

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

*Тема: Определение географических и прямоугольных координат на картах и планах*

*Цель: Ознакомиться с географической и прямоугольной системами координат. Освоить определение географических и прямоугольных координат точек на карте*

План:

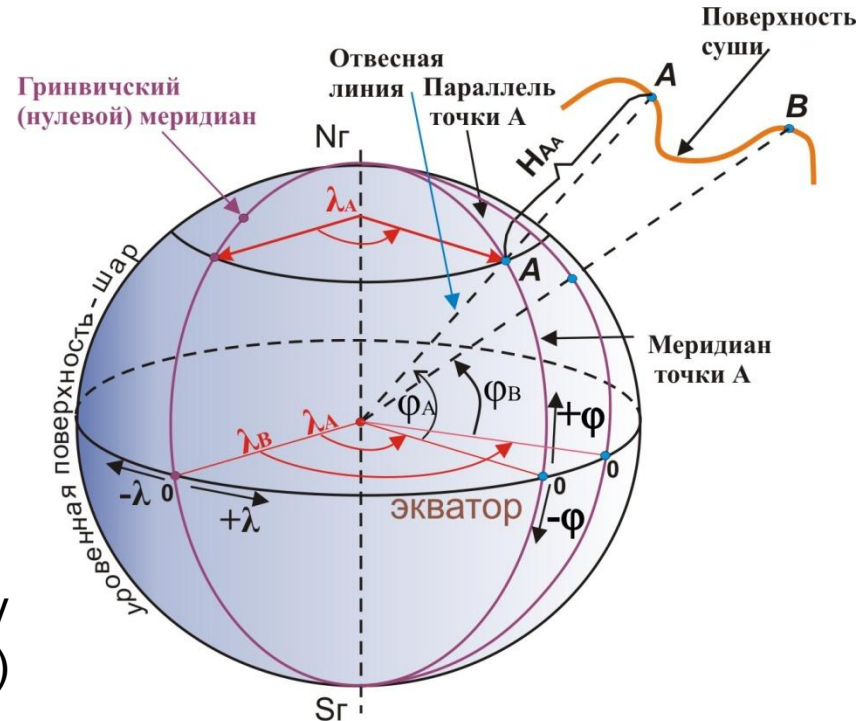
1. Географическая система координат
2. Географическая система координат на карте
3. Определение географических координат точки по карте
4. Зональная система плоских прямоугольных координат (проекция Гаусса-Крюгера)
5. Зональная система плоских прямоугольных координат на карте
6. Определение прямоугольных координат по карте
7. Примеры решения задач
8. Расчетно-графическая работа №3

# 1. Географическая система координат

В системе географических координат местоположение проекции точки на **уровенной поверхности** определяется двумя координатами - углами: **широтой** и **долготой**.

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

**Долготой точки  $\lambda$**  называется двугранный угол, заключенный между плоскостью начального (Гринвичского) меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку. От начального нулевого меридиана долготу отсчитывают на восток и запад, до 180. Соответственно, долгота называется **восточной (+)** и **западной (-)**.



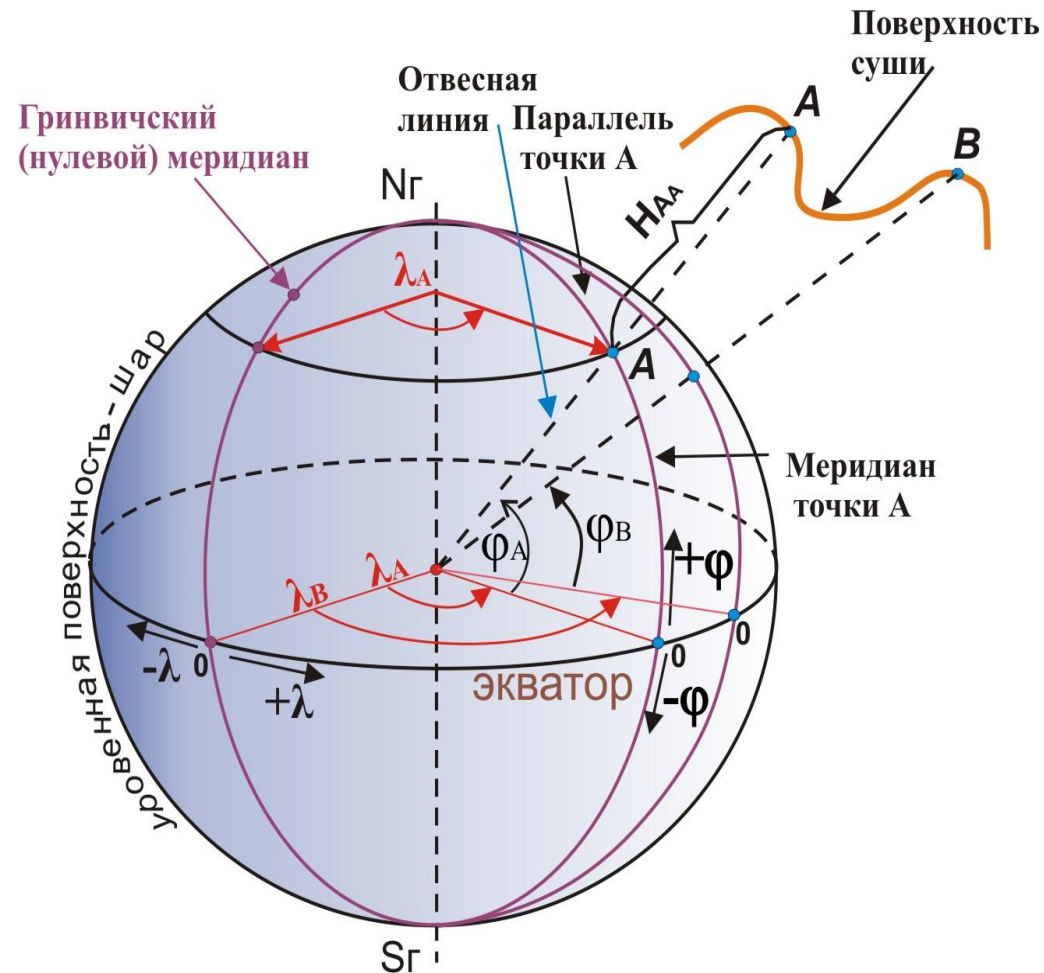
- + $\lambda$  восточная долгота;
- $\lambda$  западная долгота (от  $0^\circ$  до  $\pm 180^\circ$ );
- + $\varphi$  северная широта;
- $\varphi$  южная широта (от  $0^\circ$  до  $\pm 90^\circ$ )

Рис. Географические координаты

# 1. Географическая система координат

Линию, проходящую через точки с одинаковой широтой, называют **параллелью**.

Линию, проходящую через точки с одинаковой долготой, называют **меридианом**.



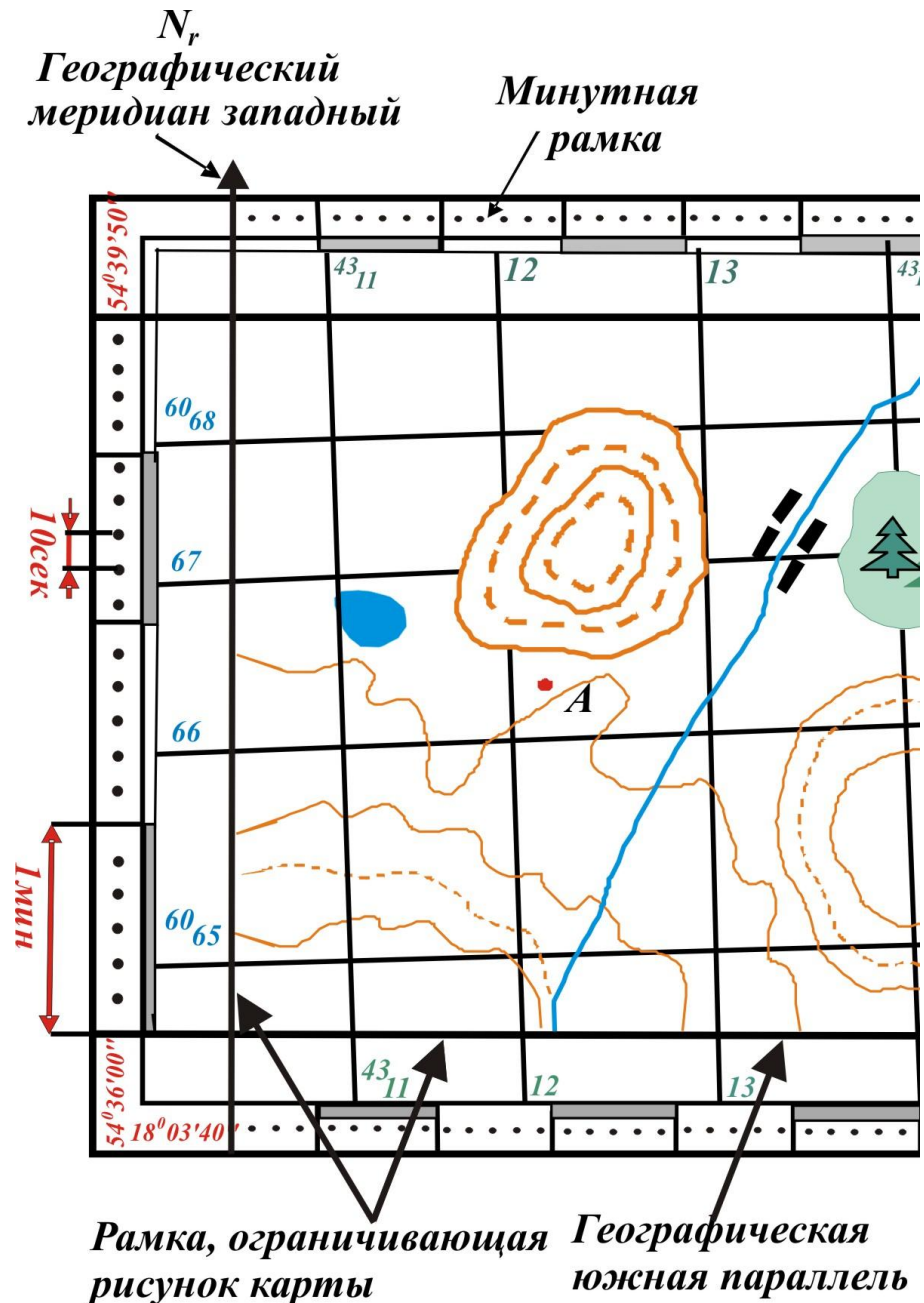
**+λ** восточная долгота;  
**-λ** западная долгота (от 0° до ±180°);  
**+φ** северная широта;  
**-φ** южная широта (от 0° до ±90°)

Рис. Географические координаты

## 2. Географическая система координат на карте

На топографических картах обычно представлены обе системы координат. Географическая система координат (Градусная сетка) представлена двумя меридианами (западными и восточным) и двумя параллелями (южной и северной) ограничивающими рисунок карты.

В левом нижнем углу, где пересекается западный географический меридиан с южной географической параллелью приведены численные значения координата  $\phi$  и  $\lambda$  в градусах, минутах и секундах, принятые за начало отчета для данной карты. Дальнейший отчет проводится по рамочной шкале разделенной на минуты (чередование белых и черных отрезков) и секунды (черные точки которые делят минуту на 6 частей по 10 секунд).



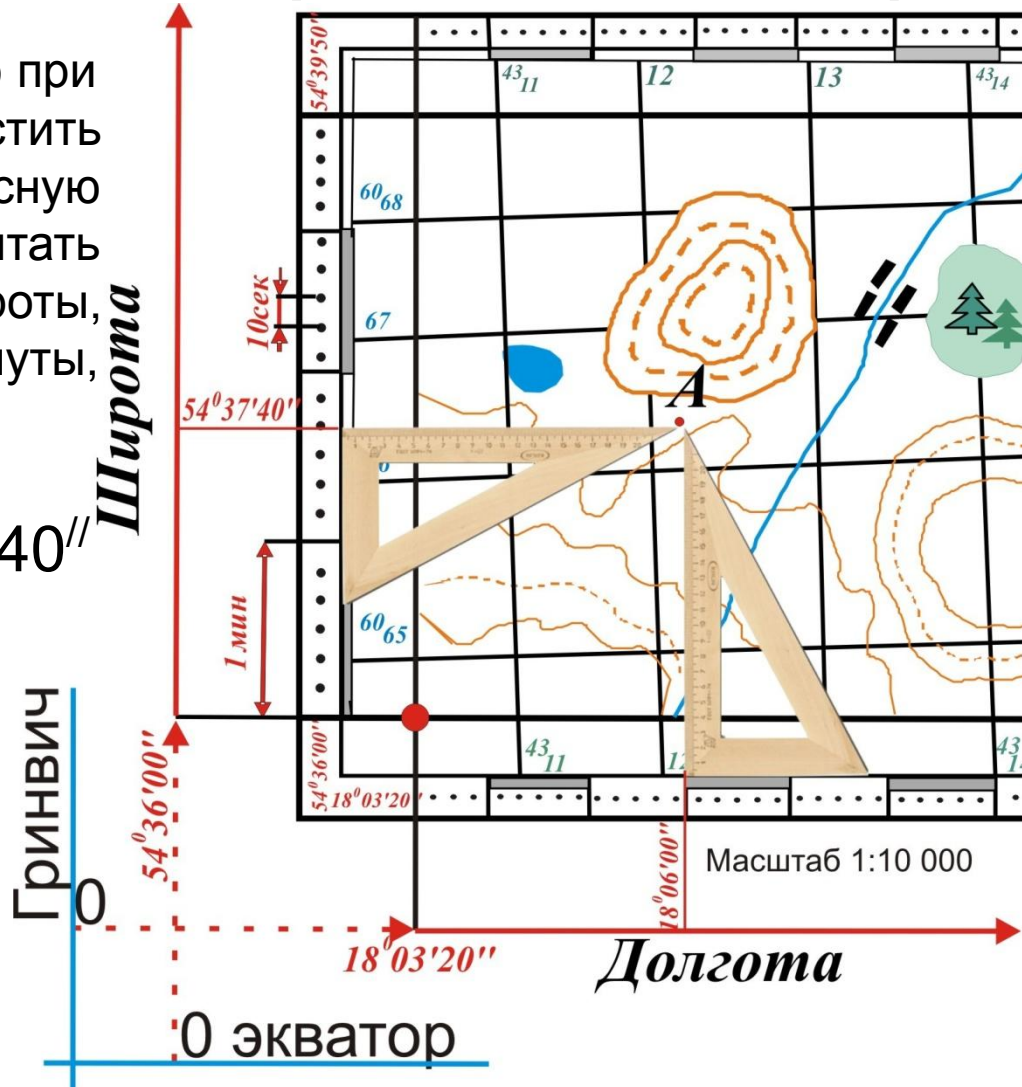
### 3. Определение географических координат точки по карте

Для определения **широты** необходимо при помощи треугольника опустить перпендикуляр из точки А на градусную рамку на линию широты и прочесть справа или слева по шкале широты, соответствующие градусы, минуты,

$$\varphi_A = \varphi_0 + \Delta\varphi$$

$$\varphi_A = 54^{\circ}36'00'' + 0^{\circ}01'40'' = 54^{\circ}37'40''$$

Для определения **долготы** необходимо при помощи треугольника опустить перпендикуляр из точки А на градусную рамку линии долготы и прочесть сверху или снизу соответствующие градусы, минуты, секунды.



$$\lambda_A = \lambda_0 + \Delta\lambda$$

$$\lambda_A = 18^{\circ}03'20'' + 0^{\circ}02'40'' = 18^{\circ}06'00''$$

# 4. Зональная система плоских прямоугольных координат (Гаусса-Крюгера)

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.

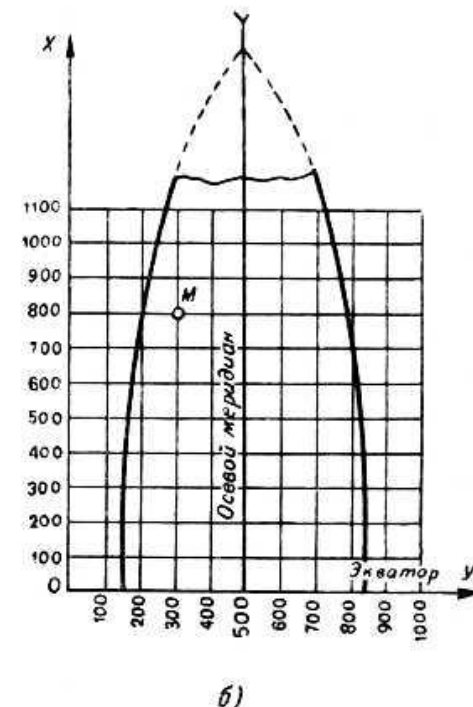
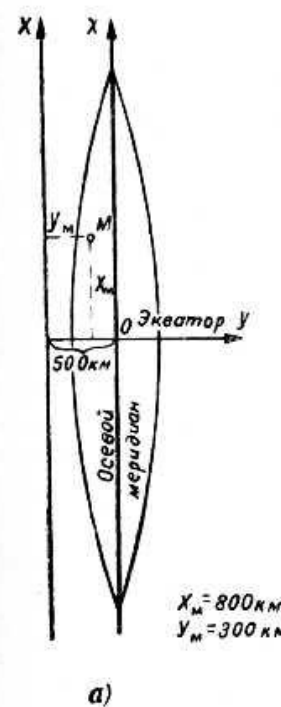
Абсцисса  $X$  точки — расстояние от начала координат до оснований перпендикуляров, опущенных из точки на ось  $OX$  (с указанием знака).

Ордината  $Y$  точки — расстояние от начала координат до оснований перпендикуляров, опущенных

**Координатные зоны** — части земной поверхности, ограниченные меридианами с долготой, кратной  $6^\circ$ . Первая зона ограничена меридианами  $0^\circ$  (Гринвичский меридиан) и  $6^\circ$ , вторая —  $6^\circ$  и  $12^\circ$ , третья —  $12^\circ$  и  $18^\circ$  и т.д.

Счет зон идет от с запада на восток.

Все топографические карты в пределах данной зоны имеют общую систему прямоугольных координат. Началом координат в каждой зоне служит точка пересечения среднего (осевого) меридиана зоны с экватором, средний меридиан зоны соответствует оси абсцисс, а экватор — оси ординат.

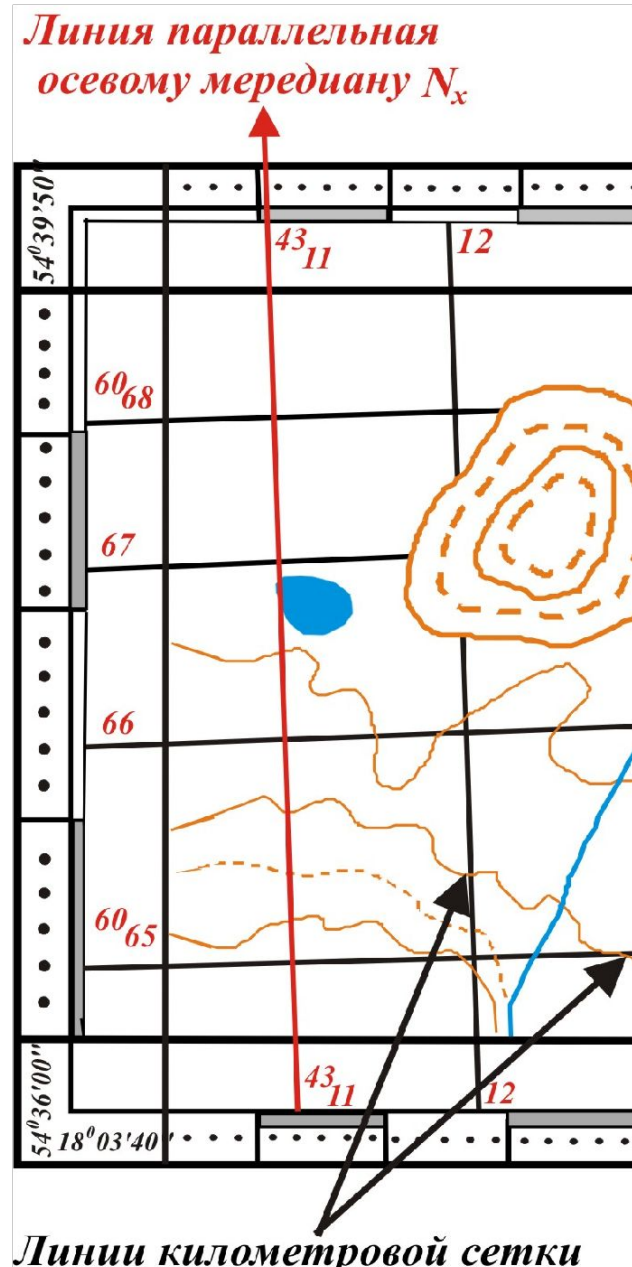


## 5. Зональная система плоских прямоугольных координат на карте

*Километровой сеткой* называется

координатная сетка зональной системы плоских прямоугольных координат. Размер квадрата принимают **кратным целому числу километров**. Линии километровой сетки, проведённые с юга на север, параллельны осевому меридиану зоны (т.е. оси  $Ox$ ), а линии, проходящие с запада на восток, параллельны изображению экватора на плоскости проекции (т.е. оси  $Oy$ ). Подписи горизонтальных линий соответствуют расстоянию в километрах от экватора, а вертикальных – их **приведённым ординатам** (первая цифра обозначает номер зоны, а последующие – ординату линии плюс 500 км).

В общем случае на листах карты, не примыкающих к осевому меридиану зоны, вертикальные линии километровой сетки повернуты на западе или востоке относительно **меридианов градусной сетки на величину сближения меридианов**. Если лист карты расположен в западной части зоны, то километровая сетка развёрнута на запад относительно градусной сетки и наоборот.



## 6. Определение прямоугольных координат точки по карте

Прямоугольные координаты точки (X, Y) по карте определяют в квадрате километровой сетки следующим образом:

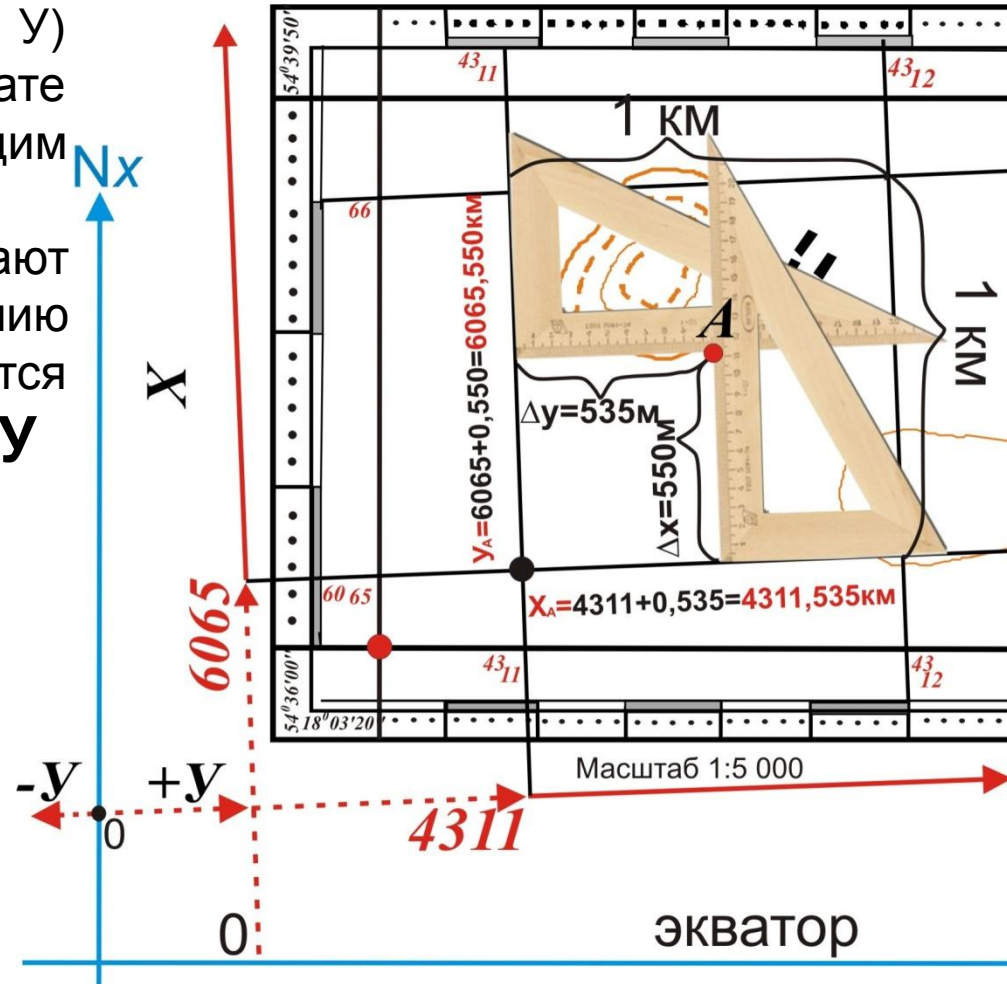
1. При помощи треугольника опускают перпендикуляры из точки А на линию километровой сетки X и Y снимаются значения  $X_A = X_0 + \Delta X$ ;  $Y_A = Y_0 + \Delta Y$

Например, координаты точки А равны:  $X_A = 6065 \text{ км} + 0,55 \text{ км} = 6065,55 \text{ км}$ ;

$Y_A = 4311 \text{ км} + 0,535 \text{ км} = 4311,535 \text{ км}$ .

(координата является приведенной);

Точка А расположена в 4-ой зоне, на что указывает первая цифра координаты у приведенной.



Для получения истинной координаты **Y** необходимо от **Y** приведенной убрать номер зоны и отнять **500 км**.  
 $Y_{A \text{ ист}} = 315,410 \text{ км} - 500 \text{ км} = -184,590 \text{ км}$ .



## 7. Примеры решения задач

**Пример 1.** Определить географические координаты точки с отметкой 158,3 (квадрат 11/68 учебной карты).

$$\varphi_0 = 54^\circ 52' 30'' \quad \Delta\varphi = 10'' + 3''$$

$$\begin{array}{l} 3,1 \text{ см} - 10'' \\ 1 \text{ см} - x'' \end{array} \quad x = \frac{1 \cdot 10}{3,1} = 3,22''$$

$$\varphi = \varphi_0 - \Delta\varphi = 54^\circ 52' 30'' - 10'' - 3'' = 54^\circ 52' 17'' \text{ с.ш.};$$

$$\begin{array}{l} \lambda_0 = 24^\circ 30' 45'' \\ 1,8 \text{ см} - 10'' \\ 1,15 \text{ см} - x'' \end{array} \quad \Delta\lambda = 15'' + 6''$$
$$x = \frac{1,15 \cdot 10}{1,8} = 6,38''$$

При расчётах значения секунд округляют до целых значений.

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = 24^\circ 30' 45'' + 15'' + 6'' = 24^\circ 31' 46'' \text{ в.д.}$$

## 7. Примеры решения задач

**Пример 2.** Определить прямоугольные координаты точки с отметкой 158,3 (квадрат 11/68).

$$X = X_0 + \Delta X = 6068 + 0,38 = 6068,38 \text{ км};$$

$$\Delta X = 3,8 \text{ см} = 0,38 \text{ км}.$$

$$Y = Y_0 + \Delta Y = 5312 - 0,22 = 5311,78 \text{ км}.$$

$$\Delta Y = 2,2 \text{ см} = 0,22 \text{ км}.$$

Значение называется *приведённой ординатой*. Действительное значение ординаты будет

$$Y_{\text{ист.}} = 311,78 - 500 = -188,22 \text{ км}.$$

Точка 158,3 расположена в 5-й зоне, знак «минус» говорит о том, что она находится западнее осевого меридиана.

## 8. Задание к расчетно-графической работе № 3

### Определение географических и прямоугольных координат точек

№ вар.	Задание: Определить географические координаты по известным прямоугольным координатам	Задание: Определение прямоугольные координаты по известным географическим координатам
1	$x = 6058,41$ км $y = -78,17$	$\lambda = 31^{\circ}46'57''$ $\varphi = 54^{\circ}39'47''$
2	$x = 6057,11$ км. $y = -79,28$	$\lambda = 31^{\circ}47'42''$ $\varphi = 54^{\circ}39'53''$
3	$x = 6059,19$ км $y = -78,94$	$\lambda = 31^{\circ}47'11''$ $\varphi = 54^{\circ}38'28''$
4	$x = 6059,04$ км. $y = -77,25$	$\lambda = 31^{\circ}46'59''$ $\varphi = 54^{\circ}38'47''$
5	$x = 6058,75$ км. $y = -79,02$	$\lambda = 31^{\circ}47'04''$ $\varphi = 54^{\circ}37'33''$

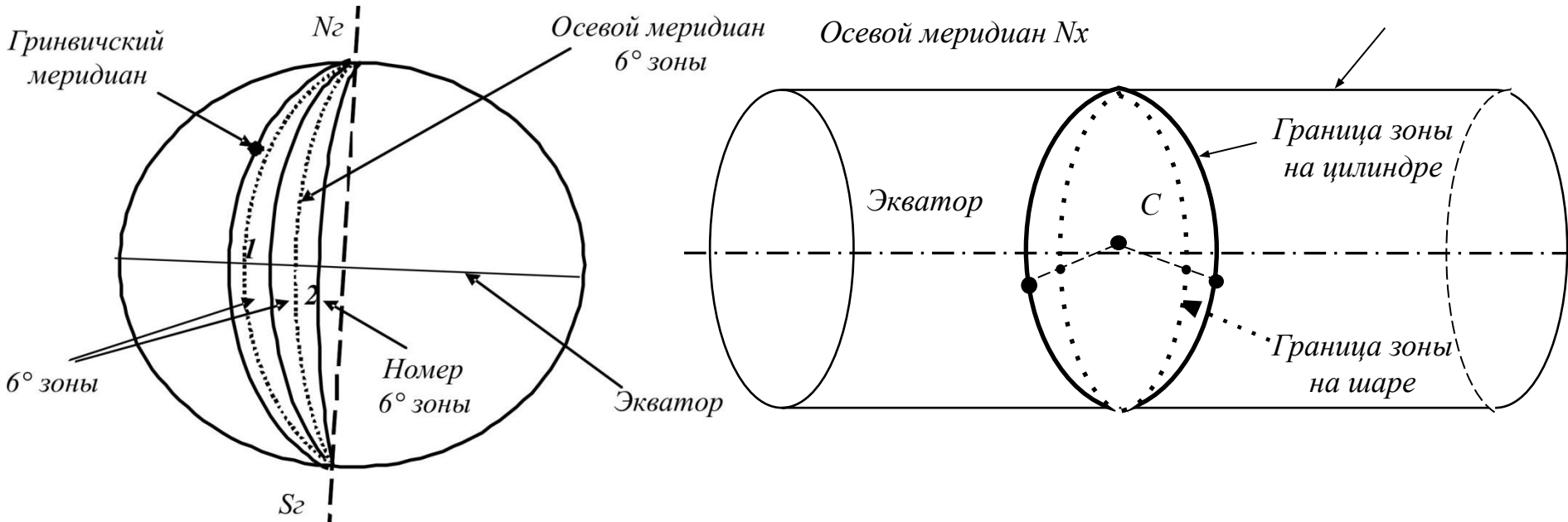
# Список литературы

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Геодезия и топография» для студентов дневного обучения направления 130201 «Геофизические методы поиска и Разведки месторождений полезных ископаемых» и 130202 «Геофизические методы исследования скважин». – Томск: изд. ТПУ, 2006 – 82 с.
2. Основы геодезии и топографии: учебное пособие / В.М. Передерин, Н.В. Чухарева, Н.А. Антропова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. -123 с.
3. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г., Геодезия. – М.: КолосС, 2008. -598с.

# Зональная система плоских прямоугольных координат (проекция Гаусса-Крюгера)

В России проекция Гаусса–Крюгера принята с 1928 г. Сущность проекции заключается в следующем. Поверхность земного шара делят меридианами на зоны в  $6^\circ$  по долготе, начиная от нулевого меридиана, и нумеруют по направлению к востоку, всего зон 60.

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

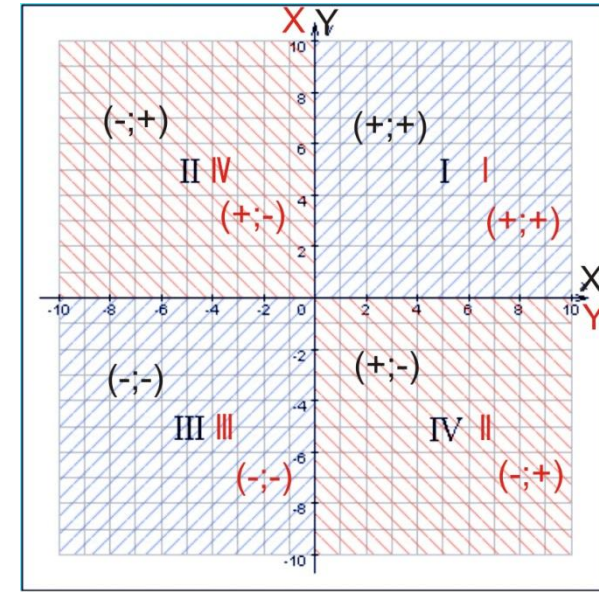


Из центра шара зону проектируют на поверхность цилиндра – при этом углы сферы изобразятся без искажения. Поэтому эту проекцию называют равноугольной, поперечно-цилиндрической. Цилиндр разрезается на две половинки и изображение разворачивают на плоскость. В поперечно-цилиндрической проекции искажения будут в длинах линий: зоны на цилиндре получаются более широкими, чем на шаре. Искажения осевого меридиана не будет, так как он касается поверхности цилиндра, но, чем дальше расположены отрезки дуги от осевого меридиана, тем больше искажения в длинах линий.

# Зональная система плоских прямоугольных координат (проекция Гаусса-Крюгера)

Проекция Гаусса даёт возможность вычислять по прямоугольным координатам географические координаты, и наоборот. В этой проекции за начало отсчета координат в каждой зоне принимается точка пересечения осевого меридиана с линией экватора, которые образуют прямой угол. Они и принимаются за оси координат.

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. В математике применяется левая система координат, 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.



Система координат в математике (черный цвет)  
Геодезии (красный цвет)

Для территории России, расположенной в северном полушарии, абсциссы  $x$  везде положительны, а ординаты  $y$  могут быть и положительными и отрицательными. Например, для точки  $A$ .  $X_A=4700\text{км}$ ,  $Y_A=-300\text{км}$ .

Отрицательные ординаты затрудняют обработку геодезических материалов и отсчет их на карте может не совпадать с направлением отсчета долготы в географической системе. Чтобы избежать этого осевой меридиан и начало отсчета координаты  $y$  переносится на запад из зоны на 500 км, то есть 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.  $Y_A=3200\text{км}$ . Таким образом, ординаты точек получают двойное преобразование и, соответственно, называются преобразованными.

