**Лекция № 1**

**Тема: Введение. Форма и размеры Земли.**

*Введение.*

* 1. *Предмет топографии с основами геодезии. Цели и задачи топографии.*
  2. *Краткие сведения из истории развития топографии и геодезии.*
  3. *Свойства и основные элементы географической карты.*
  4. *Форма и размеры Земли.*

ТОПОГРАФИЯ—наука, изучающая земную поверхность. Её целью данной науки является создание топографических карт местности (топо - место, графия – описание).

В задачу топографии входят:

1. Измерение длин линий, углов на поверхности земли, под землёй, над землёй.

2. Вычислительная обработка результатов измерений.

3. Графическое построение и оформление карт, планов.

4. Использование результатов измерений, графических построений при решении задач промышленности, сельского хозяйства, строительства, научных исследований.

Геодезия и топография являются дисциплинами, изучающие вопросы, связанные со съемками сравнительно небольших участков земной поверхности и их детальным изображением в виде планов и карт. Раздельные их определения следующие:

а) Геодезия - наука о методах и технике производства измерений на земной поверхности, выполняемых с целью изучения фигуры и размеры Земли, разрабатывающая методы создания координатных систем для детального изучения земной поверхности и изображения земной поверхности в виде планов, карт и профилей, а также решения различных прикладных задач.

б) Топография - наука, разрабатывающая географические и геометрические методы изучения местности с целью создания на этой основе крупномасштабных (топографических) карт.

Основной метод изучения земной поверхности в геодезии и топографии - топографическая съемка, которая включает комплекс измерительных, вычислительных и графических работ. Основные измерения - линейные, угловые и превышение между точками земной поверхности. Координатные системы, используемые для указания взаимного расположения элементов (точек) земной поверхности, позволяет определить их *плановое* (т.е. местонахождение **на** какой-либо поверхности) и *высотное* (т.е. расположение **над** исходной поверхностью) положение.

Топографическая карта представляет собой уменьшенное обобщенное изображение местности, показывающее ее элементы с помощью системы условных знаков. Она создается по определенным математическим законам, сводящим к минимуму искажения, неизбежно возникающие при изображения земной поверхности на плоскости, и обеспечивающим максимальную ее точность по сравнению с картами других типов.

Отличительные особенности топографической карты обуславливают следующее стандартное определение: ***топографическая карта - это подробная карта местности, позволяющая определять как плановое, так и высотное положение точек***.

Геодезия играет важную роль в решении многих задач хозяйства страны: при изысканиях, проектировании и строительстве самых различных сооружений, при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых, при планировке, озеленении и благоустройстве населенных пунктов, землеустройстве, осушении и орошении земель, при наблюдениях за деформациями сооружений и т.д.

Большое значение имеют результаты топографо-геодезических работ в сельском хозяйстве. Планы, карты, профили и цифровые модели местности используются для отвода земельных участков, уточнения и изменения границ землепользований, внутрихозяйственной организации территорий сельскохозяйственных предприятий, проведения почвенных, геоботанических и других обследований и изысканий, проектирования и вынесения в натуру проектов сельскохозяйственных объектов и решения других задач.

В своем развитии 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 геодезические приборы и инструменты.

Изучением Земли в различных аспектах занимаются география, геология, геоморфология, гравиметрия и геофизика. Применение в геодезии фотоснимков требует знания фотографии. Для качественного графического оформления планов, карт и профилей, чертежей при землеустроительном проектировании необходимо изучение правил и приемов топографического черчения.

**1.2 Краткие сведения из истории развития топографии и геодезии.**

Необходимость проведения геодезических работ возникла у человечества в глубокой древности. Народы Индии, Греции, Египта вели геодезические работы в целях строительства каналов, возведения сооружений, деления земли на участки за несколько тысячелетий до нашей эры. *Геодезия* в переводе с греческого—землеразделение.

В YI в. до н.э. халдейские жрецы пришли к выводу о шарообразности Земли (по лунным затмениям). Пифагор и Аристотель подтвердили и определили длину окружности Земли. Эратосфен (276—194 г до н.э.) получил подтверждение размеров земного шара и вычислил R=6320 км.

В ХYIII в. Ньютон доказал, что Земля сплюснута и представляет эллипсоид вращения. В 1792-1797 гг. Законодательное собрание Франции постановило определить длину дуги меридиана Дюнкерн-Амьен-Париж-Родез с целью установить новую меру длины, исходя из окружности Земли. Такая мера была названа МЕТР ==1/40000000 парижского меридиана и служит основанием для метрической системы мер. В качестве эталона МЕТРА принято расстояние между штрихами на платиновом стержне, хранящемся в Международном бюро мер и весов в Париже. Для стран мира изготовлена 31 копия эталона метра. В качестве эталона более высокой точности в настоящее время служит метр, определённый как длина пути, пройденного светом за 1/299792548 доли секунды. В ХIХ в. доказано, что Земля не имеет формы правильного эллипсоида вращения, а постоянно изменяется в связи с перераспределением земных масс внутри земли, что связано со скоростью вращения и наклоном оси вращения Земли.

В 1739 г. был учрежден Географический департамент Петербуржской академии наук, занимавшийся работами по составлению карт страны. В 1758-1763 гг. им руководил М. В. Ломоносов. В 1822 г. основан Корпус военных топографов, выполняющий геодезические, топографические, картографические работы военного и общегосударственного назначения. В ХIХ в. геодезические работы проводились под руководством русских учёных-геодезистов К. Н. Теннера, В. Я. Струве, Ф. Ф. Шуберта и др.

В 1919 г. издан декрет об учреждении Высшего геодезического управления, который руководил всеми топогеодезическими работами в стране. С 1927 г. быстро развивается аэрофотосъёмка и начинаются планомерные работы по картографированию нашей территории. В 1928 г. был создан Государственный институт геодезии и картографии /ЦНИИГАиК/. Директор этого института профессор Ф.Н. Красовский предложил программу построения государственной триангуляционной сети в целях введения единой системы координат на всю территорию страны.

В 1932 г. профессор Ф. Н. Дробышев изобрел стереометр, который позволил закончить картографирование страны в 50-х гг. ХХ в. в масштабе 1:100 000.

В 1938 г.был реконструирован завод «Аэрогеоприбор», выпускающий высокоточные теодолиты, нивелиры, рейки, АФА.

В 1942 г. профессора Ф. Н. Красовский и А. И. Изотов определили размеры референц-эллипсоида применительно к нашей стране (эллипсоид Красовского), а в 1946 г. введена единая система координат и высот на всю нашу территорию. Во время Великой Отечественной войны проводилось картографирование Казахстана, Средней Азии, Сибири.

В настоящее время завершено уравнивание астрономо-геодезической сети страны, картографирование страны в масштабе 1:25000, обновлены карты масштаба 1:50000—1:1000000. Выполняется топографическая съёмка шельфа, рельефа дна морей, озёр, водохранилищ. Развивается космическая геодезия, выполняется тематическое картографирование некоторых территорий по материалам космических съёмок. Продолжаются теоретические работы по уточнению фигуры, размеров и гравитационного поля Земли, изучение во времени её геофизических параметров.

* 1. **Форма и размеры Земли**

Для решения геодезических задач надо знать форму и размеры Земли. Земля является геометрическим телом сложной формы, которую нельзя выразить математической формулой. Поэтому введено понятие *уровенная поверхность.*

Уровенной поверхностью называется выпуклая поверхность, перпендикулярная к направлению силы тяжести в каждой точке. Её можно провести через любую точку на физической поверхности земли, под землёй, над землёй (рис. 1).



Рисунок 1

За земную поверхность принята форма Земли, названная *геоидом* (уровенная поверхность, которая в каждой точке нормальна к направлению силы тяжести, или горизонтальна в каждой своей точке), т.е. поверхность мирового океана, мысленно продолженная под сушей. Поверхность геоида сложная и не выражается математической поверхностью, её нельзя выразить и математической формулой.

Исследования Земли показали, что она сплюснута у полюсов, поэтому за математическую поверхность принимается поверхность эллипсоида вращения, т.е. тела, получающегося от вращения эллипса вокруг его малой оси (рис. 2), который по форме подходит к форме геоида.



Рисунок 2

Размеры эллипсоида вращения характеризуются длиной большой полуоси *а*,

малой полуоси *в* и «сжатием» α,

где α=(*а*-*в)*/*а.*

Изучение фигуры математической поверхности Земли сводится к определению размеров *а,в*,α эллипсоида вращения, который наиболее подходит к геоиду и определённым образом ориентирован в теле Земли. Такой эллипсоид называется *референц – эллипсоидом.*

Референц - эллипсоид - это эллипсоид, принятый для обработки геодезических измерений и определения геодезических координат. Для картографических работ для нашей страны принят референц-эллипсоид, названный эллипсоидом Красовского, размеры которого подтвердили наши и американские ученые при наблюдении за движением искусственных спутников Земли.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| исследователь | Год | *а* | *в* | α |
| Деламбр | 1800 | 6375653 | 6356564 | 1:334,0 |
| Вальбек | 1819 | 6376896 | 6355833 | 1:302,8 |
| Бессель | 1841 | 6377397 | 6356079 | 1:299,2 |
| Кларк | 1880 | 6378249 | 6356615 | 1:293,5 |
| Жданов | 1893 | 6377717 | 6356433 | 1:299,6 |
| Хейфорд | 1909 | 6378388 | 6356912 | 1:297,0 |
| Красовский | 1940 | 6378245 | 6356863 | 1:298,3 |

Для каждой страны принят свой эллипсоид вращения, характеризую-щийся своими данными а, в, α. Принятые для нашей страны формы Земли - эллипсоид Красовского и геоид - отличаются по размерам друг от друга не более чем на 100—150 метров.

Для приближенных расчётов поверхность Земли принимается за сферу /шар/ со средним радиусом 6371 км (или его округляют до 6400 км).

В настоящее время основные геометрические параметры общеземного эллипсоида определяются более точными методами с использованием искусственных спутников Земли. Для сравнения в табл. 2.1 приведены размеры земного эллипсоида, определенные Бесселем, Красовским и в глобальной геоцентрической системе координат WGS – 84 (World Geodetic System 1984).

*Таблица 2.1.*

Размеры земного эллипсоида

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Автор | Годы | Размеры земного эллипсоида | | |
| *а, м* | *b*, м | α |
| Бессель | 1841 | 6 377 397 | 6 356 079 | 1:299,15 |
| Красовский | 1940 | 6 378 245 | 6 356 863 | 1:298,3 |
| WGS - 84 | 1984 | 6 378 137 | 6 356 752 | 1: 298,257 |

**1.4 Понятие о методах определения фигуры и размеров Земли.**

**Астрономо-геодезический метод**. Определение фигуры и размеров Земли основано на использовании градусных измерений, суть которых сводится к определению линейной величины одного градуса меридиана и параллели на разных широтах. Однако непосредственные линейные измерения значительной протяженности на земной поверхности затруднены, ее неровности существенно снижают точность работ.

**Метод триангуляции.** Высокая точность измерения значительных по протяженности расстояний обеспечивается применением метода триангуляции, разработанного голландским ученым В. Снеллиусом (1580 - 1626).

Триангуляционные работы для определения дуг меридианов и параллелей проводились учеными разных стран. Еще в XVIII веке было установлено, что один градус дуги меридиана у полюса длиннее чем у экватора (на экваторе длина дуги меридиана в 1º равна 110,6 км, а на полюсе – 111,7 км). Такие параметры характерны для эллипсоида, сжатого у полюсов. Этим подтверждалась гипотеза И.Ньютона (1643 - 1727) о том, что Земля в соответствии с законами гидродинамики должна иметь форму эллипсоида вращения, сплюснутого у полюсов.

Большое значение имели градусные измерения, проведенные при участии Ж.Деламбра. По результатам этих измерении 1/1 000 000 часть четверти Парижского меридиана была принята за единицу длины метрической системы мер – один метр (1 м).

В 1848 – 1852 гг. под руководством русских геодезистов К.И.Теннера и В.Я.Струве была измерена дуга меридиана между Фуленесом (Норвегия) и устьем Дуная протяженностью 25º20'. Работа – выдающаяся для своего времени.

**Геофизический (гравиметрический) метод.** Он основан на измерении величин, характеризующих земное поле силы тяжести, и их распределение на поверхности Земли. Преимущество этого метода в том, что его можно применять на акваториях морей и океанов, т.е. там, где возможности астрономо-геодезического способа ограничены. Данные измерений потенциала силы тяжести, выполненные на поверхности планеты, позволяют вычислить сжатие Земли с большой точностью, чем астрономо-геодезическим методом.

Начало гравиметрическим наблюдениям было положено в 1743 году французским ученым А.Клеро (1713 - 1765). Он предположил, что поверхность Земли имеет вид сфероида, т.е. фигуры, которую приняла бы Земля, находясь в состоянии гидростатического равновесия под влиянием только сил взаимного тяготения ее частиц и центробежной силы вращения около неизменной оси. А.Клеро предположил также, что тело Земли состоит из сфероидальных слоев с общим центром, плотность которых возрастает к центру. В результате он получил формулу для вычисления ускорения силы тяжести в любой точке Земли:

**gφ = gэ (1 – sin2 φ) (1)**

где, **gφ, gэ, gп** – ускорение силы тяжести, соответственно, на определенной широте **φ,** на экваторе и на полюсе.

Если в формулу (2.1) подставить числовые значения **gэ,** и **gп** полученные путем измерений, то формула (2.1) приобретает вид

**gφ = 978,030 (1 – 0,005302 sin2 φ) (2)**

**Космический метод.** Развитие космического метода изучения Земли связано с освоением космического пространства. Перед геодезией были поставлены новые задачи, связанные с бурным освоением космонавтики. В их числе – наблюдение за ИСЗ на орбите и определение их пространственных координат в заданный момент времени. Выявленные отклонения реальных орбит ИСЗ от предвычисленных, вызванных неравномерным распределением масс в земной коре, позволяет уточнить представления о гравитационном поле Земли и в конечном результате о ее фигуре.