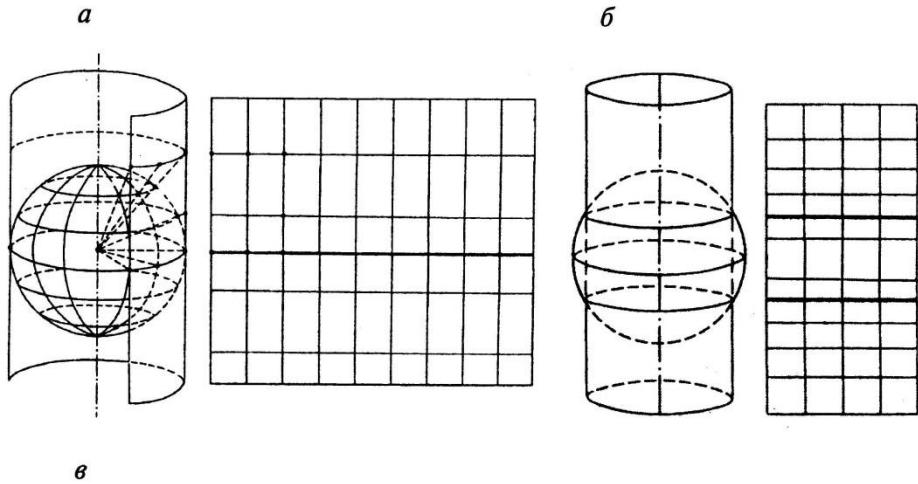
Владельцы карт несут ответственность за любые ошибки, содержащиеся в ней.

Дополнительная информация: [www.ozon.ru](http://www.ozon.ru)

ozon.ru



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

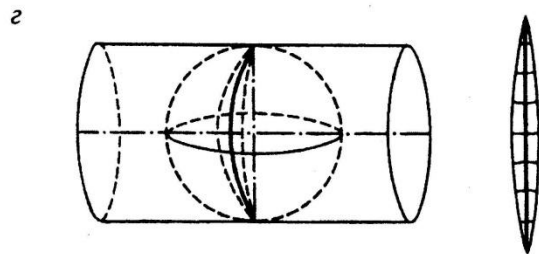
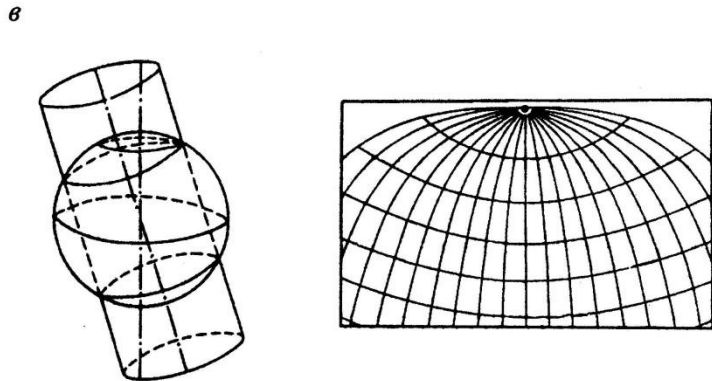


а – нормальная цилиндрическая проекция на касательном цилиндре;

б – нормальная цилиндрическая проекция на секущем цилиндре;

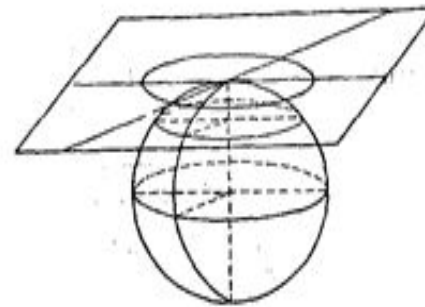
в – косая цилиндрическая проекция на секущем цилиндре;

г – поперечная цилиндрическая проекция на касательном цилиндре.



**Азимутальные проекции** - когда проектирование эллипсоида осуществляется на касательную или секущую его плоскость. В этих проекциях меридианы нормальной сетки изображаются прямыми, исходящими из одной точки под углами, пропорциональными разности долгот, а параллели – концентрическими окружностями с центром в точке пересечения меридианов

*a*



*б*

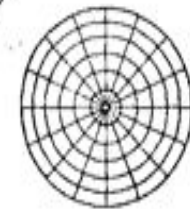
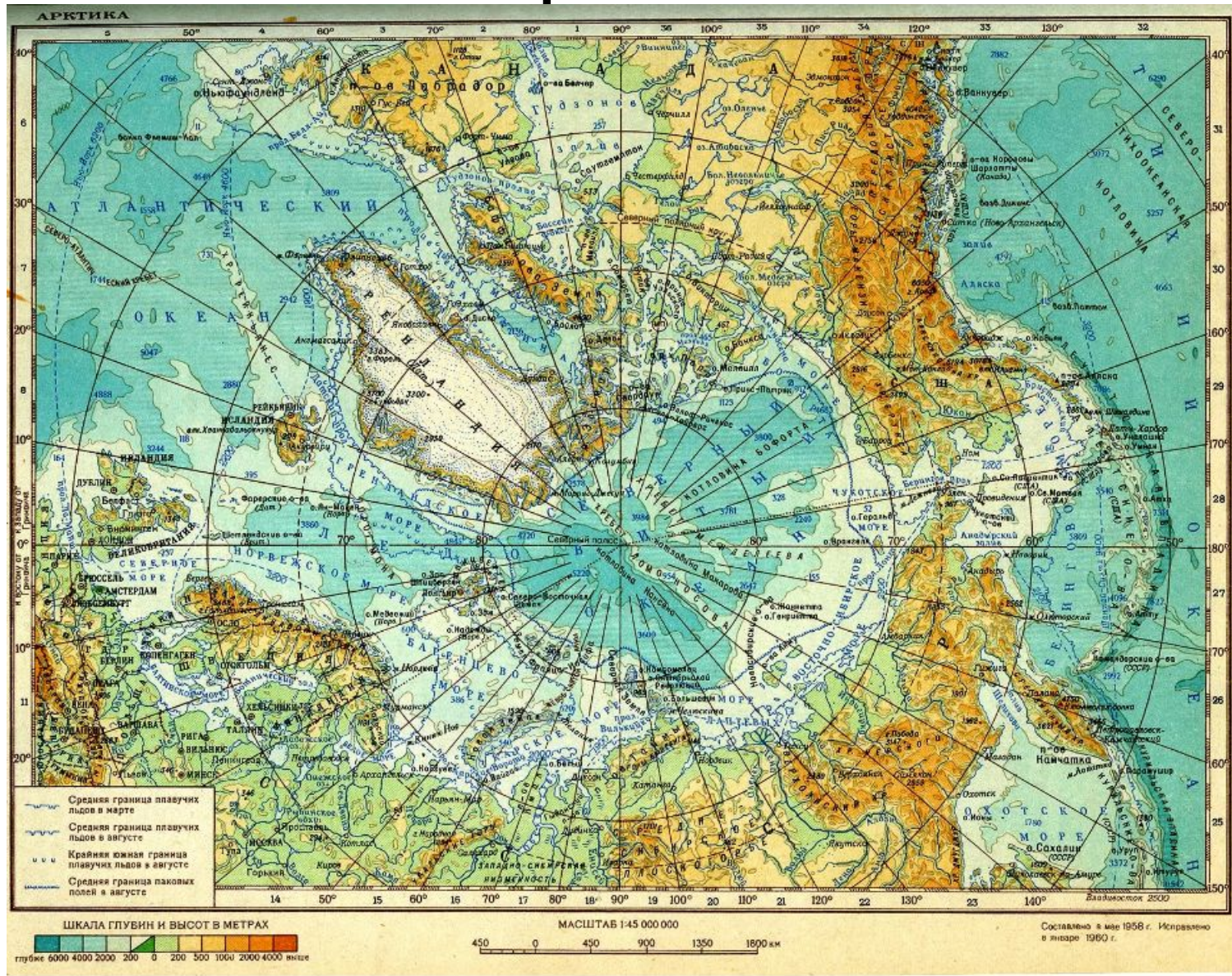


Рис.2.2.3



# Арктика



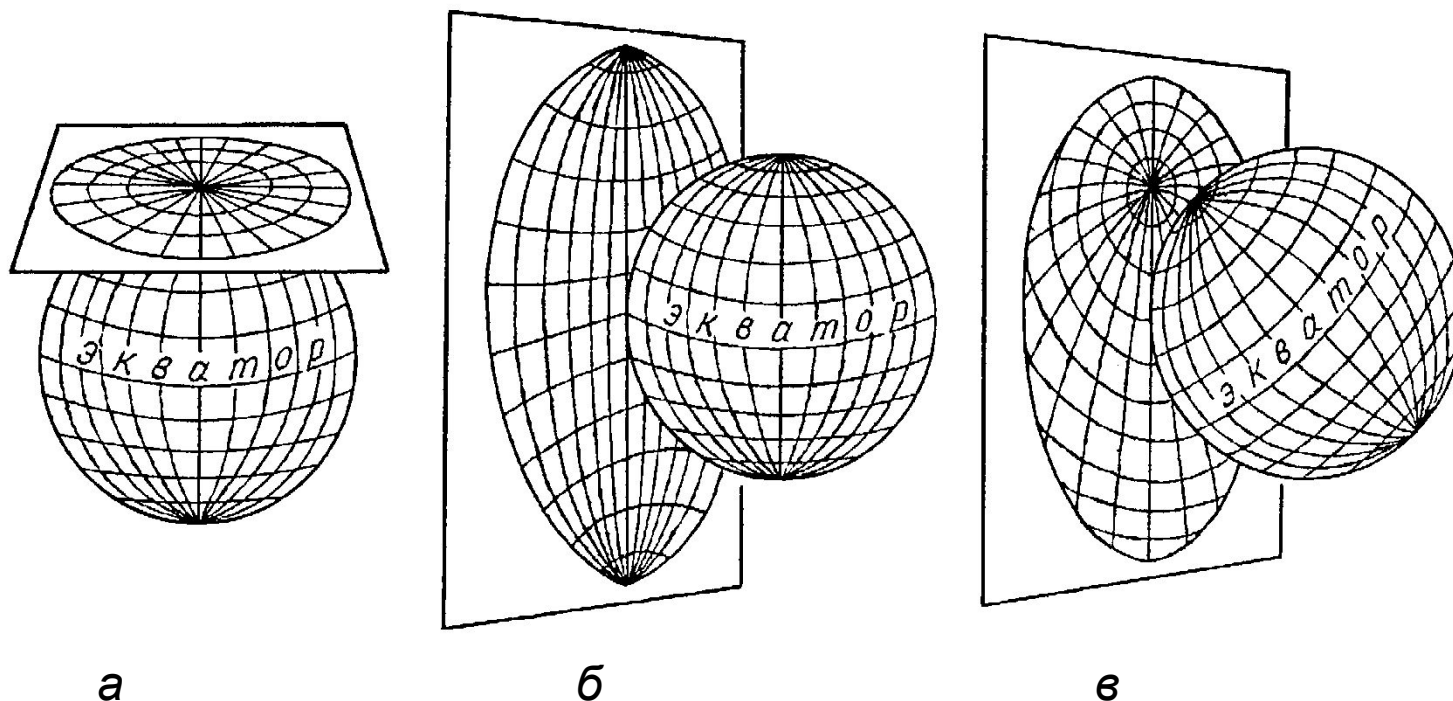
# **ВИДЫ ПРОЕКЦИЙ ПО ОРИЕНТИРОВКЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

**(На примере азимутальных проекций)**



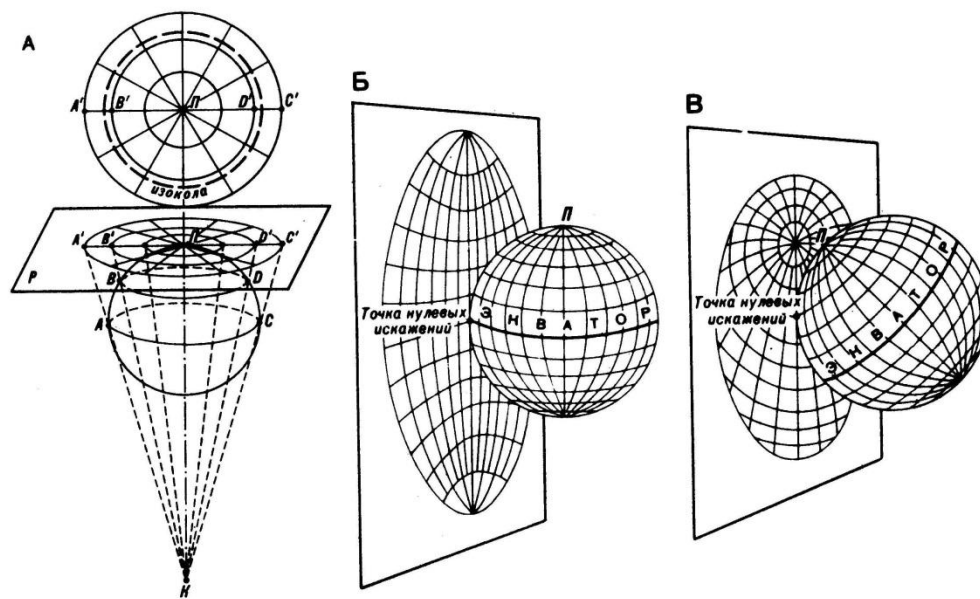
# ВИДЫ ПРОЕКЦИЙ ПО ОРИЕНТИРОВКЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

(На примере азимутальных проекций)



а-нормальная; б-поперечная; в-косая

# а-нормальная; б-поперечная; в-косая





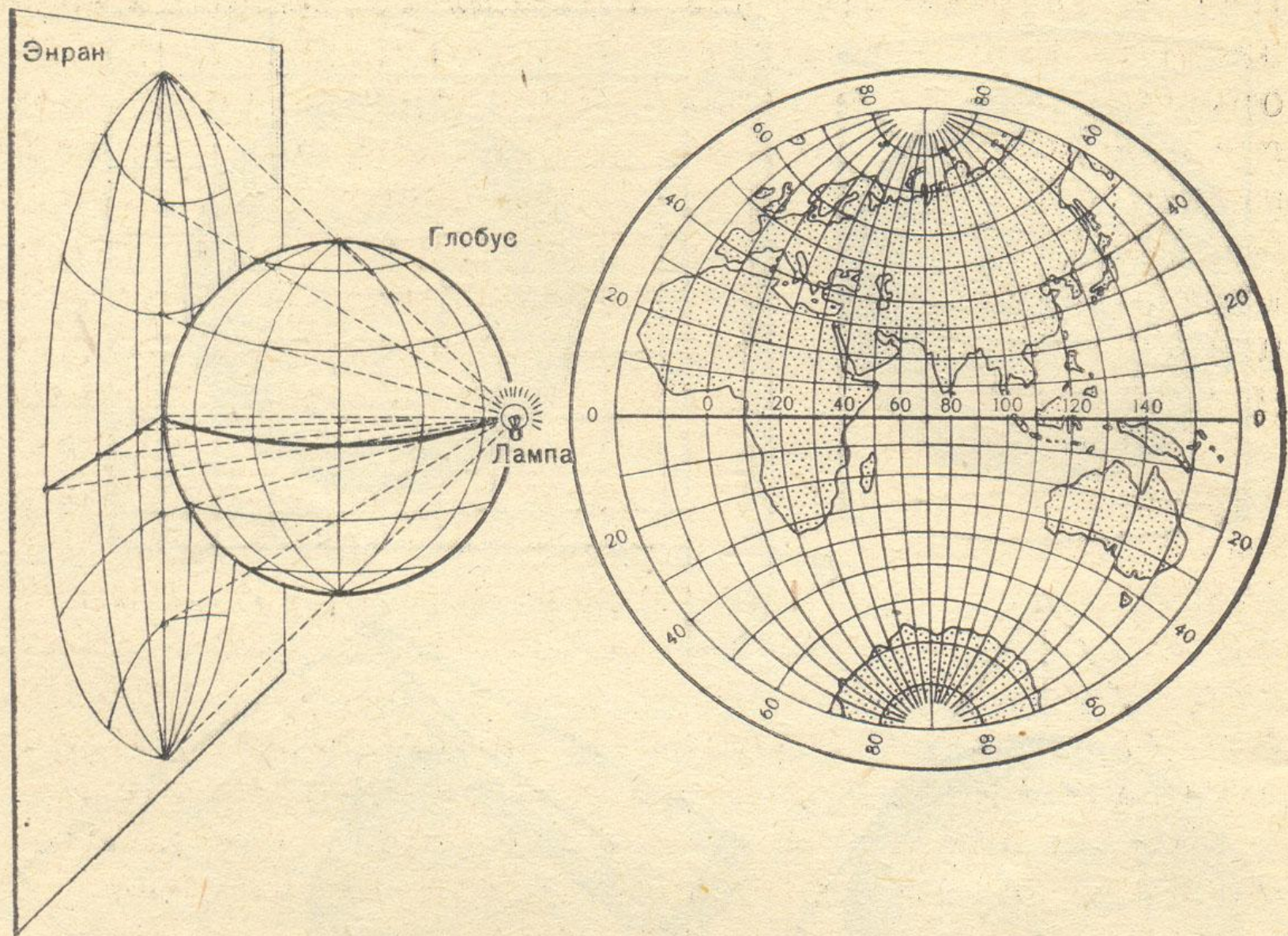


Рис. 8. Принцип построения карты полушарий

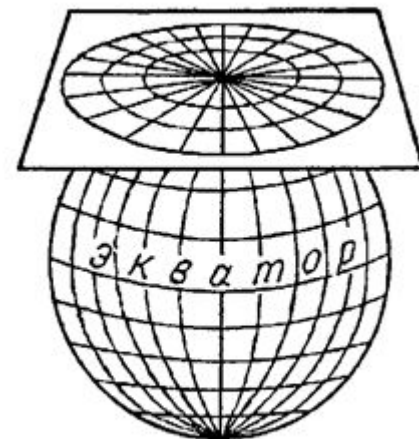


В зависимости от расположения плоскости по отношению к земной оси азимутальные проекции бывают:

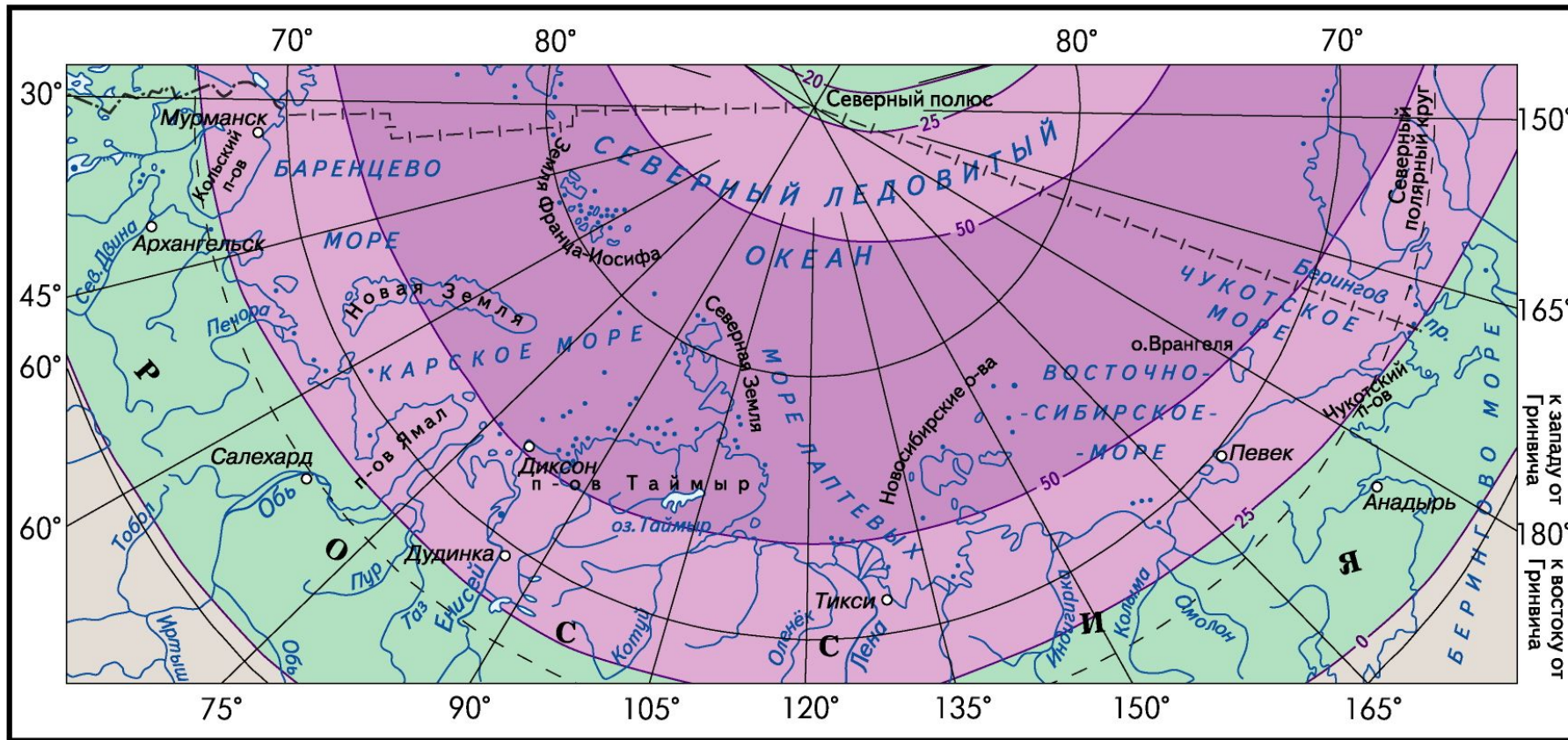
**А. нормальные** (полярные, прямые) – плоскость перпендикулярна к оси вращения Земли,

В нормальных азимутальных проекциях **меридианы** изображаются **прямыми**, сходящимися в одну точку (полюс) под углами, равными разности их долгот, а **параллели** – **концентрическими окружностями**, проведенными из общего центра (полюса).

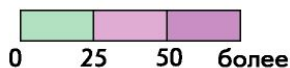
В **нормальных** проекциях картографируются полярные области



# ПОВТОРЯЕМОСТЬ ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ



Среднесуточная повторяемость полярных сияний  
в области зенита (в процентах)



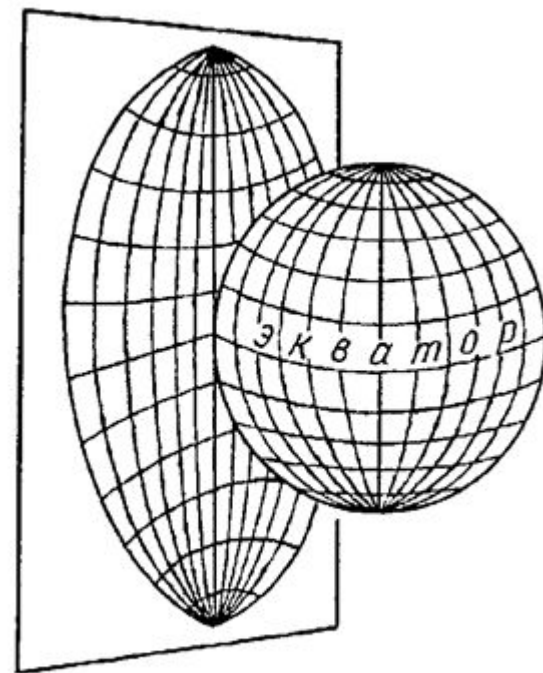
Полярные сияния не наблюдаются

Масштаб 1:45 000 000

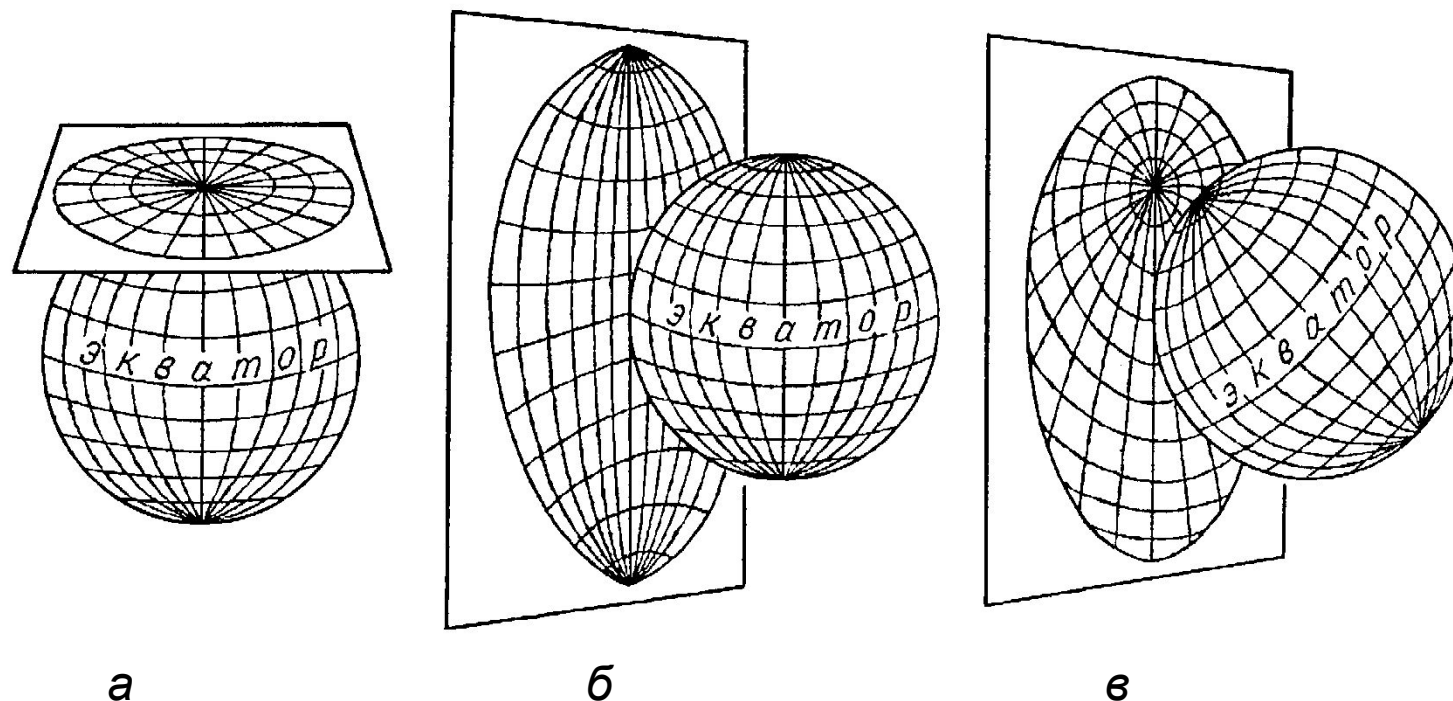
**Б. поперечные** (экваториальные) – плоскость проекции перпендикулярна к плоскости экватора,

В большинстве поперечных азимутальных проекций **меридианы**, исключая средний, и **параллели** представляют **кривые** линии. Экватор в поперечных проекциях – прямая линия

в **поперечных** проекциях картографируются– полушария и экваториальные области



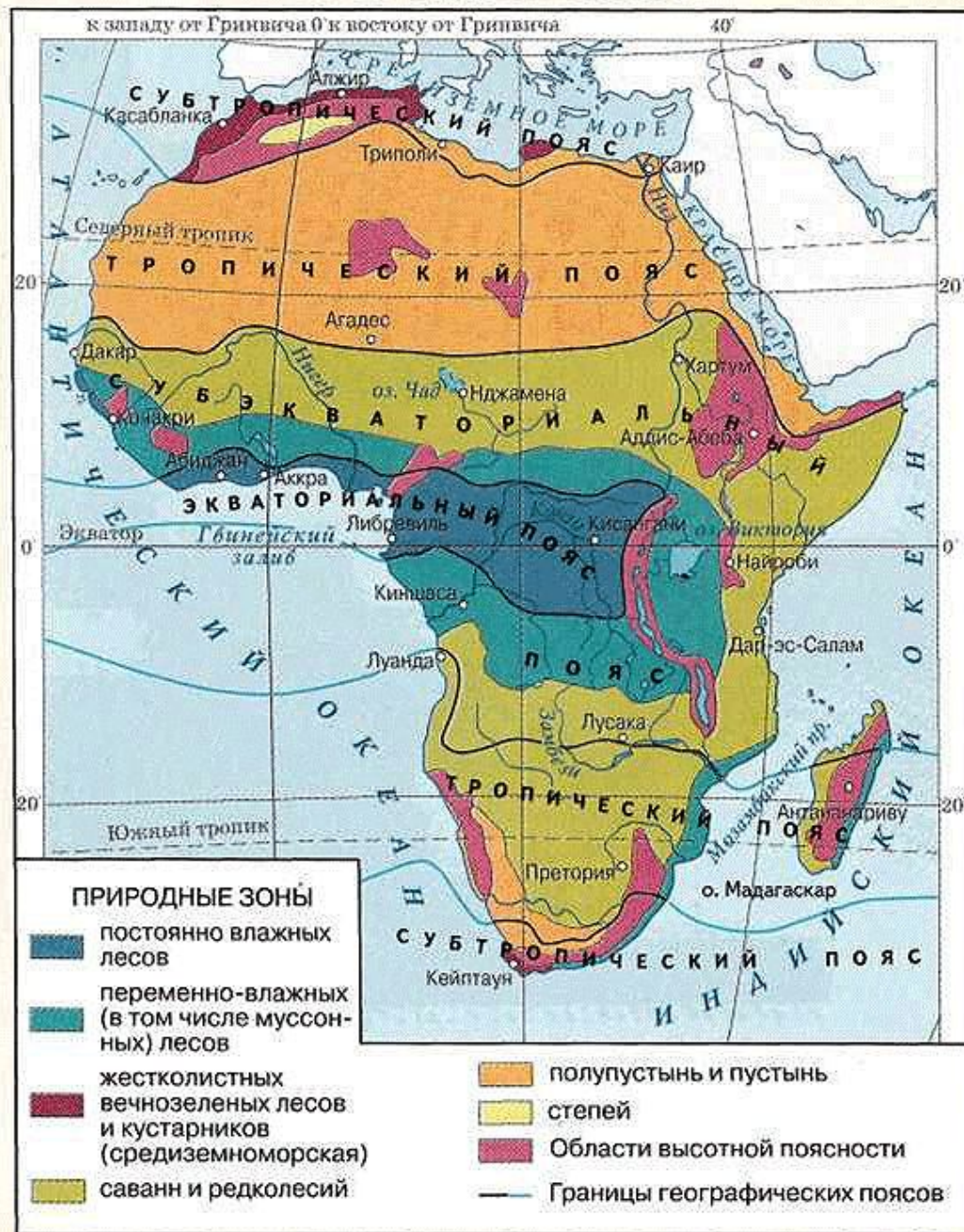
# ВИДЫ ПРОЕКЦИЙ ПО ОРИЕНТИРОВКЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНО ПОЛЯРНОЙ ОСИ (На примере азимутальных проекций)



а-нормальная; б-поперечная; в-косая



# ПРИРОДНЫЕ ЗОНЫ

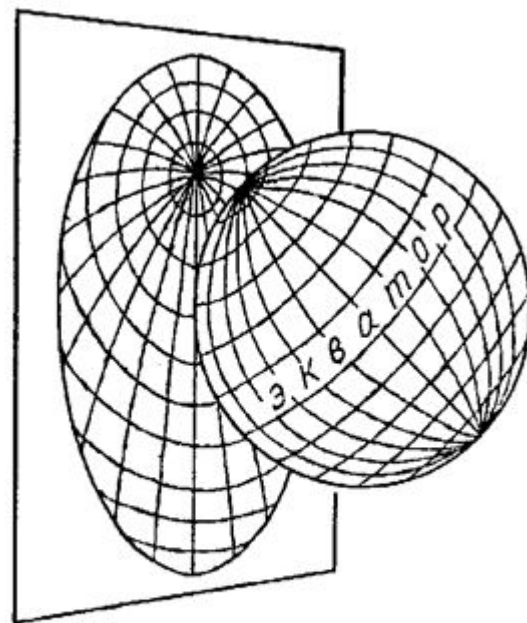


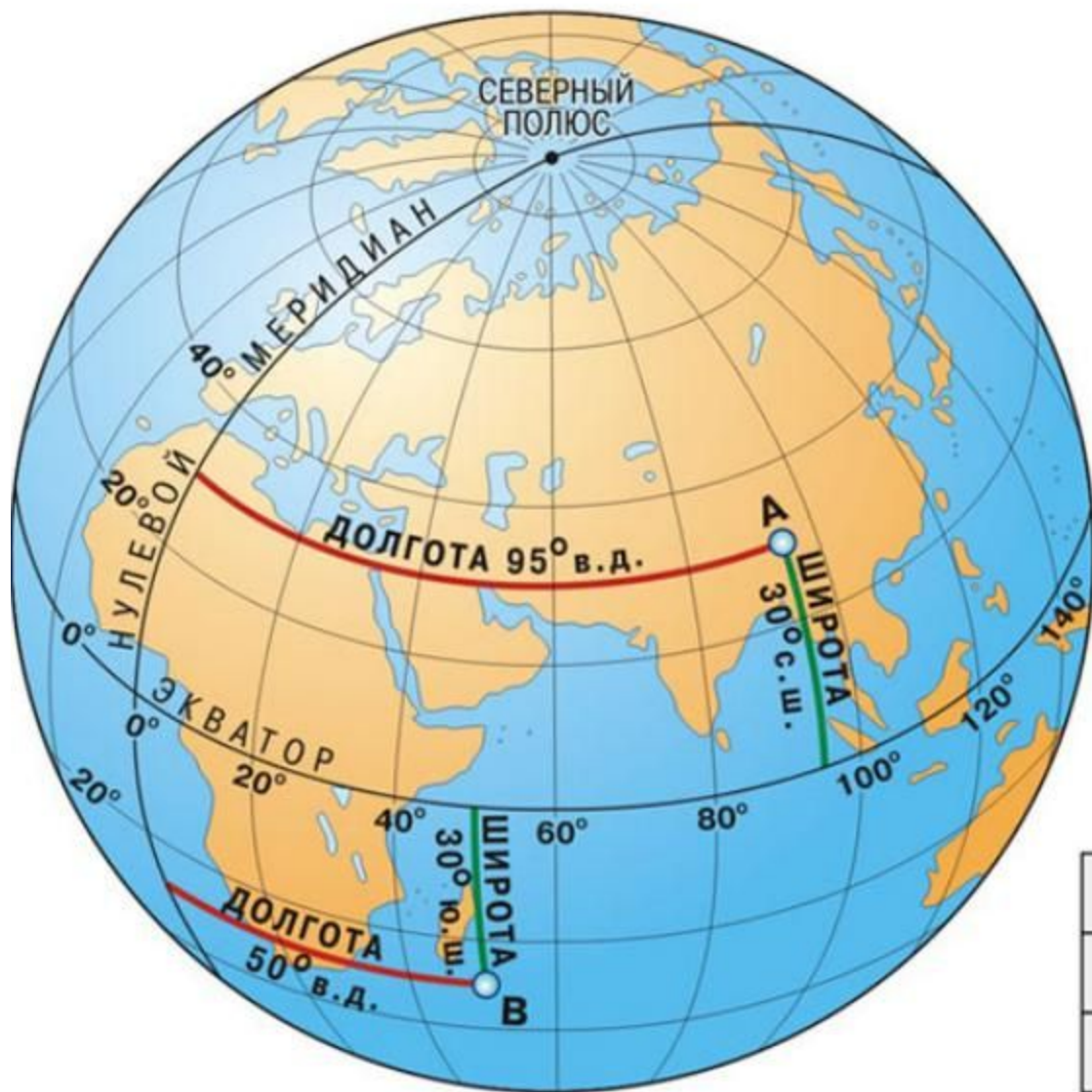


**В. косые** (горизонтальные) – плоскость проекции располагается под острым углом к плоскости экватора

В косых азимутальных проекциях **меридианы**, исключая средний, и **параллели** представляют **кривые** линии.

в **косых** проекциях картографируются – территории, расположенные в средних широтах.

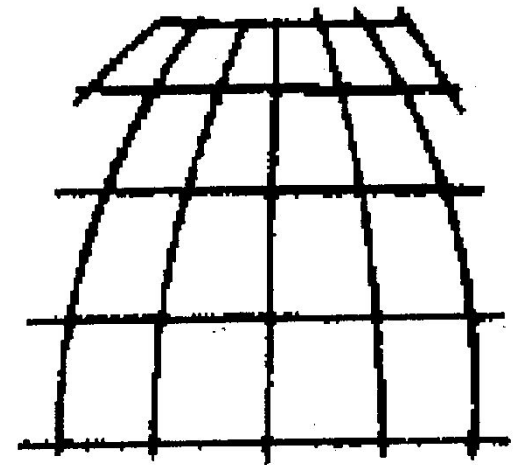




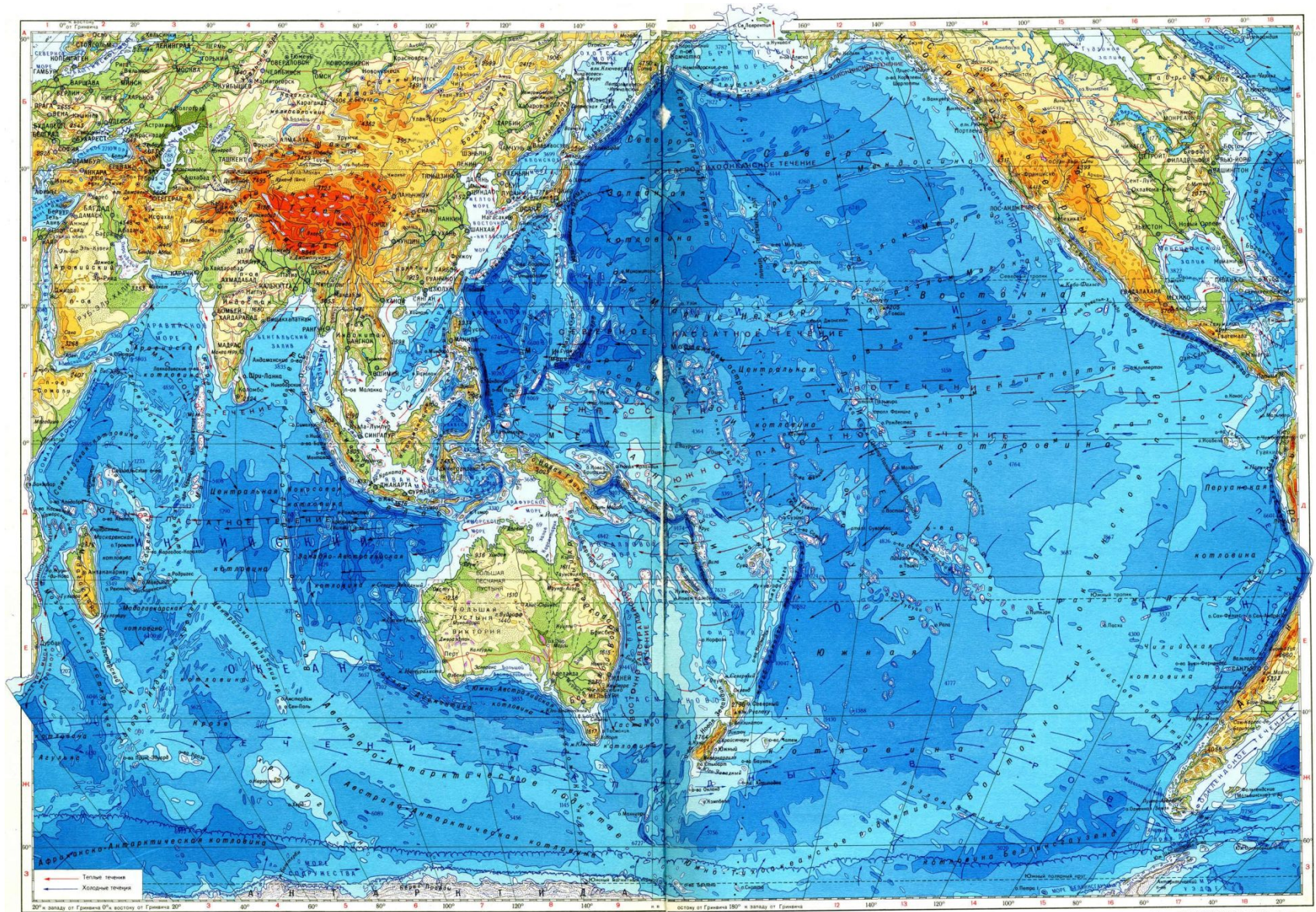
	КООРДИНАТЫ ТОЧЕК
<b>А</b>	30° с.ш., 95° в.д.
<b>В</b>	30° ю.ш., 50° в.д.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТКИ (МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ)

- **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

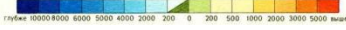






Тёплые течения  
 Холодные течения

Шкала глубин и высот в метрах



Показатели Точные данные для сети  
 северного полушария

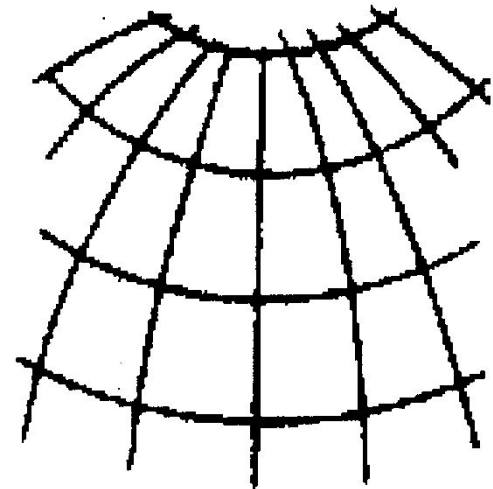
Масштаб 1:50 000 000 (в 1 см 500 км)  
 500 0 500 1000 1500 2000 2500 км



## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТКИ (МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ)

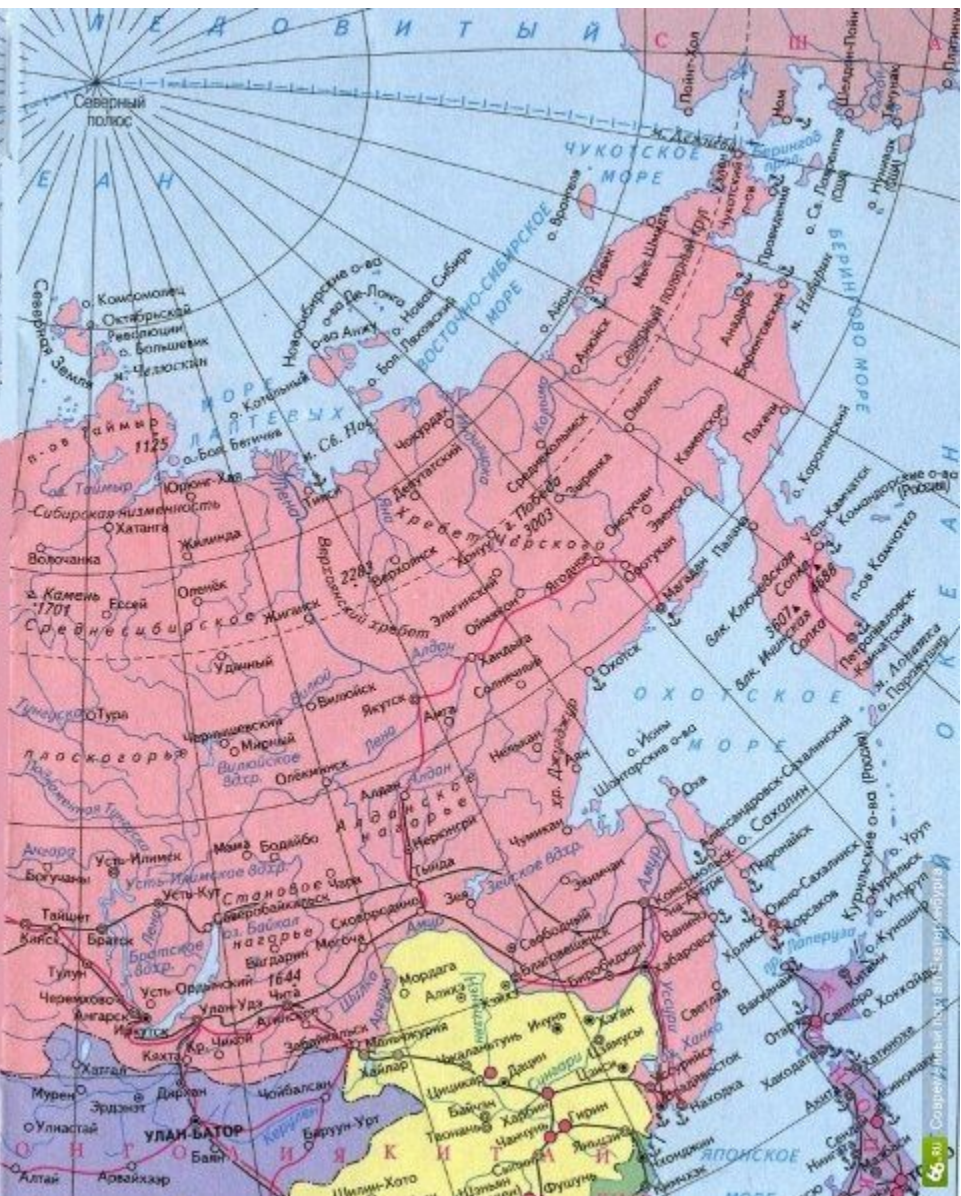
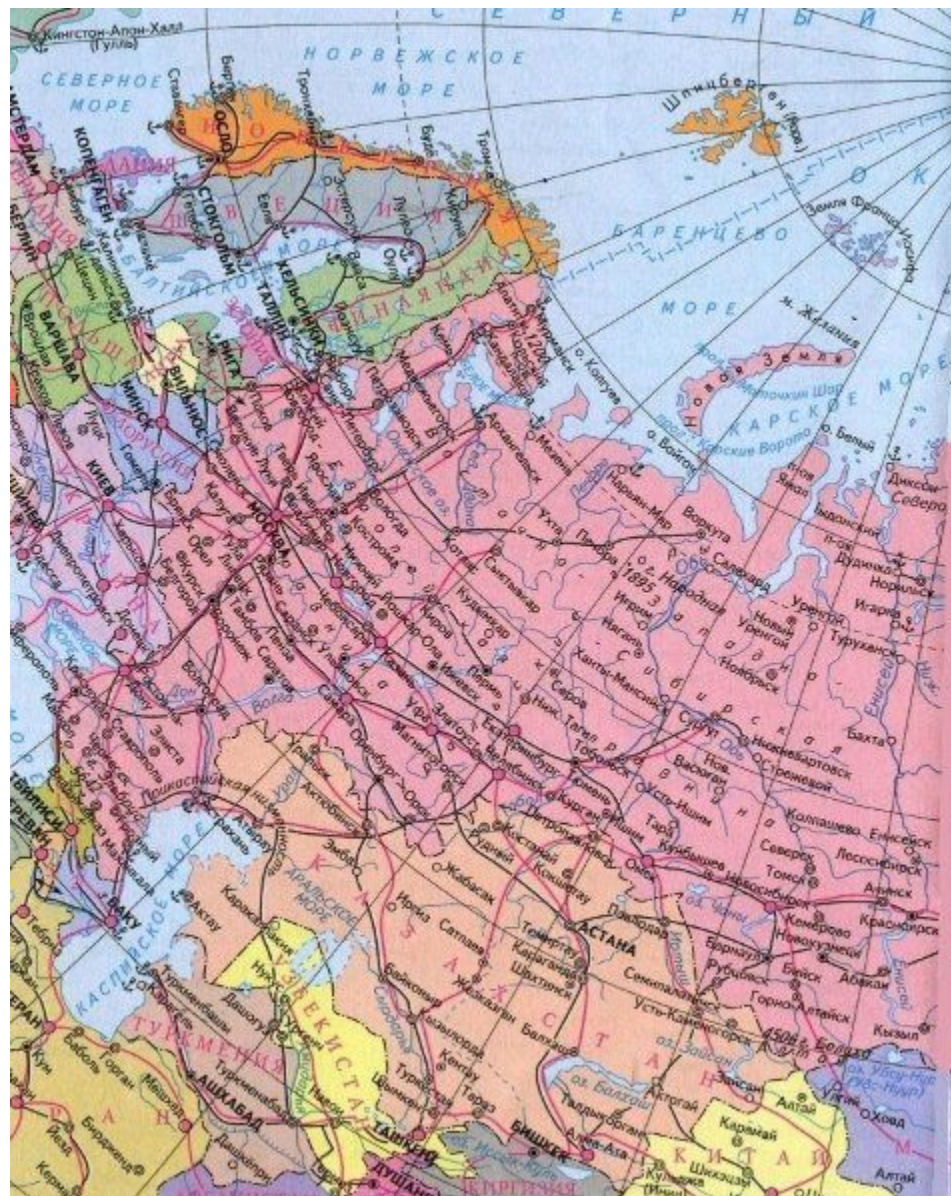
- **Псевдоконические** проекции – проекции, в которых **параллели** представляют собой **дуги концентрических окружностей** (как и в нормальных конических), а **меридианы** – **кривые линии**, симметрично расположенные относительно **среднего прямолинейного меридиана**, кривизна их увеличивается с удалением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

- Применяются для карт России, Евразии, других материков





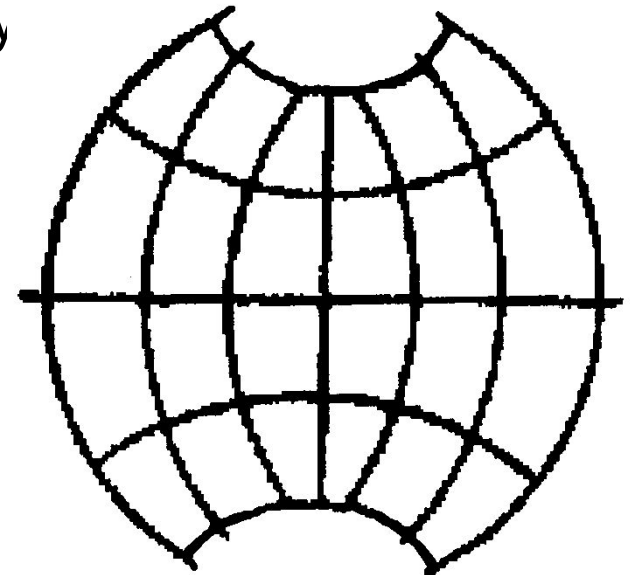






## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТКИ (МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ)

- **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





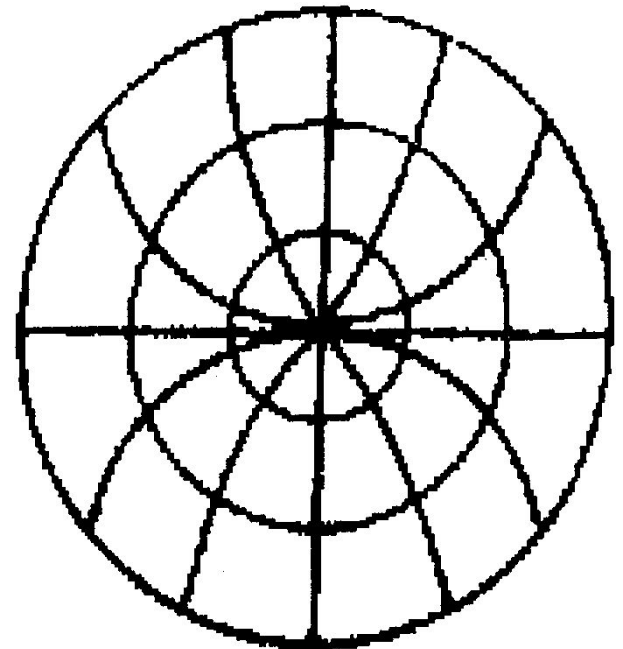
# МИР

ПОЛИТИЧЕСКАЯ  
КАРТА



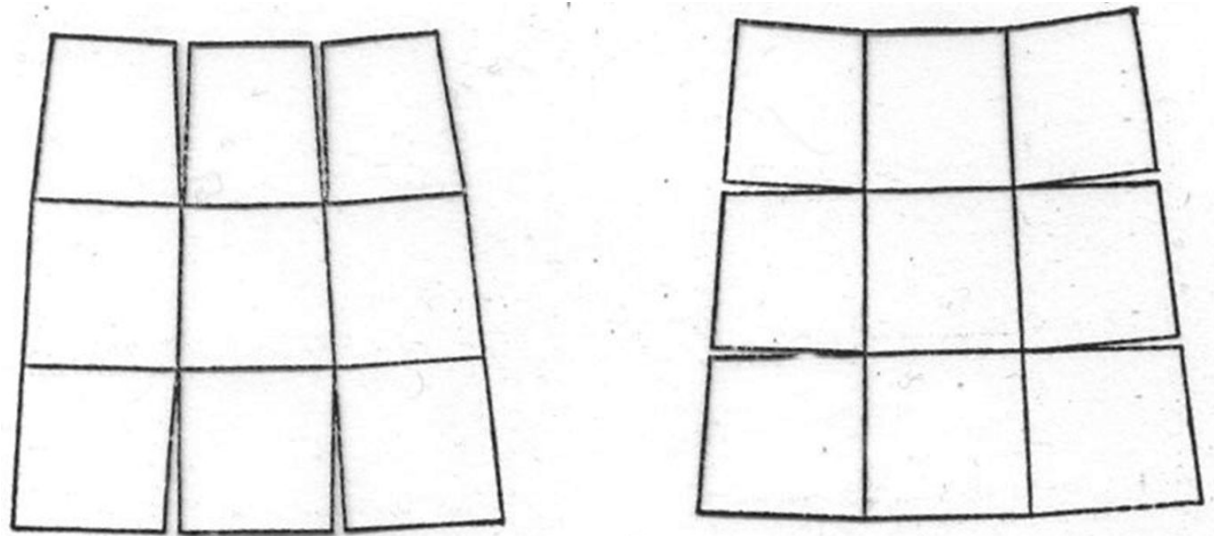
## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТКИ (МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ)

- **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



## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТКИ (МЕРИДИАНОВ И ПАРАЛЛЕЛЕЙ)

- **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



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

## **МНОГОГРАННЫЕ ПРОЕКЦИИ**

Разновидностью многогранных являются многополосные проекции. Полосы могут нарезать и по меридианам и по параллелям. Эти проекции используются для многолистных карт



# 4. Проекция Гаусса-Крюгера

## ПЗ

- При создании средне- и крупномасштабных тематических карт чаще всего используется равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера. Это объясняется тем, что основным источником при камеральном способе создания карт такого масштаба служат карты топографические, созданные, в свою очередь, именно в этой проекции.

- История применения проекции Гаусса-Крюгера в нашей стране началась в 1928 году на эллипсоиде Бесселя для составления топографических карт масштаба крупнее 1:500 000, а с 1939 – и для масштаба 1:500 000.

- **В апреле 1946 г.** Постановлением Правительства были утверждены новые исходные даты, характеризующие **систему координат 1942 года**, и в качестве математической поверхности Земли был принят эллипсоид Красовского со следующими параметрами:
  - большая полуось ( $a$ ) – 6 378 245 м.
  - малая полуось ( $b$ ) – 6 356 863 м
  - сжатие ( $a$ ) - 1:298,3

- С июля 2002 года в России в качестве Государственной принята система координат 1995 года (СК-95).
- в 1984 году на основе спутниковых измерений специалистами нескольких стран были определены параметры так называемого международного эллипсоида WGS-84
- большая полуось ( $a$ ) – 6 378 137 м;
- малая полуось ( $b$ ) – 6 356 752 м;
- сжатие ( $a$ ) – 1:298,257.



- В 1825 г. Гаусс решил задачу по изображению одной поверхности на другой с сохранением углов, а в 1912 г. Крюгер вывел и опубликовал рабочие формулы этой проекции. Проекция получила полное название: равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера.

- В проекции Гаусса-Крюгера поверхность эллипсоида на плоскости отображается по меридиальным зонам, ширина которых равна 6 градусов.

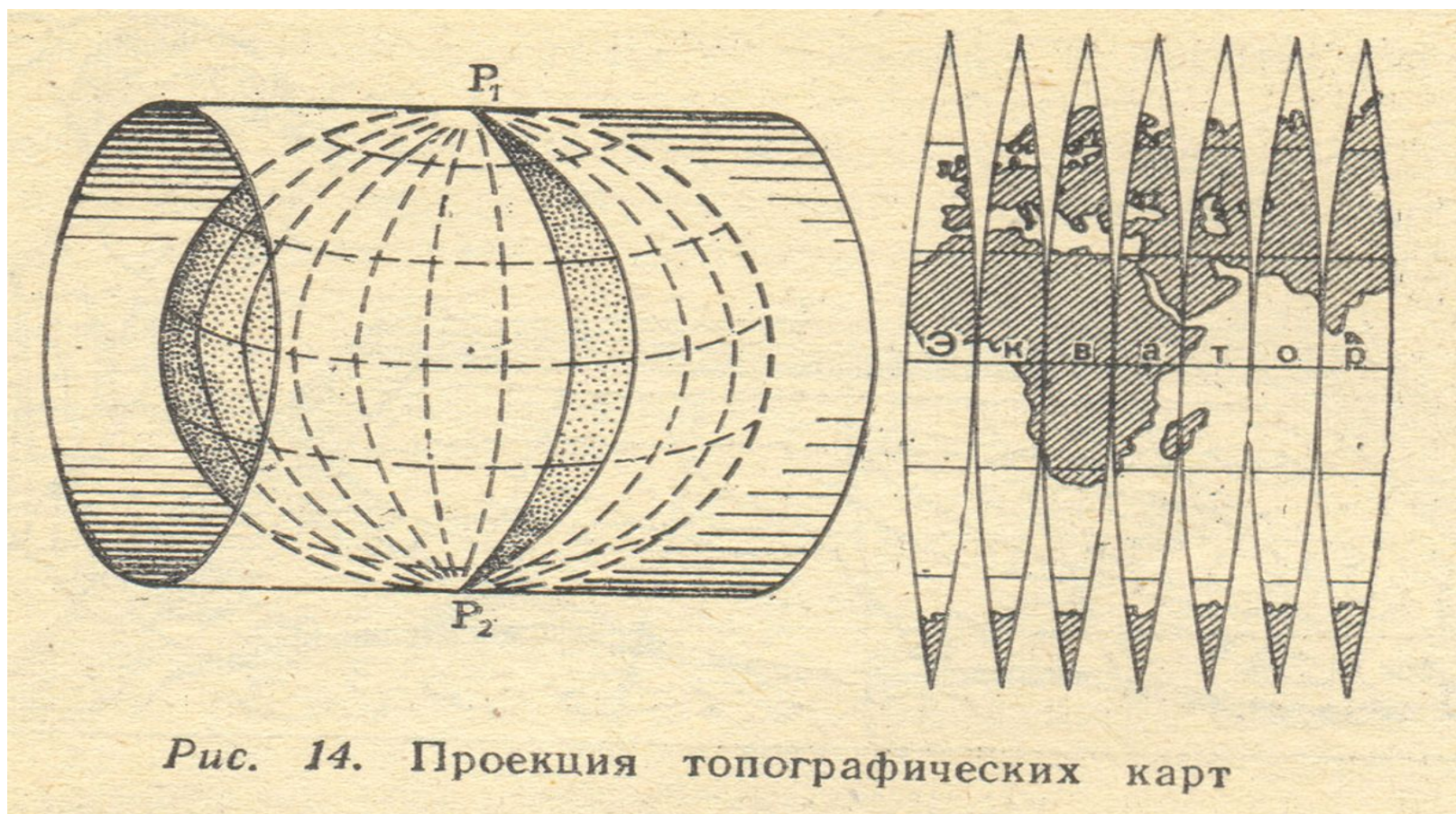
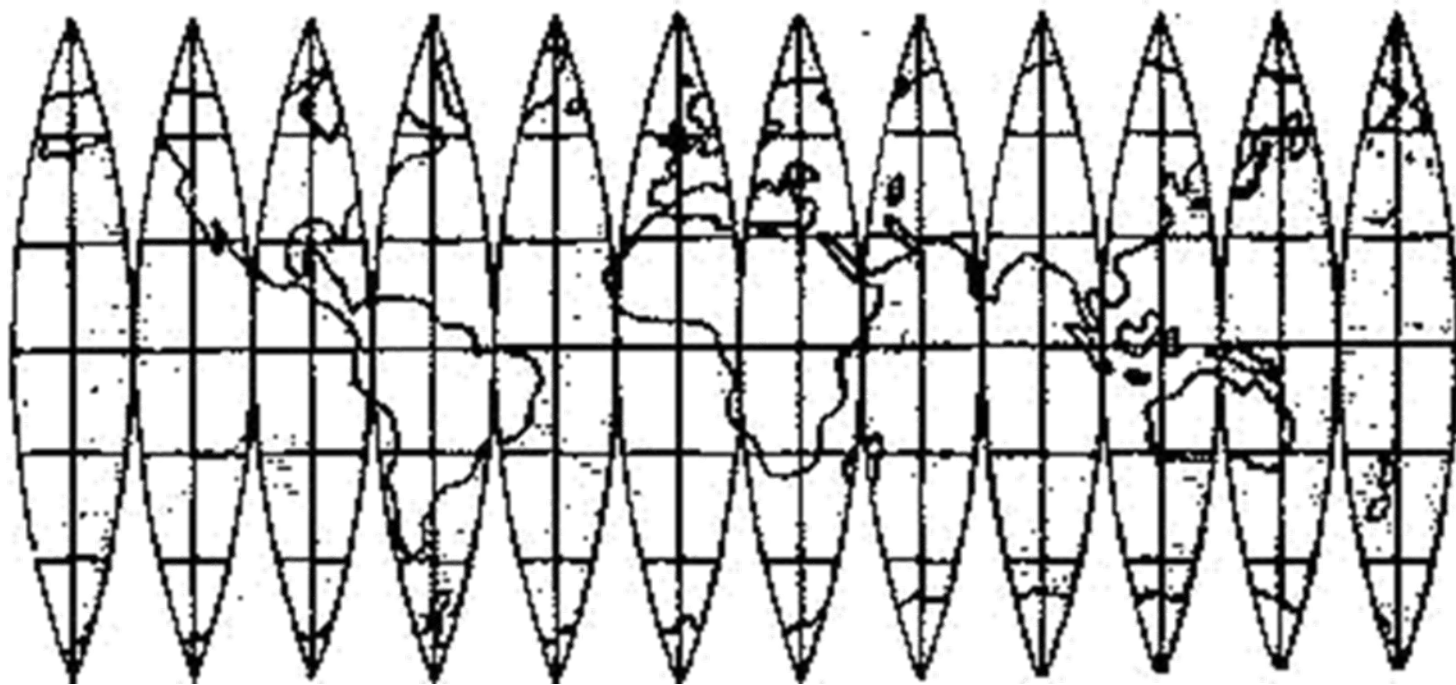


Рис. 14. Проекция топографических карт

- Меридианы и параллели изображаются кривыми линиями, симметричными относительно осевого меридиана зоны (прямая линия) и экватора.

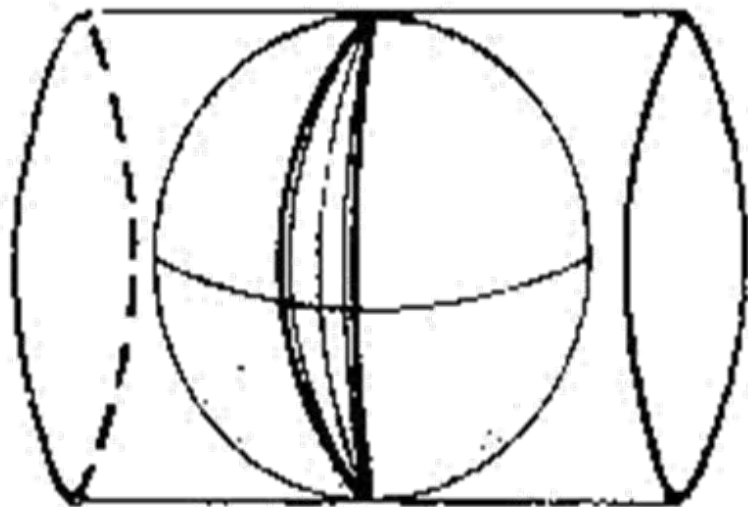


- Однако кривизна меридианов **настолько мала, что западные и восточные рамки карты изображаются прямыми линиями.** Параллели, совпадающие с южной и северной рамками карты, изображаются **прямыми на картах масштаба 1:50 000;** на картах более мелкого масштаба они изображаются кривыми линиями.

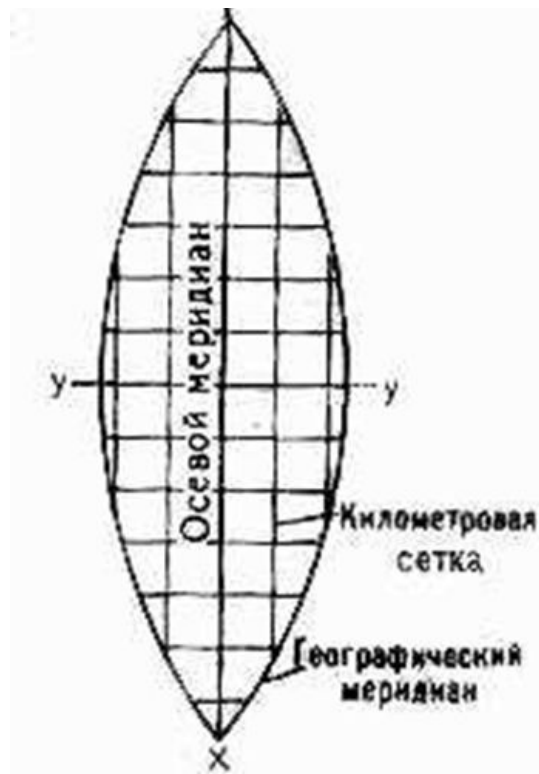


- Каждая зона проектируется на поверхность своего цилиндра, касающегося эллипсоида по осевому меридиану зоны а). Развернув поверхность цилиндра на плоскость, получают изображение зоны б).

- а).



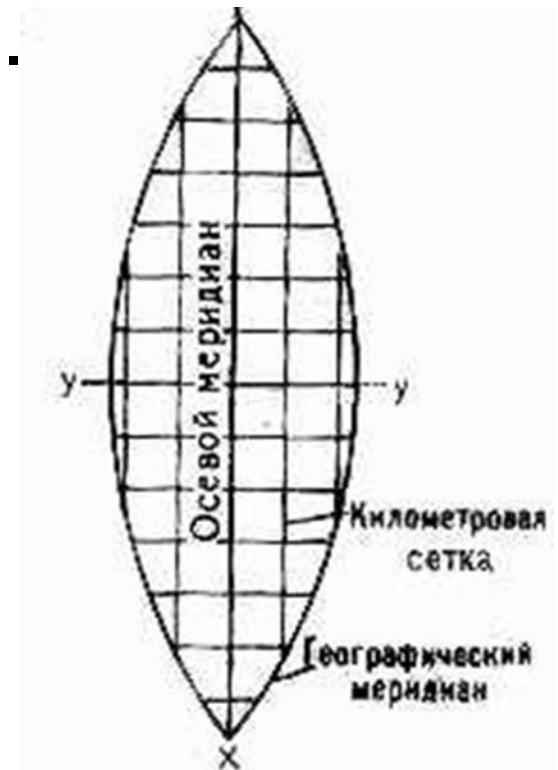
Б)



- В каждой зоне проекции Гаусса-Крюгера своя система координат: за ось  $X$  (абцисса) принимают осевой меридиан зоны; за ось  $Y$  (ордината) – экватор.
- Для территорий, лежащих к северу от экватора, абсциссы – положительны, ординаты – отрицательны к западу от осевого меридиана.

- Масштаб длин по меридиану в проекции Гаусса-Крюгера определяется из соотношения
- $m = 1 + \frac{y^2}{2R^2}$
- где  $R$  – радиус Земли;  $y$  – ордината в проекции Гаусса-Крюгера.
- На осевом меридиане, где
- $Y=0$ , величина  $m=1$
- Т.е. осевой меридиан передается на плоскость без искажения,

- Величина искажения зависит от значения ординаты, т.е. чем больше значение  $y$ , тем дальше от осевого меридиана зона расположена картографируемая территория и тем больше величина искажения.





- Площади в проекции Гаусса-Крюгера всегда больше площади на поверхности эллипсоида и определяется по формуле

- $$P_{\Gamma} = P \left[ 1 + \frac{y^2}{R^2} \right]$$

следовательно, площади искажаются тем сильнее, чем дальше от осевого меридиана расположена картографируемая территория.