

## Лекция 1

### Понятие о картографических проекциях. Классификация проекций.

#### План лекции:

1. Математическая основа географических карт.
2. Классификация картографических проекций по искажениям, вспомогательной фигуре, по взаимному расположению осей глобуса и вспомогательной фигуры.

По Грюнбергу, картографическая проекция – это математический способ изображения на плоскости поверхности земного эллипсоида и шара.

Картографическая проекция - определенный способ отображения поверхности эллипсоида на плоскости.

Меридианы и параллели являются опорными линиями и представляют собой картографическую сетку. Построение сетки осуществляется разными способами:

#### *1) Перспективный способ.*

Картографическая сетка получается проектированием узловых точек с поверхности шара на плоскость. Узловые точки – точки пересечения параллелей и меридианов. При построении проекции перспективным способом математические формулы не используются.

#### *2) Неперспективный способ.*

Картографическая сетка строится с учетом математических расчетов.

Обратите внимание на то, что в современной картографии картографические сетки строят *аналитическим* (математическим) способом.

Его суть заключается в расчете положения узловых точек (точек пересечения меридианов и параллелей) картографической сетки. Расчет выполняется на основе решения системы уравнений, которые связывают географическую широту и географическую долготу узловых точек ( $\varphi, \lambda$ ) с их прямоугольными координатами ( $x, y$ ) на плоскости.

Эта зависимость может быть выражена двумя уравнениями вида:

$$x=f_1(\varphi,\lambda);$$

$$y=f_2(\varphi,\lambda).$$

## ИСКАЖЕНИЯ

Разложить сфероид на плоскость несколько не легче, чем расплющить кусок арбузной кожуры. При переходе на плоскость, как правило, искажаются углы, площади, формы и длины линий, поэтому для конкретных целей можно создать проекции, которые значительно уменьшат какой-либо один вид искажений.

**Картографическим искажением** называют нарушение геометрических свойств участков земной поверхности и расположенных на них объектов при их изображении на плоскости.

Искажения всех видов тесно связаны между собой. Они находятся в такой зависимости, что уменьшение одного вида искажения сразу же влечет увеличение другого. При уменьшении искажений площадей увеличиваются искажения углов и т.д.

На различных картах искажения могут быть различных размеров: на крупномасштабных они практически неощутимы, но на мелкомасштабных они бывают очень велики.

**Искажение длин** – базовое искажение. Остальные искажения из него логически вытекают. Искажение длин означает непостоянство масштаба плоского изображения, что проявляется в изменении масштаба от точки к точке, и даже в одной и той же точке в зависимости от направления.

Это означает, что на карте присутствует 2 вида масштаба:

главный масштаб (М);

частный масштаб.

**Главным масштабом карты** называют степень общего уменьшения земного шара до определенных размеров глобуса, с которого земная поверхность переносится на плоскость. Он позволяет судить об уменьшении длин отрезков при перенесении их с земного шара на глобус. Главный масштаб записывается под южной рамкой карты, но это не значит, что

отрезок, измеренный, в любом месте карты, будет соответствовать расстоянию на земной поверхности.

Масштаб в данной точке карты по данному направлению называют **частным**.

Отношение частного масштаба к главному, обозначаемое через  $\mu$  (буква мю, греческого алфавита), характеризует искажение длин.

Судить о наличии на карте искажения длин удобно путем сравнения величины отрезков меридианов между соседними параллелями. Если они повсеместно равны, то искажения длин по меридианам нет, если такого равенства нет, то искажение длин линий имеется.

Если карта отображает такую большую территорию, что на ней показаны и экватор  $0^\circ$  и параллель  $60^\circ$  широты, то нетрудно по ней установить, имеется ли искажение длин вдоль параллелей. Для этого достаточно сравнить длину отрезков экватора и параллели с широтой  $60^\circ$  между соседними меридианами. Известно, что параллель  $60^\circ$  широты в два раза короче экватора. Если таково же соотношение указанных отрезков на карте, то искажения длин по параллелям нет; в противном случае оно имеется.

Характер искажений проекции определяется отсутствием в ней определенных искажений (углов, длин, площадей). В зависимости от этого все картографические проекции по характеру искажений подразделяются на четыре группы:

- равноугольные;
- равнопромежуточные;
- равновеликие;
- произвольные.

**Равноугольными** называются такие проекции, в которых направления и углы изображаются без искажений. Углы, измеренные на картах равноугольных проекций, равны соответствующим углам на земной

поверхности. Бесконечно малая окружность в этих проекциях всегда остается окружностью.

В равноугольных проекциях масштабы длин в любой точке по всем направлениям одинаковы, поэтому у них нет искажения формы бесконечно малых фигур и нет искажения углов. У равноугольных проекций наблюдаются особенно большие искажения площадей.

Эти проекции используются для определения направлений и прокладки маршрутов по заданному азимуту, поэтому их всегда используют на топографических и навигационных картах

**Равнопромежуточными** проекциями называют проекции, у которых масштаб длин одного из главных направлений сохраняется (остается неизменным). Применяются главным образом для создания мелкомасштабных справочных карт и карт звездного неба.

У равнопромежуточных проекций большие искажение в углах, форме и площади.

**Равновеликими** называются проекции, в которых нет искажений площадей, т. е. площадь фигуры, измеренной на карте, равна площади этой же фигуры на поверхности Земли. В равновеликих картографических проекциях масштаб площади повсюду имеет одну и ту же величину.

Неизбежным следствием равновеликости этих проекций является сильное искажение у них углов и форм, что хорошо поясняют эллипсы искажений.

**К произвольным** относятся проекции, в которых имеются искажения длин, углов и площадей. Необходимость использования произвольных проекций объясняется тем, что при решении некоторых задач возникает необходимость в измерении углов, длин и площадей на одной карте. Но ни одна проекция не может быть одновременно и равноугольной, и равнопромежуточной, и равновеликой. Ранее уже говорилось, что с уменьшением изображаемого участка поверхности Земли на плоскости уменьшаются и искажения изображения. При изображении небольших

участков земной поверхности в произвольной проекции величины искажений углов, длин и площадей незначительны, и при решении многих задач их можно не учитывать.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ ПО ВИДУ НОРМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТКИ

В картографической практике распространена классификация проекций по виду вспомогательной геометрической поверхности, которая может быть использована при их построении. С этой точки зрения выделяют проекции: цилиндрические, когда вспомогательной поверхностью служит боковая поверхность цилиндра; конические, когда вспомогательной плоскостью является боковая поверхность конуса; азимутальные, когда вспомогательная поверхность – плоскость (картинная плоскость).

Проекции, при построении которых оси цилиндра и конуса совмещались с полярной осью земного шара, а картинная плоскость, на которую проектировалось изображение, размещалась касательно в точке полюса, называются **нормальными**.

Цилиндрические проекции – вспомогательная фигура цилиндр, параллели и меридианы – прямые линии (рис. 1)

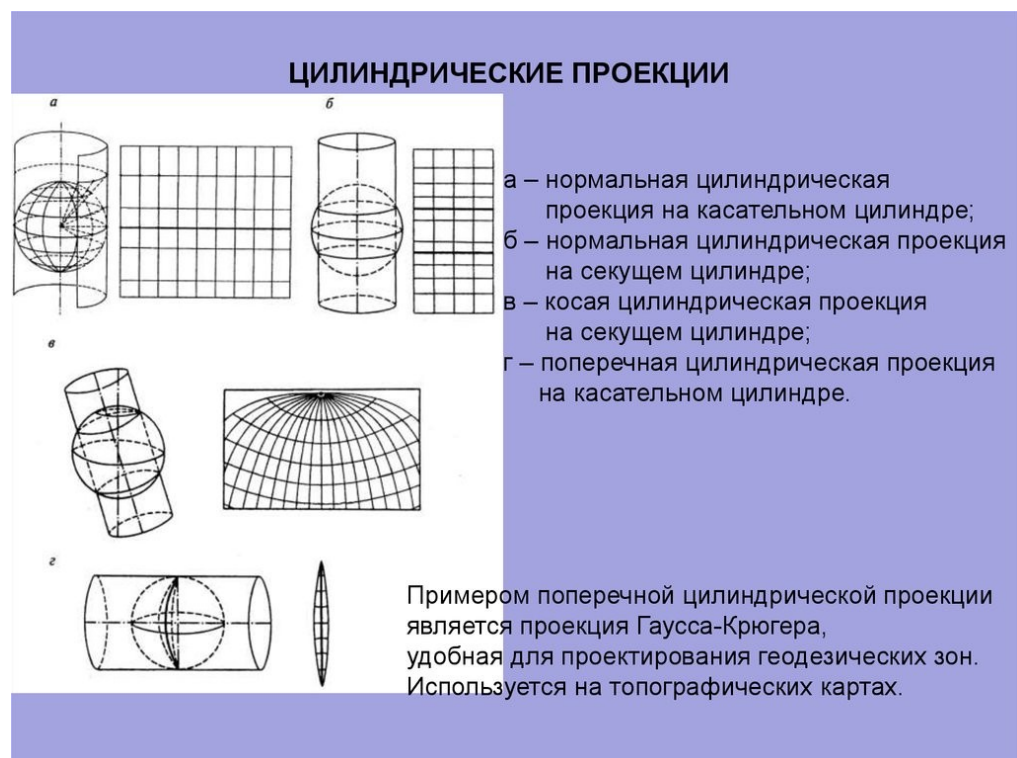


Рис.1 Цилиндрические проекции

Конические проекции – вспомогательная фигура конус, параллели – дуги концентрических окружностей, меридианы – прямые исходящие из вершины конуса (рис. 2)

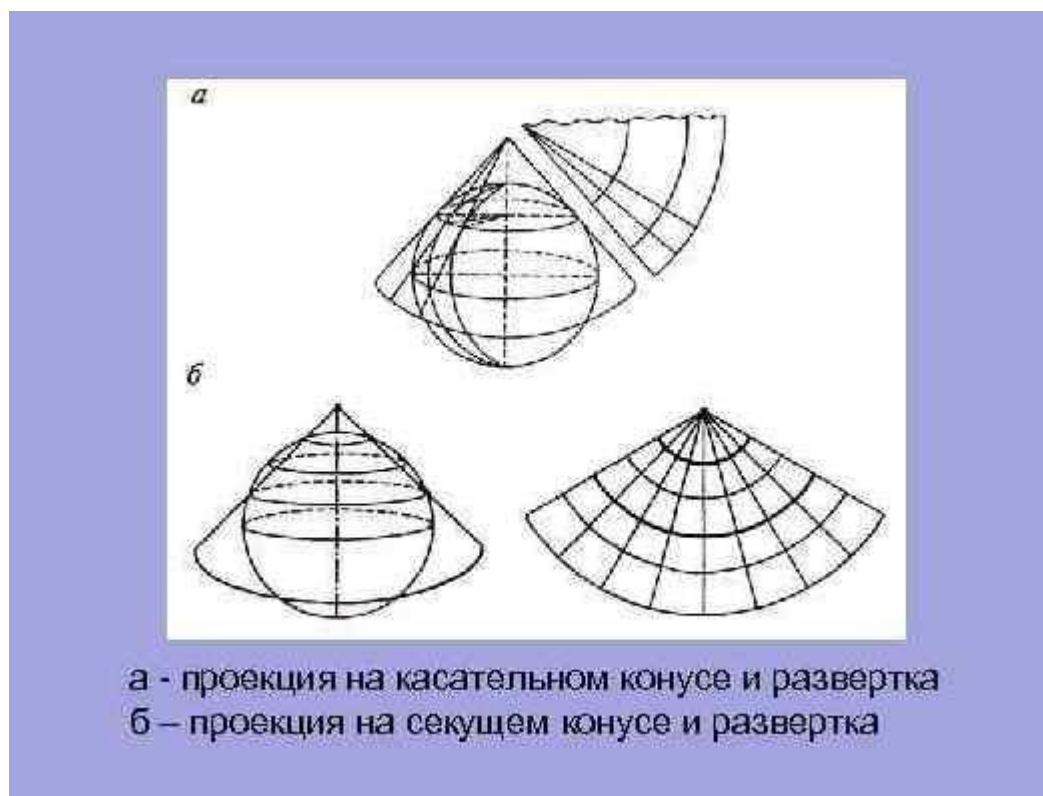


Рис. 2 Конические проекции

Азимутальные проекции - вспомогательная поверхность является плоскость (рис. 3)

### **Условные проекции**

Условные проекции – проекции, для которых нельзя подобрать простых геометрических аналогов. Их строят, исходя из каких-либо заданных условий, например желательного вида географической сетки, того или иного распределения искажений на карте, заданного вида сетки и др.

В частности, к условным проекциям принадлежат псевдоцилиндрические, псевдоконические, псевдоазимутальные и другие проекции, полученные путем преобразования одной или нескольких исходных проекций.

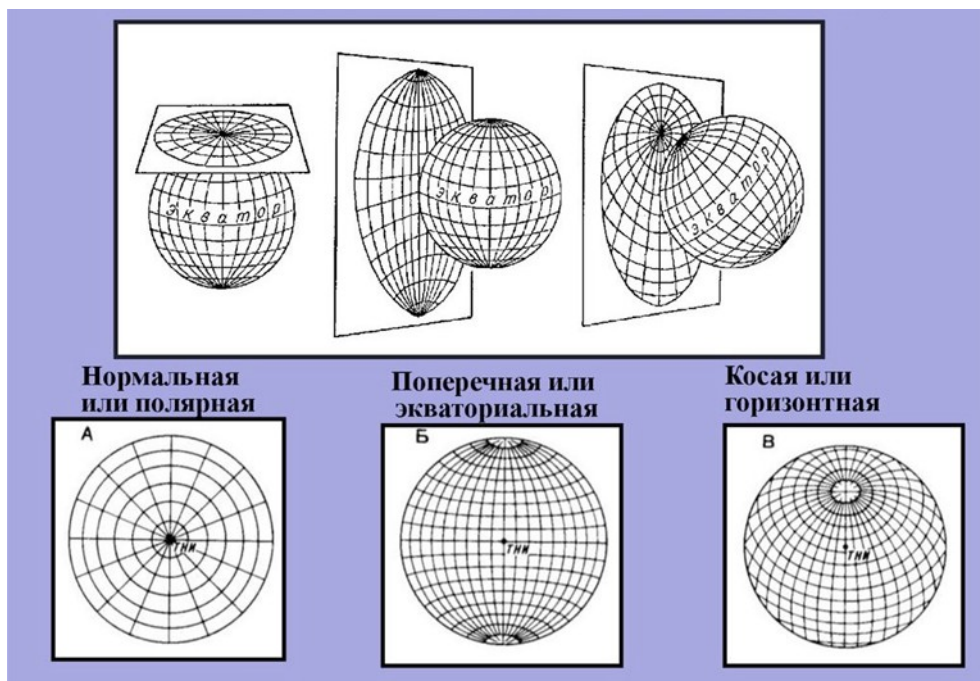


Рис.3 Азимутальные проекции

У **псевдоцилиндрических** проекций экватор и параллели – прямые, параллельные друг другу линии (что роднит их с цилиндрическими проекциями), а меридианы – кривые, симметричные относительно среднего прямолинейного меридиана (рис. 4)

**А) 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

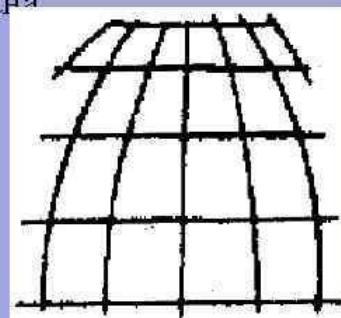




Рис. 4 Псевдоцилиндрические проекции

У **псевдоконических** проекций параллели – дуги концентрических окружностей, а меридианы - кривые, симметричные относительно среднего прямолинейного меридиана (рис. 5)



Рис. 5 Псевдоконические проекции

Построение сетки в **поликонической проекции** можно представить путем проектирования участков градусной сетки глобуса на поверхность нескольких касательных конусов и последующей развертки в плоскость образовавшихся на поверхности конусов полос. Общий принцип такого проектирования показан на рисунке 6.

Для внешнего облика картографических сеток в поликонической проекции характерно, что меридианы имеют форму кривых линий (кроме среднего — прямого), а параллели — дуги эксцентрических окружностей.

В поликонических проекциях, используемых для построения мировых карт, приэкваториальный участок проектируют на касательный цилиндр, поэтому на полученной сетке экватор имеет форму прямой линии, перпендикулярной среднему меридиану.



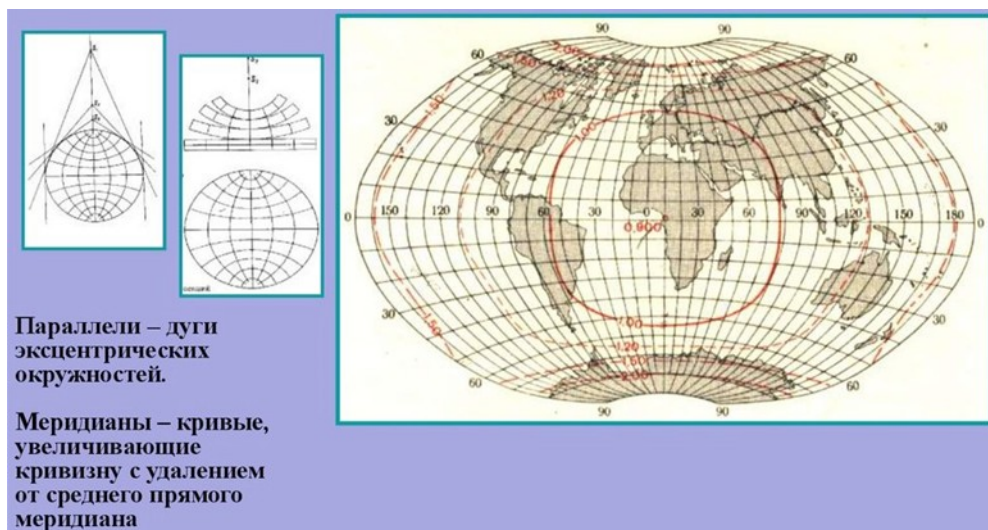


Рис. 6 Поликонические проекции

Необходимо отметить, что в наши дни для получения картографических проекций не пользуются вспомогательными поверхностями. Никто не помещает шар в цилиндр и не надевает на него конус. Это всего лишь геометрические аналогии, позволяющие понять геометрическую суть проекции. Изыскание проекций выполняют аналитически. Компьютерное моделирование позволяет достаточно быстро рассчитать любую проекцию с заданными параметрами, а автоматические графопостроители легко вычерчивают соответствующую сетку меридианов и параллелей, а при необходимости – и карту изокол (линии равных искажений).

Существуют специальные атласы проекций, позволяющие подобрать нужную проекцию для любой территории. В последнее время созданы электронные атласы проекций, с помощью которых легко отыскать подходящую сетку, сразу оценить ее свойства, а при необходимости провести в интерактивном режиме те или иные модификации или преобразования.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

**Нормальные** проекции – плоскость проектирования касается земного шара в точке полюса или ось вспомогательной фигуры совпадает с осью вращения Земли (см. рис.1 и рис.3).

**Поперечные** проекции – плоскость проектирования касается экватора в какой-либо точке или ось вспомогательной фигуры совпадает с плоскостью экватора (см. рис.1 и рис.3).

**Косые** проекции – плоскость проектирования касается земного шара в любой заданной точке. Ось глобуса и ось вспомогательной фигуры расположены под углом (см. рис.1 и рис.3) .

Из косых и поперечных проекций наиболее часто используют косые и поперечные цилиндрические, азимутальные (перспективные) и псевдоазимутальные проекции. Поперечные азимутальные применяют для карт полушарий, косые – для территорий, имеющих округлую форму. Карты материков часто составляют в поперечных и косых азимутальных проекциях. Поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса – Крюгера применяется для государственных топографических карт.

## **ВЫБОР ПРОЕКЦИЙ**

На выбор проекций влияет много факторов, которые можно сгруппировать следующим образом:

- географические особенности картографируемой территории, ее положение на Земном шаре, размеры и конфигурация;
- назначение, масштаб и тематика карты, предполагаемый круг потребителей;
- условия и способы использования карты, задачи, которые будут решаться по карте, требования к точности результатов измерений;
- особенности самой проекции – величины искажений длин, площадей, углов и их распределение по территории, форма меридианов и параллелей, их симметричность, изображение полюсов, кривизна линий кратчайшего расстояния.

Первые три группы факторов задаются изначально, четвертая – зависит от них. Если составляется карта, предназначенная для навигации, обязательно должна быть использована равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора. Если картографируется Антарктида, то почти наверняка будет принята нормальная (полярная) азимутальная проекция и т.д.

Значимость названных факторов может быть различной: в одном случае на первое место ставят наглядность (например, для настенной школьной карты), в другом – особенности использования карты (навигация), в третьем – положение территории на земном шаре (полярная область). Возможны любые комбинации, а следовательно – и разные варианты проекций.

#### **Рекомендуемая литература:**

##### **Берлянт А. М.**

Картография [Электронный ресурс]: учебник: для студентов вузов, обучающихся по специальности 020501 - "Картография" и направлению 020500 - "География и картография" / Берлянт Александр Михайлович. - Электронная книга. - М. : КДУ, 2010. - 343 с. - ISBN 5-98227-181-0; 1 экз. : 247-70.

**Берлянт, А. М.** Картография: учеб. для студентов вузов / Берлянт Александр Михайлович. - М. : Аспект-Пресс, 2001. - 336 с. : ил. - Библиогр.: с. 321-323 . - Указ. терм.: с. 324-332. - ISBN 5-7567-0142-7 ; 14 экз. 95-00.

##### **Комиссарова Т. С.**

Картография с основами топографии : учеб. для студентов вузов, обучающихся по геогр. и естеств.-науч. специальностям / Комиссарова Татьяна Сергеевна. - М. : Просвещение, 2001. - 180,[1] с. : ил. - (Учебное пособие для вузов). - Прил.: с. 170-179. - ISBN 5-09-009848-4; 25 экз. : 34-47.

##### **Южанинов В.С.**

Картография с основами топографии [Текст] : учеб. пособие для студентов геогр. фак. Пед. Ун-тов / Южанинов Валерий Степанович. – 2-е

изд., перераб. – М. : Высшая школа, 2005. – 301, [2] с. – ISBN 5-06-005464-0;  
16 экз. : 131-01.

**Вопросы студенту для самопроверки:**

1. Что называется картографической проекцией? Каково ее значение?
2. Что называется искажениями? Какие они бывают?
3. Что такое главный и частный масштабы карт?
4. По каким признакам классифицируются картографические проекции?
5. Каковы внешние особенности картографических сеток в прямых (нормальных) азимутальных, цилиндрических, конических проекциях?
6. Какие проекции наиболее употребительны для карт мира, полушарий, материков, России, отдельных государств?