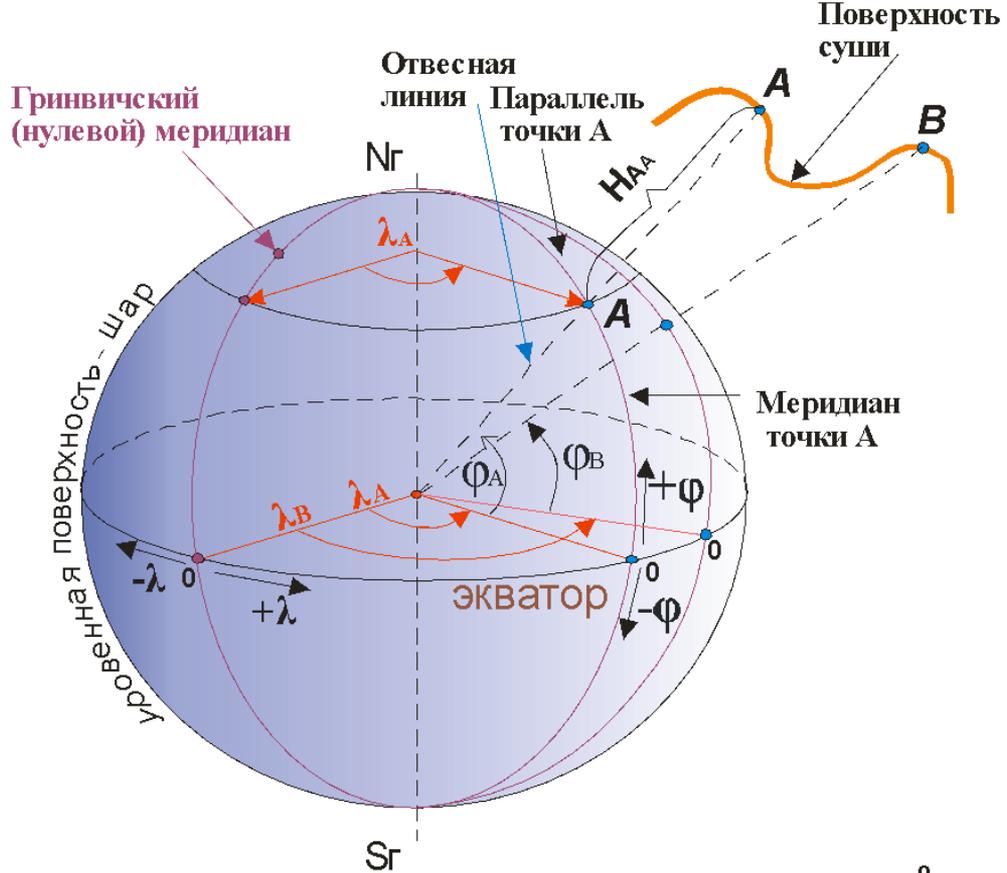


Системы координат Углы ориентирования

Лекция 2

1. Географическая система координат



$+\lambda$ восточная долгота; $-\lambda$ западная долгота (от 0^0 до $\pm 180^0$);
 $+\phi$ северная широта; $-\phi$ южная широта (от 0^0 до $\pm 90^0$)

Рис. Географические координаты

Меридиан - линия пересечения уровенной поверхности (эллипсоида или шара) плоскостями, проходящими через ось вращения Земли.

Параллель - линия пересечения уровенной поверхности плоскостями, перпендикулярными оси вращения Земли и параллельными экватору.

Широтой точки φ называется угол, образованный отвесной линией в данной точке и плоскостью экватора. Этот угол отсчитывается от плоскости экватора на север и на юг, изменяясь от 0° до 90° . Широта бывает северная (+) и южная (-).

Долготой точки λ называют двугранный угол, заключенный между плоскостью начального (Гринвичского) меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку.

2. Зональная система плоских прямоугольных координат (проекция Гаусса—Крюгера)

Эта проекция предложена Гауссом в 1828 г.

Формулы для практических расчетов разработаны Крюгером к 1912 г.

В России проекция Гаусса-Крюгера принята с 1928 г.

Поверхность земного сфероида делят меридианами на зоны в 6° по долготе, начиная от нулевого меридиана, и нумеруют по направлению к востоку (рис. 2.1), всего зон 60.

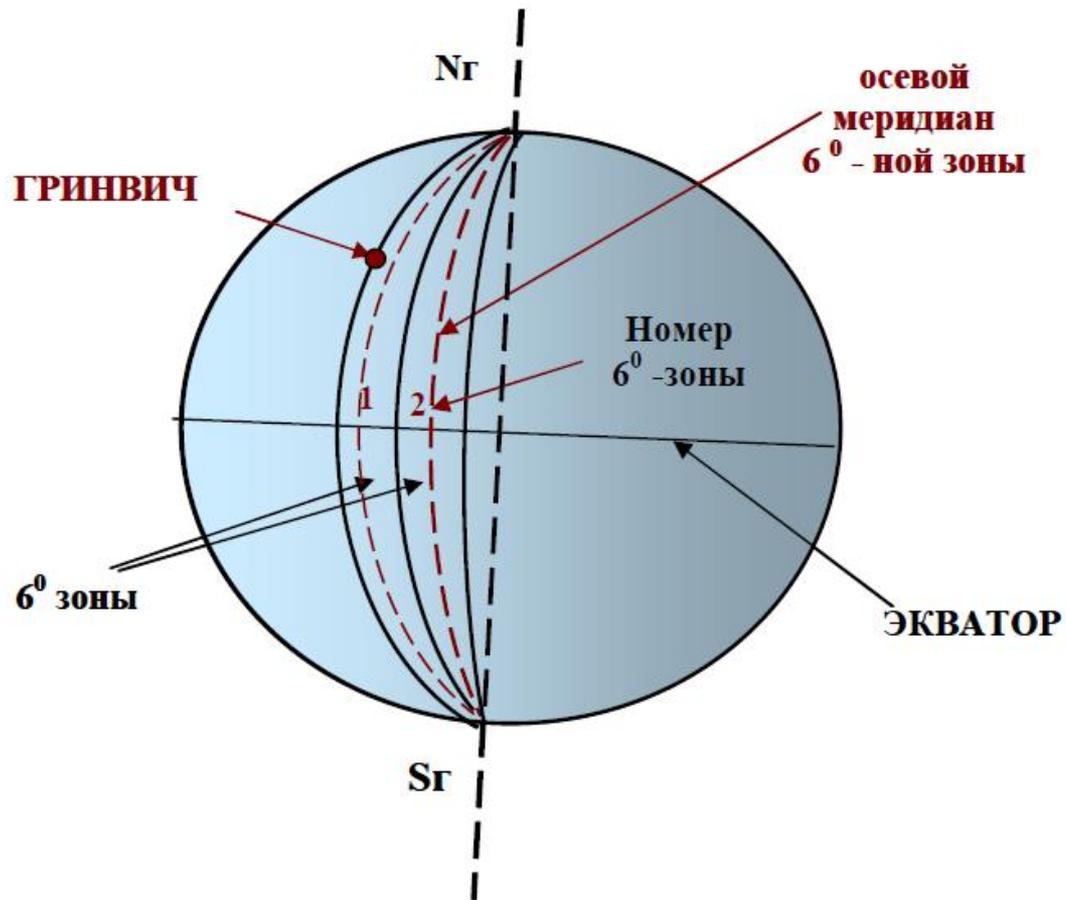


Рис. 2.1. Деление поверхности земного шара на 60 градусные зоны

Далее получают плоские изображения каждой зоны, для чего мысленно помещают земной шар внутрь цилиндра так, чтобы осевой меридиан зоны касался поверхности цилиндра (рис. 2.2).

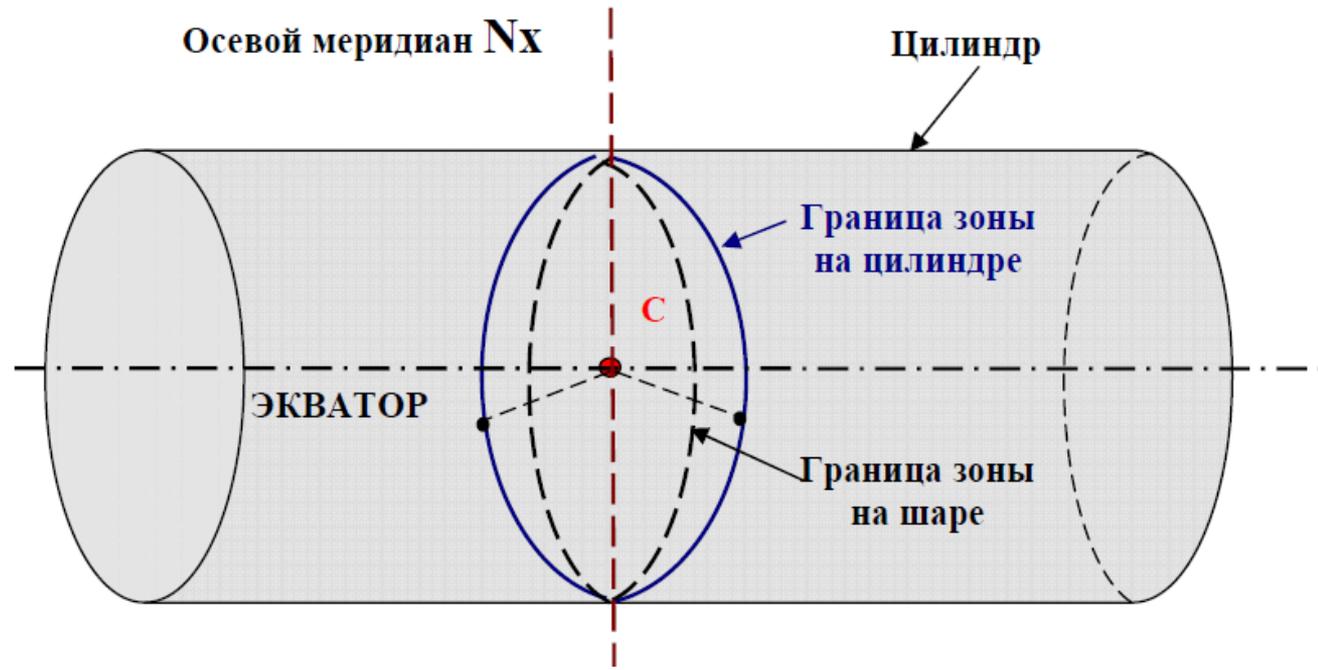


Рис. 2.2. Проекция зоны на поверхность цилиндра

Из центра сфероида (рис. 2.3) зону проектируют на поверхность цилиндра - при этом углы сферы изобразятся без искажения. Поэтому эту проекцию называют равноугольной, поперечно-цилиндрической.

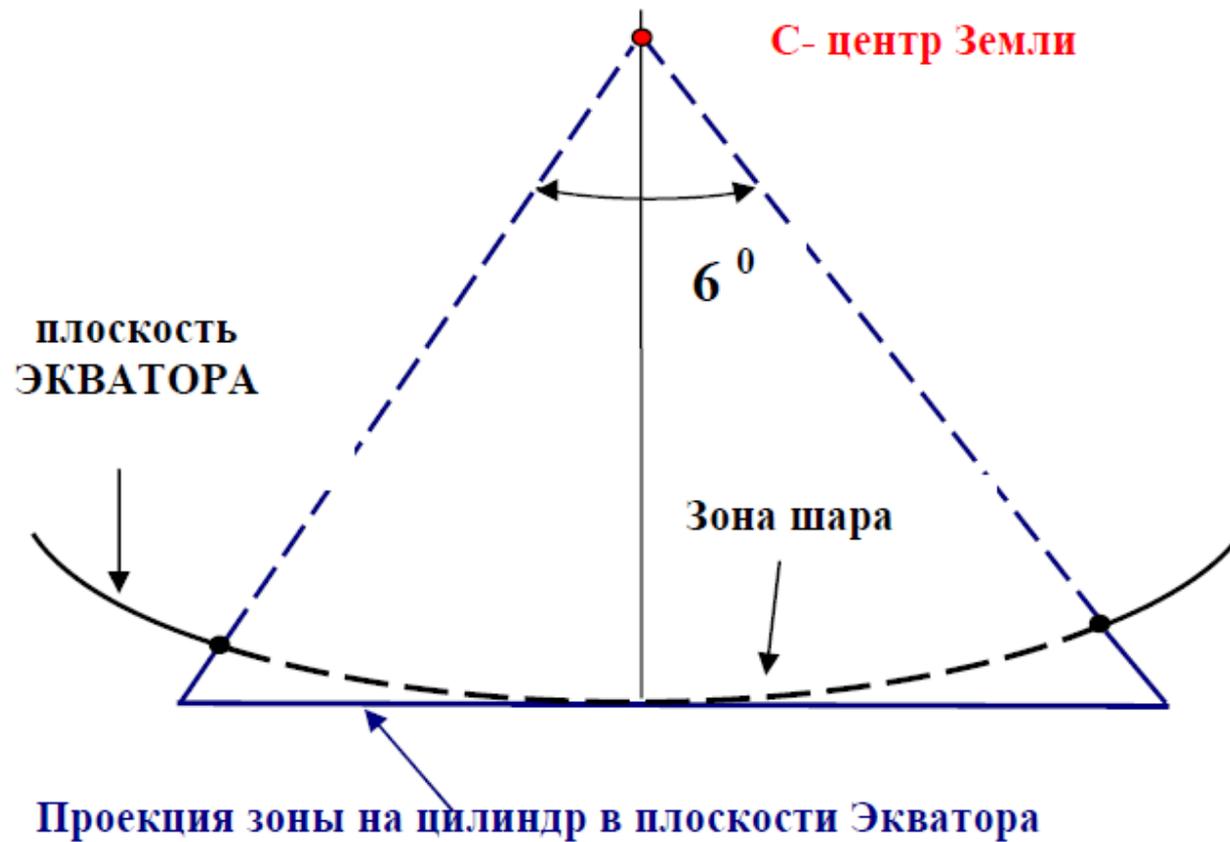


Рис. 2.3. Проекция зоны на цилиндров плоскости экватора

Цилиндр разрезается на две половинки и изображение разворачивают на плоскость. В поперечно - цилиндрической проекции искажения будут в длинах линий: зоны на цилиндре получаются более широкими, чем на шаре.

Что касается осевого меридиана, то не будет его искажения, так как он касается поверхности цилиндра, но чем дальше расположены отрезки дуги от осевого меридиана, тем больше искажения в длинах линий.

Ширина зоны на экваторе около 670 км, т. е. крайние точки зоны удалены от осевого меридиана на 335 км. Искажения в длинах линий достигают: при удалении на 100 км – $1/8000$ от измеряемой длины линии, на 300 км – $1/800$. Для широт территории России эти искажения в худшем случае составляют примерно $1/1000$.

Прямоугольные координаты (плоские) — линейные величины: абсцисса X и ордината Y , определяющие положение точек на плоскости (на карте) относительно двух взаимно перпендикулярных осей X и Y , изображенные в проекции Гаусса-Крюгера.

Абсцисса X точки — расстояние от начала координат до оснований перпендикуляров, опущенных из точки на ось OX (с указанием знака).

Ордината Y точки — расстояние от начала координат до оснований перпендикуляров, опущенных из точки на ось OY (с указанием знака).

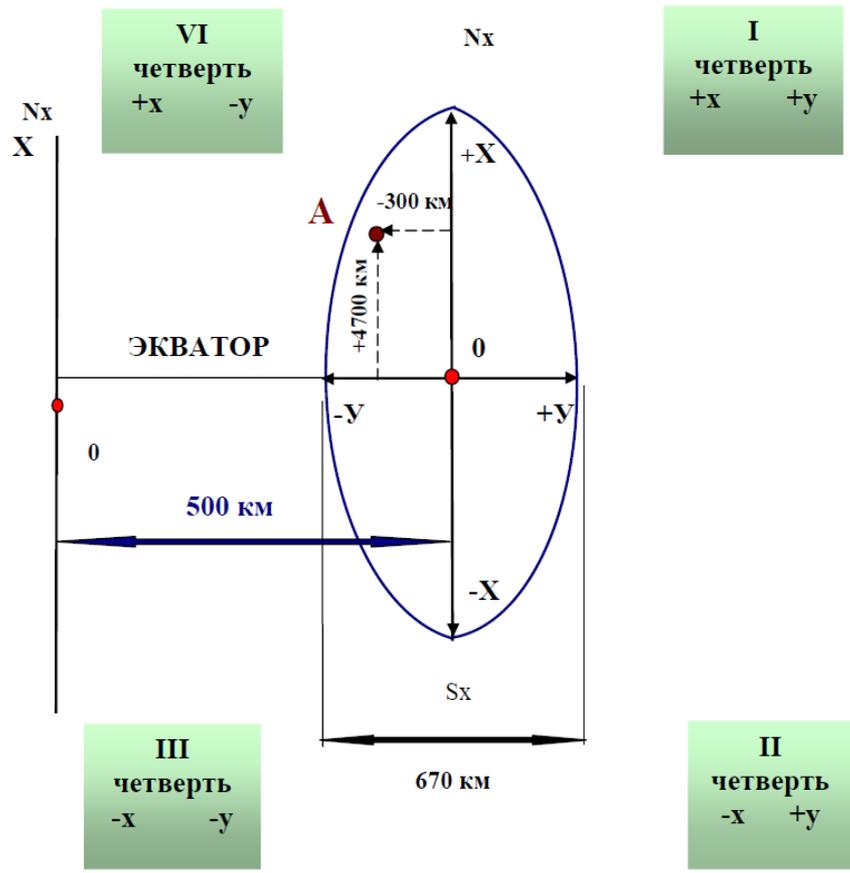


Рис. 2.4. Прямоугольная система координат

В математике применяется левая система координат (нумерация четвертей против движения часовой стрелки), в геодезии – правая система. Но, так как наименования осей координат тоже противоположны, то знаки координат точек, расположенных в одноименных четвертях совпадают, что позволяет применять формулы тригонометрии без всяких изменений и в данной системе.

Для территории России, расположенной в северном полушарии, абсциссы x везде положительны, а ординаты y могут быть и положительными, и отрицательными. Например, для точки **A** (см. рис. 2.4)

$$x_A = 4\,700 \text{ км}; y_A = 300 \text{ км}.$$

Отрицательные ординаты затрудняют обработку геодезических материалов и отсчет их на карте может не совпадать с направлением отсчета долготы в географической системе. То есть осевой меридиан и начало отсчета координаты y переносится на запад из зоны на 500 км. Чтобы избежать этого, ординату осевого меридиана принимают не за 0, а за 500 км. Следовательно, к ординатам всех точек зоны прибавляется эта условная величина (500 км) и теперь

$$y_A = -300 + 500 = 200 \text{ км}.$$

Дополнительно в записи ординаты точки указывают номер зоны в связи с тем, что во всех шестидесяти зонах системы координат одинаковые. Следовательно, значение координат точки необходимо дополнить номером зоны, в которой эта точка находится. Этот номер приписывается впереди ординаты, и если в нашем случае точка **A** (см. рис. 8) находится в третьей зоне, то запись ординаты будет

$$y_A = 3\ 200\ \text{км}$$

Таким образом, ординаты точек получают **двойные преобразования** и, соответственно, называются **преобразованными**. Для определения местоположения точки в зоне надо, зная ее координату y , действовать в обратном порядке: убрать из записи ординаты номер зоны, для чего, справа на лево отделить 3 целых значащих цифры, за которыми следует номер зоны, и от этих цифр отнять 500 км:

$$y_A = [3] 200\ \text{км} - 500\ \text{км} = -300\ \text{км}, \text{ где цифра } 3 \text{ означает номер зоны.}$$

Система географических координат удобна для изучения всей физической поверхности Земли или значительных ее участков, но неудобна для решения многих инженерных задач.

Проекция Гаусса дает изображение земной поверхности с разрывами, однако ее ценность в том, что в силу малых искажений она сближает карту с планом и позволяет применять систему плоских прямоугольных координат в каждой зоне, что удобно при решении инженерных задач.

Проекция Гаусса даёт возможность вычислять по прямоугольным координатам географические координаты, и наоборот. В этой проекции за начало каждой зоны принимается точка пересечения осевого меридиана с линией экватора, которые образуют прямой угол. Они и принимаются за оси координат (рис. 8). Осевой меридиан служит осью абсцисс x , а линия экватора - осью ординат y . **Положительным направлением абсцисс считается от экватора к северу, положительным направлением ординат — на восток.**

3.3. Определение координат по картам и планам

На топографических картах обычно представлены обе системы координат (рис. 2.5).

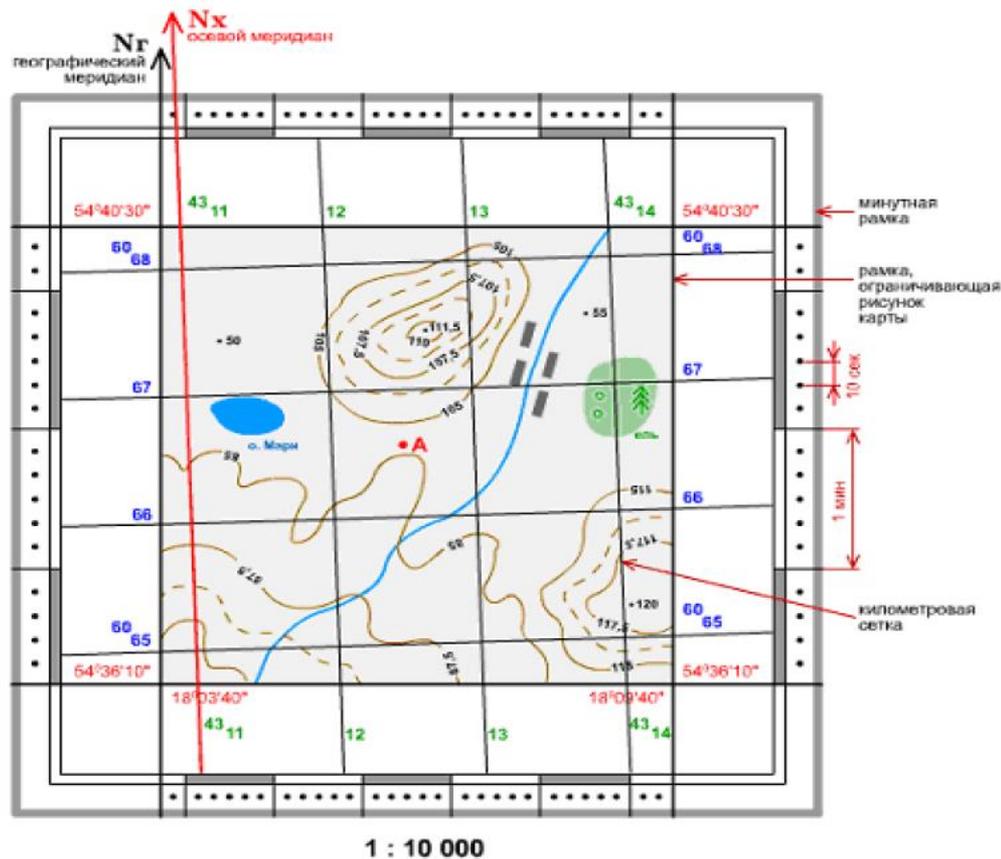


Рис. 2.5. Пример топографического плана

Географическая система координат представлена двумя меридианами (западным и восточным) и двумя параллелями (южной и северной), ограничивающими рисунок карты. Начало отсчета географических координат в левом нижнем углу карты, где записаны координаты этой угловой точки (широта и долгота).

Для определения географических координат точки A необходимо спроецировать ее на линию меридиана для отсчета широты ϕ и на линию параллели, для отсчета долготы λ (при помощи треугольника опускаем перпендикуляр из точки A на вертикальную и горизонтальную линии широты и долготы).

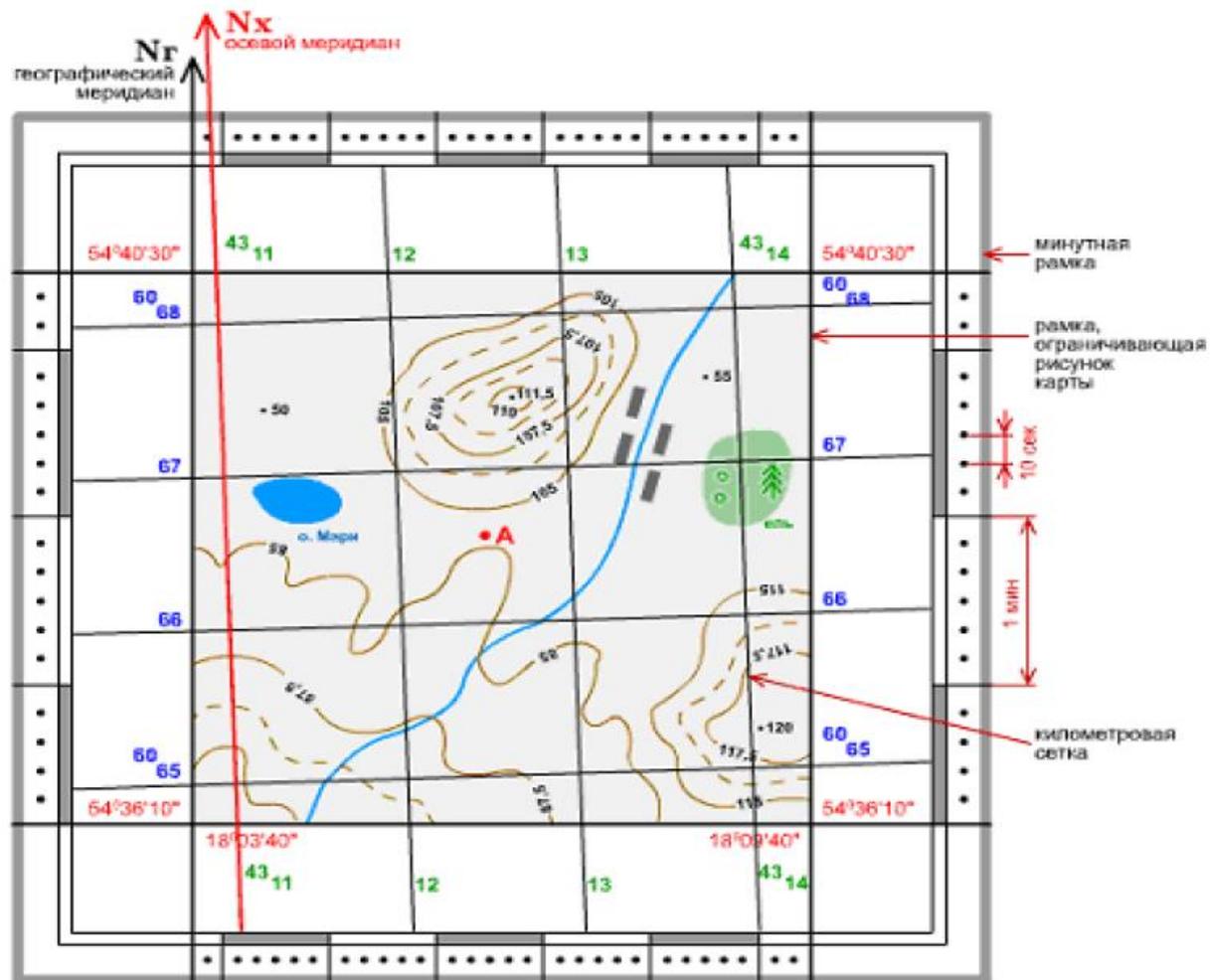
Для определения $\Delta\phi$ и $\Delta\lambda$ точки А необходимо просчитать количество целых минутных и 10-секундных отрезков, и, если необходимо, то и доли секунд (при помощи линейной интерполяции). К известным координатам широты и долготы, обозначенным в левом нижнем углу топографического плана или карты в нашем случае $54^{\circ}36'10''$ и $\lambda - 18^{\circ}03'40''$ прибавить рассчитанные приращения координат $\Delta\phi$ и $\Delta\lambda$.

Прямоугольная система координат представлена на карте километровой сеткой. Вертикальные линии километровой сетки параллельны осевому меридиану зоны. Расстояние между километровыми линиями берутся равными.

Например для карт масштаба 1:10 000 - 1 км.

Крайнее левое пересечение осевого меридиана с перпендикулярной к нему параллелью километровой сетки оцифрованы полной цифрой ($X=6065$, $Y=4311$), в остальных местах – только последними двумя цифрами, называемыми сокращенными координатами. Эти сокращённые координаты применяются для обозначения квадратов координатной сетки: точка **A** расположена в квадрате 66/12.

Для определения прямоугольных координат достаточно измерить приращение расстояния до ближайших к точке сторон квадрата километровой сетки (ΔX ; ΔY) и прибавить их к известным координатам X и Y левого нижнего угла квадрата, в котором находится данная точка.



1 : 10 000

Задачи

1. Определите истинные координаты и номер зоны для точек А ($x=23456784,45$ м; $y=16234567,43$ м) и В ($x=3456,73$ км; $y=9234,56$ км).
2. В какой зоне расположены точки с координатами: С (широта - $34^{\circ}45'57''$; долгота — $96^{\circ}17'04''$) и D (широта - $63^{\circ}32'11''$; долгота — $173^{\circ}07'43''$).

*Углы ориентирования в географической
системе координат и плоской
прямоугольной системе координат
Гаусса-Крюгера*

Географический азимут (Аг) – угол, отсчитываемый по часовой стрелке от северного направления географического меридиана проходящего через точку ориентирования до ориентируемой линии. Изменяется от 0° до 360° . (Географический азимут прямой, обратный; географический румб прямой, обратный).

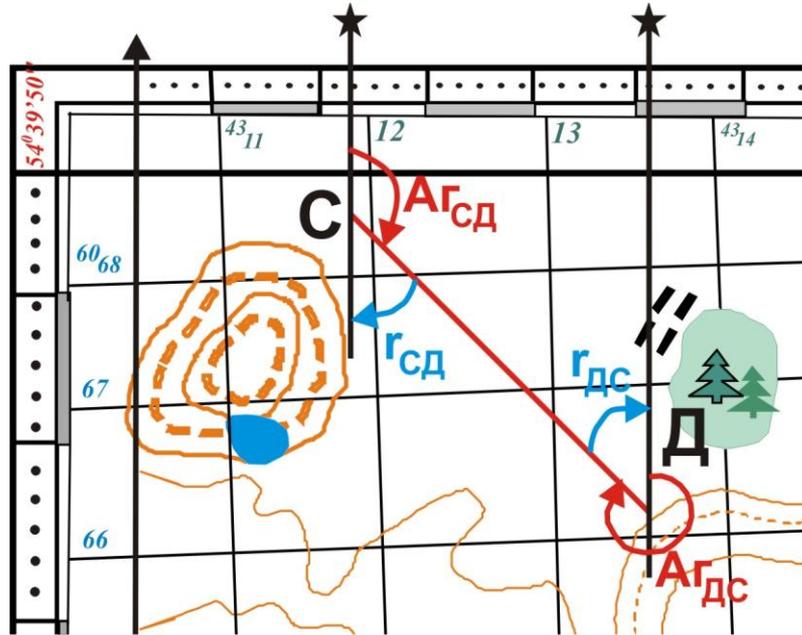
Чтобы определить A_{Γ} линии АВ необходимо:

- ❑ провести географический меридиан через начальную точку А; для этого с помощью треугольника провести линию, параллельную географическому меридиану карты;
- ❑ измерить азимут прямой с помощью транспортира (с точностью до $30''$).
- ❑ Аналогично измеряют азимут географический обратный линии АВ ($A_{\Gamma}(BA)$), но географический меридиан проводят через точку В.
- ❑ Зная прямой азимут географический линии АВ – $A_{\Gamma}(AB)$ можно высчитать азимут географический обратный по формулам:

$$A_{\Gamma} = A_{\Gamma} + 180^{\circ} + \gamma$$

где γ – сближение меридианов в географической системе координат (угол между касательными к меридианам в данных точках, направленных на полярную звезду).

Географический румб (r_r) – угол, измеряемый от ближайшего направления географического меридиана (северного или южного) проходящего через точку ориентирования до ориентируемой линии. Румбы изменяются от 0 до 90 градусов и кроме углового значения имеют еще название – СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ.



Обратный румб по значению равен прямому румбу, но имеет противоположенное направление.

Например

$$r_{CD} = Ю В : 45^\circ$$

$$r_{DC} = С З : 45^\circ$$

$$A_{Г CD} = 135^\circ$$

$$A_{Г DC} = 315^\circ$$

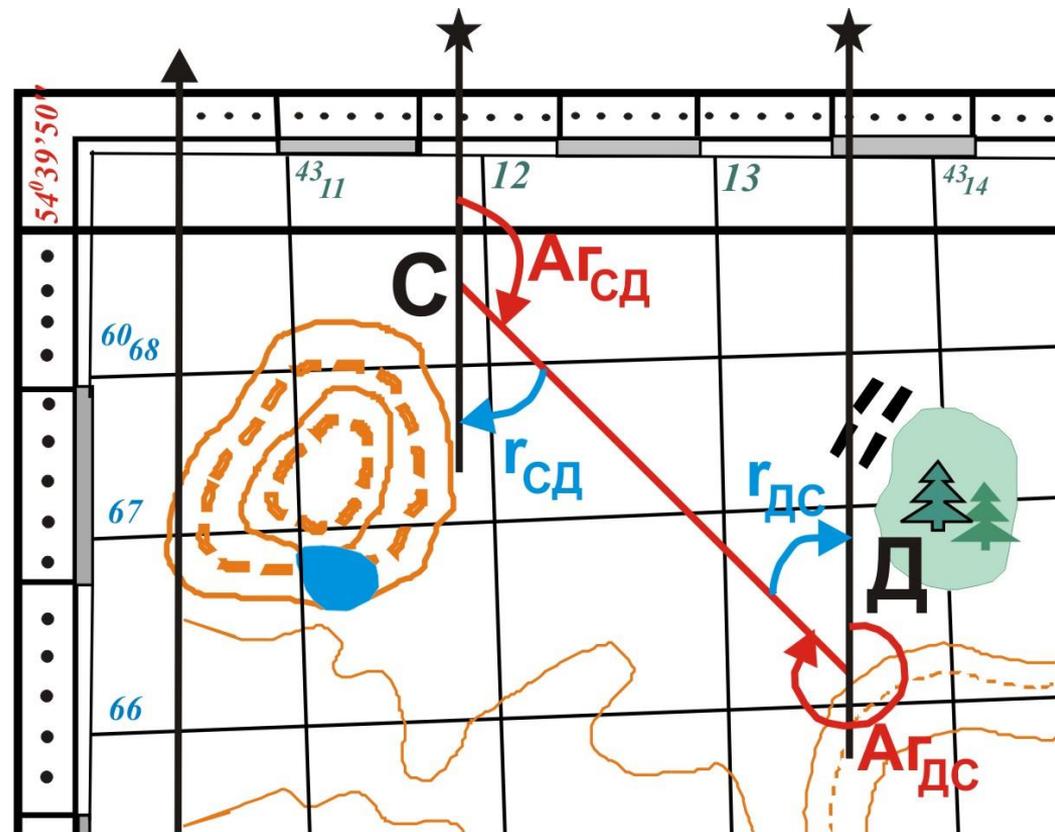


Схема взаимосвязи азимутов и румбов

Четверть		Интервал изменения азимута, град.	Формула перевода	Знаки приращений координат	
номер	название			ΔX	ΔY
I	СВ	0-90	$r_I = \alpha$	+	+
II	ЮВ	90-180	$r_{II} = 180^\circ - \alpha$	-	+
III	ЮЗ	180-270	$r_{III} = \alpha - 180^\circ$	-	-
IV	СЗ	270-360	$r_{IV} = 360^\circ - \alpha$	+	-

**Углы ориентирования на карте или плане в
плоской системе координат Гаусса-Крюгера**

Дирекционный угол (α) – угол, отсчитываемый по часовой стрелке от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной, проходящей через точку ориентирования до ориентируемой линии. Изменяется от 0° до 360° .

Дирекционный румб ($r\alpha$) – угол между ближайшим направлением осевого меридиана (северного или южного) или линии, ему параллельной проходящей через точку ориентирования до ориентируемой линии. Изменяется от 0° до 90° .

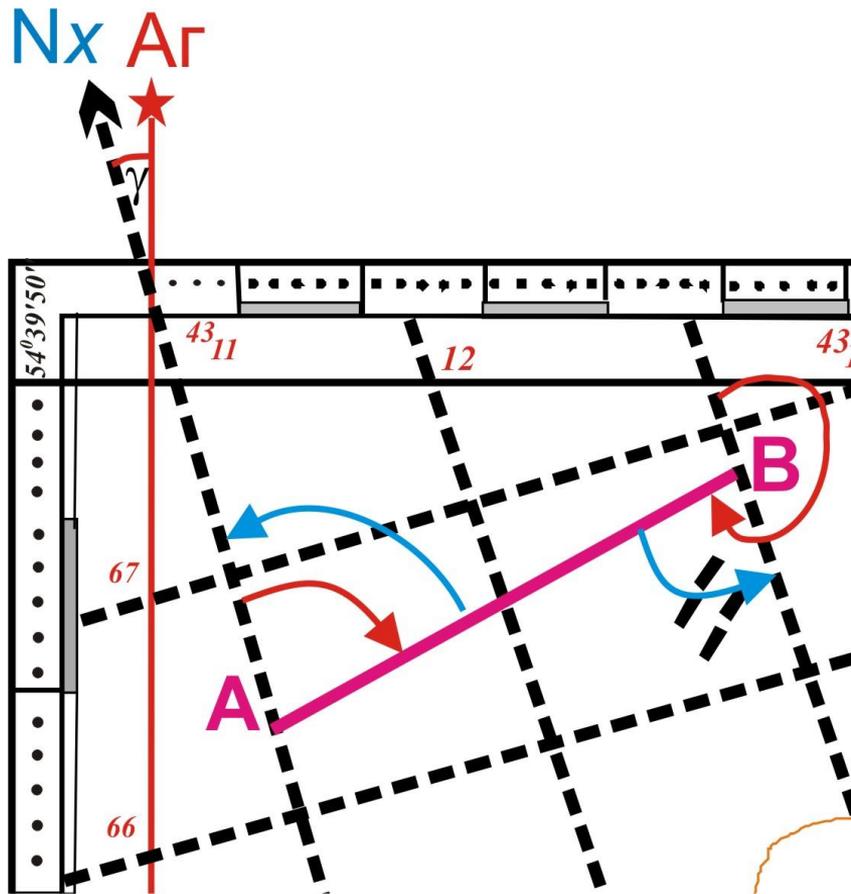
Чтобы найти по карте дирекционный угол линии АВ необходимо:

- провести осевой меридиан через начальную точку ориентируемой линии (А). Для этого приложить треугольник к точке А и провести линию, параллельную осевому меридиану карты;**
- измерить дирекционный угол с помощью круглого транспортира (с точностью до 30'').**
- Обратный дирекционный угол линии АВ – измеряют таким же образом, только осевой меридиан проводят через точку В.**

Дирекционному углу плоской системы координат Гаусса-Крюгера соответствует азимут географический, а дирекционному румбу – румб географический; это одни и те же углы, только в разных системах координат.

2. Измерение углов ориентирования на карте или плане в плоской системе координат Гаусса-Крюгера

Связь между румбами и дирекционными углами в прямоугольной системе координат такая же, как в географической системе координат.



**Магнитный азимут, магнитный румб,
магнитное склонение**

Магнитный азимут (A_m) – угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана или линии, ему параллельной, проходящей через точку ориентирования до ориентируемой линии. Изменяется от 0° до 360° .

Магнитный румб (r_m) – угол между ближайшим направлением магнитного меридиана (северного или южного) или линии, ему параллельной проходящей через точку ориентирования до ориентируемой линии. Изменяется от 0° до 90°

Магнитное склонение величина не постоянная, изменяется во времени и пространстве. При построении карт, выносе проектов в натуру и других задачах, необходимо учитывать магнитное склонение.

На карте указывается величина магнитного склонения

Задачи

1. Дано: $r_M = 31^\circ 42' : C3$, $\gamma = 3^\circ 22'$, $\delta = -7^\circ 02'$. Найти: A_M , A_Γ , α .

2. Дано: $A_M = 298^\circ 42' 42''$, $\gamma = 4^\circ 22'$, $\delta = -8^\circ 02'$. Найти: r_M , A_Γ , α , r_d .

3. Дано: $\alpha = 198^\circ 02' 32''$, $\gamma = -4^\circ 22'$, $\delta = 8^\circ 02'$. Найти: r_M , A_Γ , A_M .

4. Дано: $A_\Gamma = 158^\circ 30' 07''$, $\gamma = 3^\circ 25'$, $\delta = -8^\circ 02'$. Найти: r_M , A_M , α , r_Γ .

Задачи

Контрольная работа 1

Перед вами изображены линии километровой сетки топографического плана или карты.

Вопросы:

1. Укажите масштаб (0,5 балла).
2. Километровая сетка соответствует плану или карте (0,5 балла)?
3. Определите координату X (в км) (0,5 балла).
4. Определите координату Y (в км) (0,5 балла).
5. Укажите истинные координаты и номер зоны (в км) (0,5 балла).

