

## Лекция № 1. Общие сведения о геодезии и топографии

Геодезия – одна из древнейших наук о Земли. Само название предмета (геодезия – в переводе с греческого «землеразделение») указывает, что геодезия как наука возникла из практических потребностей человечества, связанных с измерением и разделением участков. Современная геодезия является многогранной наукой, решающей сложные научные, научно-технические и инженерные задачи путем специальных измерений, выполняемых при помощи геодезических и других приборов, и последующей математической и графической обработки их результатов.

Геодезию можно определить как науку о методах и технике производства измерений на земной поверхности, выполняемых с целью изучения фигуры Земли, изображения земной поверхности в виде планов, карт и профилей, а также решения различных прикладных задач.

С развитием человеческого общества, с повышением уровня науки и техники меняется и содержание геодезии. В процессе своего развития геодезия разделилась на ряд самостоятельных научных и научно-технических дисциплин:

– *Высшая геодезия* решает задачи по изучению фигуры и размеров Земли и планет, а также по созданию геодезических опорных сетей. При подробном изучении методов решения задач высшей геодезии из нее выделяются в отдельные дисциплины геодезическая астрономия, геодезическая гравиметрия и космическая геодезия.

– *Геодезическая астрономия* занимается вопросами определения исходных данных для опорных геодезических сетей на основе наблюдений небесных светил. *Геодезическая гравиметрия* занимается изучением фигуры Земли путем измерения с помощью специальных приборов силы тяжести в отдельных точках земной поверхности.

– *Космическая (спутниковая) геодезия* изучает геометрические соотношения между точками земной поверхности с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ).

– *Геодезия или топография* изучает вопросы, связанные со съемками сравнительно небольших участков земной поверхности и их детальным изображением в виде планов и карт.

– *Картография* изучает методы и процессы создания изображений значительных территорий земной поверхности в виде карт различного назначения, технологию их производства и размножения.

– *Фототопография* занимается разработкой методов создания планов и карт по фотоснимкам и аэрофотоснимкам местности.

– *Морская геодезия* разрабатывает методы специальных измерений, связанных с картографированием и изучением природных ресурсов дна морей и океанов.

– *Прикладная геодезия* занимается изучением методов геодезических работ, выполняемых при изысканиях, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, монтаже оборудования, а также эксплуатации

природных богатств страны. Прикладная геодезия широко использует методы геодезии, а в отдельных случаях – и свои приемы и средства.

Геодезия опирается на достижения ряда научных дисциплин, в первую очередь *математики, физики и астрономии*. Математика вооружает геодезию средствами анализа и методами обработки результатов измерений. Астрономия обеспечивает геодезию исходными данными для развития геодезических опорных сетей. На основе законов физики рассчитывают геодезические приборы. Успешно используются достижения науки и техники в области *автоматики, телемеханики и радиоэлектроники*, на базе которых конструируются приборы.

Изучением Земли в различных аспектах занимаются *география, геология, геоморфология, гравиметрия и геофизика*. Поэтому совершенно естественна тесная связь геодезии с этими науками. Знание географии обеспечивает правильную трактовку элементов ландшафта, который составляют рельеф, естественный покров земной поверхности (растительность, почвы, моря, реки и т.д.) и результаты деятельности человека (населенные пункты, дороги, сооружения, средства связи и т.д.). Формы рельефа и закономерности их изменения познаются при помощи геологии и геоморфологии. Изучение фигуры Земли связано с исследованиями ее внешнего гравитационного поля, которые невозможно без использования законов и приборов гравиметрии.

Геодезия имеет огромное научное и практическое значение в самых различных сферах экономики нашей страны.

Представление о форме Земли в целом можно получить, если вообразить, что вся планета ограничена поверхностью Мирового океана в спокойном состоянии, непрерывно продолженной под материками. Такая замкнутая поверхность, в каждой своей точке перпендикулярная к отвесной линии, т.е. к направлению действия силы тяжести, называется *уровненной поверхностью*.

Та из уровневых поверхностей, которая совпадает со средним уровнем воды океанов в спокойном состоянии, образует фигуру, которая в геодезии принята за общую фигуру Земли, называемую *геоидом*. Фигура геоида определяется направлением отвесных линий, положение которых зависит от распределения масс в земной коре. Вследствие невозможности определения истинного распределения масс внутри Земли поверхность геоида нельзя представить каким-либо конечным математическим уравнением. Поэтому возникла необходимость замены поверхности геоида математически правильной и возможно ближе подходящей к ней поверхностью. Обычно рассматривают две такие поверхности.

Путем точных геодезических, астрономических и гравиметрических измерений установлено, что по форме поверхность геоида наиболее близко подходит к математической поверхности эллипсоида вращения. Данная поверхность, образованная вращением эллипса вокруг его малой оси называется поверхностью *земного эллипсоида* или *сфериоида*. Размеры земного эллипсоида характеризуются длинами его полуосей  $a$  (большая

полуось) и  $b$  (малая полуось) и полярным сжатием:

$$\alpha = (a - b)/a. \quad (1)$$

Линии сечения поверхности сфEROИда плоскостями, проходящими через ось вращения называются *меридианами* и представляют собой эллипсы. Линии сечения поверхности сфEROИда плоскостями, перпендикулярными к оси вращения, называются *параллелями* и являются окружностями. Параллель, плоскость которой проходит через центр сфEROИда, называется *экватором*.

Изучение фигуры Земли сводится в первую очередь к определению размеров полуосей и сжатия эллипсоида, наилучшим образом подходящего к геоиду и правильно ориентированного в теле Земли. Такой эллипсоид называется *референц-эллипсоидом*. Величины  $a$ ,  $b$ ,  $\alpha$  могут быть определены посредством градусных измерений, которые позволяют вычислить длину дуги меридиана в  $1^\circ$ . Зная величины таких дуг в различных местах меридиана, можно установить форму и размеры Земли.

Размеры земного эллипсоида неоднократно определялись учеными разных стран. До 1946г. в СНГ пользовались эллипсоидом, размеры которого были получены в 1841 г. немецким астрономом Ф.В.Бесселем ( $a=63777\ 397\text{м}$ ,  $b=6\ 356\ 079\text{м}$ ,  $\alpha=1:299,2$ ). Однако эллипсоид Бесселя на территории республики значительно отличает от поверхности геоида.

В 1940г. отечественными учеными под руководством профессора Ф.Н.Красовского и А.А.Изотова были получены размеры эллипсоида, наиболее подходящие для территории республики ( $a=6\ 378\ 242\text{м}$ ,  $b=6\ 356\ 863\text{м}$ ,  $\alpha=1:298,3$ ). Эллипсоид указанных размеров с 1946 г. постановлением правительства принят для геодезических работ в нашей стране и назван эллипсоидом Красовского.

*Определение местоположения точек на земной поверхности. Системы координат и высот, применяемые в геодезии*

Положение точек на земной поверхности может быть определено в различных системах координат.

*Геодезическая система координат.* Система геодезических координат относится к эллипсоиду вращения. Координатными линиями в этой системе являются меридианы и параллели. За начало отсчета в системе координат принимают начальный меридиан  $PM_0P_1$ , проходящий через центр Гринвичской обсерватории на окраине Лондона, и плоскость экватора  $EQ$  в соответствие с рисунком 1а.

Положение всякой точки  $M$  на сфере в этой системе координат определяется углом  $B$ , образованным нормалью  $MO$  с плоскостью экватора и углом  $L$ , составленным плоскостью меридиана  $PMP$ , данной точки с плоскостью начального меридиана.

Угол  $B$ , называемый *геодезической широтой*, отсчитывается от плоскости экватора к северу и к югу от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . Широты точек, расположенных в северном полушарии, называют северными, а в южном – южными. Угол  $L$ , называемый *географической долготой*, отсчитывается от

плоскости начального меридиана, имеют восточные долготы, а западнее – западные.

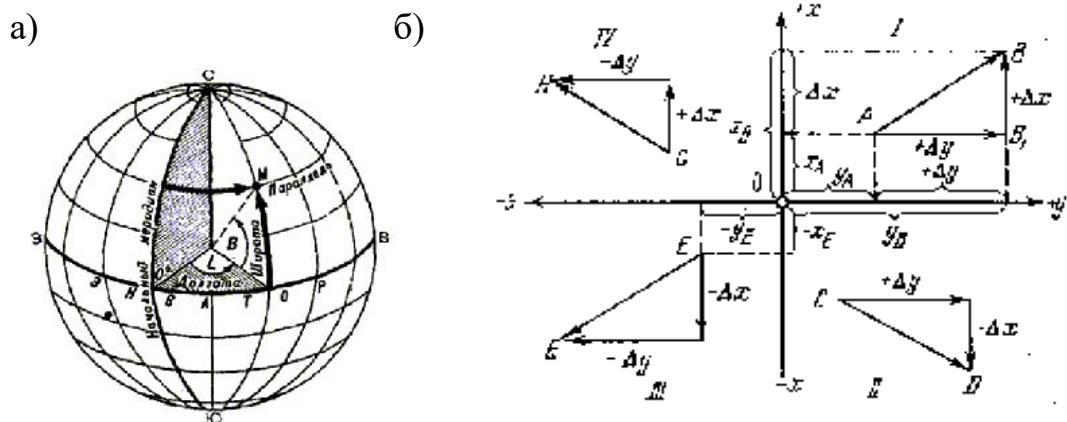


Рисунок 1- Системы координат: а) система геодезических координат; б) система плоских прямоугольных координат

*Плоские прямоугольные координаты.* Геодезические координаты неудобны для практического их использования в инженерных расчетах, как в геодезии, так и в маркшейдерском деле. Если размеры участка земной поверхности позволяет не принимать во внимание сферичность Земли, то при производстве геодезических работ часто применяется условная система плоских прямоугольных координат, начало которой выбирается произвольно.

Элементами данной системы координат являются (рис.1б) ось  $0_x$ , направление которой принимается параллельным истинному, магнитному или осевому меридиану зоны либо произвольным; ось  $0_y$ , перпендикулярная к оси  $0_x$ ; точка *O* – начало координат.

Осями координат горизонтальная плоскость делится на четыре четверти. В отличие от принятой в математике *левой* системы плоских прямоугольных (декартовых) координат в геодезии применяется *правая* система прямоугольных координат, в которой нумерация четвертей ведется по ходу часовой стрелки, начиная с северо-восточной четверти; это позволяет использовать в геодезических вычислениях формулы тригонометрии без каких-либо изменений.

Положение любой точки на плоскости в данной системе определяется координатами  $x, y$ ; их знаки зависят от четверти, в которой находится точка. Координаты точек, например *A* и *B* ( $x_A, y_A$  и  $x_B, y_B$ ) равны соответственно расстояниям от начала координат до проекции этих точек на оси  $0_x$  и  $0_y$ .

Проекции линии *AB* на оси  $0_x$  и  $0_y$  называются приращениями координат и обозначаются  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ . Знаки приращений также зависят от четверти; если направления приращений координат – катетов прямоугольных треугольников – совпадают с положительным направлением координатных осей, то приращения координат будут положительны, если не совпадают, то приращения отрицательны.

Знаки приращений координат по четвертям показаны на рис. 1б.

Если известны координаты  $x_A, y_A$  точки А и приращения координат  $\Delta x, \Delta y$  между точками А и В, то координаты точки В будут равны  $x_B = x_A + \Delta x; y_B = y_A + \Delta y$ .

Данная система координат применяется при горизонтальных съемках и составлении планов местности.

*Зональная система прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.* Чтобы установить связь между геодезическими координатами любой точки Земли и прямоугольными той же точки на плоскости, применяют способ проектирования поверхности земного шара на плоскость по частям, которые называются зонами. При этом весь земной шар делят меридианами на шестиградусные зоны. Счет зон ведется на восток от Гринвичского меридиана.

Прежде чем спроектировать такую зону на плоскость, ее вначале проектируют на поверхность цилиндра, который располагают так, чтобы его ось проходила через центр земного шара и находилась в плоскости земного экватора (рис.2). При этом земной шар должен касаться цилиндра по среднему меридиану данной зоны. После этого цилиндр развертывают на плоскости и получают на ней изображение проекции данной зоны. Такая проекция называется проекцией Гаусса.

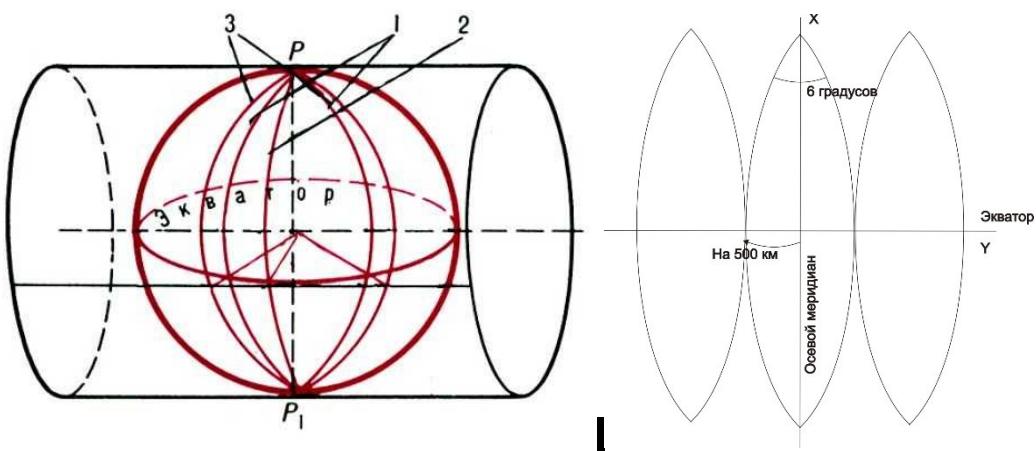


Рисунок 2- Проекция Гаусса – Крюгера : 1 - граничные меридианные зоны; 2 - касательный (осевой) меридиан; 3 - проекции граничных меридианов на касательный цилиндр

В такой системе начало координат для всех зон принимается в точке пересечения осевого меридиана данной зоны с экватором. Координаты являются соответственно осью абсцисс и осью ординат. Точка А<sub>1</sub> будут иметь координаты: абсциссу  $x_a$  и ординату  $y_a$ .

Так как территория республики расположена в северном полушарии, то все абсциссы для всех ее точек положительны. Чтобы избежать отрицательных значений ординат, ординату осевого меридиана зоны принимают не за нуль, а за 500км, т.е. начало координат в каждой зоне перемещают на запад на 500км. При этом принята следующая система записи ординат: например, запись 7 382 000 указывает на то, что точка находится в седьмой зоне и ее ордината равна –

118 000 м (382 000-500 000).

*Полярная система координат.* В полярной системе координат положение любой точки  $A$  на плоскости определяется радиусом –вектором  $r$ , исходящим из точки  $O$ , называемой полюсом, и углом  $\beta$ , отсчитываемым по ходу часовой стрелки от линии  $OX$ - полярной оси – до радиуса-вектора. Если положение точки  $M$  определяется от двух полюсов –система координат называется биполярной (рис.3).

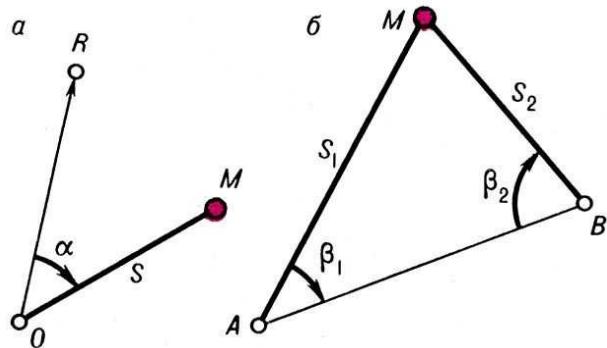


Рисунок 3 - Координаты точки  $M$  на плоскости: а) полярные; б) биполярные

*Абсолютные и условные высоты.* Спроектируем точку  $A$  физической поверхности Земли по направлению отвесной линии на уровенную поверхность. Высота  $H_A$  этой точки, измеряемая от уровня моря, называется *абсолютной*, а  $H'$ , измеряемая от произвольной уровенной поверхности - *условной* (рис. 4). *Относительной* высотой точки или *превышением* называется высота ее над другой точкой земной поверхности; она обозначается через  $h$ . Например, превышение точки  $A$  над точкой  $B$  составит:  $h_A = H_A - H_B$ . Для определения высоты уровня моря на его берегу надежно закрепляет в вертикальном положении рейку, с делениями – *футшток* и периодически фиксируют уровень моря относительно этой рейки.

В Республике Казахстан высоты точек физической поверхности Земли приведены к нулю *Кронштадтского футштока* (чертка на медной доске, установленной в гранитном устое моста через Обводной канал в Кронштадте).

Числовое значение высот точек называют *отметками*.

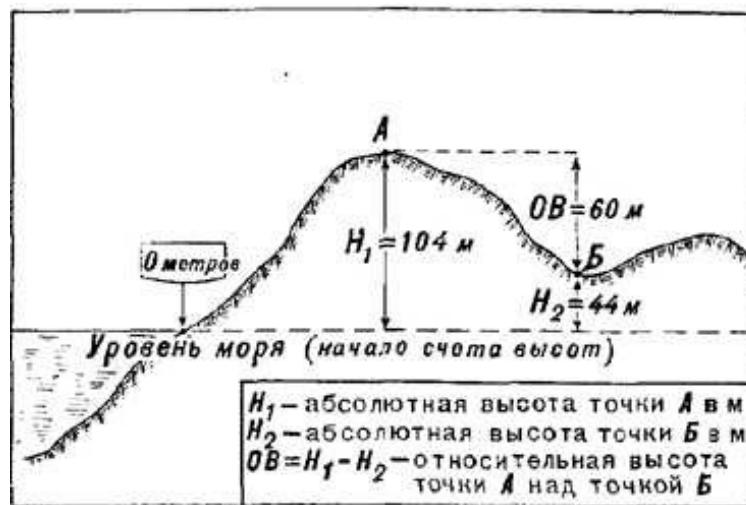


Рисунок 4- Системы высот

**Контрольные вопросы:**

- 1) Задачи геодезии.
- 2) Роль геодезии в научных исследованиях, в землеустройстве, в маркшейдерском деле, строительстве, обороне страны.
- 3) Общие сведения о фигуре Земли. Влияние Земли на результаты измерений.
- 4) Что мы называем уровенной поверхностью, геоидом?
- 5) Что называется референц-эллипсоидом?