

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

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

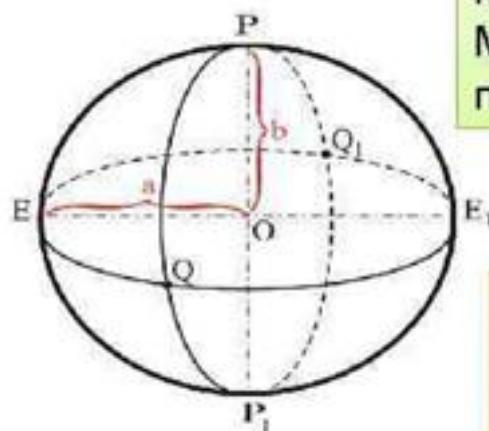
Литература

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

СфEROИД - эллипсоид с малым сжатием

СфEROИД = Земной эллипсоид

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

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

$$a = 6\,378\,245 \text{ м}$$

$$b = 6\,356\,863 \text{ м}$$

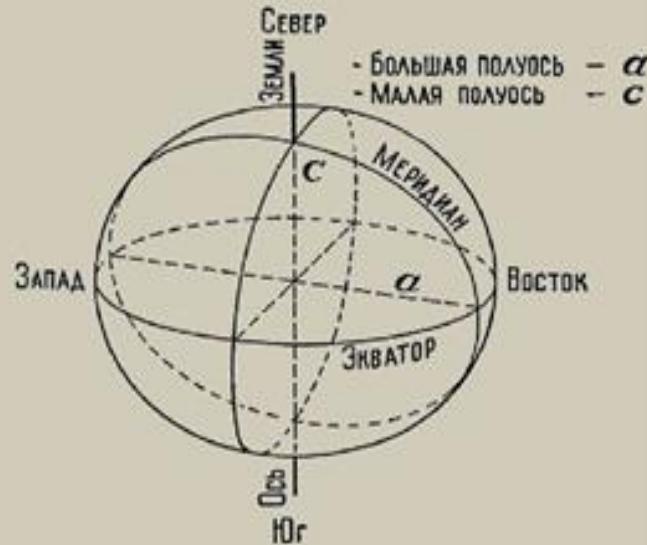
$$\alpha = 1:298.3$$

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;
- Сферионд – условная замкнутая поверхность, которая сформировалась при равномерном удалении точек от центра. Возникает при вращении тела, которому свойственна однородность и равномерное распределение плотности;

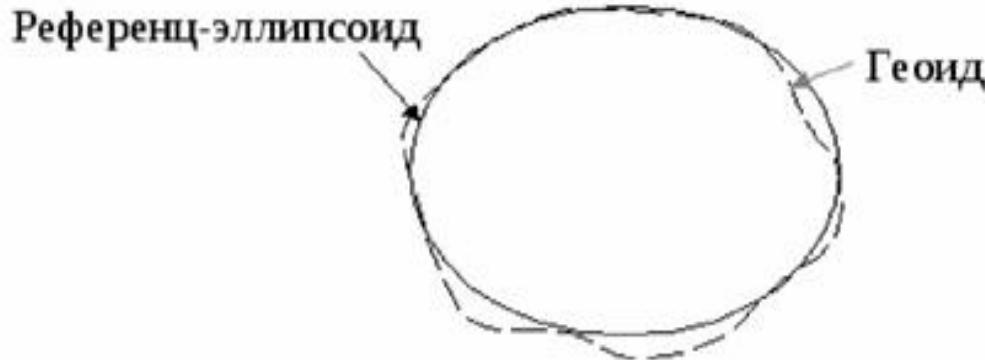


Математическая поверхность Земли

19

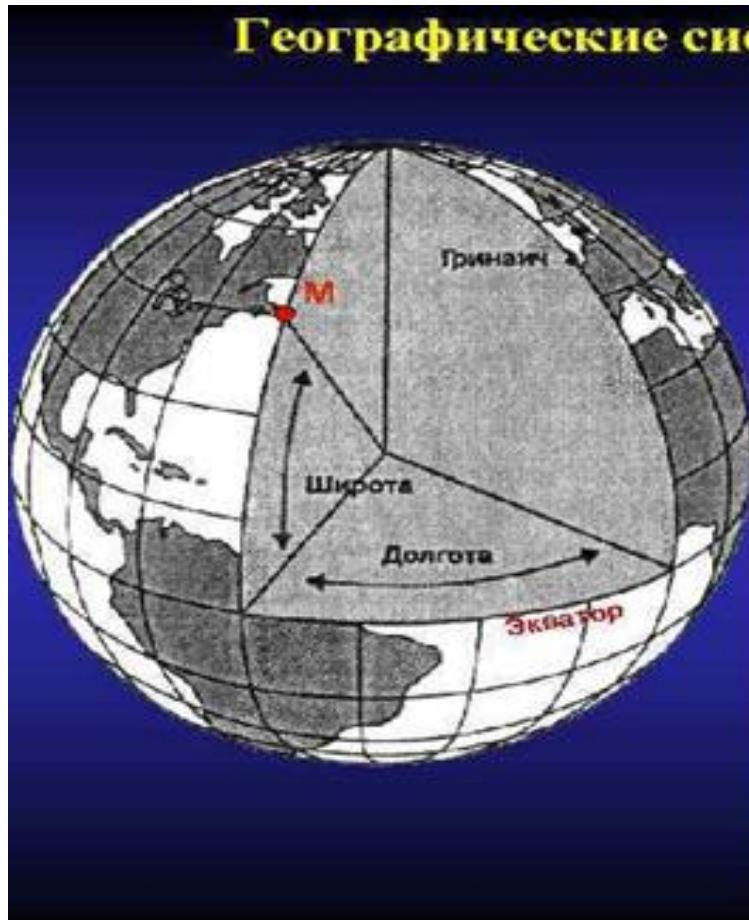
Референц-эллипсоид

- 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

Географические системы координат



Географические координаты (широта и долгота) - это угловые величины, определяющие положение точки на земной поверхности. Измеряются в градусах, минутах, секундах.

Широта - это угол между отвесной линией (нормалью) в данной точке и плоскостью экватора. Изменяется от 0 (экватор) до 90° на полюсах: "северные" (+), "южные" (-).

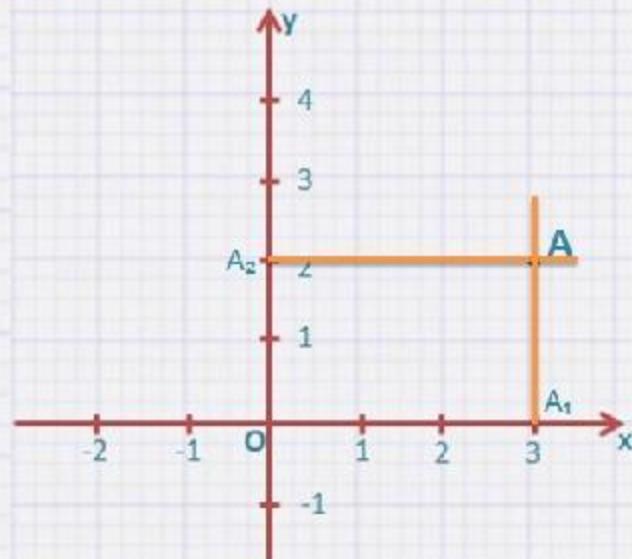
Долгота - это угол между плоскостью меридиана, проходящего через данную точку, и плоскостью начального меридиана (проходит через Гринвич, вблизи Лондона, принят в 1884 г.). Изменяется от 0 до 360° с запада на восток или в *обе стороны* от 0 до 180° : "восточная" (+), "западная" (-).

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

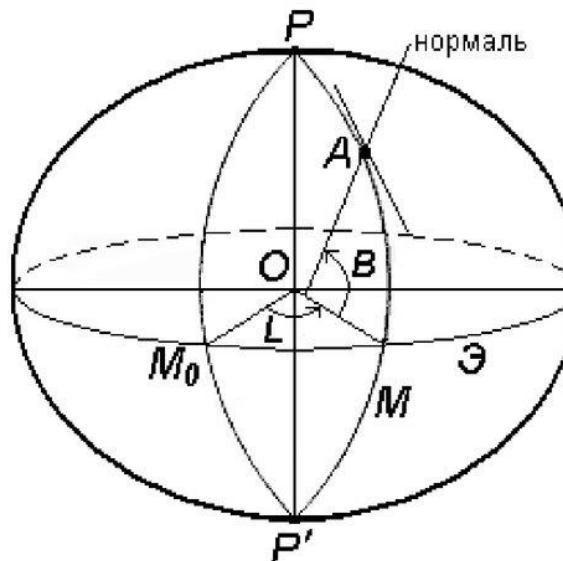
- Координаты точки записывают в скобках рядом с буквой, обозначающей эту точку: $A(x;y)$, причем на первом месте пишется абсцисса, а на втором месте – ордината.
- Например, точка A, изображенная на рисунке, имеет абсциссу $x=3$ и ординату $y=2$, поэтому пишут $A(3;2)$.



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° до 90° ($0^{\circ} \leq B \leq 90^{\circ}$). Различают северную широту и южную широту.
- Геодезическая долгота (L) равна двугранным углу между плоскостями начального меридиана и меридиана данной точки. Долгота изменяется от 0° до 180° ($0^{\circ} \leq L \leq 180^{\circ}$). 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 \mathbf{B} – угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью его экватора. Широта отсчитывается от экватора к северу или югу от 0° до 90° и соответственно называется северной или южной широтой.

Геодезическая долгота \mathbf{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)

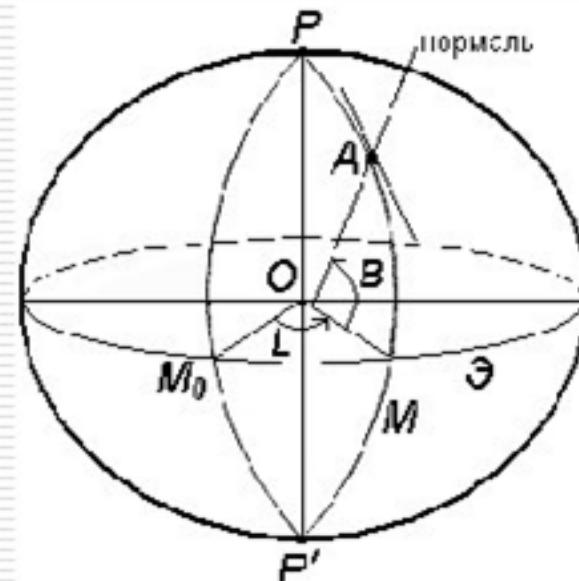
Астрономическая широта ϕ и долгота λ , определяют положение точки земной поверхности относительно экваториальной плоскости и плоскости начального астрономического меридиана.

Астрономическая широта ϕ – угол, образованный отвесной линией в данной точке и экваториальной плоскостью.

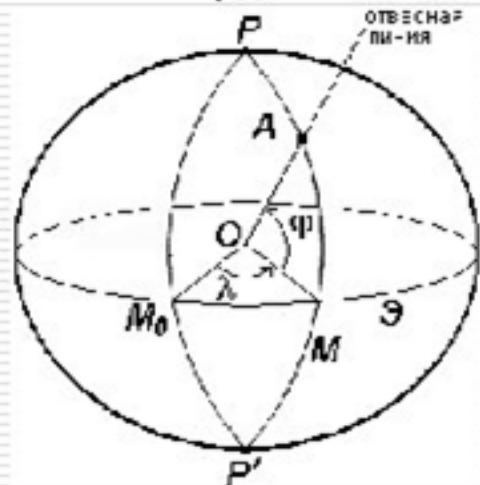
Астрономическая долгота λ – двугранный угол между плоскостями астрономического меридиана данной точки и начального астрономического меридиана.

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

Астрономическая широта ϕ и долгота λ 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:

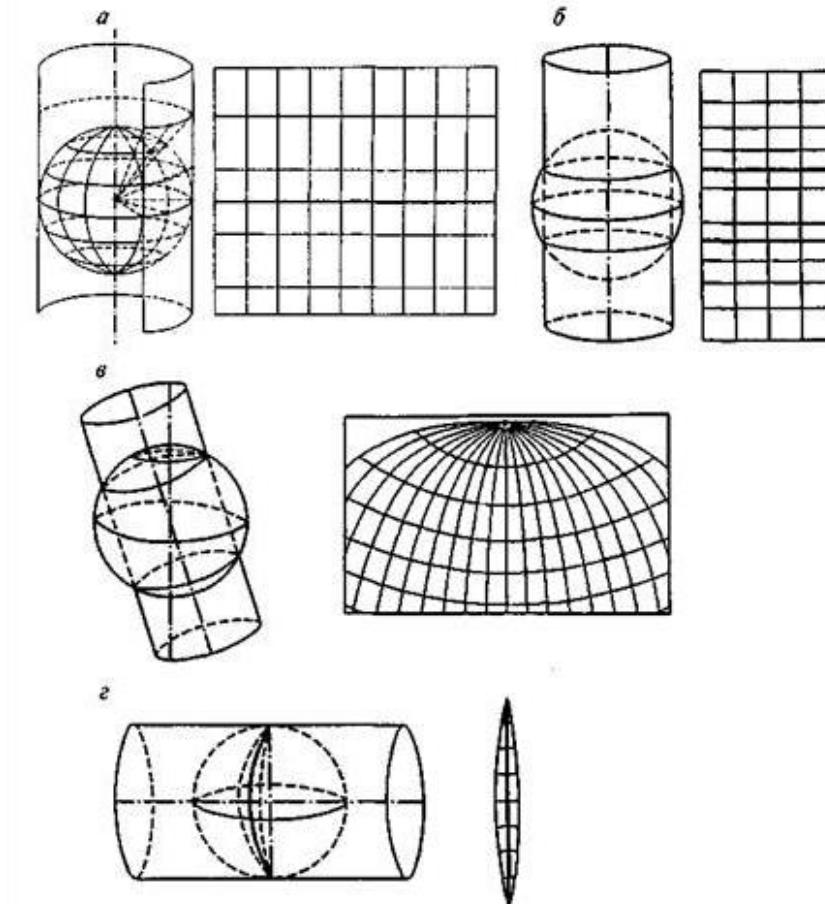
1) по характеру искажений:

- 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

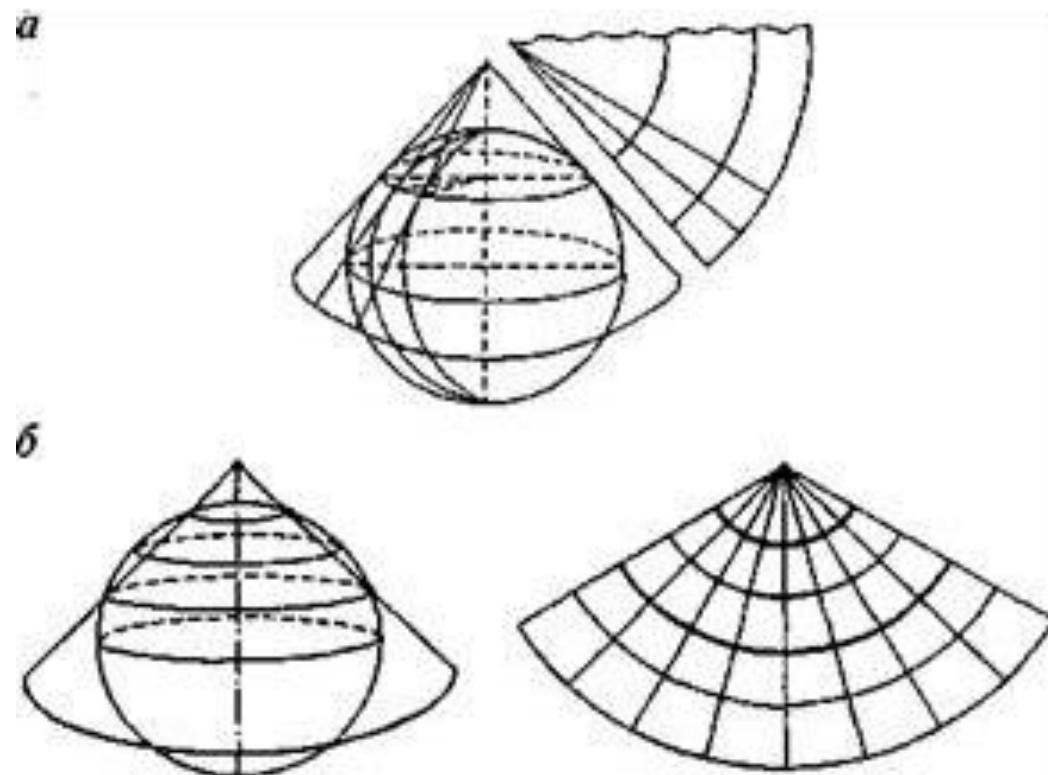


Цилиндрическими называют проекции, в которых сеть меридианов и параллелей с поверхности эллипсоида проецируется на боковую поверхность касательного или секущего цилиндра, затем цилиндр разрезается по образующей и развертывается в плоскость.

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

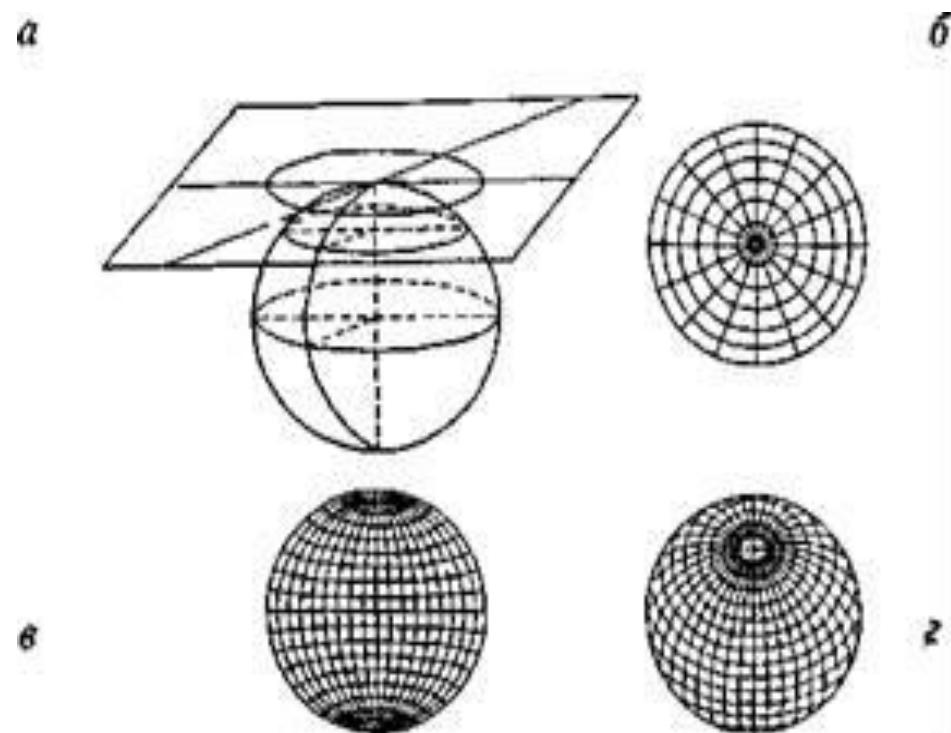


Коническими называют проекции, в которых сеть меридианов и параллелей с поверхности эллипсоида проецируется на боковую поверхность касательного или секущего конуса, затем конус разрезается по образующей и развертывается в плоскость.

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?

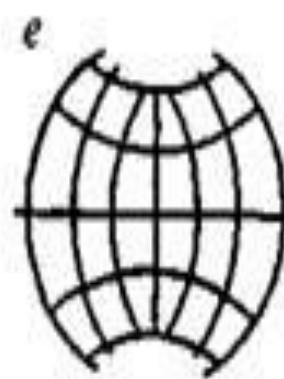
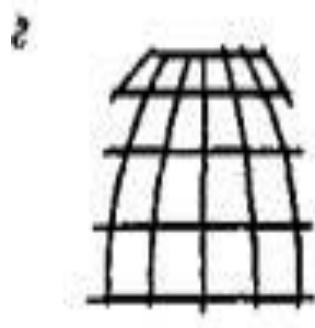
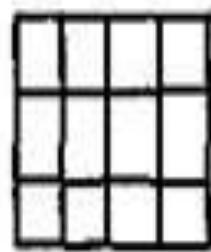
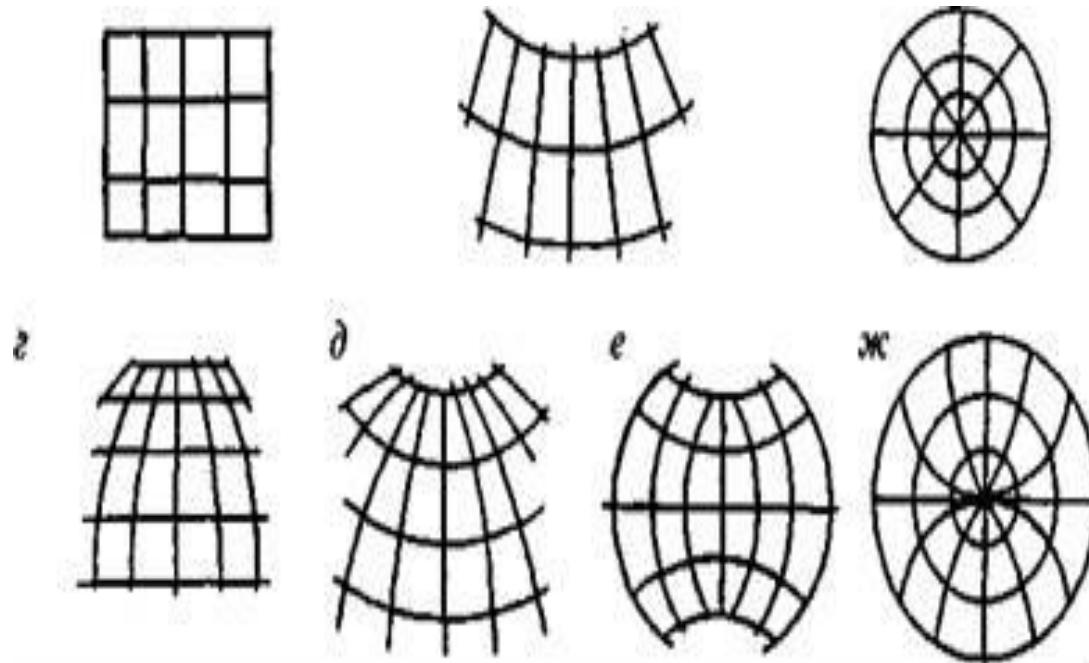


Рис.4 Вид сетки меридианов и параллелей в разных картографических проекциях:

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?

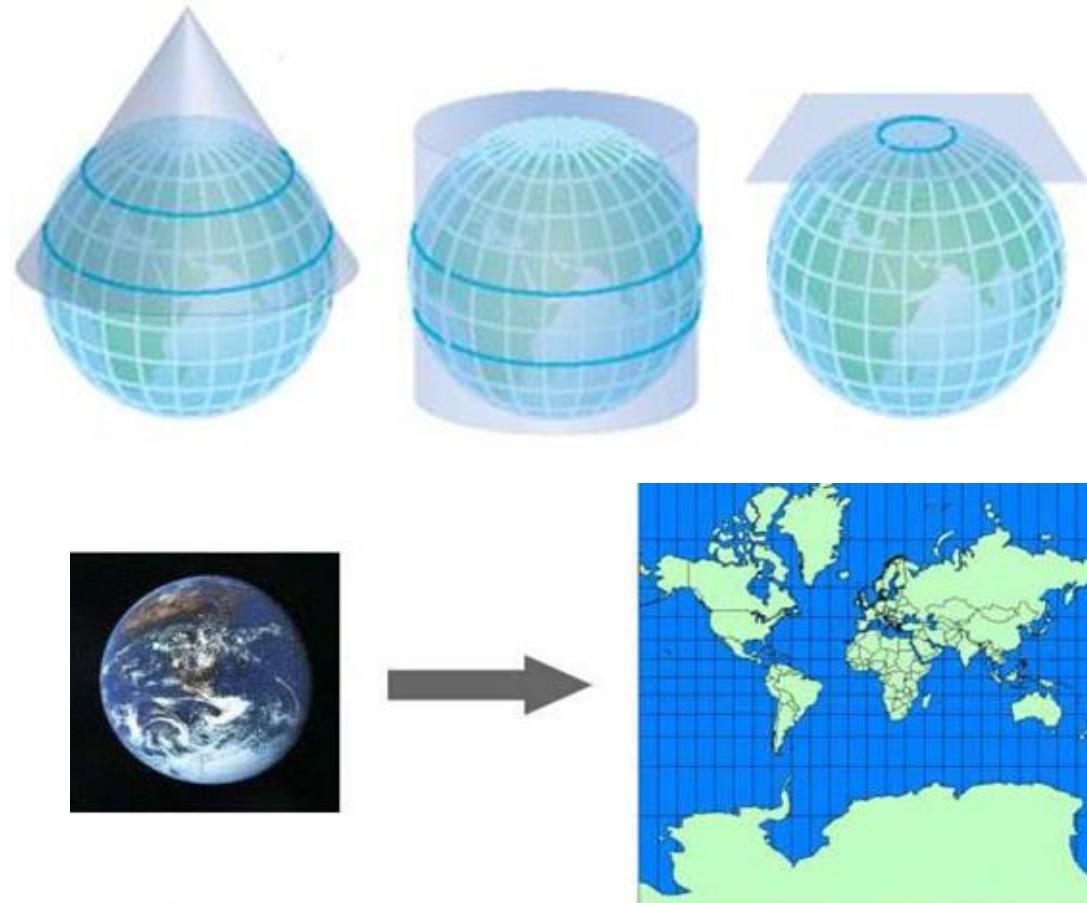
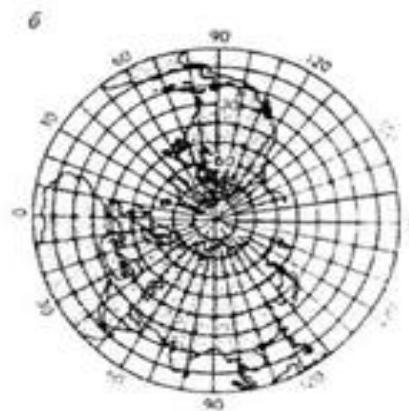
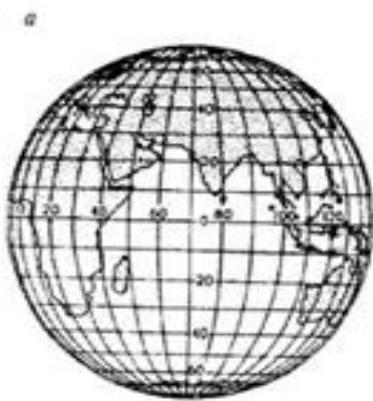
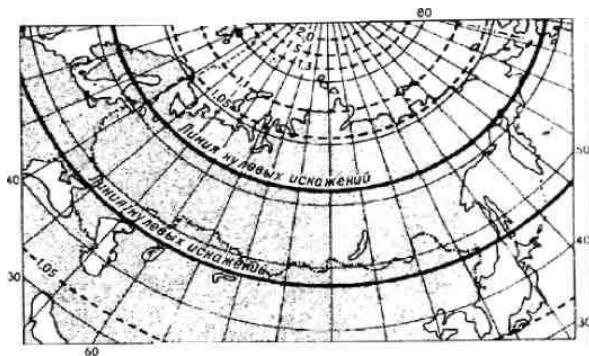
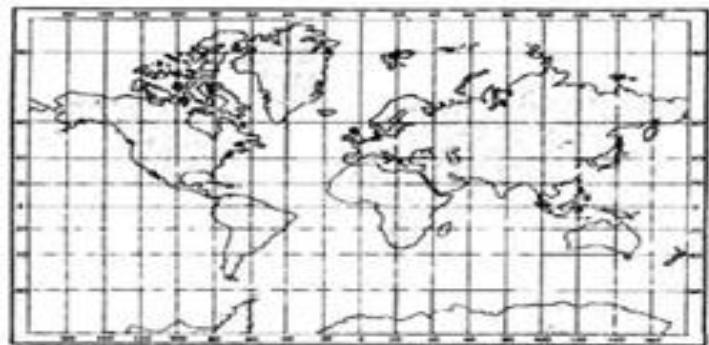


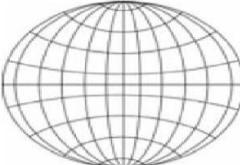
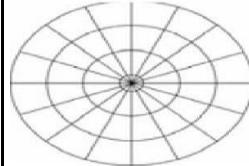
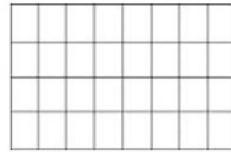
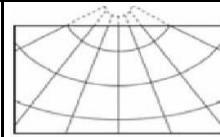
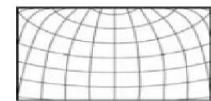
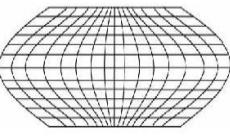
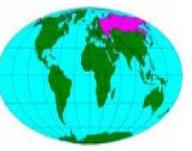
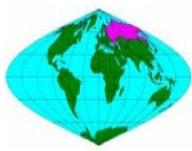
Рис. 1. Модели картографических проекций

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



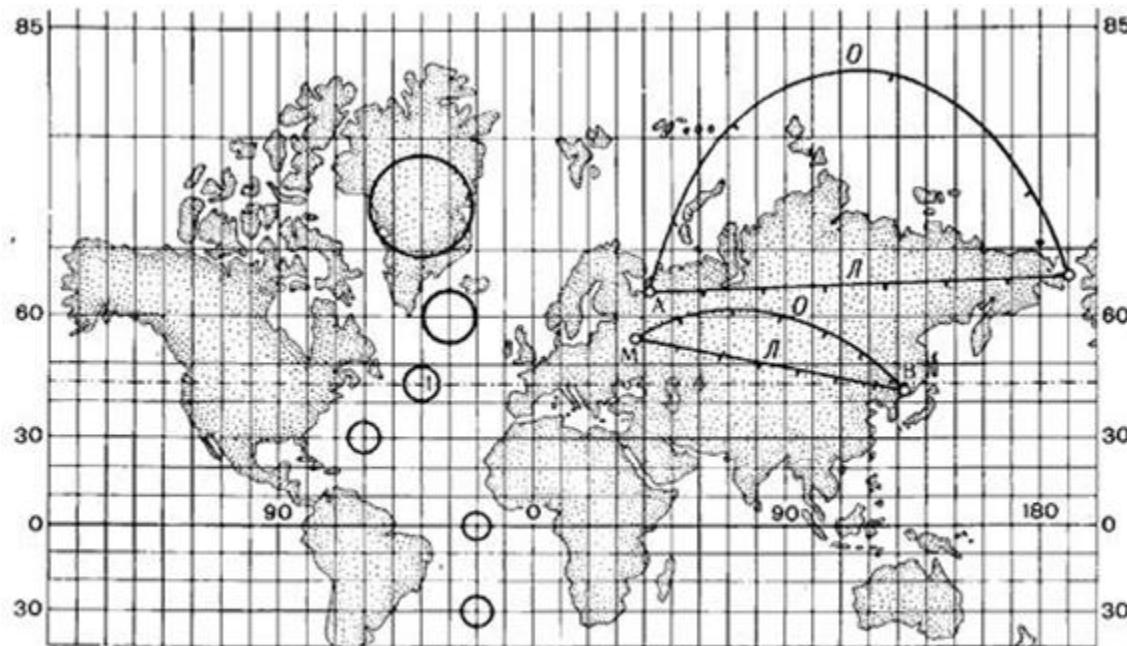
2. Определить по рисунку тип проекций

Таблица 1

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

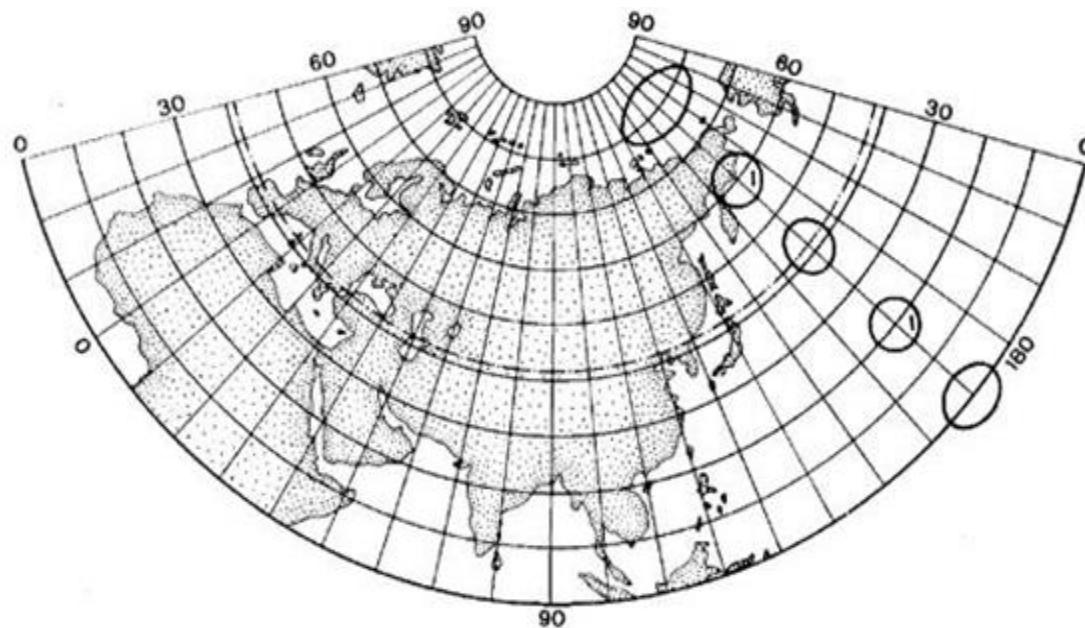
3. Разбор конкретной ситуации: определить проекцию, сравнить распределение искажений и их характер у разных типов проекций (рис. 3, а, б). Сделать вывод и записать его в тетрадь.

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 $\Phi_1 = +20^\circ$, $\Phi_2 = +60^\circ$



Показатели искажений (эллипсы искажений)

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

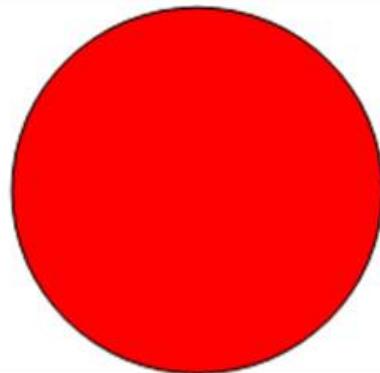
Таблица 2
Проекции и их особенности

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

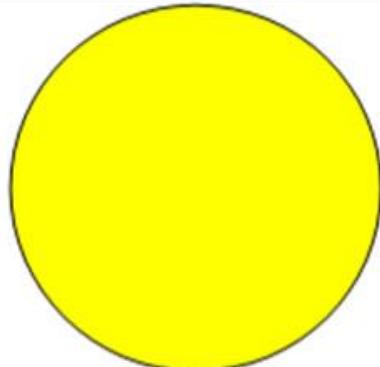
Рефлексия:

- 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????

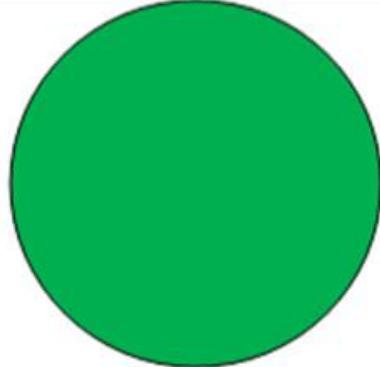
РЕФЛЕКСИЯ «СВЕТОФОР»



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



Мне многое
было понятно!!!



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

Спасибо за внимание!!!