

Лекция 3. Системы координат, используемые в геодезии.

3.1. Понятие о картографических проекциях.

Чтобы изобразить физическую поверхность Земли на плоскость, переходят к математической ее форме, в качестве которой принимают поверхность эллипсоида вращения, а затем уже математическую поверхность Земли изображают на плоскости.

Так как без искажений поверхность эллипсоида изобразить на плоскость невозможно, то строят условные изображения земной поверхности, основанные на математических зависимостях между координатами точек на шаре (эллипсоиде) и их изображениями на плоскости.

Такие способы условного изображения земной поверхности на плоскости называются *картографическими проекциями*.

Разработаны различные виды проекций. Например:

Равновеликие проекции – проекции, в которых сохраняются подобия площадей, но искажаются все другие элементы.

Равноугольные проекции – проекции, в которых сохраняется подобие бесконечно малых фигур, т.е. не искажаются углы, но искажаются длины линий и площади.

Конические проекции.

Псевдоконические.

Если земную поверхность вначале спроектировать на боковую поверхность цилиндра, а затем развернуть на плоскость, то получится *прямая цилиндрическая* или *поперечная цилиндрическая проекция*.

К поперечным цилиндрическим проекциям относится в частности проекция Гаусса-Крюгера.

3.2. Проекция Гаусса-Крюгера.

В основу этой системы положена поперечно-цилиндрическая равноугольная проекция Гаусса-Крюгера (названа по имени немецких ученых ее предложивших). В этой проекции поверхность земного эллипсоида меридианами делят на шести- или трехградусные зоны. Выбор зоны шириной 3 или 6° зависит от масштаба составляемой карты.

Шестиградусные зоны нумеруют арабскими цифрами с 1-й по 60-ю от Гринвичского меридиана на восток (рис.1). Средний меридиан шестиугольной зоны принято называть *осевым*.

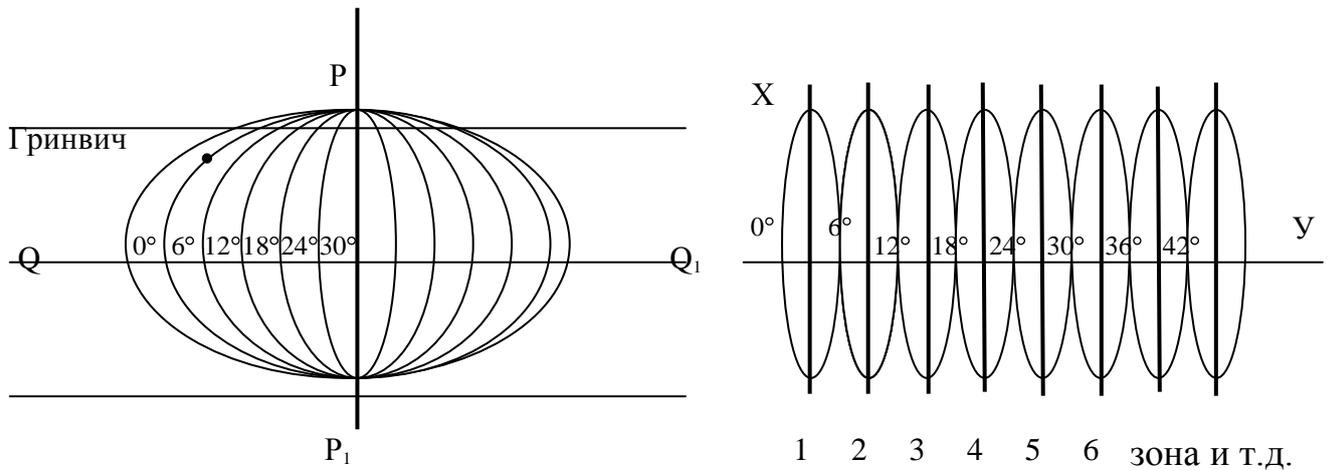


Рис.1. Зональная система прямоугольных координат

Представим себе, что земной эллипсоид вписан в эллиптический цилиндр. Ось цилиндра расположена в плоскости экватора и проходит через центр эллипсоида (рис.2).

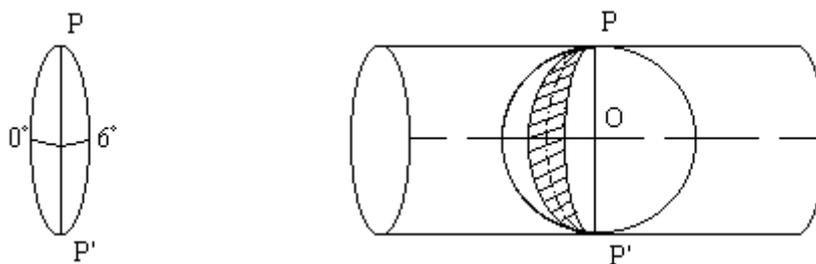


Рис.2.

Цилиндр касается эллипсоида по осевому меридиану данной зоны. Вся поверхность зоны проектируется на поверхность цилиндра нормальными к эллипсоиду так, что изображение малого участка на цилиндре подобно соответствующему участку на эллипсоиде. Такая проекция называется конформной или равноугольной; в ней углы не искажаются, а длины линий искажаются по закону:

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{Y^2}{2 * R^2}$$

Где ΔS - величина искажения линии,
 S - длина линии на эллипсоиде, Y - удаление линии от осевого меридиана,
 R - средний по линии радиус кривизны эллипсоида.

Для территории нашей страны искажения длин линий находятся в допустимых пределах для карт масштабов 1/10000 и мельче; для карт масштаба 1/5000 и крупнее приходится применять трехградусные зоны Гаусса. Трехградусные зоны располагаются на земной поверхности так, что все осевые и граничные меридианы шестиградусных зон являются осевыми меридианами трехградусных зон.

3.3. Зональная система координат Гаусса –Крюгера.

Поверхность цилиндра разрезается и разворачивается на плоскости; при этом осевой меридиан и экватор изображаются в виде двух взаимно перпендикулярных прямых линий. В точку их пересечения помещают начало прямоугольных координат зоны. За ось OX принимают изображение осевого меридиана зоны (положительное направление оси OX - на север), за ось OY принимают изображение экватора (положительное направление оси OY - на восток). Чтобы избежать отрицательного значения ординат (y), ординату осевого меридиана принимают не за нуль, а за 500 км, т.е. перемещают на запад на 500 км. При координате Y впереди пишут номер зоны.

Например, запись координат $X_{MН}=6350$ км, $Y_{MН}=5500$ км указывает, что точка расположена в 5-й зоне на осевом меридиане.

3.4. Системы географических и прямоугольных координат.

На поверхности эллипсоида вращения положение точки определяется геодезическими координатами - геодезической широтой B и геодезической долготой L (рис.3).

Геодезическая широта точки B - это угол, образованный **нормалью** к поверхности эллипсоида в этой точке и плоскостью экватора.

Широты бывают северные и южные и изменяются от 0 до 90^0 .

Геодезическая долгота точки L - это **двугранный угол** между **плоскостью начального меридиана** и **плоскостью меридиана точки**.

Долготы - западные и восточные от 0 до 180^0 (от Гринвича на запад и на восток).

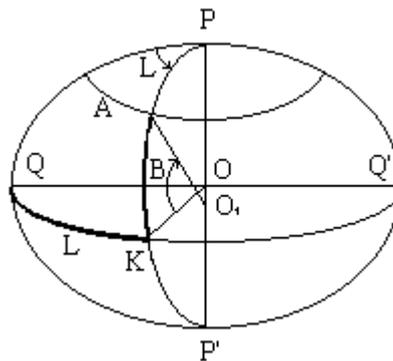


Рис.3

Плоскость **геодезического меридиана** проходит через точку A и малую полуось эллипсоида; в этой плоскости лежит нормаль к поверхности эллипсоида в точке A . Все точки лежащие на одном меридиане имеют одинаковую долготу.

Геодезическая параллель получается от пересечения поверхности эллипсоида плоскостью, проходящей через точку A и параллельной плоскости экватора. Все точки лежащие на одной параллели имеют одинаковую долготу.

Наряду с геодезической широтой и долготой точки A , есть еще **астрономическая широта** и **долгота** точки A .

Астрономической широтой φ точки называется угол, составленный плоскостью экватора и отвесной линией, проходящей через данную точку.

Астрономической долготой λ называется угол, заключенный между плоскостями истинного и начального меридианов. Плоскость истинного меридиана проходит через направление отвесной линии в данной точке параллельно полярной оси Земли.

Различие геодезических и астрономических координат точки A зависит от угла между отвесной линией данной точки и нормалью к поверхности эллипсоида в этой же точке. Этот угол называется **уклонением отвесной**

линии; он обычно не превышает 5". В некоторых районах Земли, называемых аномальными, уклонение отвесной линии достигает нескольких десятков дуговых секунд. При геодезических работах невысокой точности астрономические и геодезические координаты не различают; их общее название - **географические координаты** - используется довольно часто.

Система **плоских прямоугольных координат** является производной от зональной системы координат Гаусса-Крюгера, и образуется двумя взаимноперпендикулярными прямыми линиями, называемыми осями координат; точка их пересечения называется началом или нулем системы координат. Ось абсцисс - ОХ, ось ординат - ОУ.

Положение точки в прямоугольной системе однозначно определяется двумя координатами X и Y; координата X выражает расстояние точки от оси ОУ, координата Y - расстояние от оси ОХ.

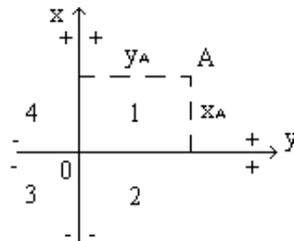


Рис.4

Значения координат бывают положительные (со знаком " + ") и отрицательные (со знаком " - ") в зависимости от того, в какой четверти (квадранте) находится искомая точка (рис.4).

Полярные координаты. Если на горизонтальной плоскости через произвольную точку О, называемую полюсом, провести линию ОХ – полярную ось, то положение любой точки можно определить двумя полярными координатами: r – радиусом вектором, соединяющим данную точку с полюсом, и углом β , который отсчитывается от полярной оси по ходу часовой стрелки до радиус-вектора (рис.5).

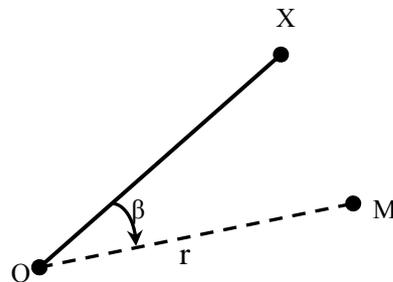


Рис.5.

3.5. Абсолютные и относительные высоты точек. Балтийская система высот.

Две координаты - широта и долгота - определяют положение точки на поверхности сферы или эллипсоида. Для определения положения точки в трехмерном пространстве нужно задать ее третью координату, которой в геодезии является **высота**.

Высотой точки называют расстояние по отвесной линии от этой точки до уровенной поверхности, принятой за начало счета высот а ее численное значение - **отметкой**.

Обычно высоту точки определяют относительно уровенной поверхности океана (геоида). В нашей стране счет высот ведется от уровенной поверхности, соответствующей среднему уровню Балтийского моря; эта система высот называется Балтийской.

Высоты бывают *абсолютные, условные и относительные*.

Абсолютные высоты, отсчитываются от исходной уровенной поверхности - среднего уровня океана или моря, в РФ – это нуль Кронштатского футштока – горизонтальная черта на медной пластине, прикрепленной к устою моста через обводной канал, в г. Кронштате.

Условной высотой называется отвесное расстояние от точки земной поверхности до условной уровенной поверхности – любой точки принятой за исходную нулевую.

Относительной высотой или **превышением** точки называется разность высот точек, которое обозначается буквой h . Превышение может быть положительным или отрицательным.

Высоты точек в геодезии обозначаются буквой H . Высоты точек земной поверхности преимущественно положительные и лишь для точек, располагающихся ниже уровенной поверхности океана отрицательные, например на Каспийской низменности.

