

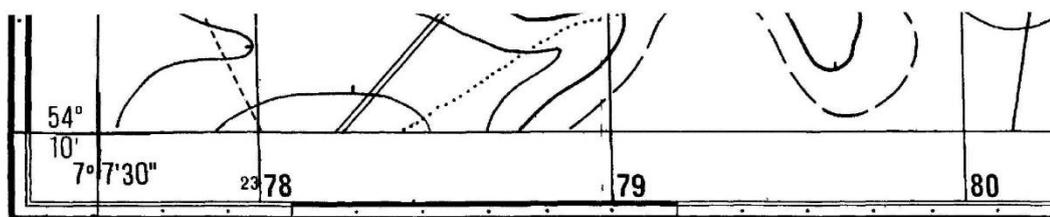
## Лекция 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТИРНЫХ УГЛОВ

### Оглавление

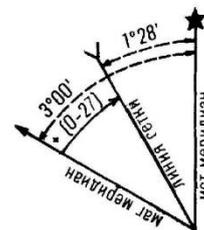
1. Введение ..... 1
2. Ориентирование линий относительно географического и магнитного меридианов ..... 2
3. Магнитное склонение ..... 2
4. Сближение меридианов в географической системе координат..... 6
5. Ориентирование линии относительно осевого меридиана (дирекционный угол)..... 7
6. Сближение меридианов в зональной системе плоских прямоугольных координат ..... 8

### 1. Введение

Ориентировать линию – это значит найти ее направление относительно какого-либо другого направления, принимаемого за исходное. В качестве исходных в геодезии принимают направления *географического меридиана, магнитного меридиана* либо *осевого меридиана шестиградусной зоны* (оси Ох или линии, ей параллельной) [1]. В зависимости от выбранного исходного направления различают ориентирные углы: *географический азимут, магнитный азимут, дирекционный угол, румб*. Обозначение меридианов показано на карте (рис. 3.1.).



Склонение на 1989г западное  $3^{\circ}00'$  (0-50) Среднее сближение меридианов западное  $1^{\circ}28'$  (0-25) При прикладывании буссоли (компас) к вертикальным линиям координатной сетки среднее отклонение магнитной стрелки западное  $1^{\circ}32'$  (0-25) Годовое изменение склонения западное  $0^{\circ}04'$  (0-01) Поправка в дирекционный угол при переходе к магнитному азимуту плюс (0-27)  
Примечание В скобках показаны деления угломера (одно деление угломера =  $3,6'$ )



*Рис. 3.1. Сетка меридианов на карте*

## 2. Ориентирование линий относительно географического и магнитного меридианов

Горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления географического меридиана до ориентируемой линии АВ, называется *географическим азимутом*<sup>1</sup>  $A_{\Gamma}$  линии АВ в точке А (рис. 3.2). Географический азимут изменяется от 0 до 360°. Направление географического меридиана на местности может быть получено из астрономических наблюдений, а также с помощью специальных приборов – гирокомпасов или гиротеодолитов .

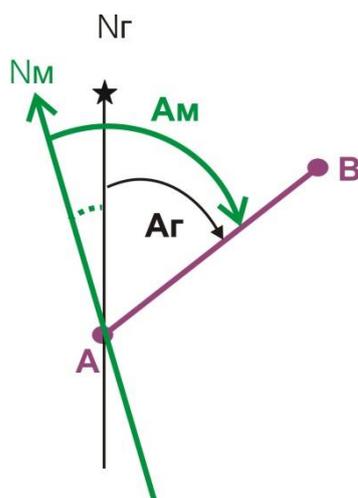


Рис. 3.2. Азимуты географический ( $A_{\Gamma}$ ) и магнитный ( $A_{\text{М}}$ )

Горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана, проходящего через точку А линии АВ до ориентируемого направления, называется *магнитным азимутом*  $A_{\text{М}}$  линии АВ в точке А (рис. 3.2). Магнитный азимут, так же как и географический, может изменяться от 0 до 360° [1]. Направление магнитного меридиана определяется при помощи приборов с магнитной стрелкой (компаса или буссоли). Магнитным меридианом называют направление оси свободно подвешенной стрелки компаса.

## 3. Магнитное склонение

Магнитный меридиан, как правило, не совпадает с географическим в данной точке земной поверхности, образуя с ним некоторый угол

<sup>1</sup> Определение географического азимута по ГОСТ22268-76: двугранный угол между плоскостью меридиана данной точки и вертикальной плоскостью, проходящей в данном направлении, отсчитываемый от направления на север по ходу часовой стрелки.

дельта ( $\delta$ ), называемый *склонением магнитной стрелки* или магнитным склонением [1] (рис. 3.2, 3.3).

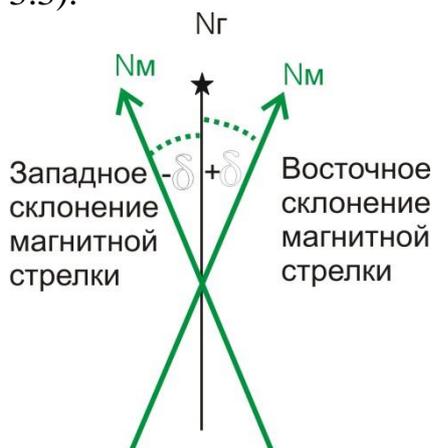


Рис. 3.3. Магнитное склонение

Географические меридианы сходятся в северном и южном *географическом полюсах*, через которые проходит *ось вращения Земли*. Магнитные меридианы сходятся в северном и южном *магнитных полюсах* (рис. 3.4). Прямая, соединяющая магнитные полюса, не совпадает с осью вращения Земли на  $11,5^\circ$  и не проходит через центр вращения Земли [3].

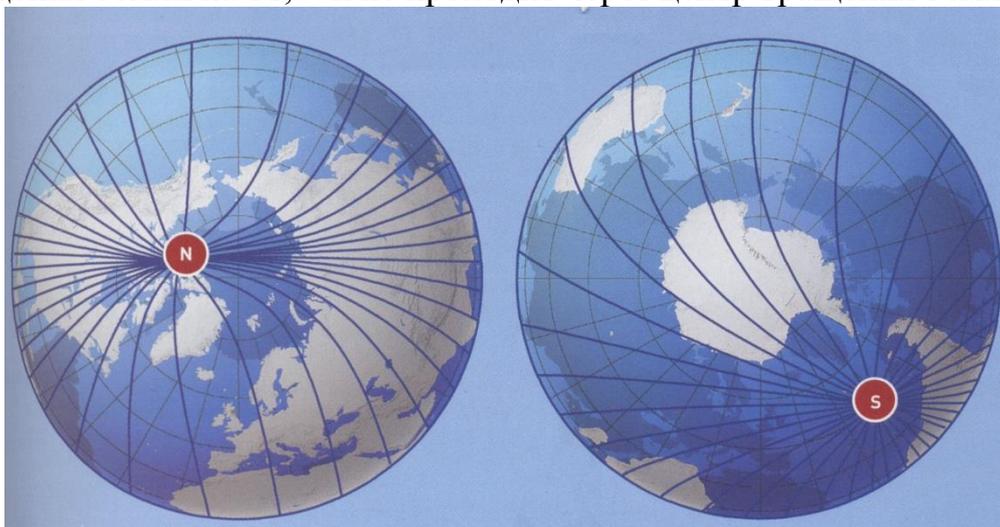


Рис. 3.4. Несовпадение географических и магнитных полюсов

Угол  $\delta$  отсчитывается от географического меридиана до магнитного и может быть восточным (со знаком плюс) и западным (со знаком минус) (рис. 3.3).

Измерив  $A_m$  и зная склонение магнитной стрелки в данной точке, можно рассчитать азимут географический по формуле

$$A_{\Gamma} = A_m + (\pm\delta)^2.$$

<sup>2</sup> Читается: географический азимут направления равен магнитному азимуту плюс

В различных точках земного шара склонение магнитной стрелки имеет разные значения. Так, на территории России его величина изменяется от  $+10,2$  до  $-14,5^\circ$  [1]. В Томске магнитное склонение составило на 10 марта 2020 г.  $8^\circ 38,8'$ , в столице Ирака Багдаде магнитное склонение равно  $4^\circ 46,1'$  на эту же дату (по данным сайта <http://geomag.nrcan.gc.ca/calc/mdcal-eng.php>).<sup>3</sup>

Склонение магнитной стрелки в одной и той же точке существенно изменяется и со временем. Изменения склонения магнитной стрелки бывают нескольких видов [1] (рис. 3.5). При расчёте магнитного склонения на определённую дату по картам учитывают изменение магнитного склонения за год. Так, для Томска годовое изменение магнитного склонения составляет  $0,1'$  на восток, для Багдада  $4,0'$  на восток.

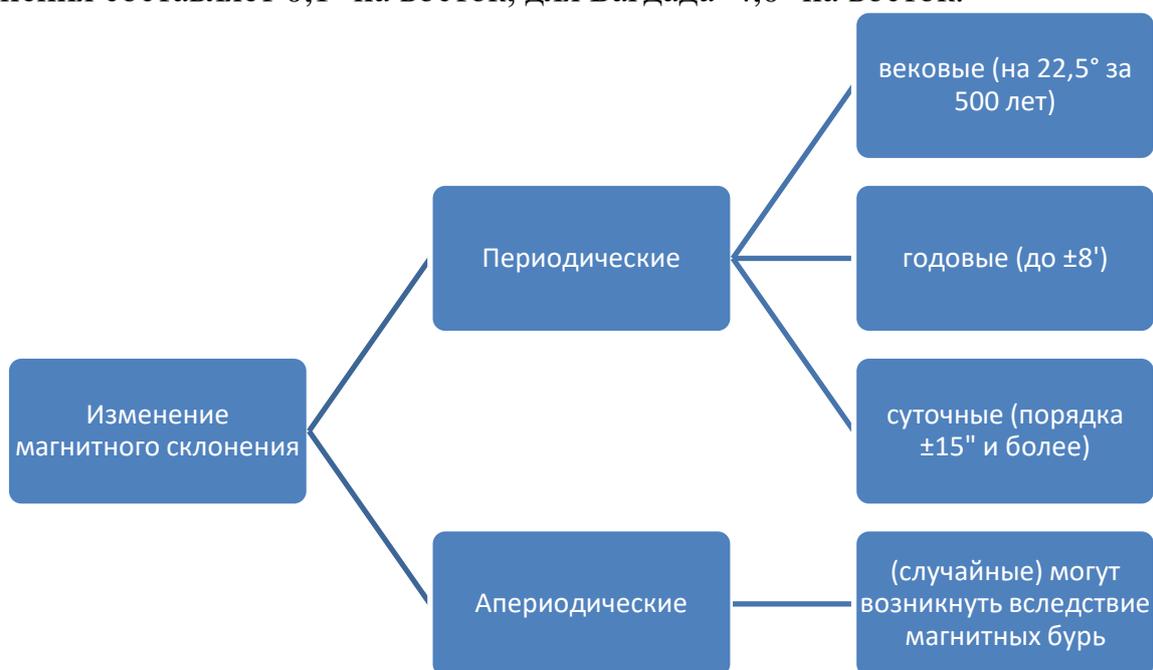


Рис. 3.5. Изменение магнитного склонения во времени

### Изучение магнитного поля Земли

Магнитное поле (МП) Земли относится к разряду очень слабых полей (от  $0,3-0,7$  эрстед от экватора до полюса). Для сравнения: напряжённость магнитного поля защёлки книжного шкафа –  $5-10$  эрстед. Однако это главное геомагнитное поле имеет планетарную природу и существует повсеместно на Земле.

склонение магнитной стрелки со своим знаком.

<sup>3</sup> Калькулятор географических координат <https://snipp.ru/tools/address-coord>

В настоящее время МП на поверхности Земли изучено достаточно подробно. Оказалось, что оно непрерывно меняется. Пространственное распределение МП изучают по магнитным картам, которые составляют в результате наблюдений за МП магнитными обсерваториями, специальными судами и самолётами.

Изменение магнитного поля (напряжённости и магнитного склонения) напрямую связано с давлением солнечного ветра на ионосферу Земли. Магнитная буря (нерегулярное спорадическое возмущение магнитосферы Земли) начинается тогда, когда магнитосфера Земли не в состоянии «отвести» поток высокоэнергетических частиц от Земли. Эти частицы нарушают регулярную структуру околоземных электрических токов, пронизывая ионосферу. В том случае, если скачок давления солнечного ветра не в состоянии пробить магнитосферу, магнитные возмущения (суббури) носят локальный характер. Они часто бывают в северных районах – полярное сияние (рис. 3.6).



*Рис. 3.6. Полярное сияние*

#### 4. Сближение меридианов в географической системе координат

В геодезии принято различать *прямое и обратное направления линии местности*. Если направление линии  $AB$  с точки  $A$  на точку  $B$  (рис. 3.7) считать прямым, то направление  $BA$  будет обратным направлением той же линии [4].

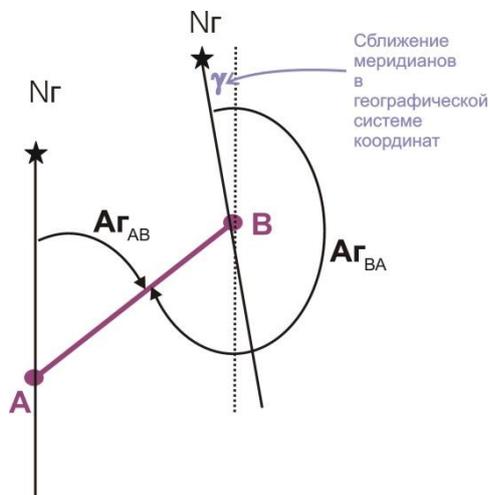


Рис. 3.5. Сближение меридианов в географической системе координат

В соответствии с этим угол  $A_{г\text{AB}}$  является прямым азимутом линии  $AB$  в точке  $A$ , а  $A_{г\text{BA}}$  – обратным азимутом той же линии в точке  $B$ .

Вследствие сферичности Земли меридианы в различных точках, расположенных на одной линии, не параллельны между собой. Поэтому азимут линии в каждой ее точке будет иметь разное значение.

Угол между направлениями географических меридианов в двух точках одной линии называется *сближением меридианов в географической системе координат*.

Зависимость между прямым и обратным азимутами линии  $AB$  определится выражением

$$A_{г\text{BA}} = A_{г\text{AB}} + 180^\circ + \gamma. \quad (1)$$

Однако при расстояниях между точками менее 500 м сближение меридианов составляет менее 30 сек. В геодезической практике такая погрешность определения направлений считается допустимой, сближение меридианов в этом случае можно не учитывать. Тогда выражение (1) можно записать так:

$$A_{г\text{BA}} = A_{г\text{AB}} + 180^\circ. \quad (2)$$

## 5. Ориентирование линии относительно осевого меридиана (дирекционный угол)

В проекции Гаусса – Крюгера для ориентирования линий в пределах каждой зоны за исходное направление линии принимают осевой меридиан, т. е. ось  $Ox$  (рис. 3.8) [1].

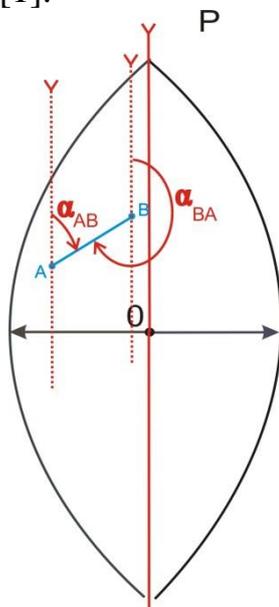


Рис. 3.8. Прямой и обратный дирекционные углы отрезка  $AB$

Угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана, т. е. оси  $Ox$ , либо линии, ей параллельной, до ориентируемой линии, называется *дирекционным углом*<sup>4</sup>  $\alpha$  в т.  $A$  (рис. 3.8). Дирекционные углы, как и азимуты, изменяются от  $0$  до  $360^\circ$  [1].

Дирекционный угол направления  $AB$  в точке  $A$  называется прямым, а того же направления в точке  $B$  – обратным. Из рис. 3.8 следует, что

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ \text{ или } \alpha_{обр} = \alpha_{пр} + 180^\circ,$$

т. е. обратный дирекционный угол направления равен прямому дирекционному углу этого направления плюс  $180^\circ$  (в общем случае плюс–минус).

Поскольку дирекционный угол линии в любой точке этой линии сохраняет свою величину, то ориентирование линий при геодезических расчётах производят через дирекционные углы.

<sup>4</sup> По ГОСТ22268-76 – угол между проходящим через данную точку направлением и линией, параллельной оси абсцисс, отсчитываемый от северного направления оси абсцисс по ходу часовой стрелки.

## 6. Сближение меридианов в зональной системе плоских прямоугольных координат

В пределах шестиградусной зоны направления оси  $Ox$  и географического меридиана совпадают лишь в точке  $K$  отрезка  $AB$  (рис. 3.9); в этом случае дирекционный угол  $\alpha$  отрезка  $AB$  в точке  $K$  равен азимуту  $A_{г.}$  Для всех других точек отрезка  $AB$  географический меридиан не совпадает с направлением, параллельным оси  $Ox$ , и поэтому в этих точках географические азимуты не равны дирекционным углам.

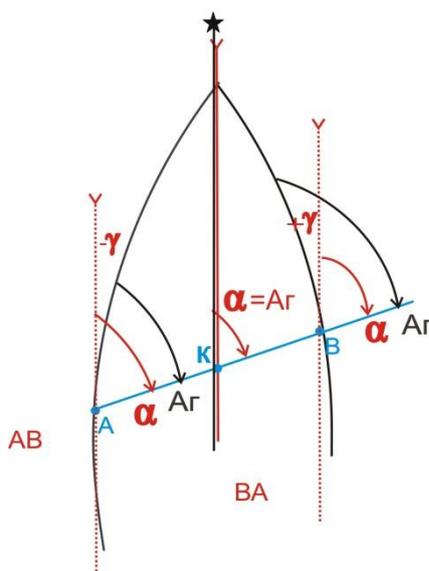


Рис. 3.9. Сближение меридианов

Угол  $\gamma$  между северным направлением географического меридиана и линией, параллельной осевому меридиану (оси  $Ox$ ), есть *сближение* этих меридианов. Сближение меридианов отсчитывается от географического меридиана и может быть восточным (со знаком плюс), если точка расположена в восточной части шестиградусной зоны, и западным (со знаком минус), если точка расположена в западной части зоны (см. рис. 3.9).

Зная азимут географический и сближение меридианов можно вычислить дирекционный угол по формуле:<sup>5</sup>

$$\alpha = A_{г.} - (\pm \gamma).$$

Литература

<sup>5</sup> Формула читается так: дирекционный угол направления равен географическому азимуту минус сближение меридианов со своим знаком.

1. Маслов А. В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: КолосС, 2008. – 598 с.
2. ГОСТ 22268-76. Государственный стандарт Союза ССР. Геодезия. Термины и определения. – Введ. 1981-06-15. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 39 с.
3. Геодезия: учебное пособие для вузов / Поклад Г.Г., Гриднев С.П. - М. : Академический проспект, 2007. - 592 с.
4. Основы геодезии и топографии: учебное пособие / В.М. Передерин, Н.В. Чухарева, Н.А. Антропова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 123 с.
5. Геодезия: Учеб. для вузов / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – М. : Высш. шк., 2006. - 350 с.