

**Тема: «Рассмотрение картографических  
проекций в оригинале»**

**Цель занятия:** познакомиться со способами изображения земной поверхности на плоскости, с классификацией картографических проекций и их областью применения; научиться определять распространенные проекции по внешнему виду сетки параллелей и меридианов, рассмотреть особенности искажения карты.

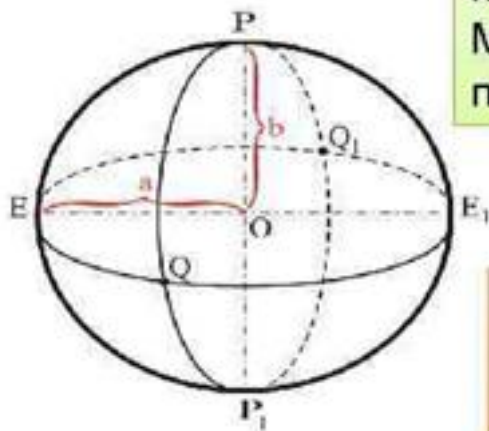
# Литература

1. Макаров К. Н. Инженерная геодезия : учебник для вузов /К. Н. Макаров. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 250 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17493-9. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/533194> (дата обращения: 05.10.2024).
2. Смалев В. И. Геодезия с основами картографии и картографического черчения : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. И. Смалев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 189 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-17758-9. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/543959> (дата обращения: 05.10.2024).
3. *Вострокнутов, А. Л.* Основы топографии : учебник для среднего профессионального образования / А. Л. Вострокнутов, В. Н. Супрун, Г. В. Шевченко; под общей редакцией А. Л. Вострокнутова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 219 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-16175-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/538816> (дата обращения: 05.10.2024).

## **Вопросы к занятию:**

1. Понятие о земном эллипсоиде и сфере:
2. Система координат на поверхности эллипсоида и сферы:
3. Понятия о картографической проекции и сетке
4. Классификация картографических проекций.
5. Какие проекции называют цилиндрическими? Как осуществляют их построение? Где максимальны и минимальны искажения форм, углов, расстояний и площадей?
6. Какие проекции называют коническими? Как осуществляют их построение? Где максимальны и минимальны искажения форм, углов, расстояний и площадей?
7. Какие проекции называют азимутальными? Как осуществляют их построение? Где максимальны и минимальны искажения форм, углов, расстояний и площадей?

# Физическая поверхность Земли



**Геоид** - тело, ограниченное поверхностью среднего уровня Мирового океана, мысленно продолженного под материками.

**Эллипсоид**

**Сфероид** - эллипсоид с малым сжатием  
Сфероид = Земной эллипсоид

**Референц-эллипсоид** - эллипсоид, определённым образом ориентированный в теле геоида

$$\alpha = \frac{a - b}{a}$$

$$a = 6\,378\,245 \text{ м}$$

$$b = 6\,356\,863 \text{ м}$$

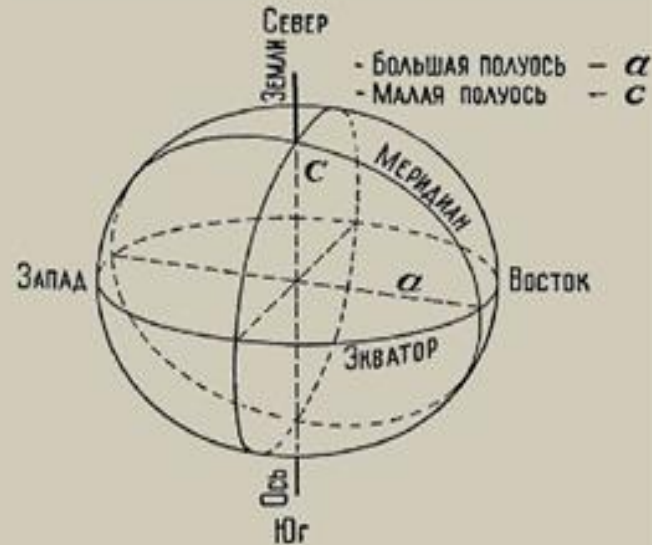
$$\alpha = 1:298.3$$

# Математическая поверхность Земли

## Современные представления о фигуре Земли

### Описание формы Земли с помощью геометрической фигуры:

- **Эллипсоид вращения** – правильная фигура, которая возникает при вращении равномерного тела;
- **Сфероид** – условная замкнутая поверхность, которая сформировалась при равномерном удалении точек от центра. Возникает при вращении тела, которому свойственна однородность и равномерное распределение плотности;

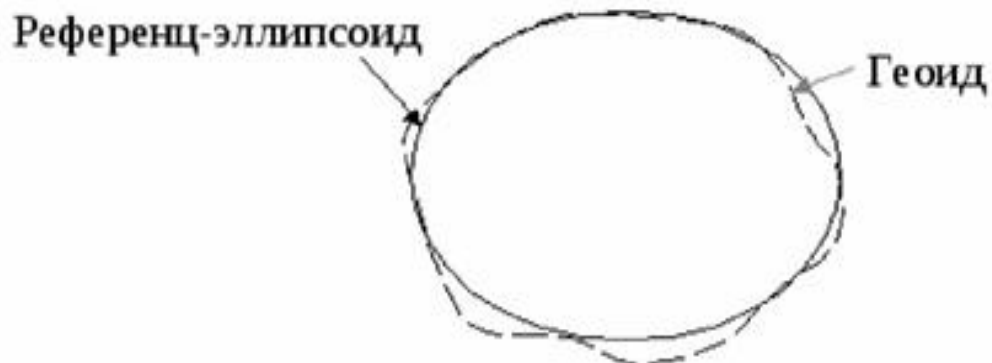


# Математическая поверхность Земли

19

## Референц-эллипсоид

- **Референц-эллипсоид** — приближенная форма поверхности Земли (а точнее, геоида), используемая для нужд геодезии на некотором участке земной поверхности (территории отдельной страны или нескольких стран).





# Система координат на поверхности эллипсоида и сферы



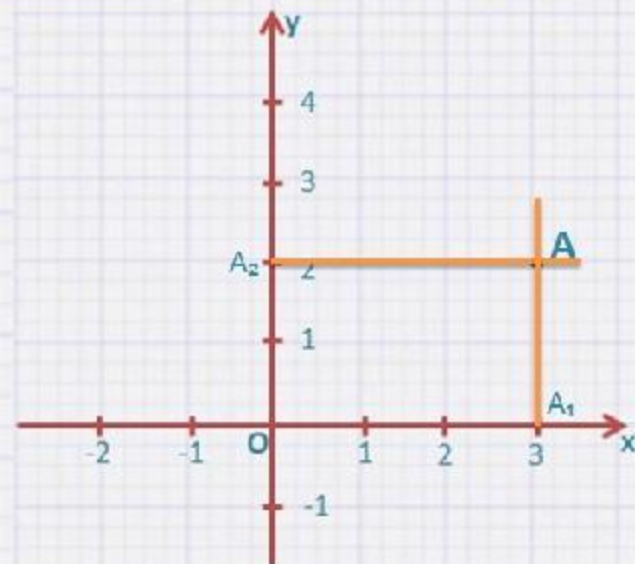


# Плоские прямоугольные геодезические системы координат

- При решении инженерно-геодезических задач в основном применяют плоскую прямоугольную геодезическую и полярную системы координат.
- Для определения положения точек в плоской прямоугольной геодезической системе координат используют горизонтальную координатную плоскость  $XOY$ , образованную двумя взаимно перпендикулярными прямыми. Одну из них принимают за ось абсцисс  $X$ , другую — за ось ординат  $Y$ , точку пересечения осей  $O$  — за начало координат.

# Декартова система координат на плоскости

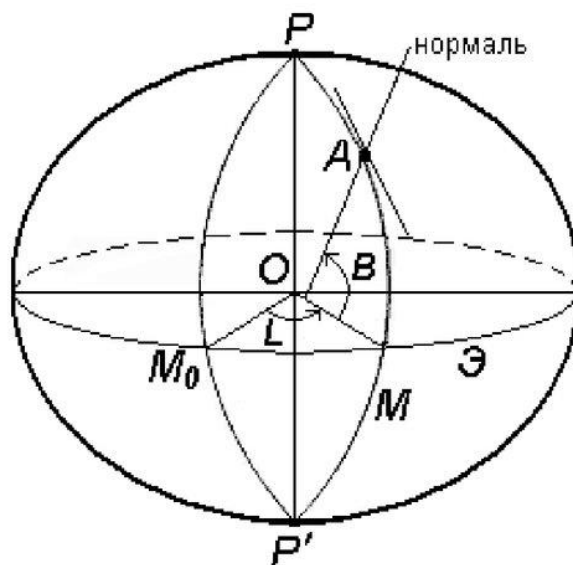
- Координаты точки записывают в скобках рядом с буквой, обозначающей эту точку:  **$A(x;y)$** , причем на первом месте пишется абсцисса, а на втором месте – ордината.
- Например, точка  $A$ , изображенная на рисунке, имеет абсциссу  $x=3$  и ординату  $y=2$ , поэтому пишут  **$A(3;2)$** .



# Геодезические координаты определяют положение точки земной поверхности на референц-эллипсоиде

24

## Геодезические координаты



- Геодезическая широта ( $B$ ) определяется острым углом между нормалью к поверхности эллипсоида и плоскостью экватора. Широта изменяется от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  ( $0^\circ \leq B \leq 90^\circ$ ). Различают северную широту и южную широту.
- Геодезическая долгота ( $L$ ) равна двугранному углу между плоскостями начального меридиана и меридиана данной точки. Долгота изменяется от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  ( $0^\circ \leq L \leq 180^\circ$ ). Различают восточную долготу и западную долготу.

# Проектирование земной поверхности. Системы координат

## Геодезические координаты

Геодезические координаты определяют положение точки земной поверхности на референц-эллипсоиде

**Геодезическая широта  $B$**  – угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью его экватора. Широта отсчитывается от экватора к северу или югу от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  и соответственно называется северной или южной широтой.

**Геодезическая долгота  $L$**  – двугранный угол между плоскостями геодезического меридиана данной точки и начального геодезического Гринвичского меридиана.

Долготы точек, расположенных к востоку от начального меридиана, называются восточными, а к западу – западными.

## Астрономические координаты (для геодезии)

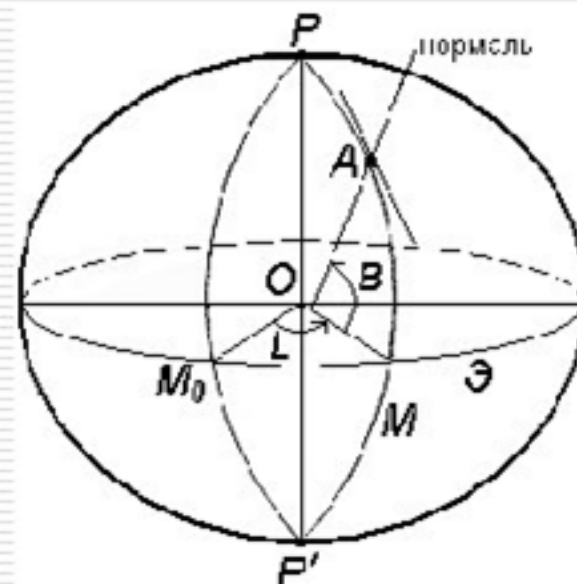
Астрономическая широта  $\varphi$  и долгота  $\lambda$  определяют положение точки земной поверхности относительно экваториальной плоскости и плоскости начального астрономического меридиана.

**Астрономическая широта  $\varphi$**  – угол, образованный отвесной линией в данной точке и экваториальной плоскостью.

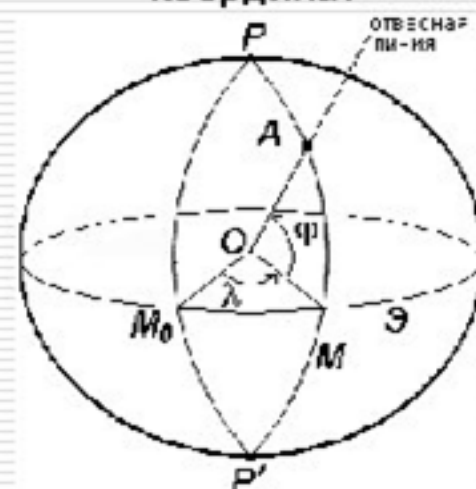
**Астрономическая долгота  $\lambda$**  – двугранный угол между плоскостями астрономического меридиана данной точки и начального астрономического меридиана.

Плоскостью астрономического меридиана является плоскость, проходящая через отвесную линию в данной точке и параллельная оси вращения Земли.

Астрономическая широта  $\varphi$  и долгота  $\lambda$  определяются астрономическими наблюдениями.



Система геодезических координат



Система астрономических координат

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

**Картографические проекции** обычно различают:

- по характеру искажений;
- по виду вспомогательной геометрической поверхности, применяемой при переходе от поверхности эллипсоида к плоскости (или по виду нормальной сетки);
- по ориентировке этой поверхности по отношению к элементам земного эллипсоида (земной оси, экватору, полюсам).

## Картографические проекции различаются:

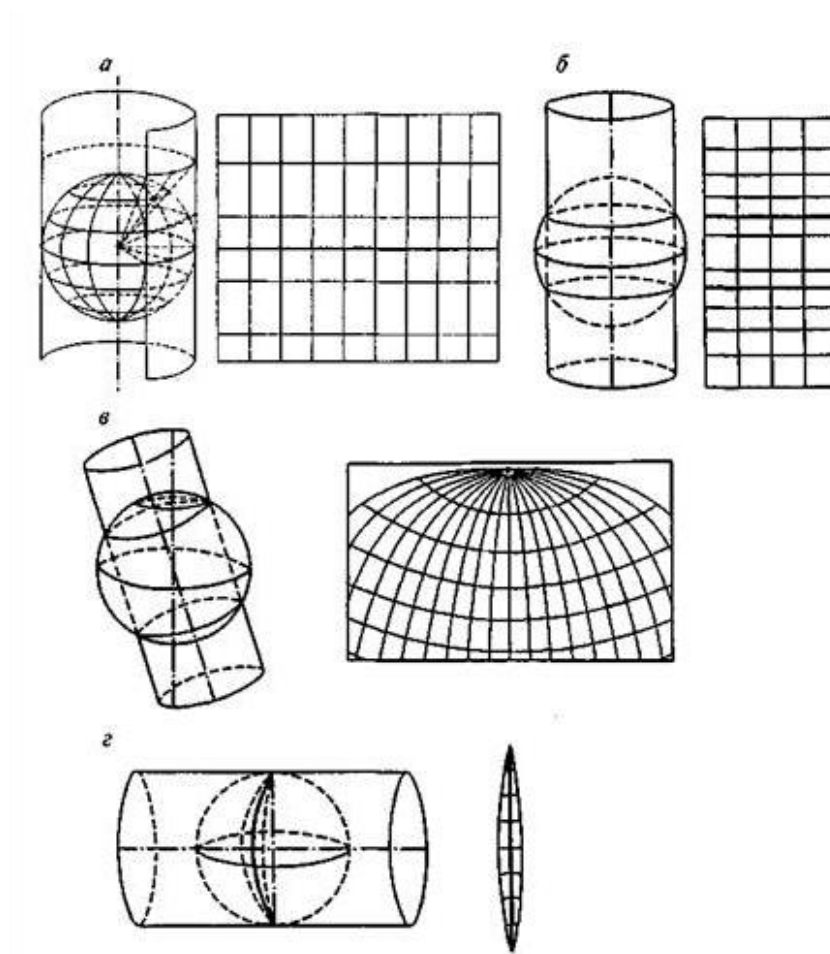
1) по характеру искажений:

- Равноугольные;
- Равновеликие;
- Равнопромежуточные.

2) по способу построения:

- а) боковая поверхность касательного или секущего **цилиндра** – в *цилиндрических проекциях*;
- б) касательные к шару или секущие шар плоскости – в *азимутальных проекциях*;
- в) боковая поверхность касательного или секущего **конуса** – в *конических проекциях*;
- г) боковые поверхности нескольких касательных конусов – в *поликонических проекциях*.
- д) *условные (произвольные) проекции (псевдоцилиндрические, псевдоконические, псевдоазимутальные и др.)*.

Рис. 1 Цилиндрические проекции: а — развертка нормальной цилиндрической проекции (проектирование на касательный цилиндр); б — нормальная цилиндрическая проекция на секущий цилиндр; в — косая цилиндрическая проекция на секущем цилиндре; г — поперечная цилиндрическая проекция на касательном цилиндре





**Цилиндрическими называют проекции, в которых сеть меридианов и параллелей с поверхности эллипсоида проецируется на боковую поверхность касательного или секущего цилиндра, затем цилиндр разрезается по образующей и разворачивается в плоскость.**

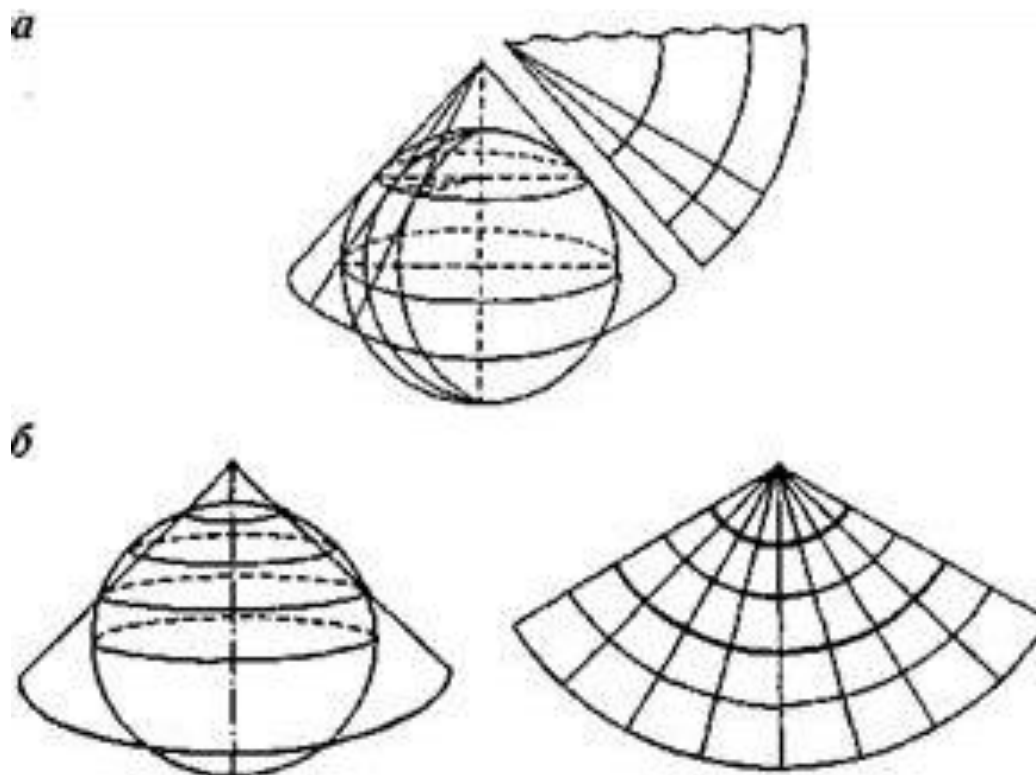
**В зависимости от ориентировки цилиндра относительно земной оси различают проекции:**

**а) нормальные**, когда ось цилиндра совпадает с малой осью земного эллипсоида. Сетка: меридианы представляют собой равноотстоящие друг от друга **параллельные прямые линии**; **параллели – прямые**, перпендикулярные меридианам. Линия нулевых искажений в проекции на касательном цилиндре – экватор;

**б) поперечные**, когда ось цилиндра лежит в плоскости экватора (т.е. перпендикулярна малой земной оси). Линия нулевых искажений в проекции на касательном цилиндре – меридиан касания. **Сетка: параллели и меридианы – кривые линии**;

**в) косые**, когда ось цилиндра составляет с осью эллипсоида острый угол. Линия нулевых искажений в проекции на касательном цилиндре – линия касания цилиндра и эллипсоида. **Сетка: параллели и меридианы – кривые линии.**

Рис. 2 Нормальная коническая проекция: а — проекция на касательный конус и развертка; б — проекция на секущий конус и развертка

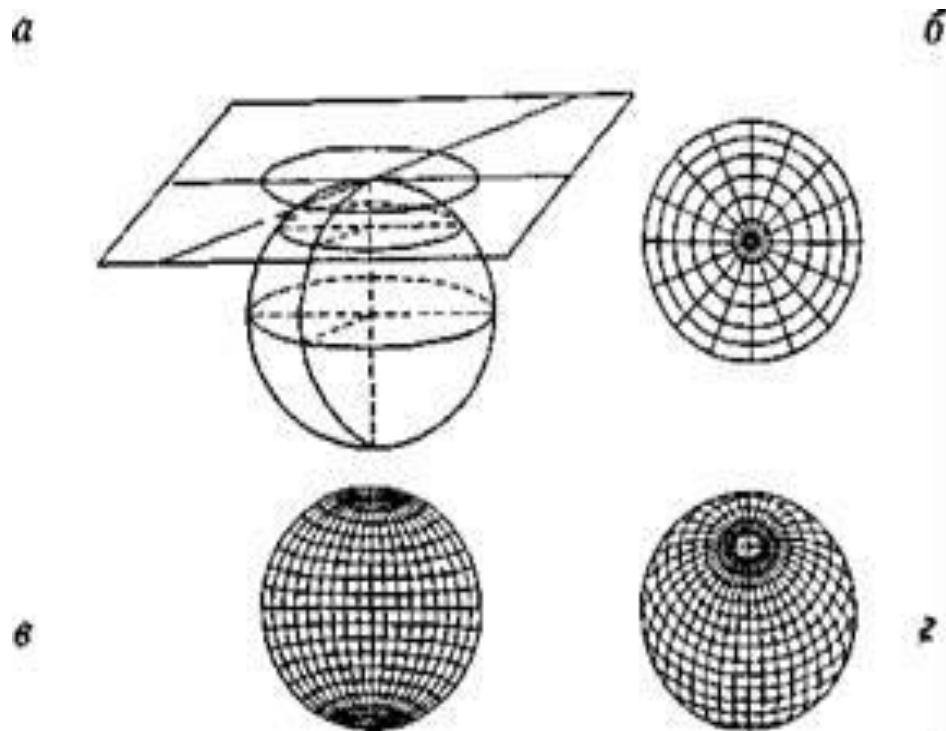


**Коническими** называют проекции, в которых сеть меридианов и параллелей с поверхности эллипсоида проецируется на боковую поверхность касательного или секущего конуса, затем конус разрезается по образующей и разворачивается в плоскость.

**В зависимости от ориентировки конуса относительно земной оси различают проекции:**

- **нормальные**, когда ось конуса совпадает с малой осью земного эллипсоида. Сетка: **меридианы представляют собой прямые линии**, исходящие из вершины конуса; **параллели – дуги концентрических окружностей**. Линия нулевых искажений – любая параллель касания, кроме экватора;
- **поперечные**, когда ось конуса лежит в плоскости экватора (т. е. перпендикулярна малой земной оси). Линия нулевых искажений – меридиан касания. Сетка: **параллели и меридианы – кривые линии**;
- **косые**, когда ось конуса составляет с осью эллипсоида острый угол. Линия нулевых искажений – линия касания. Сетка: **параллели и меридианы – кривые линии**. Два последних вида проекций применяются очень редко.

Рис. 3 Азимутальные проекции: а — нормальная (или полярная) проекция; б — сетка в полярной проекции; в — сетка в поперечной (экваториальной) проекции; г — сетка в косой азимутальной проекции

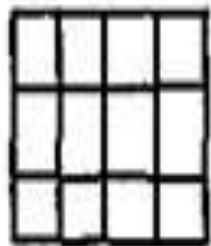


**Азимутальными называют проекции**, в которых сеть параллелей и меридианов проецируется с поверхности эллипсоида на касательную (или секущую) плоскость. Точка касания плоскости земного эллипсоида является точкой нулевых искажений.

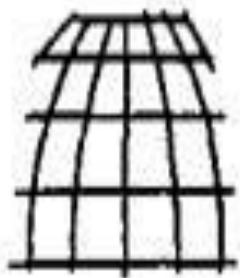
**В зависимости от положения точки касания среди азимутальных проекций различают простые:**

- **полярные (нормальные)**, когда плоскость касается земного эллипсоида в одном из полюсов. Сетка: **параллели – концентрические окружности с центром в точке полюса; меридианы – прямые линии**, радиусы этих окружностей;
- **экваториальные (поперечные)**, когда плоскость касается эллипсоида в любой точке на экваторе. Сетка: **средний меридиан и экватор взаимно перпендикулярные прямые линии, остальные параллели и меридианы – кривые линии** (иногда параллели изображаются прямыми линиями);
- **горизонтальные (косые)**, когда плоскость касается эллипсоида в какой-либо точке, лежащей между полюсом и экватором. Сетка: **средний меридиан, на котором расположена точка касания, – прямая линия, остальные меридианы и параллели – кривые линии.**

**По виду сетки определите вид картографической проекции?**



з



д



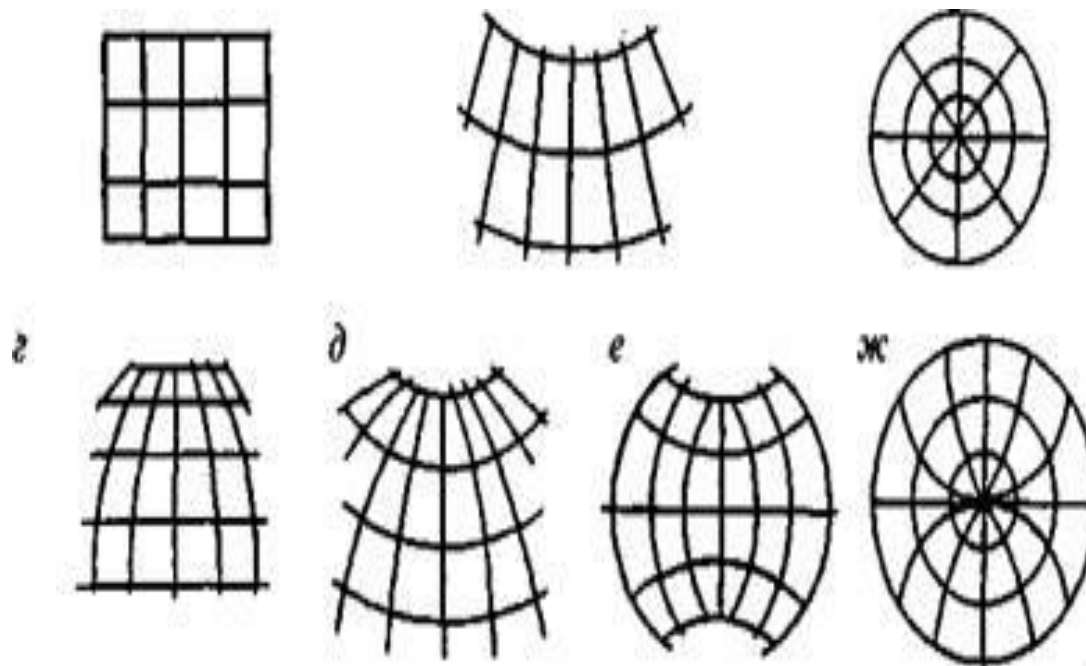
е



ж



Рис.4 Вид сетки меридианов и параллелей в разных картографических проекциях:  
а — цилиндрическая; б — коническая; в — азимутальная; г — псевдоцилиндрическая;  
д — псевдоконическая; е — поликоническая, ж — псевдоазимутальная





- **Псевдоцилиндрические проекции** — проекции, в которых **параллели — прямые** (как и в нормальных цилиндрических проекциях), **средний меридиан — перпендикулярная им прямая, а остальные меридианы — кривые**, увеличивающие кривизну по мере удаления от среднего меридиана.
- **Псевдоконические проекции** — такие, в которых все **параллели изображаются дугами концентрических окружностей** (как в нормальных конических), **средний меридиан — прямая линия, а остальные меридианы — кривые**, причем кривизна их возрастает с удалением от среднего меридиана.
- **Псевдоазимутальная проекция** — проекция, в которой **параллели нормальной сетки — концентрические окружности, а меридианы — кривые линии**, в частном случае — прямые, сходящиеся в центре окружностей.
- **Поликоническими** называют проекции, в которых проектирование сети параллелей и меридианов производится сразу на несколько конусов. Сетка: **центральный меридиан и экватор — взаимно перпендикулярные прямые линии, остальные параллели — дуги эксцентрических окружностей, а меридианы — кривые линии.**

## Задания:

1. Модели каких проекций изображены на рис. 1, а, б, в, г?

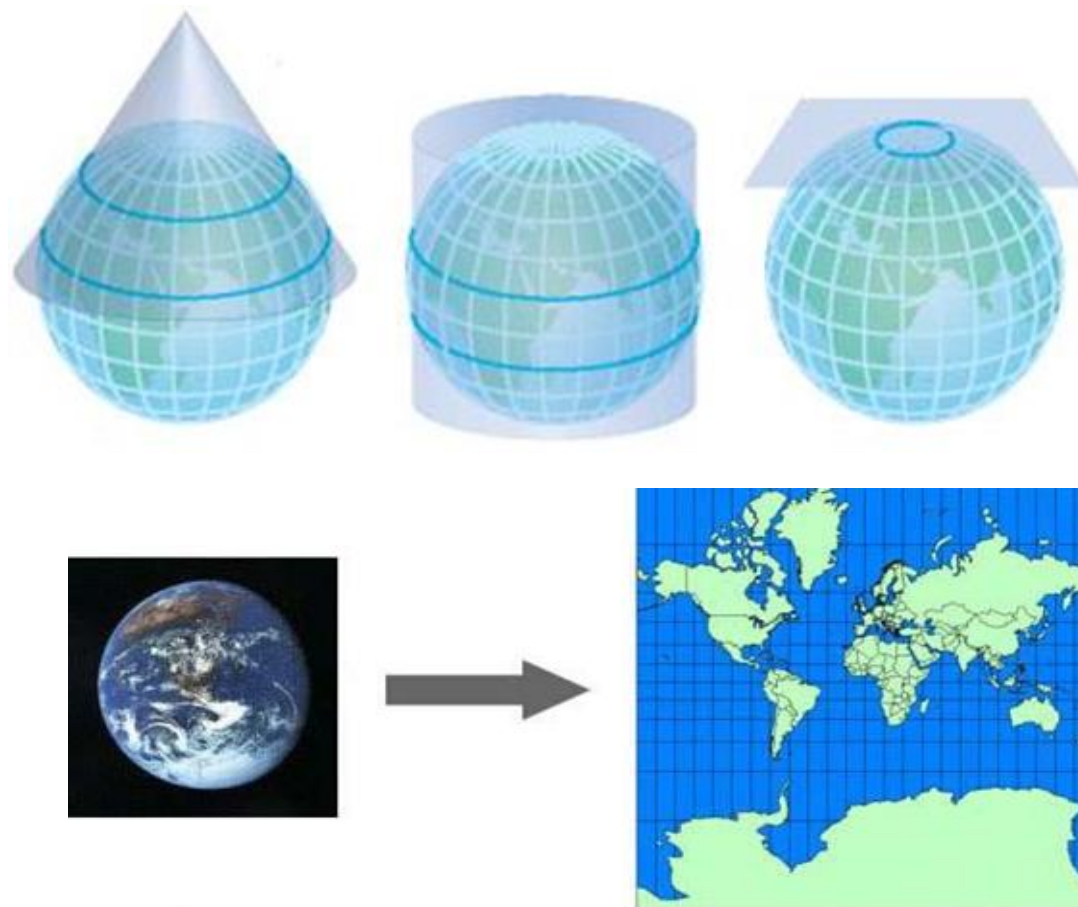
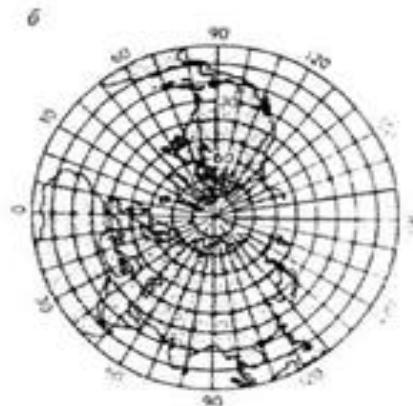
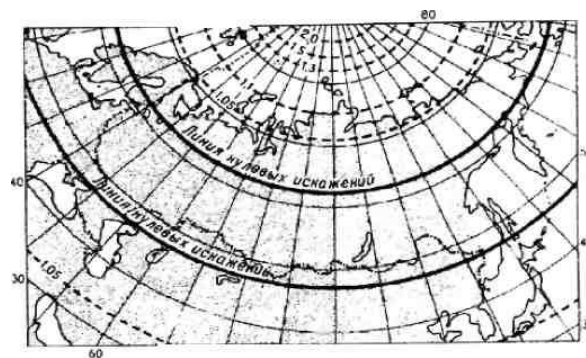
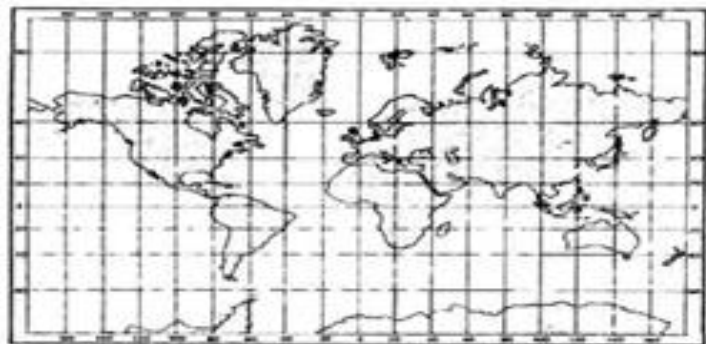


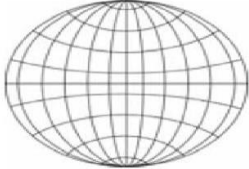

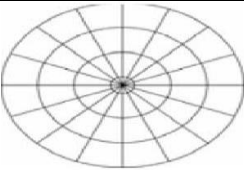

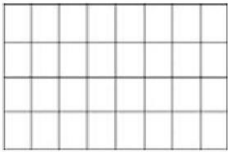

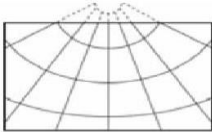
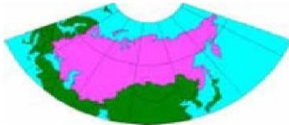
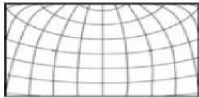

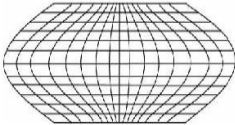
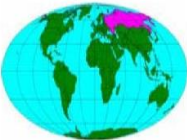
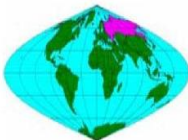
Рис. 1. Модели картографических проекций

Рис. 2 Картографические проекции (а, б, в, г)



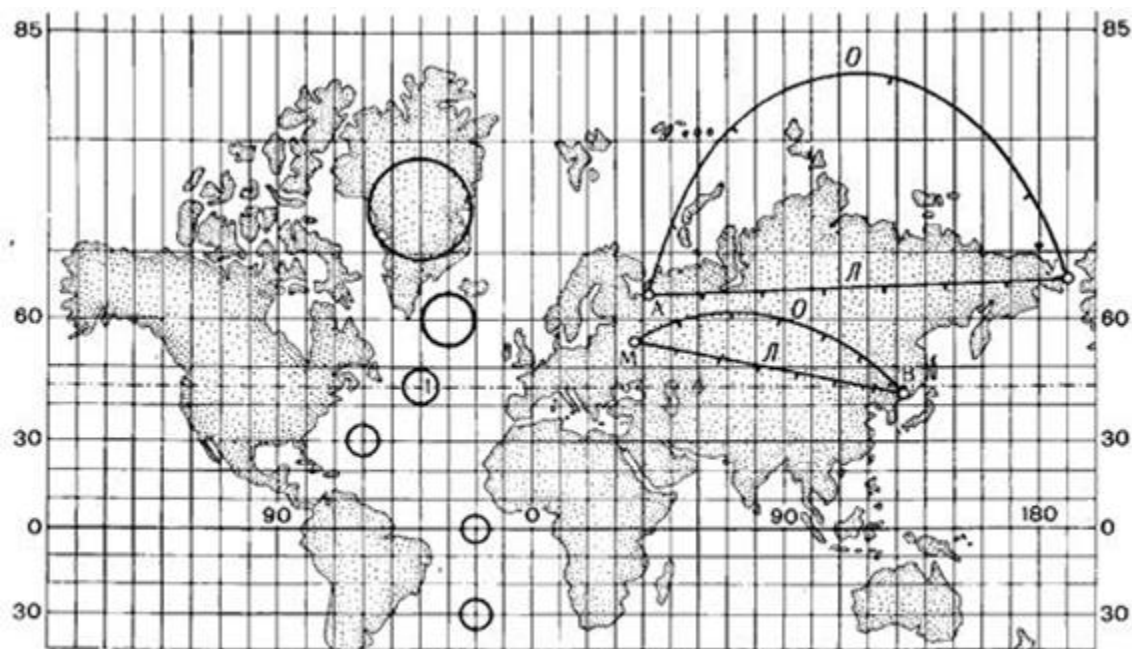
## 2. Определить по рисунку тип проекций

Таблица 1

№	Внешний вид сетки для мелкомасштабных карт	Тип проекции
1	 	
2	 	
3	 	
4	 	
5	 	
6	  	

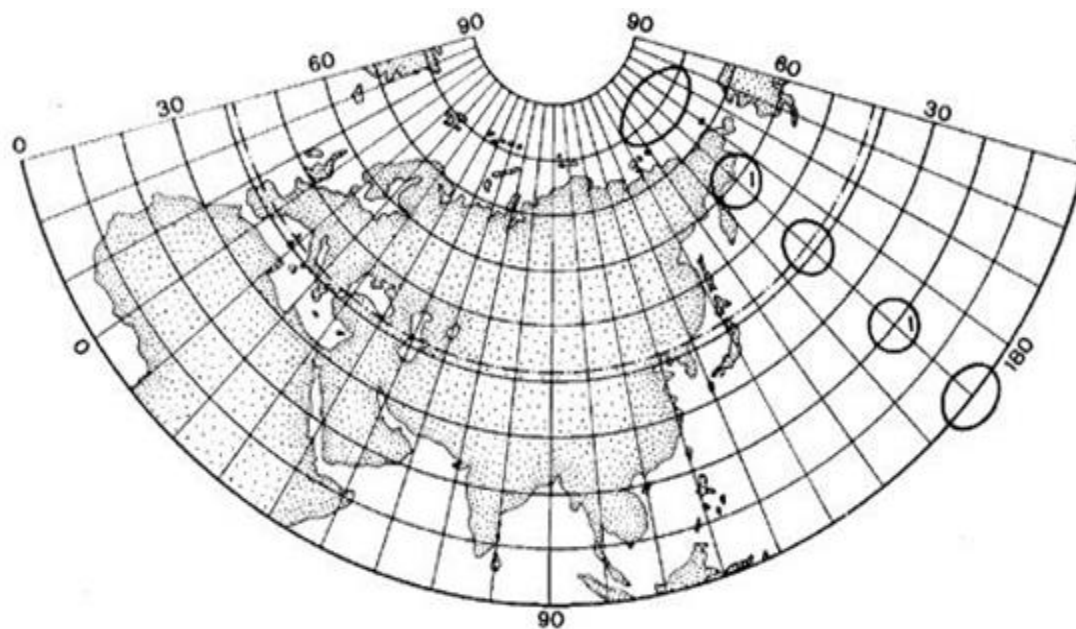
3. Разбор конкретной ситуации: определить проекцию, сравнить распределение искажений и их характер у разных типов проекций (рис. 3, а, б). Сделать вывод и записать его в тетрадь.

Рис. 3. Типы проекций (а)



На карте сохраняются углы и формы бесконечно малых фигур;  
длины сохраняются на экваторе

Рис. 3. Типы проекций (б)



Длины сохраняются вдоль всех меридианов и вдоль параллелей с широтами  $\varphi_1 = +20^\circ$ ,  $\varphi_2 = +60^\circ$

○ ○ Показатели искажений (эллипсы искажений)

#### 4. Охарактеризуйте картографические проекции по виду меридианов и параллелей нормальной сетки

Таблица 2

Проекции и их особенности

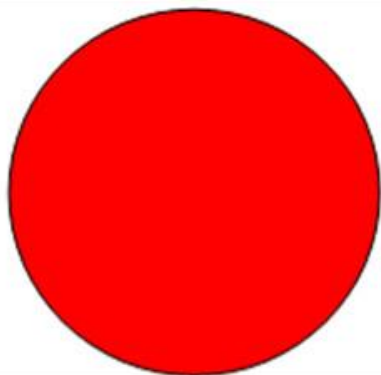
Параллели изображаются:	Меридианы имеют вид:	Проекция называется
1) линиями постоянной кривизны		
2) линиями переменной кривизны		
3) прямыми линиями		
4) дугами концентрических окружностей		
5) концентрическими окружностями		
6) эксцентрическими окружностями		
7) кривыми линиями		



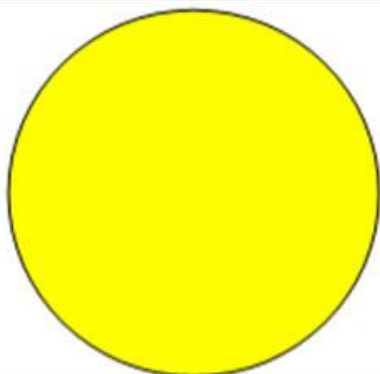
## Рефлексия:

- Какая тема нашего занятия?
- Цель нашего занятия?
- Все ли вопросы и задания темы были понятны?
- Рассмотрели, научились.....
- Какие картографические проекции вам запомнились, для каких типов карт они применяются???

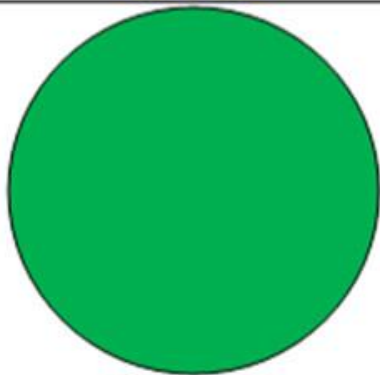
# РЕФЛЕКСИЯ «СВЕТОФОР»



**Мне нужна помощь!!!  
Я многое не понял!!!**



**Мне многое  
было понятно!!!**



**Я все понял!!!  
У меня все получилось!!!**

Спасибо за внимание!!!