

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ  
«БРЮХОВЕЦКИЙ АГРАРНЫЙ КОЛЛЕДЖ»

Курс лекций

по ОП.03 Основы геодезии и картографии, топографическая графика

*специальность 21.02.19 Землеустройство*

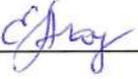


Рассмотрено

УМО 3 и МЭОСГ

Протокол № 4 от «10» 11 2024г.

Председатель УМО

 \_\_\_\_\_ Е.Н. Агаркова

Организация-разработчик: Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Краснодарского края «Брюховецкий аграрный колледж»

Разработчик:  \_\_\_\_\_ Зубрилова А.О., преподаватель специальных дисциплин, ГБПОУ КК «БАК»

## СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1 - Предмет и задачи геодезии.	5
Тема 2 - Предмет и задачи картографии	7
Тема 3 - Основные понятия: геодезии, картографии, пространственные объекты, пространственные данные, масштаб, систем координат.	10
Тема 4 - Геодезические и картографические работы.	13
Тема 5 - История развития геодезических и картографических работ в России.	15
Тема 6 - Научное и практическое значение геодезии.	17
Тема 7 - Научное и практическое значение картографии.	20
Тема 8 - Роль геодезии и картографии в развитии цифровой экономики России.	23
Тема 9 - Понятие о форме и развитии Земли. Геоид, эллипсоид, референц.	28
Тема 10 - Определение положения точек земной поверхности, системы координат, применяемые в геодезии, географическая, прямоугольная, полярная.	31
Тема 11 - Система высот точек земной поверхности.	32
Тема 12 - Метод проекции. Картографическая проекция. Проекция Гаусса-Крюгера.	34
Тема 13 - Зональная система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера. Балтийская система высот.	36
Тема 14 - Государственные системы координат, систем высот гравиметрическая система.	37
Тема 15 - Классификация карт: топографические карты и планы, специальные карты и планы, тематические карты и планы, иные карты и планы.	40
Тема 16 - Классификация и назначение топографических карт и планов.	42
Тема 17 - Понятие о масштабах. Виды масштабов: численный, линейный и поперечный.	45
Тема 18 - Точность масштаба, предельная точность масштаба. Государственный масштабный ряд топографических карт, карта и план.	47
Тема 19 - Основные формы рельефа, его характерные линии и точки. Форма и крутизна скатов.	49
Тема 20 - Горизонтали и их свойства.	51
Тема 21 - Высота сечения, заложил горизонталей. Подписи горизонталей, полугоризонталей, бергштрихи.	53
Тема 22 - Единая электронная картографическая основа. Фонды	54

пространственных данных.

Тема 23 - Условные знаки и их классификация.	55
Тема 24 - Изображение на картах и планах разных масштабов населенных пунктов.	57
Тема 25 - Изображение на картах и планах дорожной сети.	59
Тема 26 - Изображение на картах и планах гидрографии и растительности.	61
Тема 27 - Картографические шрифты.	62
Тема 28 - Классификация и индексация шрифтов.	64
Тема 29 - Истинный, магнитный и осевой меридианы.	67
Тема 30 - Склонение магнитной стрелки и сближение меридианов.	69
Тема 31 - Азимуты, дирекционные углы, румбы.	70
Тема 32 - Связь между различными видами ориентирующими углов.	72
Тема 33 - Прямая и обратная геодезические задачи.	75
Тема 34 - Невязки приращений координат.	76
Тема 35 - Невязка периметра замкнутого полигона.	77
Тема 36 - Увязка приращений и вычисление координат.	78
Список литературы	81

## ТЕМА 1 - ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ГЕОДЕЗИИ.

- 1. Понятие о геодезии**
- 2. Какие задачи решает геодезия**
- 3. Значение геодезии**

**1. Понятие о геодезии** — это наука о производстве измерений на местности, о форме и размерах Земли, способах изображения ее и объектов на ней находящихся на планах, картах, фотопланах, а также в виде трехмерных и цифровых моделей. Геодезия возникла в глубокой древности в связи с потребностью выполнения строительных, сельскохозяйственных и др. работ.

Геодезия имеет широкое применение в различных областях науки и производственной деятельности. В настоящее время значимость геодезии существенно возросла в связи с проведением высокотехнологичных работ требующих точной информации и широкого применения цифровых технологий.

В связи с многообразием решаемых проблем геодезия подразделяется на ряд дисциплин: высшая геодезия, топография, фотограмметрия, архитектурная фотограмметрия, инженерная геодезия и др. Высшая геодезия определяет размеры и форму Земли, рассматривает методы и средства создания геодезических сетей. Топография занимается съемкой местности для создания карт, планов, цифровых моделей местности.

Фотограмметрия разрабатывает приемы и методы обработки аэрокосмических и наземных снимков с целью получения точной метрической информации, а также решения задач мониторинга. Архитектурная фотограмметрия решает проблемы обмеров и исследований памятников архитектуры, а также фотограмметрической съемки центров исторических городов. Инженерная геодезия изучает комплекс геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различных сооружений.

### **2. Какие задачи решает геодезия**

Геодезия является наукой, которая рассматривает методы и варианты измерений определенных участков земной поверхности. Применение данных приемов позволяет установить форму и параметры земли, осуществить качественную съемку объекта и его составляющих сегментов. Таким образом, владелец актива сможет расположить на нем различные сооружения.

Фундаментальными задачами геодезии являются две ветки: научная и прикладная. Выявление форм и параметров Земли, уровень развития гравитационного поля и ориентирование в космическом пространстве позволяет эффективно реализовывать научные изыскания.

Опытные ученые и специалисты сходятся во мнении, что геодезия обязана выполнять следующие задачи:

- определять фигуру и конкретные размеры гравитационного поля;
- формирование единой системы координат;
- проведение измерений на поверхности;
- фиксация графических изображений на топографических картах.

### **Основные задачи геодезии**

- определение фигуры и размеров Земли;
- распространение единой системы координат на территорию отдельного государства, континента и всей Земли в целом;
- выполнение измерений на поверхности земли;
- изображение участков поверхности земли на топографических картах и планах;
- изучение как локальных, так и массовых смещений грунта под действием ряда экзогенных процессов и природных явлений;
- изучение движения ледников, живых организмов;
- изучение смещения зданий и других техногенных объектов в ходе их эксплуатации;
- изучение сейсмической активности, активности поверхностных и глубинных разломов и вулканов;
- изучение смещений литосферных плит.

### **3. Значение геодезии**

Применение геодезических данных в науке и технике может быть различным. Например, геодезические данные используются для создания карт и планов, для проектирования и строительства зданий, мостов и дорог, для изучения геологических процессов, для контроля за перемещением земной коры и т.д.

Геодезия используется в различных сферах экономики и науки. Например, геодезические услуги используются в строительстве и архитектуре для создания проектов зданий, мостов, дорог и других сооружений. Геодезия также используется в горнодобывающей и нефтегазовой отраслях для измерения параметров месторождений и планирования добычи полезных ископаемых.

Роль геодезии в строительстве и архитектуре заключается в том, что геодезические данные используются для создания проектов зданий, мостов, дорог и других сооружений. Геодезисты проводят геодезические съемки на местности, измеряют расстояния, углы и высоты, создают цифровые модели местности и карты. Эти данные используются архитекторами и инженерами для создания проектов сооружений.

Примеры применения геодезии в горнодобывающей и нефтегазовой отраслях включают в себя измерение параметров месторождений, планирование добычи полезных ископаемых, контроль за перемещением земной коры и т.д. Геодезисты проводят геодезические съемки на местности, измеряют расстояния, углы и высоты, создают цифровые модели местности и

карты. Эти данные используются горняками и нефтегазовиками для планирования добычи полезных ископаемых и контроля за перемещением земной коры.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Что такое геодезия?**
- 2. Какие вопросы решает геодезия?**
- 3. Какое значение имеет геодезия в жизни человека?**

## **ТЕМА 2 – ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ КАРТОГРАФИИ.**

- 1. Определение картографии и ее разделы**
- 2. Задачи картографии**
- 3. Применение картографии**

### **1. Определение картографии и ее разделы**

Картография - наука о географических картах, о методах их создания и использования. Это наиболее распространённое определение К. отражает её технические аспекты. Между тем современный взгляд на географические карты как наглядные образно-знаковые модели пространства приводит к более строгому определению предмета и метода картографии. К. — наука об отображении и исследовании пространственного размещения, сочетаний и взаимосвязей явлений природы и общества (и их изменений во времени) посредством картографических изображений, воспроизводящих те или иные стороны действительности. Это определение включает в круг интересов К. карты небесных тел и звёздного неба, а также глобусы, рельефные карты и другие пространственные модели в картографических знаках.

Таким образом, картография существует в трех формах:

- наука об отображении и познании явлений природы и общества посредством карт;
- область техники и технологии создания и использования карто-графических произведений;
- отрасль производства, выпускающая картографическую продукцию (карты, атласы, глобусы и др.).

### **Основные картографические дисциплины, или разделы картографии:**

— Общая теория картографии— изучает общие проблемы, предмет и метод картографии как науки, вопросы методологии создания и использования карт. Основные разработки по теории картографии выполняются в рамках картоведения — общего учения о картографических произведениях.

— История картографии— изучает историю идей, представлений, методов картографии, развитие картографического производства, а также старые картографические произведения.

— Математическая картография— дисциплина, изучающая математическую основу карт. В ней разрабатываются теория и методы создания картографических проекций, анализируются распределение искажений в них, построение картографических сеток с заданными условиями.

— Проектирование и составление карт— изучает и разрабатывает методы и технологии лабораторного (камерального) изготовления и редактирования карт. В свою очередь, подразделяется на несколько больших разделов, посвященных общим вопросам, проектированию и составлению карт общегеографических, природы, социально-экономических, экологических и т. д.

— Картографическая семиотика— разрабатывает язык карты, теорию и методы построения систем картографических знаков, правила их использования. В рамках картографической семиотики выделяют три раздела: картографическую синтактику, семантику и прагматику, которые изучают соотношения знаков между собой, их связь с отображаемыми объектами, особенности восприятия читателями, информационную ценность знаков и т. п.

— Оформление карт (картографический дизайн)— изучает теорию и методы художественного проектирования картографических произведений, их штрихового и красочного оформления, в том числе средствами компьютерной графики.

— Экономика и организация картографического производства — раздел на стыке картографии и экономики, в рамках которого изучаются проблемы оптимальной организации и планирования производства, использования картографического оборудования, материалов, трудовых ресурсов, повышения производительности труда и экономической эффективности.

— Издание карт— техническая дисциплина, разрабатывающая технологию печатания карт, атласов и другой картографической продукции.

— Использование карт— разрабатывает теорию и методы применения картографических произведений (карт, атласов, глобусов и др.) в различных сферах практической, научной, культурной, образовательной деятельности. Основу этой дисциплины составляет картографический метод

исследования — метод использования карт для познания изображенных на них явлений.

— Картографическое источниковедение— изучает и разрабатывает методы оценки и систематизации картографических источников (карт, снимков, статистических данных и других документов), используемых для составления карт.

— Картографическая информатика— изучает и разрабатывает методы сбора, систематизации и предоставления потребителям информации о картографических произведениях и источниках. Раздел, занимающийся систематизацией изданных карт и атласов, составлением указателей, списков, обзоров, называется картобиблиографией.

— Картографическая топонимика— изучает географические названия, их смысловое значение с точки зрения правильной передачи на картах. В задачи этой дисциплины входит нормализация и стандартизация названий и терминов, наносимых на карты.

## **2. Задачи картографии**

Главнейшая задача картографии - это разработка, создание, изучение и использование картографических произведений.

По государственному стандарту *картография* - область науки, техники и производства, охватывающая изучение, создание и использование картографических произведений.

В настоящее время одной из главных задач картографии является создание цифровых и электронных карт, а также формирование баз цифровой картографической информации.

## **3. Применение картографии**

Картографические материалы и географические информационные системы (ГИС) применяются в повседневной деятельности человека, например при ориентировании на местности, поиске той или иной организации в городах, подсчета запасов полезных ископаемых проектирования и т.д.

В настоящее время практически перестали использоваться бумажные варианты картографических материалов, а все больше переходят к компьютерным ГИС при этом отказываясь от плоскостных и внедряя трехмерные географические информационные системы.

Трехмерные ГИС часто называют виртуальными. Виртуальная ГИС может решать практически все задачи, которые на данный момент реализованы в традиционных ГИС. Таким образом, она может использоваться для городского планирования, оценки состояния растительности, почв, водных путей или дорожных участков, предсказания наводнений и многих других задач. Кроме того, возможность получения

детального трехмерного вида отдельных объектов и территорий с любой точки открывает новые перспективы для пользователей ГИС. Проектировщики новых зданий и сооружений могут получить комплексный трехмерный вид ландшафта с предполагаемого места строительства объекта или виртуальный снимок спроектированного сооружения с соседнего здания. Архитекторы могут увидеть макет улиц, зданий и парков и, таким образом, определить границы строительных площадок, возможность возникновения дорожных пробок, оценить освещенность улицы в дневное и ночное время и т.д. С помощью базы данных (БД) ГИС представляется возможным рациональное проектирование размещения торговых точек, школ, детских садов, культурных центров, водопроводных магистралей и множества других социально значимых объектов.

Использование виртуальных ГИС позволит службам МЧС, скорой, аварийной и пожарной помощи немедленно получить трехмерный вид территории, откуда поступил сигнал о бедствии, и соответствующую информацию из БД ГИС о событиях, например, где на предполагаемом пути их следования возникли проблемы с движением из-за строительства или перегруженности дороги.

#### **Контрольные вопросы:**

- 2. Что такое картография?**
- 2. Задачи картографии?**
- 3. В каких сферах применяют картографию и для чего?**

### **ТЕМА 3 – ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ: ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ, ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ, ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ, МАСШТАБ, СИСТЕМ КООРДИНАТ.**

- 1. Пространственные объекты**
- 2. Понятие масштаба**
- 3. Система координат**

#### **1. Пространственные объекты**

Пространственные данные (географические данные, геоданные) — данные о пространственных объектах и их наборах. Пространственные данные составляют основу информационного обеспечения геоинформационных систем.

Пространственные данные обычно состоят из двух взаимосвязанных частей: координатных и атрибутивных данных. Установление связи между этими частями называется геокодированием.

Координатные данные определяют позиционные характеристики пространственного объекта. Они описывают его местоположение в установленной системе координат.

Атрибутивные данные представляют собой совокупность непозиционных характеристик (атрибутов) пространственного объекта. Атрибутивные данные определяют смысловое содержание (семантику) объекта и могут содержать качественные или количественные значения.

Классы пространственных объектов – однородные совокупности однотипных объектов, каждый из которых имеет одинаковое пространственное представление, в виде точек, линий, или полигонов, и общего набора атрибутивных полей, например, линейный класс пространственных данных для представления осевых линий дорог. Четыре основных типа классов пространственных данных – это точки, линии, полигоны и аннотации (термин, обозначающий текст на картах).

Как правило, классы пространственных объектов являются тематическими наборами точек, линий или полигонов, но в действительности существует несколько типов классов пространственных объектов. Первые три поддерживаются в базах данных и базах геоданных. Остальные четыре поддерживаются только в базах геоданных.

- Точки являются пространственными объектами, которые слишком малы, чтобы обозначать их линиями или полигонами, а также представляют точечные местоположения (подобные точкам съемки GPS).
- Линии - геометрически отображают расположение таких географических объектов, как осевые линии дорог или ручьи, слишком узких, чтобы их можно было показать полигонами. Линии также используются для представления объектов, имеющих длину и не имеющих площади, таких как изолинии и границы.
- Полигоны - набор многосторонних площадных объектов, представляющих форму и местоположение однородных типов пространственных объектов, таких как административные районы, округа, участки земли, типы почвы и зоны землепользования.
- Аннотация - текст карты, в том числе свойства отображения текста. Например, помимо текстовой строки каждой аннотации, там хранятся и другие свойства, такие как точки фигуры для размещения текста, его шрифт и размер в точках, а также другие свойства отображения. Аннотация может также быть связанной с надписываемыми объектами и может содержать подклассы.
- Объекты-размеры - специальный тип аннотации, показывающий специфические длины или расстояния, например, для указания длины стороны здания, участка земли или расстояния между двумя объектами.

Размеры чаще всего используются для дизайнерских и инженерных задач в ГИС.

## 2. Понятие масштаба

Географическая карта – это уменьшенное изображение земной поверхности, а величину этого уменьшения показывает масштаб. Масштаб подписывается на карте.

Например, масштаб физической карты полушарий в атласе для 6 класса 1:95 000 000. Он читается «один к девяноста пяти миллионам» и называется численным масштабом. Этот масштаб означает, что 1 сантиметр на карте соответствует расстоянию в 95 000 000 см реальной местности. Представить себе это расстояние тоже практически невозможно. В 1 м – 100 см. Следовательно, легко вычислить, что 1 см на карте полушарий соответствует 95 000 м. Но и это расстояние трудно представить, поэтому надо перевести метры в километры. 1000 м составляют 1 км, следовательно, вычисляем – (95 000 м : 1000 м = 95 км) – 1 см на карте соответствует 95 км. Мы перевели численный масштаб в именованный.

Масштаб можно записать по-разному. Если масштаб записывают числом, например 1:1 000 000, 1:100 000, 1:10 000, то его называют численным.

Чтобы сделать масштаб понятнее, используют именованный масштаб, где сразу указывают, какому реальному расстоянию соответствует расстояние на карте: в 1 см 10 км, в 1 см 1 км или в 1 см 100 м.

Чаще всего на картах указывают обе формы записи:

- Масштаб 1:1 000 000 (в 1 см 10 км)
- Масштаб 1:100 000 (в 1 см 1 км)
- Масштаб 1:10 000 (в 1 см 100 м).

Такая форма записи наиболее наглядна и понятна.

Для удобства работы с планом местности пользуются масштабом в форме чертежа. Такой масштаб называется линейным.

На картах можно изобразить разные по площади участки земной поверхности. Чем больше изображаемая территория, тем мельче масштаб. Например, для составления карты мира в школьных атласах используют масштабы:

- 1 : 100 000 000 (в 1 см 1000 км)
- 1 : 90 000 000 (в 1 см 900 км)
- 1 : 77 000 000 (в 1 см 770 км) и другие.

## 3. Система координат

Система координат — комплекс определений, реализующий метод координат, то есть способ определять положение и перемещение точки или тела с помощью чисел или других символов. Совокупность чисел,

определяющих положение конкретной точки, называется координатами этой точки.

Существует три типа горизонтальных систем координат – географические, системы координат проекции и местные.

Основные пространственные системы координат, применяемые в геодезии:

- 1) Геодезические.
- 2) Географические.
- 3) Полярные.

Наряду с географической системой координат, в геодезии применяется система плоских прямоугольных координат Гаусса. Координатными осями являются взаимно перпендикулярные оси: абсцисс (X) и ординат (Y), лежащие в горизонтальной плоскости. Положительными считаются северное направление оси X и восточное направление оси Y.

#### **Контрольные вопросы:**

4. **Что такое пространственные объекты?**
2. **Что понимают под масштабом карты?**
3. **Что из себя представляет система координат?**

### **ТЕМА 4 – ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.**

1. **Картографические работы**
2. **Геодезические работы**
3. **Применение картографических и геодезических работ**

#### **1. Картографические работы**

Картографические работы - категория работ, основным назначением которых является создание картографической продукции по результатам геодезической/маркшейдерской съемки или по исходным картографическим материалам.

Результатом картографических работ являются:

- Создание цифровых топографических карт и планов масштабов 1:200 – 1:10000
- Создание тематических карт в том числе с использованием ПО ArcGIS
- Создание цифровых моделей местности и рельефа 3D-моделирование
- Подготовка исполнительных схем
- Построение продольных и поперечных профилей
- Камеральное дешифрирование материалов аэрофотосъемки

Виды картографических работ:

- обработка источников;
- вычисление и построение математической основы карты;
- привязка материалов в систему координат проекта;
- разработка содержания карты и легенды;
- электронная обработка исходных материалов;
- разбивка карты на планшеты;
- печать материалов.

## **2. Геодезические работы**

Геодезические работы представляет собой комплекс действий, включающих разметку участка, указание координат и анализ рельефа, привязку уже имеющихся и расположенных рядом объектов. Они сопровождаются составлением чертежей и пояснений.

Геодезические работы включают в себя инженерно-геодезические изыскания, топографическая съемка, разбивочные работы, контрольно-исполнительная съемка.

Выполнять геодезические работы могут только специализированные организации, имеющие в своем распоряжении необходимое геодезическое оборудование: теодолиты, тахеометры, сканеры и пр. В настоящее время имеется огромное разнообразие сложного высокотехнологичного геодезического оборудования.

Какие работы входят в состав геодезических работ на строительной площадке?

- Инженерно-геодезические изыскания
- Топографическая съемка земельного участка в Москве
- Геодезия участка
- Вынос границ земельного участка
- Исполнительная съемка
- Геодезическое сопровождение строительства
- Геодезические разбивочные работы
- 3D сканирование

## **3. Применение картографических и геодезических работ**

Данные, полученные при геодезических и топографических исследованиях используют для создания точных карт и планов, при проектировании строительства промышленных и гражданских объектов недвижимости, для создания навигационных систем и во многих других сферах.

Благодаря возможностям геодезии можно точно измерить расстояние между зданиями, определить, где проходят границы населенных пунктов, муниципальных образований, административных границ между районами и областями, государственных границ между странами.

Специалист, выполняющие такие работы - геодезист.

Он выполняет топографо-геодезические, изыскательские, разбивочные, проектировочные работы. На данный момент, это профессия является одной из самых востребованных в России.

*Где применяется геодезия?* Применяется для координатного обеспечения картографии, строительства, землеустройства, кадастра, горного дела, геологоразведки и других областей хозяйственной деятельности.

*Где применяется картография?* Картографические материалы и географические информационные системы (ГИС) применяются в повседневной деятельности человека, например при ориентировании на местности, поиске той или иной организации в городах, подсчета запасов полезных ископаемых проектирования и т. д

**Контрольные вопросы:**

- 1. Что такое картографические работы?**
- 2. Загрязнение геодезические работы?**
- 3. Области применения картографических и геодезических работ?**

## **ТЕМА 5 – ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ В РОССИИ.**

- 1. Возникновение геодезии**
- 2. Возникновение картографии**

### **1. Возникновение геодезии**

Геодезия возникла в глубокой древности, когда появилась необходимость землеизмерения и изучения земной поверхности для хозяйственных целей.

Планами и картами отдельных местностей и даже больших стран также пользовались в глубокой древности. Грандиозные сооружения древнего мира – египетские пирамиды, храмы, дворцы и тому подобные объекты – также строились при помощи ряда геодезических измерений. Приборы измерений были довольно примитивные: мерная бечева, треугольник и другие простейшие средства для замера углов, превышений и расстояний на плоскости.

В России геодезия развивалась одновременно с развитием картографирования.

Интенсивное развитие геодезии в России связано с именем Петра I.

В 1745 г. был издан "Первый атлас России", созданный по материалам планомерной инструментальной топографической съемки всего государства, начатой по указу Петра I в 1720 г.

Первым русским ученым, поставившим геодезию в числе других наук на действительно научную основу, был гениальный россиянин М. В. Ломоносов. Вступив в 1757 году на должность начальника Географического департамента, М. В. Ломоносов приступил к исправлению имеющихся в то

время неточных карт и изготовлению возможно правильных карт. М. В. Ломоносов деятельно работал тогда над дальнейшим усовершенствованием морских и геодезических инструментов.

На развитие геодезии в России большое влияние оказали начавшиеся в XIX веке изыскания и строительство железных дорог. Были выполнены огромные по размаху и значению съёмочно-геодезические работы.

Геодезические пункты, заложенные в 1934-1970 годах, сохранились и используются и в настоящее время. Сеть геодезических пунктов развита по всей территории России. В Ярославской области расположено более 2000 пунктов.

Развитие геодезии не прекращается и в наши дни. Благодаря внедрению современной высокоточной аппаратуры и приборов с компьютерной обработкой результатов измерений, возможности измерений земной поверхности с помощью космической аппаратуры и спутников, наука об измерении Земли получила гигантский импульс в развитии.

## **2. Возникновение картографии**

Первые карты, представляющие собой географические схемы, были созданы в различных древних культурах, таких как Месопотамия, Древний Египет, Китай и Индия. Эти ранние карты использовались для представления земельных участков, топографии, звездных карт и маршрутов. Одной из самых ранних карт считается карта Имхотепа, датированная около 2600 года до н.э., которая представляет собой изображение земельных участков в Древнем Египте.

В Древней Греции развитие картографии достигло новых высот благодаря работам таких ученых, как Анаксимандр, Геродот и Птолемей. Анаксимандр, живший в VI веке до н.э., создал одну из первых карт мира, на которой были обозначены известные ему территории. Птолемей, деятель II века н.э., составил свой знаменитый "Географический путеводитель" (Geographia), содержащий карты и описания множества территорий.

В Средние века картография продолжила развиваться в различных культурах, включая Исламский мир, Китай и Европу. Исламские ученые, такие как аль-Идриси и аль-Бируни, создали множество карт и атласов, опираясь на знания Греческих и Римских источников. Аль-Идриси, например, составил "Книгу Роджера" (Tabula Rogeriana) в 1154 году, которая стала одной из самых точных карт своего времени.

В Европе средневековые карты, такие как маппы мунди, были преимущественно религиозными и аллегорическими, с акцентом на духовном представлении мира. Однако с появлением больших морских экспедиций и открытиями в конце XV и начале XVI веков картины мира резко изменились. Картографы стали создавать более точные карты мира, используя новые инструменты навигации и измерений.

Во время Возрождения и Великих географических открытий (XV-XVI веков) картография сделала резкий скачок вперед. Географы и картографы, такие как Жерар Меркатор, Абрахам Ортелиус и Мартин Вальсемюллер,

разработали новые методы и проекции карт, что значительно повысило их точность и практическую пользу. Меркатор, например, в 1569 году представил свою знаменитую проекцию, которая стала основой для многих современных карт.

В XVIII веке, в период Просвещения, картография стала более систематической и научной. Государства начали проводить геодезические измерения и топографические съемки национальных территорий, что способствовало созданию детализированных и точных карт. Великобритания и Франция были на передовой этих усилий, основывая такие институты, как Британская Орнданская служба (Ordnance Survey) и Французская картографическая служба (Carte de Cassini).

XX век принес новые технологии и возможности для картографии. В начале века аэрофотосъемка стала основным инструментом для создания топографических карт, а после Второй мировой войны развитие радиолокационных технологий и спутниковой связи способствовало созданию более точных карт и глобальных изображений Земли.

Конец XX и начало XXI века стали эпохой геоинформационных систем (ГИС) и интерактивных карт. ГИС позволяют интегрировать и анализировать различные виды географической информации, предоставляя мощный инструмент для принятия решений и управления территориями. Интернет также сыграл решающую роль в демократизации доступа к географической информации, превратив карты в повседневный инструмент для миллионов пользователей по всему миру. Сервисы, такие как Google Maps, OpenStreetMap и другие, предоставляют подробные и постоянно обновляемые карты, доступные на любом устройстве.

История развития картографии в мире охватывает тысячелетия и является отражением технологического и культурного прогресса человечества. От простых географических схем древности до сложных ГИС и интерактивных карт сегодняшнего дня, картография продолжает играть ключевую роль в нашем понимании и взаимодействии с миром. Впереди нас ждут новые возможности и вызовы, такие как дополненная реальность, большие данные и искусственный интеллект, которые будут дополнять и расширять наше представление о географии и картографии.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Когда возникла геодезия?**
- 2. В какой период появилась картография и почему?**

### **ТЕМА 6 – НАУЧНОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ.**

- 1. Научное значение геодезии**
- 2. Практическое значение геодезии**

## 1. Научное значение геодезии

Главной научной задачей геодезии является определение формы и размеров ЗЕМЛИ и ее внешнего гравитационного поля. Наряду с этим геодезия играет большую роль в решении многих других научных задач, связанных с изучением Земли. К числу таких задач, например, относятся: исследования структуры и внутреннего строения Земли, горизонтальных и вертикальных деформаций земной коры; перемещений береговых линий морей и океанов; определение разностей высот уровней морей, движений земных полюсов и др.

Научно-технические и практические задачи геодезии чрезвычайно разнообразны; с существенными обобщениями они заключаются в следующем:

- полевые исследования - полевая геодезия обеспечивает составление проектов сооружений путём выполнения полевых геодезических измерений и вычислительно графических работ.
- разбивочные работы - перенесение запроектированных сооружений на местность;
- исполнительные съёмки - с целью того, чтобы выяснить на сколько отличаются результаты исполненного этапа от проекта;
- наблюдения за деформациями

Все задачи геодезии решаются на основе результатов специальных измерений, называемых геодезическими, выполняемых при помощи специальных геодезических приборов. Поэтому разработка программ и методов измерений, создание наи-более целесообразных типов геодезических приборов составляют важные научно-технические задачи геодезии.

Методы решения научных и практических задач геодезии основаны-ваются на законах математики и физики. На основе математики производится обработка результатов измерений, позволяющая получать с наибольшей достоверностью значения искомых величин. Задача изучения фигуры Земли и ее гравитационного поля решается на основе законов механики. Сведения из физики, особенно ее разделов - оптики, электроники и радиотехники, необходимы для разработки геодезических приборов и правильной их эксплуатации.

Геодезия связана с астрономией, геологией, геофизикой, гео-морфологией, географией и другими науками. Геоморфология -наука о происхождении и развитии рельефа земной поверхности -необходима геодезии для правильного изображения форм рельефа на планах и картах.

Без знания размеров и формы Земли невозможно создание топографических карт и решение многих практических задач на земной поверхности. Геодезические измерения обеспечивают соблюдение геометрических форм и элементов проекта сооружения в отношении как его расположения на местности, так и внешней и внутренней конфигурации.

Даже после окончания строительства производятся специальные геодезические измерения, имеющие целью проверку устойчивости-сооружения и выявление возможных деформаций во времени под действием различных сил и причин.

Исключительное значение имеет геодезия для обороны страны. Строительство оборонительных сооружений, стрельба по невидимым целям, использование военной ракетной техники, планирование военных операций и многие другие стороны военного дела требуют геодезических данных, карт и планов.

## **2. Практическое значение геодезии**

Геодезия – это важная область, которая выполняет различные задачи, как прикладные, так и теоретические. Для выполнения работ в этой области необходимы геодезические измерения с оформлением исполнительных съемок или составлением планов на карте. Это требуется в различных ситуациях, таких как проверка границ земельного участка, проведение межевого дела, выделение сервитута, уточнение границ и проверка правильности оформления кадастрового плана, разбивка пятна застройки на участке, проверка высотной отметки дна котлована под фундаменты капитального сооружения, проведение контрольных замеров геометрических характеристик сооружений и многое другое.

Выполнение задач геодезии требует высокой ответственности специалистов, точности и корректности определения положения каждой точки в пространстве. От этого зависит не только рентабельность бизнес-процессов или отсутствие претензий юридического характера, но также и безопасность людей.

При вызове геодезиста на объект, он выполняет следующие этапы обязательных работ, которые позволяют ему добиться ожидаемого результата:

- Анализ старых съемок.
- Определение объема работ.
- Привязка к существующим реперным точкам.
- Выезд на объект.
- Установка и поверка приборов.
- Определение координат участка.
- Определение высотных отметок.
- Привязка существующего объекта.
- Идентификация перемещения точки в пространстве, определение прогибов и других видов пластических деформаций.
- Определение осадки грунтового основания, крена здания и других нарушений.
- Анализ нарушений и отклонений от требуемых параметров.
- Регистрация координат в трехмерной системе.
- Камеральная обработка результатов.
- Составление топосъемки, картографической документации.

- Оформление официального отчета, кадастрового плана или другой официальной документации по требованию.

По результатам проведения указанных выше работ, геодезист оформляет отчет, состоящий из пояснительной записки и графических материалов, что является официальным документом, который может быть использован для предъявления в различных инстанциях по требованию.

При проведении геодезии необходимо учитывать допустимые погрешности, которые могут возникнуть в результате ошибок специалиста, неправильной настройки приборов, климатических условий, природных или техногенных факторов. Нормативные документы подразумевают образование грубых, систематических и случайных погрешностей, которые не выходят за рамки допустимых значений. При обнаружении отклонений от требуемых параметров, требуется проведение повторных замеров и калибровка приборов.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Применение геодезии?**
- 2. Научные задачи геодезии?**
- 3. Практические задачи геодезии?**

## **ТЕМА 7 – НАУЧНОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАРТОГРАФИИ.**

- 1. Понятие картографии.**
- 2. Научное значение картографии.**
- 3. Практическое значение картографии.**

### **1. Понятие картографии**

Картография — наука об исследовании, моделировании и отображении пространственного расположения, сочетания и взаимосвязи объектов, явлений природы и общества. В более широкой трактовке картография включает технологию и производственную деятельность.

Объектами картографии являются Земля, небесные тела, звёздное небо и Вселенная. Наиболее популярными плодами картографии являются образно-знаковые модели пространства в виде: плоских карт, рельефных и объёмных карт, глобусов. Они могут быть представлены на твёрдых, плоских или объёмных материалах (бумага, пластик) или в виде изображения на видеомониторе.

Составление и оформление карт — область картографии, область технического дизайна, изучающая наиболее адекватные способы отображения картографической информации. Эта область картографии тесно

взаимосвязана с психологией восприятия, семиотикой и тому подобными гуманитарными аспектами.

#### Картография почвенного покрова

Поскольку на картах отображается информация, относящаяся к самым различным наукам, выделяют также такие разделы картографии, как историческая картография, геологическая картография, экономическая картография, почвоведческая картография и другие. Эти разделы относятся к картографии лишь как к методу, по содержанию они относятся к соответствующим наукам.

### **2. Научное значение картографии.**

Современная картография участвует в решении крупных народно-хозяйственных проблем: рациональное использование природных ресурсов, охрана природы, изучение мирового океана, познание космического пространства. Часто карты – основной документ для принятия решения. Карты – средство воспитания и одно из средств информации. Используются в сети Интернет и в геоинформационных системах.

Основные направления использования карт:

1. общее ознакомление с местностью без посещения ее в натуре
2. ориентирование на местности
3. применение карт в обучении, для пропаганды научных знаний, культуры и т.д.
4. обеспечение картами государственного и регионального планирования, управления и ведения различных хозяйственных и административных дел.
5. использование карт в качестве основы для инженерного проектирования.
6. источник информации в военном деле.
7. использование карты как средство научного исследования для создания географических банков данных и геоинформационных систем.

Современная картография имеет связь со многими дисциплинами:

- наука о земле и планетах – комплекс географических, экологических, геолого-геофизических знаний
- логико-философские науки – теория отражения, формальная логика, системный анализ.
- социально-экономические науки – экономика, социология, демография, история
- астрономо-геодезические науки – астрономия, геодезия, гравиметрия, топография
- техника, автоматика – приборостроение, электроника, материаловедение.
- дистанционное зондирование – аэро-, космическая и подводная съемки, фотограмметрия, фотометрия
- математические науки – математический анализ, аналитическая геометрия.

### **3. Практическое значение картографии.**

Значение карт огромно в жизни и деятельности человека. Карты служат надежным путеводителем на суше и в океане, при движении войск и в туристических походах, для полета на воздушном корабле и для пешеходного маршрута.

В военном деле они являются основным источником информации о местности и обязательным пособием для управления войсками и организации их взаимодействия.

В промышленном, энергетическом и транспортном строительстве карты используются как основа для изысканий, проектирования и переноса в натуру инженерного проекта. Теперь наивыгоднейшие трассы железных дорог, автомагистралей и трубопроводов изыскиваются не в поле, а намечаются по топографическим картам в кабинетах проектных организаций.

Карты широко применяются в сельском хозяйстве при землеустройстве, мелиорации, мероприятиях по повышению плодородия почв, по борьбе с эрозией и вообще для учета и наиболее правильного, эффективного использования всех земельных фондов.

Карты составляют незаменимое пособие для школьного и внешкольного обучения. Они не только хранилище накопленных географических знаний, но и действенное средство для их распространения, подъема общей культуры. Без преувеличения можно сказать, что карты в той или иной степени используются во всех сферах человеческой деятельности.

Исключительно большое значение карт в научных исследованиях.

Географические карты служат важнейшим средством изучения земной поверхности, позволяя одновременно обозревать территорию любых размеров. Географические карты применяются в различных отраслях народного хозяйства и науки. Они требуются для производства различных изысканий и проектирования (в качестве основ), для организации землеустройства и административно-хозяйственного управления, для обучения и научных исследований. От каждой карты требуется, чтобы она была достоверной, точной, достаточно полной, обзорной и наглядной.

Географические карты открывают взору всю нашу планету и вместе с тем могут воспроизводить детальную картину ее отдельных частей, характеризуя природу, население, хозяйство и культуру. Они обладают удивительной способностью аккумулировать в себе и передавать в наглядной и концентрированной форме знания о размещении явлений на Земле, накопленные во всей предыдущей истории человечества. Несомненно, карты принадлежат к великим творениям человеческой мысли. Рожденные общественной практикой и ей обязанные своим непрерывным развитием, географические карты образуют замечательное средство познания объективного мира и пространственного ориентирования, незаменимое во многих областях научной и практической деятельности

### **Контрольные вопросы:**

#### **1. Что такое картография?**

**2. Какие научные значения у картографии?**

**3. Какие практические значения у картографии?**

## **ТЕМА 8 – РОЛЬ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ В РАЗВИТИИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ.**

**1. Создание высокоэффективной системы геодезического обеспечения Российской Федерации**

**2. Развитие системы картографического обеспечения Российской Федерации.**

**3. Место и роль отрасли геодезии и картографии в экономики Российской Федерации**

**1. Создание высокоэффективной системы геодезического обеспечения Российской Федерации**

Система геодезического обеспечения Российской Федерации представляет собой генеральную совокупность параметров фигуры Земли и внешнего гравитационного поля Земли, реализуемых на территории Российской Федерации через государственную координатную основу и структуру государственных сетей.

Целью создания новой высокоэффективной системы геодезического обеспечения является повышение точности геодезических и картографических работ, эффективности геодезической и картографической деятельности, в том числе геодезического, картографического, топографического и гидрографического обеспечения делимитации, демаркации и проверки прохождения линии государственной границы Российской Федерации, организация федерального, региональных и муниципальных банков координат пунктов государственной геодезической сети и специальных сетей, развитие спутниковых методов и технологий позиционирования, внедрение глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС (система ГЛОНАСС) во все сферы экономики Российской Федерации, обеспечение обороны и безопасности государства.

Для создания высокоэффективной системы геодезического обеспечения необходимо осуществить:

- определение параметров высокоточной геоцентрической системы координат Российской Федерации;
- комплексную модернизацию местных систем координат;
- создание инновационной структуры государственных геодезических сетей;
- создание федеральной спутниковой дифференциальной сети геодезических станций и сервисов предоставления дифференциальной информации;

- модернизацию государственной высотной основы;
- модернизацию государственной гравиметрической основы;
- создание и развитие систем непрерывного геодезического мониторинга процессов деформации земной поверхности, прогноза землетрясений и природных катастрофических явлений;
- создание федерального автономного учреждения по государственному геодезическому обеспечению.

В целях модернизации и развития существующей государственной координатной основы необходимо с учетом результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и других работ, осуществляемых в рамках федеральных целевых программ, а также работ по координатно-временному обеспечению, проводимых федеральными органами исполнительной власти и научными организациями, обеспечить:

- уточнение параметров Земли;
- создание и развитие высокоточной геоцентрической системы координат Российской Федерации, интегрированной с новой международной земной опорной системой ITRS (International terrestrial reference system), для осуществления геодезических и картографических работ, обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач с использованием измерительных средств, находящихся в пользовании различных федеральных органов исполнительной власти и научных организаций;
- разработку программного обеспечения для выполнения обработки результатов наблюдений системы ГЛОНАСС, глобальной системы навигации и определения местоположения "Global Positioning System" (GPS) и глобальной навигационной системы Европейского сообщества (Galileo) в высокоточной геоцентрической системе координат Российской Федерации;
- разработку навигационно-геодезической аппаратуры потребителя, обеспечивающей прием и обработку сигналов систем ГЛОНАСС, GPS и Galileo в высокоточной геоцентрической системе координат Российской Федерации.
- Комплексная модернизация местных систем координат должна быть направлена на решение следующих задач:
  - инвентаризация и сокращение количества местных систем координат, перевод существующих в местных системах координат массивов координатных описаний пространственных объектов, содержащихся в государственных фондах и реестрах, в высокоточную геоцентрическую систему координат Российской Федерации;
  - формирование региональных и муниципальных банков координат специальных сетей в высокоточной геоцентрической системе координат Российской Федерации;
  - минимизация расхождения параметров, измеренных на локальном участке местности и крупномасштабном плане, за счет создания и внедрения новых методов установления местных систем координат;

— разработка учебных материалов для обеспечения совместимости пространственных данных в местной системе координат при обеспечении юридически значимых действий.

Для решения задач высокоточного координатно-временного обеспечения, в том числе высокоточной навигации, диспетчеризации наземных, морских, речных и воздушных транспортных средств, мониторинга навигационных полей, на основе спутниковых дифференциальных станций, создаваемых в рамках федеральных целевых программ, необходимо создание и развитие федеральной спутниковой дифференциальной сети и сервисов предоставления дифференциальной информации как одного из сегментов функциональных дополнений системы ГЛОНАСС. В целях создания и развития федеральной спутниковой дифференциальной сети необходимо обеспечить:

— реализацию стратегии совместного развития федеральной спутниковой дифференциальной сети, спутниковых дифференциальных станций и сетей, создаваемых заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, исполнительными органами государственной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления;

— создание технологической структуры федеральной спутниковой дифференциальной сети, обеспечивающей единое поле дифференциальной информации в экономически развитых регионах, на основных транспортных магистралях, в приграничных и других районах Российской Федерации, в том числе для обеспечения обороны и безопасности государства;

— развитие вычислительных центров, осуществляющих сбор и архивацию полученных наблюдений, управление и предоставление потребителям дифференциальной информации в двух основных режимах - последующей обработки информации и в реальном масштабе времени;

— создание условий включения коммерческих и других спутниковых дифференциальных станций в федеральную спутниковую дифференциальную сеть;

— создание единого реестра пунктов федеральной спутниковой дифференциальной сети;

— создание инфраструктуры распространения спутниковой дифференциальной информации и сервисов на ее основе для различных категорий пользователей;

— введение государственных услуг по предоставлению потребителям дифференциальной информации и системы регулирования тарифов предоставления потребителям базовых услуг и дифференциальной информации.

## **2. Развитие системы картографического обеспечения Российской Федерации.**

Развитие системы картографического обеспечения в Российской Федерации должно быть направлено на достижение следующих целей:

- повышение качества и актуальности создаваемых за счет средств федерального бюджета топографических карт и планов, а также исходных для них базовых пространственных данных с целью решения задач в сфере территориального развития, строительства, обороны и безопасности, навигации, природопользования, сельского хозяйства и экологии;

- повышение доступности топографических карт и планов, а также исходных для них базовых пространственных данных как наиболее востребованных государственных информационных ресурсов для всех категорий потребителей.

В целях достижения поставленных задач необходимо реализовать следующие меры:

- создание открытой цифровой картографической основы в виде цифровых топографических карт и планов, государственных ортофотокарт и ортофотопланов, а также обеспечение оперативного доступа федеральных органов исполнительной власти, исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления к цифровой картографической основе с использованием электронных средств связи;

- внедрение процедур и технологий информационного взаимодействия между федеральными органами исполнительной власти, исполнительными органами государственной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления в целях обновления цифровой картографической основы;

- разработка, создание и вывод на орбиту российского космического картографического комплекса нового поколения для дистанционного зондирования Земли с пространственным разрешением не хуже 0,5 м;

- снятие избыточных ограничений в сферах действия законодательства Российской Федерации о государственной тайне и об авторских правах на топографические карты и планы (исходные для них базовые пространственные данные и данные дистанционного зондирования Земли, широко доступные на мировом рынке);

- введение обязанности для федеральных органов исполнительной власти, исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления по использованию топографических карт и планов, государственных ортофотокарт и ортофотопланов в качестве основы для создания специальных (отраслевых) карт и планов;

- создание государственных навигационных карт;

- передача функций по ведению федерального картографо-геодезического фонда от ряда организаций, осуществляющих его ведение в установленном порядке, одной организации - федеральному государственному учреждению, переход на электронные технологии при

обеспечении доступа к материалам федерального картографо-геодезического фонда, в том числе создание федерального геоинформационного портала;

— внедрение механизмов внебюджетного финансирования мероприятий по развитию инфраструктуры картографического обеспечения в Российской Федерации.

Важным элементом инфраструктуры пространственных данных в Российской Федерации должна стать открытая цифровая картографическая основа.

### **3. Место и роль отрасли геодезии и картографии в экономике Российской Федерации**

Геодезия и картография является одной из отраслей, выступающей в роли государствообразующего фактора, имеющего политическое, экономическое, военное, демографическое, этнографическое и историческое значение.

Картографические и геодезические материалы и данные являются важнейшей и необходимой геопространственной основой при принятии решений в государственном управлении, развитии инфраструктуры страны, в обеспечении обороны и безопасности государства, в сфере навигационных услуг и других сферах человеческой деятельности, где необходима достоверная информация о местности.

Место и роль геодезии и картографии в Российской Федерации определяется важностью для страны государственных геодезических и картографических работ федерального назначения.

Отрасль геодезии и картографии - это важнейший многопрофильный и инновационно привлекательный сектор экономики, содействующий гармоничному развитию регионов, обеспечивающий укрепление обороноспособности, экономической, социальной и интеллектуальной безопасности страны, сохранение ее статуса независимой и суверенной индустриальной державы.

Учитывая значительную роль геодезии и картографии в обеспечении экономической и стратегической безопасности и повышении уровня потребности в топографо-геодезической продукции в новых геополитических условиях, ведущие мировые страны уделяют особое внимание развитию геодезии и картографии и оказывают ей существенную инвестиционную поддержку. Для России также с ее огромной территорией и геополитическим положением рост потребительского рынка, удовлетворение потребностей отраслей экономики, обороны и безопасности, науки и образования, населения в картографо-геодезических материалах и данных входит в число приоритетных направлений развития отрасли.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Система геодезической отрасли в РФ?**
- 2. Система картографической отрасли в РФ?**

### 3. Значение картографической и геодезической отраслей в РФ ?

#### ТЕМА 9 – ПОНЯТИЕ О ФОРМЕ И РАЗВИТИИ ЗЕМЛИ. ГЕОИД, ЭЛИПСОИД, РЕФЕРЕНЦ.

##### 1. Развитие Земли

##### 2. Форма Земли

##### 3. Геоид, эллипсоид, референс

##### 1. Развитие Земли

Геологическая история Земли (История геологического развития) — геологическая история, последовательность событий в развитии Земли как планеты. Среди этих событий — образование горных пород, возникновение и разрушение форм рельефа, наступания и отступания моря, оледенения, появление и исчезновение видов организмов, изменение Земли под влиянием их эволюции. Изучается по слоям горных пород (см. Стратиграфия); делится на отрезки согласно геохронологической шкале.

Земля образовалась около 4,54 млрд лет назад (см. Возраст Земли), путём аккреции из протопланетного диска — дискообразной массы газа и пыли, оставшихся от образования Солнца, которая и дала начало Солнечной системе. Изначально планета была раскалена благодаря остаточному теплу и частым ударам астероидов. Но в конце концов её внешний слой остыл и превратился в земную кору. Немного позднее в результате столкновения по касательной с гипотетической планетой Тейей (небесным телом, по размерам сопоставимым с Марсом при массе около 10 % земной) образовалась Луна (альтернативная гипотеза предполагает столкновение Земли с несколькими менее крупными объектами). В результате большая часть вещества ударившегося объекта и часть вещества земной мантии были выброшены на околоземную орбиту. Из этих обломков собралась прото-Луна и начала обращаться по орбите с радиусом около 60 000 км. Земля в результате удара получила заметный наклон оси вращения и резкий прирост скорости вращения (один оборот за 5 часов), но постепенно замедлялась. Дегазация и вулканическая активность создали первую атмосферу на Земле. Конденсация водяного пара, а также лёд из сталкивающихся с Землёй комет образовали океаны.

На протяжении сотен миллионов лет поверхность планеты постоянно изменялась, континенты формировались и распадались. Они мигрировали по поверхности, иногда объединяясь и формируя суперконтиненты. Примерно 750 млн лет назад суперконтинент Родиния, первый из известных, начал распадаться. Позднее, 600—540 миллионов лет назад, континенты сформировали Паннотию, а около 250 млн лет назад — Пангею, которая распалась около 150 млн лет назад.

Современная ледниковая эра началась около 40 млн лет назад. Холод усилился в конце плейстоцена. Полярные регионы начали претерпевать

повторяющиеся циклы оледенения и таяния с периодом 40—100 тыс. лет. Последняя ледниковая эпоха текущего ледникового периода закончилась около 10 000 лет назад.

## **2. Форма Земли**

Форма Земли — термин для обозначения формы земной поверхности. В зависимости от определения фигуры Земли устанавливаются различные системы координат в геодезии.

Планету Земля нельзя считать правильным геометрическим телом, так как она несколько сжата со стороны полюсов и поверхность Земли представляет собой сложную совокупность возвышенностей и низменностей как на суше.

В геодезии форму Земли определяют как тело, ограниченное уровенной поверхностью воды морей и океанов в спокойном состоянии, мысленно проложенную под континенты.

Образованное этой поверхностью тело получило название геоид. Однако геоид тоже не является правильным геометрическим телом, так как из-за разной плотности земных масс в теле Земли, его поверхность на определенных участках может быть выпукла в большей или меньшей степени.

Поэтому для решения геодезических задач используют эллипсоид, образованный вращением эллипса вокруг его малой оси. Такой эллипсоид называют референц-эллипсоид.

Форма и размеры земного эллипсоида определяются длинами полуосей большой  $a$  и малой  $b$ . Полярное сжатие — это разность полуосей к большей полуоси: Сжатие эллипсоида показывает степень его отклонения от окружности. Для того чтобы земной эллипсоид ближе подходил к геоиду, его надо соответственно расположить в теле Земли. Референц-эллипсоид — эллипсоид с определенными размерами и определенным образом ориентированный в теле Земли. В России, начиная с 1946 г. При проведении топографо-геодезических работ используют референц-эллипсоид Красовского со следующими параметрами:  $a=6378$  км.,  $b=6357$  км., Ввиду небольшой разницы величин полуосей (около 21 км.) по сравнению с их размерами, для решения многих геодезических задач без ущерба их точности Землю принимают за шар с радиусом, равным  $R=6371$  км.

## **Экологическая составляющая**

С экологической точки зрения, устойчивое развитие должно обеспечивать целостность биологических и физических природных систем. Особое значение имеет жизнеспособность экосистем, от которых зависит глобальная стабильность всей биосферы. Более того, понятие «природных» систем и ареалов можно понимать широко, включая в них созданную человеком среду, такую как, например, города. Основное внимание уделяется сохранению способностей к самовосстановлению и динамической адаптации таких систем к изменениям, а не сохранение их в некотором «идеальном» статическом состоянии. Деградация природных ресурсов, загрязнение

окружающей среды и утрата биологического разнообразия сокращают способность экологических систем к самовосстановлению.

### **3. Геоид, эллипсоид, референс**

Геоид — эквипотенциальная поверхность земного поля тяжести (уровенная поверхность), приблизительно совпадающая со средним уровнем вод Мирового океана в невозмущённом состоянии и условно продолженная под материками. Отличие реального среднего уровня моря от геоида может достигать 1 м из-за различия температуры и солёности, атмосферного давления и т. п. По определению эквипотенциальной поверхности, поверхность геоида везде перпендикулярна отвесной линии. Иными словами, геоид — это форма, которую поверхность океана могла бы принять под действием силы тяжести и вращения Земли, если бы отсутствовали другие воздействия, такие как ветры и приливы. Точная конфигурация геоида может быть установлена только путём расчётов, основанных на измерениях гравитационного поля Земли. Такие расчёты с высокой точностью были проведены только после возникновения космической геодезии в конце XX века.

Эллипсоид вращения (сфероид) — поверхность вращения в трёхмерном пространстве, образованная при вращении эллипса вокруг одной из его главных осей.

Термин «сфероид» для обозначения двух вариантов эллипсоида вращения ввёл Архимед: «... мы полагаем следующее: если эллипс при сохранении неподвижной большей оси поворачивается, возвращаясь в исходное положение, то охватываемая им фигура будет называться вытянутым сфероидом (*παραμακρὸς σφαιροειδὲς*). Если эллипс поворачивается при сохранении в неподвижности малой оси и возвращается назад, то охватываемая им фигура будет называться сплюснутым сфероидом.

Референс — сообщающий, вспомогательный), земной эллипсоид с определёнными размерами и положением в теле Земли, служащий вспомогательной математической поверхностью, к которой приводят результаты всех геодезических измерений на земной поверхности и на которую тем самым проектируются пункты опорной геодезической сети.

Референц-эллипсоид — приближение формы поверхности Земли (а точнее, геоида) эллипсоидом вращения, используемое для нужд геодезии на некотором участке земной поверхности (территории отдельной страны или нескольких стран).

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Понятие эллипсоида?**
- 2. Понятие геоида?**
- 3. Нынешняя форма Земли?**

## **ТЕМА 10 – ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТОЧЕК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, СИСТЕМЫ КООРДИНАТ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ГЕОДЕЗИИ, ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ, ПРЯМОУГОЛЬНАЯ, ПОЛЯРНАЯ.**

- 1. Определение положение точек земной поверхности**
- 2. Существующие системы координат, применяемые в геодезии и их описание**

### **1. Определение положение точек земной поверхности**

Для определения положения точек земной поверхности на сфероиде или глобусе в системе географических (геодезических) координат используют градусную сетку, а на плоскости (на бумаге) – картографическую сетку. Пользование системой географических (геодезических) координат связано со сложными вычислениями и вызывает другие неудобства при решении инженерных задач на ограниченных территориях. Поэтому в практике инженерной геодезии используют систему плоских прямоугольных координат, разработанную немецким ученым Гауссом. Другой немецкий ученый Крюгер предложил формулы для вычислений в этой проекции. Поэтому данная проекция называется проекцией Гаусса – Крюгера.

Географические координаты — широта и долгота — величины угловые и измеряются в градусах, они определяют положение точки на поверхности Земли относительно экватора и начального меридиана.

### **2. Существующие системы координат, применяемые в геодезии**

Основные пространственные системы координат, применяемые в геодезии:

1) Геодезические - система координат, используемая для определения местоположения объектов на Земле. Отсчётной поверхностью является эллипсоид вращения или Ортогональная система координат, представляющий собой референц-версию, то есть адаптированный к какой-либо территории датум, геоцентрической системы координат.

2) Географические - основываются на трехмерной эллипсоидальной или сферической поверхности, а местоположения задаются угловыми измерениями, выраженными, как правило, в десятичных градусах, выражающие значения долготы (координаты  $x$ ) и широты (координаты  $y$ ).

3) Полярные - система координат на плоскости, определяющаяся двумя полярными координатами  $x$  и  $y$ .

4) Прямоугольные - прямолинейная система координат с взаимно перпендикулярными координатными осями на плоскости или в пространстве. Часто используемая система координат. Просто обобщается для пространств любой размерности. Прямоугольная система координат состоит из двух действительных числовых линий, пересекающихся под прямым углом .

Горизонтальная числовая линия называется осью  $x$ , а вертикальная числовая линия называется осью  $y$ .

5) Зональные координаты Гаусса-Крюгера - поверхность цилиндра разрезается и разворачивается на плоскости; при этом осевой меридиан и экватор изображаются в виде двух взаимно перпендикулярных прямых линий. В точку их пересечения помещают начало прямоугольных координат зоны. В основу этой системы положена поперечно-цилиндрическая равноугольная проекция Гаусса-Крюгера (названа по имени немецких ученых ее предложивших). В этой проекции поверхность земного эллипсоида меридианами делят на шести- или трехградусные зоны. Выбор зоны шириной 3 или 60 зависит от масштаба составляемой карты. Шестиградусные зоны нумеруют арабскими цифрами с 1-й по 60-ю от Гринвичского меридиана на восток. Средний меридиан шестиугольной зоны принято называть осевым.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Понятие системы координат?**
- 2. Как определяются положения точек на поверхности Земли?**
- 3. Существующие системы координат, применяемые в геодезии?**

### **ТЕМА 11 – СИСТЕМА ВЫСОТ ТОЧЕК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.**

- 1. Высоты точек земной поверхности**
- 2. Абсолютные, условные относительные точки.**
- 3. Методы их определения.**

**1. Природные (естественные) ресурсы** - Абсолютная высота – расстояние по вертикали от основной уровневой поверхности до точки физической поверхности Земли.

Условная высота – вертикальное расстояние по вертикали от условной уровневой поверхности до точки физической поверхности Земли

Относительная высота (превышение) – расстояние по вертикали от уровневой поверхности т.А до уровневой поверхности т.В.

Высоты точек местности над уровнем моря (абсолютные высоты) определяют по карте с помощью отметок высот горизонталей и принятой на карте высоты сечения рельефа.

Если точка расположена на горизонтали, то ее абсолютная высота равна значению отметки этой горизонтали. В случае, когда горизонталь не имеет подписанной отметки, ее значение определяют по отметкам других горизонталей или высот точек местности. (Пропорции в тетради)

Точки, на которые переданы абсолютные высоты, закреплены на местности специальными геодезическими знаками — реперами (грунтовыми и стенными) и марками.

Чтобы правильно снять рельеф, нужно прежде всего знать относительные превышения различных точек местности.

Затем по относительным превышениям можно определить и абсолютные высоты их, т. е. высоты над уровнем моря.

Переход от относительного превышения к абсолютной высоте производится путем алгебраического сложения исходной высоты и превышения.

## **2. Абсолютные, условные относительные точки.**

Абсолютной высотой точки земной поверхности называется расстояние от этой точки по отвесной линии до уровенной поверхности, принятой за начало счета. Числовое значение высоты называется отметкой.

В странах СНГ счет абсолютных высот ведется от среднего уровня Балтийского моря, от нуля Кронштадтского футштока. Если расстояние от точки земной поверхности берется не до уровенной поверхности моря, а до какой-нибудь другой условной поверхности, то и отметка называется условной. Величины  $A_a = H_A$  и  $B_b = H_B$  (рисунок 6) есть абсолютные высоты точек А и В земной поверхности. Расстояние от точки земной поверхности по отвесной линии до уровенной поверхности, проведенной через другую точку, называется относительной высотой или превышением одной точки над другой. Величина  $h$  есть превышение точки В над точкой А. Превышение может иметь знак плюс или минус в зависимости от положения определяемой точки. Если определяемая точка находится выше по отношению к другой, то превышение положительное, а если ниже, то отрицательное.

## **3. Методы их определения.**

1) Геометрическое нивелирование. Превышение между точками – разность отсчетов по рейкам при горизонтальном положении визирной оси нивелира.

2) Тригонометрическое нивелирование. Превышение между точками определяют по измеренным вертикальным углам и расстоянию между точками.

3) Барометрическое нивелирование. Основано на использовании зависимости между атмосферным давлением и высотой точек на местности.

4) Гидростатическое нивелирование. Основан на свойствах жидкости в сообщающихся сосудах. Высокая точность, позволяет определять превышение между точками при отсутствии взаимной видимости.

5) Автоматическое нивелирование. Выполняется с помощью автоматических нивелиров, установленных на автомобилях или велосипедах, которые обычно вычерчивают профиль нивелируемой линии местности. Выполняется быстро, но точность невысокая.

6) Стереофотограмметрический метод. Определение превышения путем обработки пары снимков, полученных в двух точках на расстоянии

базиса фотографирования так, чтобы на части каждого из снимков была изображена одна и та же местность.

7) Аэрорадионивелирование. Определение превышения путем измерения высоты полета летательного аппарата радиовысотометром и разности измерения высоты точек трассы полета статоскопом (по разностям давлений).

8) По результатам спутниковых измерений. С помощью спутниковых систем можно определить пространственные координаты точек местности в автономном (точность 1м) и дифференциальном режимах (относительно точек с известными координатами с точностью до сантиметров).

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Понятие высоты точки?**
- 2. Методы определения высот?**
- 3. Абсолютные, условные относительные точки?**

### **ТЕМА 12 – МЕТОД ПРОЕКЦИИ. КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ. ПРОЕКЦИЯ ГАУССА-КРЮГЕРА.**

- 1. Метод проекции**
- 2. Картографическая проекция**
- 3. Проекция Гаусса-Крюгера**

#### **1. Метод проекции**

Точки земной поверхности характеризуются разной высотой, поэтому измеряемые линии и углы располагаются не на математической поверхности, а в трехмерном пространстве, но поскольку во многих случаях требуется знание положения точек, линий или каких-либо объектов и величин именно на математической поверхности (модели), постольку в геодезии используется метод проекций. Выбор математической поверхности, служащей моделью земной поверхности, зависит от размеров отображаемой земной поверхности и требуемой точности определения и представления геометрических величин.

При съемках больших территорий и отображении их на картах в качестве геометрической модели земной поверхности используется сфера или эллипсоид вращения. При съемках небольших участков земной поверхности в качестве ее геометрической модели используется плоскость.

Суть метода проекций в геодезии заключается в том, что точки физической (реальной) земной поверхности ортогонально проектируются на горизонтальную плоскость (или на сферу, или на эллипсоид). При этом важную роль играют горизонтальные и вертикальные плоскости. Горизонтальная плоскость — плоскость, перпендикулярная к отвесной линии, проходящей через данную точку. Вертикальная плоскость — плоскость, проходящая через отвесную линию в данной точке

## 2. Картографическая проекция

Картографическая проекция — математически определённый способ отображения поверхности Земли (либо другого небесного тела, или в общем смысле, любой искривлённой поверхности) на плоскость карты.

Суть проекций связана с тем, что фигуру небесного тела (для Земли — геоид, для простоты обычно считаемый эллипсоидом вращения), не развёртываемую в плоскость, заменяют на другую фигуру, развёртываемую на плоскость. При этом с эллипсоида на другую фигуру переносят сетку параллелей и меридианов. Вид этой сетки бывает разный в зависимости от того, какой фигурой заменяется эллипсоид.

Исходная аксиома при изыскании любых картографических проекций состоит в том, что сферическую поверхность земного шара (эллипсоида, глобуса) нельзя развернуть на плоскости карты без искажений. Неизбежно возникают деформации — сжатия и растяжения, различные по величине и направлению.

В любой проекции существуют искажения, они бывают четырёх видов:

- искажения длин
- искажения углов
- искажения площадей
- искажения форм

На различных картах искажения могут быть различных размеров: на крупномасштабных они практически неощутимы, но на мелкомасштабных они бывают очень велики.

## 3. Проекция Гаусса-Крюгера

Проекция Гаусса — Крюгера — поперечная цилиндрическая равноугольная картографическая проекция, разработанная немецкими учёными Карлом Гауссом и Луи Крюгером. Получается конформным отображением проекции Меркатора (или другой равноугольной проекции) таким образом, чтобы длина в метрах от экватора вдоль заранее выбранного осевого меридиана отображалась на проекции без искажений в единичном масштабе. Взамен этого теряется свойство проецирования экватора без искажений масштаба. Однако получить такую отображающую функцию для эллипсоида вращения в явном виде затруднительно, потому используют приближённые методы вычисления. Для малой ширины полосы проекции (обычно до  $6^\circ$ ) как правило для этого, пользуясь вытекающим из смысла данной отображающей функции свойством аналитичности, используют разложение её в ряд Тейлора относительно осевого меридиана со взятием первых членов этого разложения. Для проецирования широких полос может применяться тройное отображение через шар: равноугольное отображение с эллипсоида на шар по Мольвейде; равноугольное проецирование шара на плоскость в проекции Гаусса-Ламберта; конформное преобразование для обеспечения отсутствия искажений на выбранном меридиане.

Названия «проекция Гаусса — Крюгера» и «поперечная проекция Меркатора» также используются как взаимозаменяемые синонимы.

Применение этой проекции даёт возможность практически без существенных искажений изобразить довольно значительные участки земной поверхности и, что очень важно, построить на этой территории систему плоских прямоугольных координат. Эта система является простой и удобной при проведении инженерных и топографо-геодезических работ.

**Контрольные вопросы:**

- 1. Понятие проекции?**
- 2. Картографическая проекция это?**
- 3. Проекция Гаусса-Крюгера это?**

**ТЕМА 13 – ЗОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПЛОСКИХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ ГАУССА-КРЮГЕРА. БАЛТИЙСКАЯ СИСТЕМА ВЫСОТ.**

- 1. Зональная система координат**
- 2. Плоские прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера**
- 3. Балтийская система высот**

**1. Зональная система координат**

Зональная плоская прямоугольная система координат создаётся на плоском отображении поверхности земного эллипсоида, полученном в картографической проекции Гаусса-Крюгера. Для отображения на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера поверхность земного эллипсоида делится меридианами на отдельные участки -зоны (см. рис. 2). Размер зоны по долготе определяется величиной погрешностей (искажений), которые возникают на границе зоны при проецировании. Применяются шести градусные зоны (6о зоны) и трёх градусные (3о зоны). Зонам присваиваются номера, которые записываются арабскими цифрами, например, для 6о зон - 1, 2, ....60. Первая 6о зона с запада ограничена меридианом Гринвича ( $A = 0^{\circ}$ ), с востока - меридианом с долготой  $A = 6^{\circ}$ .

**2. Плоские прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера**

При геодезических работах на больших территориях применяется зональная система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера. Для этого земной шар делится меридианами на шестиградусные или трехградусные зоны. Счет зон ведется к востоку от Гринвичского меридиана. Каждая зона проецируется на плоскость таким образом, чтобы средний меридиан зоны был изображен прямой линией. Средний меридиан зоны называется осевым.

Изображение осевого меридиана принимается за ось абсцисс, изображение экватора – за ось ординат. За начало координат принимают точку пересечения осевого меридиана с экватором.

Чтобы не иметь отрицательных ординат, ординату осевого меридиана принимают равной 500 км. Перед ординатой точки указывается номер зоны, в которой точка расположена.

В основу этой системы положена поперечно-цилиндрическая равноугольная проекция Гаусса-Крюгера (названа по имени немецких ученых ее предложивших). В этой проекции поверхность земного эллипсоида меридианами делят на шести- или трехградусные зоны. Выбор зоны шириной 3 или 60 зависит от масштаба составляемой карты.

Для территории нашей страны искажения длин линий находятся в допустимых пределах для карт масштабов 1/10000 и мельче; для карт масштаба 1/5000 и крупнее приходится применять трехградусные зоны Гаусса. Трехградусные зоны располагаются на земной поверхности так, что все осевые и граничные меридианы шестиградусных зон являются осевыми меридианами трехградусных зон.

### **3. Балтийская система высот**

Балтийская система высот (БСВ) — принятая в СССР система нормальных высот, отсчёт которых ведётся от нуля Кронштадтского футштока. От этой отметки отсчитаны нормальные высоты реперов, образующих нивелирную сеть России. Нуль Кронштадтского футштока представляет собой многолетний средний уровень Балтийского моря. При использовании уровнемерных постов в качестве исходных пунктов для определения начала счёта высот подразумевается совпадение среднего уровня всех морей в этих пунктах с поверхностью геоида. Таким образом, вся нивелирная сеть на территорию России опирается на один исходный пункт, не имеет внешнего контроля и уравнивается как свободная система.

Система высот, используемая в России с 1977 года по сегодняшний день. Отсчет высот ведется от нуля Кронштадтского футштока. Используется в России и ряде других стран СНГ. За точку отсчета принят нуль Кронштадтского футштока — многолетний средний уровень водной поверхности Балтийского моря, не отражает изменение высоты этого футштока в связи с опусканием или поднятием литосферной плиты под Кронштадтом.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Что такое зональная система координат?**
- 2. Проекция Гаусса-Крюгера?**
- 3. Балтийская система высот?**

## **ТЕМА 14 – ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ, СИСТЕМ ВЫСОТ ГРАВИМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА.**

- 1. Государственная системы координат**
- 2. Система высот**
- 3. Гравиметрическая система**

**1. Государственная системы координат** – для использования при осуществлении геодезических и картографических работ - геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011), устанавливаемая и распространяемая с использованием государственной геодезической сети.

Для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов, решения навигационных задач и выполнения геодезических и картографических работ в интересах обороны - общеземная геоцентрическая система координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.11), устанавливаемая и распространяемая с использованием космической геодезической сети и государственной геодезической сети.

В указанных государственных системах координат применяются фундаментальные геодезические постоянные, а также параметры общего земного эллипсоида согласно утвержденному приложению к Постановлению.

Также установлено, что в качестве государственной системы высот используется Балтийская система высот 1977 года, отсчет нормальных высот которой ведется от нуля Кронштадтского футштока, являющегося горизонтальной чертой на медной пластине, укрепленной в устье моста через обводной канал в г. Кронштадте, а в качестве государственной гравиметрической системы используется гравиметрическая система, определенная по результатам гравиметрических измерений на пунктах государственной гравиметрической сети, выполненных в гравиметрической системе 1971 года, исходными пунктами в которой являются пункты, расположенные в г. Москве и Новосибирске.

Система геодезических координат 1995 года (СК-95) и единая система геодезических координат 1942 года (СК-42) применяются до 1 января 2021 года при выполнении геодезических и картографических работ в отношении материалов (документов), созданных с их использованием.

Признаны утратившими силу Постановление Правительства РФ от 28.07.2000 N 568 "Об установлении единых государственных систем координат" - с 1 января 2021 года, а также постановления от 28.12.2012 N 1463 "О единых государственных системах координат" и от 09.04.2016 N 289.

**2. Система высот** При составлении проектов всегда используется высотные отметки. В Российской Федерации принято использовать Балтийскую систему высот. Что такое Балтийская система высот?

В 1707 году в Кронштадте на устье Синего моста был установлен футшток. Это рейка с делениями по которой отмечается уровень Балтийского моря.

К 1839 году был выведен средний уровень моря, который был принят за основной ноль по всей территории России.

В 1913 году была установлена пластина с горизонтальной чертой которая является нулевой отметкой для нивелирования по сегодняшний день.

Любое строительства начинается с установки репера. Это высотная отметка, выставленная относительно нулевой отметки Кронштадтского футштока. В дальнейшем все земляные и строительные работы ведутся относительно этой отметки. Это даёт возможность контролировать ведение работ с помощью нивелира. То есть мы легко сможем понять на какую глубину надо рыть котлован или на какой высоте должен находиться верх фундамента. Тут важно отметить что обычно за абсолютный ноль строения берётся верх чистого пола первого этажа.

В индивидуальном строительстве Балтийская система высот используется достаточно редко. В основном при строительстве частного дома устанавливается реперная отметка относительно местности, окружающей ваш участок. Используется так называемая местная или локальная система высот.

**3. Гравиметрическая система** Гравиметрия — раздел высшей геодезии, в котором изучается взаимосвязь между фигурой Земли и гравитационным полем на её поверхности. Гравиметрию можно рассматривать как теоретический фундамент геодезии. Гравиметрические данные используются во многих сферах деятельности человека, как научных, так и практических. Так на связи формы поверхности Земли с элементами гравитационного поля основан физический метод определения фигуры нашей планеты.

Развитие гравиметрии начиная с 1945 года характеризуется следующими достижениями в области приборостроения:

- разработка прецизионных статических гравиметров с широким диапазоном измерения;
- создание стационарных и транспортабельных баллистических приборов того же уровня точности;
- создание морских гравиметров.

Гравиметрический анализ представляет собой технику количественного химического анализа, при которой масса исследуемого вещества или его компонентов измеряется через получение соединений известного постоянного состава. Методы гравиметрических определений можно классифицировать на три основные категории: осаждение, отгонка и выделение.

Государственная гравиметрическая сеть создаётся и используется в целях распространения государственной гравиметрической системы на территорию Российской Федерации. Структура государственной гравиметрической сети и требования к её созданию, включая требования к гравиметрическим пунктам, устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере геодезии, картографии и использования геоинформационных технологий.

Гравиметрические сети создают с использованием баллистических гравиметров, позволяющих измерять абсолютные значения ускорения силы тяжести. Пункты гравиметрической сети служат в качестве исходных (опорных) при выполнении гравиметрической съёмки и при практической реализации системы нормальных высот на территории страны.

**Контрольные вопросы:**

1. Государственная системы координат?
2. Система высот это?
3. Гравиметрическая система и ее суть?

**ТЕМА 15 – КЛАССИФИКАЦИЯ КАРТ: ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ, ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ, ИНЫЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ.**

1. Определение карты
2. Классификация карт
3. Создание карт

**1. Определение карты**

Термин «карта» происходит от латинского слова «charta» (харта — лист, бумага).

Автором первой географической карты считается древнегреческий философ Анаксимандр (611–546 годы до нашей эры). Он создал модель земной поверхности на бумаге, чтобы людям было проще ориентироваться в пространстве.

Географическая карта — построенное в картографической проекции, уменьшенное, обобщённое изображение поверхности Земли, другого небесного тела или внеземного пространства, показывающее расположенные на ней объекты или явления в определённой системе условных знаков.

**2. Классификация карт** Карты классифицируют по содержанию, масштабу, назначению, территориальному признаку. По содержанию все карты подразделяются на общегеографические и тематические.

- карты мира;
- карты материков и частей света, карты океанов;
- карты отдельных стран и регионов.

По масштабу

- крупномасштабные (1:200 000 и крупнее)
- среднемасштабные (1:200 000 — 1:1 000 000)
- мелкомасштабные (мельче 1:1 000 000)

По назначению

- научно-справочные — предназначены для выполнения научных исследований и получения максимально полной информации;
- культурно-образовательные — предназначены для популяризации знаний, идей;
- учебные — используются в качестве наглядных пособий для изучения географии, истории, геологии и других дисциплин;
- технические — отображают объекты и условия, необходимые для решения каких-либо технических заданий;
- туристические — могут содержать: населённые пункты, ориентиры, достопримечательности, маршруты передвижения, места отдыха, ночёвок и других услуг, в зависимости от предназначения по видам туризма;
- навигационные (дорожные)

По содержанию

— **Общегеографические (физические) карты** — изображают все географические явления, в том числе рельеф, гидрографию, растительно-почвенный покров, населённые пункты, хозяйственные объекты, коммуникации, границы и т. д. **Общегеографические крупномасштабные карты**, на которых изображены все объекты местности, называются **топографическими**, **среднемасштабные общегеографические карты** — **обзорно-топографическими**, а **мелкомасштабные общегеографические карты** — **обзорными**.

— **Тематические карты** — показывают расположение, взаимосвязи и динамику природных явлений, населения, экономики, социальную сферу. Их можно разделить на две группы: карты природных явлений и карты общественных явлений.

**3. Создание карт**

Создание карт выполняется с помощью картографических проекций — способа перехода от реальной, геометрически сложной земной поверхности к плоскости карты. Для этого сначала переходят к математически правильной фигуре эллипсоида, а затем проектируют изображение на плоскость с помощью математических зависимостей. При этом используют различные вспомогательные поверхности: цилиндр, конус, плоскость.

На любых географических картах существуют искажения длин, углов, форм и площадей. Эти искажения разных видов, а их величина зависит от вида проекции, масштаба карты и охвата проектируемой территории. Обнаружить на карте искажения длин вдоль меридианов можно, сравнив отрезки меридианов между двумя соседними параллелями — если они находятся на одном уровне, то искажений длины нет.

**Контрольные вопросы:**

- 1. Что такое карта?**
- 2. Какие бывают карты?**
- 3. С помощью чего создают карты?**

**ТЕМА 16 – КЛАССИФИКАЦИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ  
ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ.**

- 1. Классификация топографических карт**
- 2. Назначение топографических карт**
- 3. Свойства топографических карт**

**1. Классификация топографических карт**

Все карты, изображающие поверхность Земли, в том числе моря и океаны, называются географическими картами. По своему содержанию они подразделяются на общегеографические и тематические.

К общегеографическим картам относят географические карты, на которых отображается совокупность основных элементов местности без выделения каких-либо из них.

К тематическим картам относят карты, основное содержание которых определяется отображаемой конкретной темой. На них с большей детальностью отображаются отдельные элементы местности или наносятся специальные данные, не показанные на общегеографических картах.

Примером тематических карт могут служить обзорно-географические, геологические и другие типы карт. К тематическим относят и специальные карты. Они предназначаются для решения конкретных задач и для определенного круга потребителей. Их содержание имеет более узкую направленность. К специальным картам, создаваемым для войск, относятся дорожные, аэронавигационные и ряд других.

Карты с данными о поверхности дна морей, океанов и других водоемов называются морскими навигационными картами.

Одним из наиболее распространенных в войсках видов общегеографических карт являются топографические карты. К ним относятся карты масштабов 1:1000000 и крупнее, подробно изображающие местность - поверхность земной суши с прилегающей к ней прибрежной полосой морей и океанов. В отличие от них карты, изображающие водные пространства с прилегающей к ним полосой суши и характеризующие акватории, острова,

условия судоходства (мореплавания) и т. п., называются гидрографическими картами (морскими, речными и т. п.).

Топографические карты как измерительные документы и основные источники информации о местности служат одним из важнейших средств управления войсками. По ним изучают местность и ориентируются в боевых условиях, выполняют необходимые измерения и расчеты при изучении и оценке обстановки, принятии решений, организации боевых действий и постановке боевых задач подчиненным войскам. С помощью карт осуществляется организация взаимодействия войск при выполнении боевых задач. По ним определяют координаты целей и производят топогеодезическую привязку элементов боевого порядка всех родов войск, а также выполняют различные проектные и военно-инженерные расчеты.

## **2. Назначение топографических карт**

Карты масштабов 1:25 000 - 1:100 000 предназначаются для работы командиров и штабов при организации, ведении боя и управлении войсками в бою. Они наиболее широко используются в качестве рабочих карт в тактическом звене управления войсками. По ним изучают и оценивают местность при подготовке и в ходе боевых действий, определяют координаты огневых позиций ракетных войск и артиллерии, технических средств разведки, а также координаты целей, производят измерения и расчеты при проектировании и строительстве военно-инженерных сооружений и других объектов.

Карта масштаба 1:25 000 применяется в войсках для детального изучения отдельных наиболее важных рубежей и участков местности при форсировании водных преград, десантировании и т. п. Они используются также для более точных измерений и расчетов при проектировании и строительстве военно-инженерных сооружений.

Карта масштаба 1:50 000 применяется главным образом в условиях обороны, а в наступлении - преимущественно при прорыве обороны противника, форсировании водных преград, высадке воздушных и морских десантов, а также в боях за населенные пункты.

При действиях в крупных населенных пунктах командирам и штабам могут в дополнение к картам выдаваться планы городов - масштаба 1:10 000 или 1:25 000. Они предназначаются для изучения городов и подходов к ним, для ориентирования внутри города, целеуказания и управления войсками в ходе боя за город. С этой целью на планах указаны названия улиц, номера кварталов и важнейшие объекты города с их количественной и качественной характеристикой.

Основной тактической картой принято считать карту масштаба 1:100 000.

Карта масштаба 1:200 000 особенно удобна в качестве дорожной, так как наглядно и достаточно полно для ориентирования на местности отображает дорожную сеть и характеризует ее пригодность для движения автотранспорта и боевой техники. По этой карте можно изучать и оценивать

дорожную сеть и общий характер рельефа, водных рубежей, лесных массивов, крупных населенных пунктов. Этому помогают справки о местности, помещенные на оборотной стороне листов карты. Справки содержат в обобщенном и систематизированном виде необходимые дополнительные сведения о характере местности и отдельных наиболее важных ее объектах, которые не могут быть отображены на самой карте.

Во всех командно - штабных инстанциях от батальона и выше карта масштаба 1:200 000 используется для ориентирования на местности при совершении маршей. В мотострелковых, танковых частях и соединениях в ходе наступления, особенно при преследовании противника, она используется в качестве основной карты.

Карты масштабов 1:200 000 и 1:500 000 предназначаются для изучения и оценки местности при планировании и подготовке операций, для управления войсками в ходе операции и планирования передвижений войск. Карта масштаба 1:500 000 используется, кроме того, фронтовой авиацией в качестве полетной карты.

Карта масштаба 1:1 000 000 используется штабами для изучения физико-географических условий обширных территорий и для общих, приближенных расчетов по обеспечению боевых действий войск при планировании операций.

### **3. Свойства топографических карт**

Огромное практическое значение карт и многообразие их применения обусловлены свойствами картографического изображения. Важнейшие из этих свойств:

— масштабность, т. е. строгая соразмерность картографического изображения, позволяющая с максимальной точностью, допускаемой масштабом карты, определять географическое и взаимное положение показанных на ней объектов - их координаты, территориальные размеры и размещение;

— наглядность и выразительность картографического изображения, позволяющие быстро и однозначно воспринимать смысловое значение каждого его элемента. Это достигается применением на картах четкой, научно разработанной системы графического, цветового и буквенно-цифрового обозначения изображаемых объектов;

— целенаправленность содержания и смысловая емкость изображения, основанные на рациональном отборе, обобщении и системном показе наиболее существенных черт и объектов картографируемой территории. Это позволяет быстро, с исчерпывающей для данной карты полнотой и подробностью определять по ней не только внешние признаки изображаемых объектов, но и более разносторонние их характеристики, в том числе такие, которые не воспринимаются визуально непосредственно на местности, но имеют важное значение (например, глубину водоемов, проходимость болот, отметки высот, величину магнитного склонения и т.п.). Вместе с тем карта позволяет одновременно рассматривать изображение

значительной по размерам территории, быстро и комплексно воспринимать по рисунку общий характер и структурные особенности местности.

**Контрольные вопросы:**

- 1. Классификация топографических карт?**
- 2. Для чего нужны топографические карты?**
- 3. Какие есть свойства у топографических карт?**

**ТЕМА 17 – ПОНЯТИЕ О МАСШТАБАХ. ВИДЫ МАСШТАБОВ: ЧИСЛЕННЫЙ, ЛИНЕЙНЫЙ И ПОПЕРЕЧНЫЙ.**

- 1. Масштаб и для чего он нужен**
- 2. Виды масштабов: численный, линейный и поперечный**
- 3. Планы, применяемые в землеустройстве, кадастре, строительстве и сельском хозяйстве.**

**1. Масштаб и для чего он нужен**

Масштаб — это отношение длины отрезка на карте, чертеже к длине отрезка, который он изображает. Масштаб нужен, чтобы изобразить на листке бумаги, карте, чертеже участок земной поверхности, деталь, жилую комнату. Например, чтобы начертить проект маленькой детали, мы можем ее увеличить, чтобы ее лучше разглядеть, используя определенный масштаб. Если собираемся в путешествие, можем посчитать свой путь, смотря на карту и учитывая масштаб.

Масштаб — это степень уменьшения графических компонентов, отображающих элементы местности. Масштабы в геодезии и картографии используются при составлении большинства графических материалов. Помогают в топографической съемке промышленных, военных и гражданских объектов.

Масштабы планов и карт могут иметь нестандартное значение, например 1:17500. Для адаптации размеров в линейную или поперечную систему измерений существуют переходные масштабные решения. Они позволяют привести масштабные величины к удобоваримым параметрам, минимизируют число дополнительных измерений при создании графических материалов.

Нормативная точность масштабных изображений составляет 0,1 мм. Объекты меньшего размера не могут быть представлены в масштабном отображении, поэтому их применение ограничивается или исключается.

## **2. Виды масштабов: численный, линейный и поперечный**

Наибольшее распространение получили поперечный и линейный масштабы. Они позволяют получить качественное масштабное изображение, удобное для чтения и конвертации.

Линейный масштаб в геодезии представлен отрезком линии, разделенным на равные участки. Последние именуются основаниями, их длина составляет 2 см. Основание масштабного изображения базируется на цене деления. Показатель учитывается при взаимодействии с картой, в частности при снятии размеров и постановке отметок.

Масштабные планы и карты на базе оснований не отличаются точностью. Могут вызвать сложности при изменении длины и ширины малых инженерных объектов.

Поперечный масштаб используется при проектных работах. Он основан на применении пропорциональных отрезков параллельных прямых, наносится посредством масштабных линеек. Эти измерительные инструменты похожи на классические аналоги. Однако масштабная линейка имеет торцевой фиксатор и центральный сквозной проем. Инструменты производятся из металла, к точности таких линеек предъявляются повышенные требования.

Для повышения информативности масштабных карт существуют условные значки. Они отображают леса, болота, луга, мосты и ямы. Экспликация видов обозначений, нанесенных на масштабную карту, присутствует на основном или дополнительном листе. Изображения имеют базовое масштабное исполнение, гармонируют с масштабными показателями основного документа.

## **3. Планы, применяемые в землеустройстве, кадастре, строительстве и сельском хозяйстве.**

В землеустройстве используются обычно планы масштабов 1:10 000 и 1:25 000. Также такие планы используются для целей земельного кадастра и мониторинга земель. В строительстве применяются планы от масштаба 1:500 до 1:5000. Они используются для составления генпланов, технических проектов, рабочих чертежей.

Для составления планов участков применяется разделение всех планов на листы, что и называется разграфкой.

Чтобы определить положение листа нужного плана среди других листов, пользуются номенклатурой.

Номенклатура – это система обозначений отдельных листов топографических планов.

В основу разграфки и номенклатуры топографических карт и планов положена карта масштаба 1:1 000 000.

При создании топографических планов участков площадью до 20 км<sup>2</sup> может быть применена прямоугольная разграфка. В основу разграфки в этом случае положен лист плана масштаба 1:5000 с размерами рамок 40х40 см.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Для чего нужен масштаб?**
- 2. Виды масштабов?**
- 3. Планы, применяемые в землеустройстве?**

## **ТЕМА 18 – ТОЧНОСТЬ МАСШТАБА, ПРЕДЕЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ МАСШТАБА. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАСШТАБНЫЙ РЯД ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ, КАРТА И ПЛАН.**

- 1. Точность масштаба**
- 2. Предельная точность масштаба**
- 3. Государственный масштабный ряд топографических карт**

### **1. Точность масштаба**

Точность масштаба — отрезок горизонтального проложения линии, соответствующий 0,1 мм на плане. Значение 0,1 мм для определения точности масштаба принято из-за того, что это минимальный отрезок, который человек может различить невооружённым глазом. Например, для масштаба 1:10 000 точность масштаба будет равна 1 м.

Для определения точности численного масштаба необходимо его знаменатель разделить на 10 000. Различные масштабы характеризуются следующей предельной графической точностью: 1:500 1:1 000 1:2 000 1:5 000 – 0.05 м; – 0.1 м; – 0.2 м; – 0.5 м; 1:10 000 1:25 000 1:50 000 1:100 000 – 1.0 м; – 2.5 м; – 5.0 м; – 10 м

### **2. Предельная точность масштаба**

Точность масштаба даёт возможность определить, какие предметы местности можно изобразить на плане, а какие нет из-за их маленьких размеров. Решается и обратный вопрос: в каком масштабе надо составить план, чтобы предметы, имеющие, например, размеры 5 м, были изображены на плане. Для того чтобы в конкретном случае можно было принять определённое решение, вводится понятие точности масштаба. При этом исходят из физиологических возможностей человеческого глаза. Принято, что измерить расстояние, пользуясь циркулем и масштабной линейкой, точнее, чем 0,1 мм, в данном масштабе невозможно (таков диаметр кружка от остро отточенной иглы). Поэтому под предельной точностью масштаба

понимают длину отрезка на местности, соответствующую 0,1 мм на плане данного масштаба.

От масштаба карты зависит предельная точность, с которой можно производить измерения на карте. Известно, что невооруженный человеческий глаз в состоянии различить расстояние на бумаге не менее 0,1 мм. Поэтому расстояние на местности, соответствующее 0,1 мм на карте, называют предельной точностью масштаба.

### **3. Государственный масштабный ряд топографических карт**

Топографические планы и карты предназначены для обеспечения отраслей экономики, обороны и безопасности, органов местного самоуправления, юридических лиц и граждан информацией о местности при решении задач:

строительства и жилищно-коммунального комплекса, транспортного комплекса, топливно-энергетического комплекса, землепользования, ведения природоохранных мероприятий и природопользования, сельского хозяйства и обеспечения продовольствием, лесного хозяйства, гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, авиационно-космического комплекса, гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий, обороны, безопасности, охраны государственной границы и охраны общественного порядка и др.

Государственные топографические планы и карты создаются и обновляются в цифровой форме представления информации о местности.

Потребителю планы и карты представляются в цифровой форме и в виде номенклатурных листов карт на бумаге.

Планы и карты, создаются и обновляются в организациях Роскартографии и Министерства обороны (Военно-топографическая служба).

Используемое при работе с номенклатурными листами планов и карт программное обеспечение позволяет иметь доступ ко всем элементам содержания, объектам и их описанию, а также формировать определяемое требованиями пользователя сочетание из всех этих элементов.

Базы данных планов и карт могут содержать, помимо традиционных слоев топографической информации, дополнительные слои информации и их различные характеристики, необходимые пользователям. Это позволяет составлять на основе топографических планов и карт производные планы. Они служат основой построения географических информационных систем.

К настоящему времени обеспеченность территории Российской Федерации топографическими планами и картами характеризуется следующими данными:

- планы масштабов 1:500, 1:1 000 созданы на отдельные участки городов, поселков городского типа и промышленные зоны;
- планы масштабов 1:2 000, 1:5 000 созданы на все города, поселки городского типа и промышленные зоны;

- карта в масштабе 1:10 000 создана на все промышленные и сельскохозяйственные районы, общей площадью 4,5 млн. кв. км;
- карты масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000 созданы на всю территорию страны.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Что такое точность масштаба?**
- 2. Предельная точность масштаба это?**
- 3. Для чего предназначены топографические планы и карт?**

## **ТЕМА 19 - ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА, ЕГО ХАРАКТЕРНЫЕ ЛИНИИ И ТОЧКИ. ФОРМА И КРУТИЗНА СКАТОВ.**

- 1. Существующие формы рельефа**
- 2. Характерные точки и линии рельефа**
- 3. Крутизна скатов**

### **1. Существующие формы рельефа**

Рельеф — что-либо выпуклое, возвышенное на плоскости, форма, очертания поверхности (территории), совокупность неровностей твёрдой земной поверхности (например земной коры) и иных твёрдых планетных тел, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития.

Несмотря на большое разнообразие неровностей земной поверхности, можно выделить основные формы рельефа: гора, котловина, хребет, лощина, седловина.

Гора (или холм) — это возвышенность конусообразной формы. Она имеет характерную точку — вершину, боковые скаты (или склоны) и характерную линию — линию подошвы. Линия подошвы — это линия слияния боковых скатов с окружающей местностью. На скатах горы иногда бывают горизонтальные площадки, называемые уступами.

Котловина — это углубление конусообразной формы. Котловина имеет характерную точку — дно, боковые скаты (или склоны) и характерную линию — линию бровки. Линия бровки — это линия слияния боковых скатов с окружающей местностью.

Хребет — это вытянутая и постепенно понижающаяся в одном направлении возвышенность. Он имеет характерные линии: одну линию водораздела, образуемую боковыми скатами при их слиянии вверху, и две линии подошвы.

Лощина — это вытянутое и открытое с одного конца постепенно понижающееся углубление. Лощина имеет характерные линии: одну линию водослива (или линию тальвега), образуемую боковыми скатами при их слиянии внизу, и две линии бровки.

Седловина — это небольшое понижение между двумя соседними горами; как правило, седловина является началом двух лощин, понижающихся в противоположных направлениях. Седловина имеет одну характерную точку — точку седловины, располагающуюся в самом низком месте седловины.

Равнины — значительные по площади участки поверхности суши, дна морей и океанов, для которых характерны: незначительный уклон местности (до 5°) и небольшое колебание высот (до 200 м); которое если и достигает сотен метров, то эти изменения имеют место на большом протяжении. Что ведёт к тому, что высоты соседних точек мало отличаются друг от друга.

## 2. Характерные точки и линии рельефа

Э л е м е н т ы рельефа – поверхности, линии и точки. Каждая форма рельефа ограничена поверхностями, которые могут быть: относительны Поверхности, пересекаясь, образуют линии: водораздельную, тальвега, подошвенную и бровки. Водораздельная линия – соединяет точки с наибольшими абсолютными отметками /в равнинном рельефе с плоскими водоразделами - это полоса, в горном - гребни хребтов/, линия тальвега /или водосливная линия/ - осевая наиболее глубокая часть дна долины, оврага, балки.

Подошвенная линия – ограничивает дно речных долин, днища котловин, возвышенности с крутыми склонами и др. Линия бровки ограничивает овраги, балки, речные долины и др.

Точки – это места пересечения тех или иных линий из перечисленных выше: узловые /расположенные в месте соединения нескольких водораздельных линии/, перевальные или седловинные /в них горные хребты доступны для пересечения/, устьевые /расположенные в месте соединения тальвегов главной и боковой долин/, впадинные /расположенные в самых низких местах котловин, воронок, западин/.

По внешним особенностям формы рельефа подразделяются на:

- положительные /выпуклости, возвышенности/;
- отрицательные /вогнутости, углубления/;
- замкнутые /холмы, курганы, котловины/;
- незамкнутые /речная долина, овраг, балка/. о горизонтальные, наклонные, выпуклые, вогнутые, ступенчатые.

## 3. Крутизна скатов

*Уклон* - Показатель крутизны склона; отношение превышения местности к горизонтальному протяжению, на котором оно наблюдается (например, уклон, равный 0,015, соответствует подъему 15 м на 1 000 м расстояния).

*Крутизна ската* - Расстояние между горизонталями, так называемое заложение, показывает крутизну ската. Чем ближе друг к другу на карте расположены горизонтали, тем скат круче; чем больше расстояние между двумя соседними горизонталями, тем скат положе.

Наиболее точно можно определить крутизну склона угломером. Удобен, например, горный (геологический) компас. Этот прибор имеет один, а иногда и два отвеса, угломерные шкалы и визирные устройства. В литературе рекомендуются самодельные угломеры из школьного транспорта с отвесом.

*Уклонение отвесных линий* - Угол, образованный при несовпадении отвесной линии проведенной в точке на земной поверхности перпендикулярно геоиду с проведенной в этой же точке перпендикулярно к эллипсоиду нормалью.

*Указатели склона* - То же, что бергштрихи (короткие штрихи на горизонталях топографических карты, указывающие направление вниз по склону.)

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Рельеф это?**
- 2. Характерные точки рельефа бывают?**
- 3. Как определить крутизну скатов?**

## **ТЕМА 20 - ГОРИЗОНТАЛИ И ИХ СВОЙСТВА.**

- 1. Горизонтالي**
- 2. Построение горизонталей**
- 3. Высота сечения**
- 1. Горизонтали**

*Горизонтали* – замкнутые линии (могут выходить за рамку данного плана и замыкаться за его пределами).

Горизонтали не пересекаются. Исключение – нависающие (обратные) скаты.

Чем меньше заложение горизонталей  $d$  при одинаковом  $h_c$ , тем круче скат. Линия, образованная наименьшими  $d$ , соответствует направлению наибольшей крутизны.

Рельеф в общем случае разделяют на три вида: равнинный – превышения до 30 м; холмистый – превышения до 200 м; горный – превышения более 200 м.

В каждом виде рельефа выделяют пять основных форм: возвышенность, котловину, хребет, лощину и седловину.

1. Возвышенность (гора – высота более 200 м, холм – менее 200 м). Элементы данной формы рельефа: вершина, скаты, подошва.

2. Котловина – замкнутое углубление. Элементы – дно, скаты, бровка.

3. Хребет – вытянутая возвышенность. Элементы – скаты, гребень хребта. Линия, идущая по гребню, называется водоразделом.

4. Лощина – вытянутое углубление. Элементы – скаты, водосливная линия (талweg, водоток); широкая лощина называется долиной, узкая – ущельем или оврагом.

5. Седловина (перевал) – пониженная часть местности между двумя соседними возвышенностями с расходящимися в противоположные стороны лощинами.

## 2. Построение горизонталей

Для изображения рельефа горизонталями выполняют топографическую съемку участка местности. По результатам съемки определяют координаты (две плановые и высоту) для характерных точек рельефа и наносят их на план. В зависимости от характера рельефа, масштаба и назначения плана выбирают высоту сечения рельефа  $h$ .

а) на чистом листе бумаги построить основу, состоящую из квадратов (приложение А), увеличенных в 2 раза по сравнению с исходным вариантом (размер квадратов 5 x 5 см);

б) нанести на основу все высотные отметки, аккуратно подписать их значения;

в) пунктирной линией отметить линии водоразделов, а сплошной – линии русел рек (в соответствии с исходной схемой);

г) перенести на составляемый фрагмент карты намеченные карандашом следы горизонталей, приложив вспомогательную бумагу к отметкам высот;

д) переходя от одной пары точек к другой, проводите линии горизонталей, используя полученные при интерполировании точки;

е) при прохождении только одной горизонтали допускается интерполирование на глаз.

Фрагмент карты оформить следующим образом:

1) выделить утолщенные горизонталы, кратные  $5m$ ;

2) для уплощенный участков рельефа, где линии горизонталей расположены далеко друг от друга, провести дополнительные горизонталы на половине основного сечения;

3) подписать некоторые горизонталы с основанием цифр в сторону понижения ската;

4) проставить бергштрихи на замкнутых горизонталях.

## 3. Высота сечения

Сечение рельефа – это разность высот между точками, лежащими на двух соседних горизонталях одного склона.

Высота сечения рельефа зависит от масштаба топографической карты и особенностей рельефа картографируемой территории. Нормальное сечение рельефа рассчитывают по формуле  $h_c = 0,2 * M$  (мм), где  $M$  – знаменатель масштаба карты. Так, для карты масштаба 1 : 25 000,  $h_c = 0,2 * 25\ 000 = 5\ 000$  мм = 5 м.

Сечение в геодезии – разность высот двух последовательных горизонталей на топографической карте или плане.

**Контрольные вопросы:**

1. Горизонтали это?
2. Как построить горизонтали?
3. Как найти высоту сечения рельефа?

**ТЕМА 21 - ВЫСОТА СЕЧЕНИЯ, ЗАЛОЖИ ГОРИЗОНТАЛЕЙ.  
ПОДПИСИ ГОРИЗОНТАЛЕЙ, ПОЛУГОРИЗОНТАЛИ, БЕРГШТРИХИ.**

1. Заложите горизонталей
2. Подпишите горизонталей, полугоризонталей, бергштрихи

**1. Заложите горизонталей**

Расстояние между горизонталями, так называемое заложение, показывает крутизну ската. Чем ближе друг к другу на карте расположены горизонталей, тем скат круче; чем больше расстояние между двумя соседними горизонталями, тем скат положе.

Горизонталей – замкнутые линии (могут выходить за рамку данного плана и замыкаться за его пределами).

2. Горизонталей не пересекаются. Исключение – нависающие (обратные) скаты.

3. Чем меньше заложение горизонталей при одинаковом масштабе, тем круче скат. Линия, образованная наименьшими масштабами, соответствует направлению наибольшей крутизны.

**2. Подпишите горизонталей, полугоризонталей, бергштрихи**

Горизонталей обычно наносят коричневым цветом и указывают значения абсолютной высоты в метрах. В легенде карты указывают, через сколько метров высоты проведены горизонталей.

Для того чтобы при чтении карты можно было быстро определить характер неровностей поверхности на картах, применяются специальные указатели направления скатов – бергштрихи.

Подписи горизонталей размещаются в их разрывах в наиболее характерных местах. Цифры подписей располагаются так, чтобы их верх был направлен к вершине ската.

Различают следующие горизонталей:

1. основные (сплошные) — соответствующие высоте сечения рельефа;
2. утолщенные — каждая пятая основная горизонталь, выделяется для удобства чтения рельефа;
3. дополнительные горизонталей (полугоризонталей) — это дополнительные горизонталей, которые изображаются прерывистыми линиями. Полугоризонталей применяют для уточнения форм рельефа. Обычно их проводят в тех случаях, когда расстояние между горизонталями на плане превышает 3 см.

**Контрольные вопросы:**

- 1. Заложение горизонталей это?**
- 2. Что такое бергштрих?**
- 3. Какие бывают виды горизонталей?**

**ТЕМА 22 - ЕДИНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА. ФОНДЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ.**

- 1. Единая электронная картографическая основа**
- 2. Порядки, которые устанавливает Правительство РФ**

**1. Единая электронная картографическая основа**

Единая электронная картографическая основа (ЕЭКО) — это систематизированная совокупность пространственных данных о территории Российской Федерации. Она создаётся и обновляется с целью обеспечения органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц пространственными данными.

Источники сведений ЕЭКО — государственные фонды пространственных данных:

Федеральный фонд пространственных данных (ФФПД). Содержит геодезические, картографические, топографические, гидрографические, аэрокосмосъёмочные, гравиметрические материалы о территории Российской Федерации — в общей сложности более 86 млн единиц материалов и данных.

Региональные фонды пространственных данных (РФПД). Программа разработана для построения в регионах государственных информационных систем, позволяющих оптимизировать такие показатели как: сроки предоставления пространственных данных, материалов и сведений по запросам заинтересованных лиц, количество пространственных данных, материалов, сведений, предоставляемых посредством регионального фонда

Для обеспечения органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц пространственными данными федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на оказание государственных услуг в сфере геодезии и картографии, или на основании акта Правительства Российской Федерации публично-правовая компания обеспечивает создание и обновление единой электронной картографической основы. Порядок создания и обновления единой электронной картографической основы определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере геодезии и картографии.

Для целей создания, мониторинга актуальности и обновления единой электронной картографической основы материалы, пространственные данные и сведения (в том числе пространственные метаданные) предоставляются на безвозмездной основе.

Единая электронная картографическая основа не содержит сведений, составляющих государственную тайну, и является систематизированной совокупностью пространственных данных о территории Российской Федерации.

## **2. Порядки, которые устанавливает Правительство РФ**

Правительство Российской Федерации устанавливает:

1) порядок и способы предоставления заинтересованным лицам сведений единой электронной картографической основы, включая порядок направления заявления о предоставлении сведений единой электронной картографической основы, в том числе форму заявления.

2) порядок определения размера платы за использование сведений единой электронной картографической основы.

Единая электронная картографическая основа является картографической основой государственных геоинформационных систем, перечень которых устанавливается Правительством Российской Федерации.

Порядок информационного взаимодействия государственной информационной системы ведения единой электронной картографической основы с информационными системами обеспечения градостроительной деятельности в целях обновления сведений единой электронной картографической основы и перечень сведений, содержащихся в информационных системах обеспечения градостроительной деятельности и используемых для целей обновления единой электронной картографической основы, устанавливаются Правительством Российской Федерации.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Единая электронная картографическая основа это?**
- 2. Источники единой электронной картографической основы?**
- 3. Правительство Российской Федерации устанавливает какие порядки и способы?**

## **ТЕМА 23 - УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ.**

### **1. Условные знаки**

### **2. Классификация условных знаков**

#### **1. Условные знаки**

Условные знаки — это графические построения (обозначения) определённой величины, формы и цвета, с помощью которых на картах изображаются различные географические объекты и предметы местности:

населённые пункты, реки, озёра, рельеф, растительность, железные и автожелезные дороги и т.д.

Все объекты местности изображаются на планах в ортогональной проекции (вид сверху) в виде линий, точек или контуров.

Для улучшения читаемости карты и различения отображаемых объектов местности для условных знаков введены следующие цвета:

- синий — при изображении гидрографии,
- коричневый — рельефа,
- зелёный — растительности,
- чёрный — населённых пунктов, дорожной сети и др.

## **2. Классификация условных знаков**

По назначению и свойствам условные знаки планов и карт подразделяют на три вида: линейные, площадные и точечные.

Все условные знаки предметов можно разделить на следующие группы:

1. Линейные знаки показывают дороги, реки, каналы, ЛЭП, различные изолинии (высоты, температуры, давления).

2. Контурные или площадные знаки нужны для изображения морей, озёр, стран, городов и лесов на планах.

3. Внемасштабные (точечные) знаки используются при указании типа полезного ископаемого, водопада, на планах — колодцев, башен, родников.

4. Пояснительные знаки — названия городов, рек, морей.

Картографические условные знаки по назначению и геометрическим свойствам подразделяют на три вида: линейные, внемасштабные и площадные. Кроме условных знаков на картах применяются подписи, поясняющие вид или род изображаемых на карте объектов, а также их количественные и качественные характеристики.

Внемасштабными картографическими условными знаками изображают объекты, площади которых не выражаются в масштабе карты. Положению объекта на местности соответствует центр знака симметричной формы, середина основания знака с широким основанием, вершина угла знака с основанием в виде прямого угла, центр нижней фигуры знака, представляющего собой сочетание нескольких фигур.

Площадными картографическими условными знаками заполняют площади объектов, выражающихся в масштабе карты. Площадные знаки, вычерченные внутри контура объекта (болота, лесного массива, сада и т. п.), не указывают его положение на местности.

Пояснительные условные знаки дают дополнительные характеристики объектов местности: собственные названия объектов, их назначение, количественные и качественные характеристики. Подписи в некоторых случаях сопровождаются условными значками, например при характеристике леса, обозначении направления течения воды в реке, глубины болота. Пояснительные подписи могут быть полными и сокращёнными.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Что такое условные знаки и для чего они нужны?**
- 2. Существующие группы условных знаков?**
- 3. Цвета для условных знаков?**

## **ТЕМА 24 - ИЗОБРАЖЕНИЕ НА КАРТАХ И ПЛАНАХ РАЗНЫХ МАСШТАБОВ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ.**

- 1. Изображение населённых пунктов на картах**
- 2. Основными требованиями при изображении населенных пунктов**
- 3. Характер планировки**

### **1. Изображение населённых пунктов на картах**

Изображение населённых пунктов на картах и планах разных масштабов отличается степенью подробности.

На плане масштаба 1:2000 в населённом пункте будут показаны не только отдельные дома, но и их форма.

На карте масштаба 1:50 000 — только кварталы.

А на карте масштаба 1:1 000 000 весь город обозначится небольшим кружком.

На картах масштаба 1:100 000 и крупнее указывают все населённые пункты вместе с подписью их названий.

При этом названия городов наносятся прямыми прописными буквами, сельских населённых пунктов — строчными буквами, городских и дачных посёлков — строчными наклонными буквами.

По типу поселения населенные пункты подразделяют следующим образом: (на картах их названия выделяют разными шрифтами):

- города;
- поселки городского типа (рабочие, курортные и прочие поселки);
- поселки при промышленных предприятиях, железнодорожных станциях, пристанях и т.п.
- поселки сельского и дачного типа (станции, села, деревни, кишлаки, аулы), а также отдельные дворы.

### **2. Основными требованиями при изображении населенных пунктов**

1. Правильная передача размещения населенных пунктов на местности с отображением типа поселения, численности населения и политико-административного значения.

2. Наглядное отображение внутренней структуры населенных пунктов (характера планировки его улиц и кварталов и плотности застройки)

кварталов зданиями), характер огнестойкости (до масштаба 1:50 000 включительно).

3. Правильная передача величины и внешних очертаний населенного пункта, четкое выделение магистральных и главных улиц, выдающихся зданий и сооружений, а также сооружений, являющихся ориентирами.

4. Подробное отображение подходов к населенным пунктам, естественных препятствий (овраги, промоины, пруды и т. п.), показ зеленых насаждений.

### **3. Характер планировки**

При изображении населенных пунктов на топографических картах обязательно отображается их планировка. Города могут иметь регулярную, нерегулярную и смешанную планировки. Типичной для современных городов является регулярная планировка: прямоугольная, радиальная и комбинированная.

— Регулярная планировка – кварталы имеют форму правильных геометрических фигур и относительно прямолинейные улицы.

— Нерегулярная планировка – кварталы могут иметь произвольную форму и размеры, наличие узких и кривых улиц.

— Смешанная планировка – часть города имеет регулярную планировку, а другая часть – нерегулярную.

— Прямоугольная планировка – все улицы в городе взаимно-перпендикулярны. Радиальная планировка – все улицы направлены к центру города.

— Комбинированная планировка – часть города имеет радиальную структуру, а другая часть – прямоугольную.

*Структура населенных пунктов сельского типа бывает:*

— Квартальная – представляет собой правильные кварталы, разделенные взаимно перпендикулярными улицами. Застроенная часть кварталов проходит вдоль улиц.

— Рядовая – представляет собой вытянувшиеся в один ряд постройки с прилегающими с одной стороны приусадебными землями.

— Участковая – представляет собой группы дворов, размещенные в беспорядке по всей площади, занимаемой населенным пунктом.

— Характер размещения населенных пунктов сельского типа на местности зависит от географического ландшафта. Они могут размещаться по долинам рек, вдоль оврагов, по берегам озер и морей, у перекрестков дорог и т. д.

*Составление населенных пунктов производится в определенной последовательности:*

1. Вначале наносят объекты, важные в экономическом отношении или имеющие значение ориентиров (промышленные предприятия, сооружения башенного типа, церкви, памятники).

2. Дается изображение внешнего контура, магистральных и главных улиц.

- 3.Изображение второстепенных улиц и проездов.
- 4.Внутриквартальная застройка – показываются строения и сооружения в кварталах.
- 5.Заполнение контуров угодий условными знаками.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Какой бывает характер планировки?**
- 2. Типы населенных пунктов?**
- 3. Требования при изображении населенных пунктов?**

### **ТЕМА 25 - ИЗОБРАЖЕНИЕ НА КАРТАХ И ПЛАНАХ ДОРОЖНОЙ СЕТИ.**

- 1. Изображение дорожной сети**
  - 2. Правила, при обобщении изображения дорожной сети**
  - 3. Подписи направлений дорог**
- 1. Изображение дорожной сети**

Изображение дорожной сети на карте должно характеризовать обеспеченность района дорогами, их типы, пропускную способность, переправы через водные рубежи, овраги и другие естественные преграды, особенности начертания дорог, наличие и виды дорожных сооружений. Положение дорог на карте должно соответствовать их положению на местности. Правильное изображение дорожной сети способствует быстрому ориентированию на местности.

Перед непосредственным изображением дорожной сети ее необходимо изучить по основному картографическому материалу и выявить вышеуказанные особенности. При отсутствии на основном картографическом материале нужных данных привлекаются другие материалы, рекомендованные в редакционном плане: географические описания, альбомы и схемы дорог, справочники, дежурные дорожные карты и т. п.

Отбор дорог зависит от назначения и масштаба карты, густоты дорожной сети, связи дорог с населенными пунктами, рельефом, растительным покровом и другими элементами содержания карты.

На карте масштабов 1:10000—1:200000 показываются все железные, шоссейные и улучшенные грунтовые дороги. Трамвайные линии показываются: на картах масштабов 1:10000 и 1:25000, на карте масштаба 1:50 000 — только вне населенных пунктов и на их окраинах, на карте масштабов 1:100000 и 1:200000 — только вне населенных пунктов. Из остальных дорог в зависимости от масштаба карты и характера района наносятся те дороги, которые являются единственным путем к населенному пункту. Соединяют дороги высших классов, а также населенные пункты по кратчайшим расстояниям между ними, которые служат подъездами к железнодорожным станциям, пристаням, переправам, ориентирам, идут

вдоль административных границ, являются границами лесов или наиболее удобными путями в горных и лесисто-болотистых районах. Кроме того, наносятся все дороги, изображенные на картах более мелких масштабов, если их наличие подтверждается достоверными картографическими материалами. При составлении карт на малообжитые районы показываются по возможности все дороги и тропы.

Степень нагрузки дорожными сооружениями на картах различных масштабов определяется соответствующими наставлениями (инструкциями) по составлению карт и редакционными планами. Так, например, при составлении карт масштабов 1:100000 и 1:200 000 на обжитые районы не показываются небольшие насыпи и выемки, а также трубы и мосты через незначительные препятствия.

## **2. Правила, при обобщении изображения дорожной сети**

— середина условных знаков дорог всех классов должна совпадать с действительным положением оси дороги; при невозможности соблюдения этого правила, например в случае, когда дорога проходит вдоль берега моря, реки, озера и т. п., изображение дороги следует сместить так, чтобы оно не соприкасалось с условными знаками соседних объектов; при невозможности сохранения положения условных знаков двух параллельно идущих дорог (например, железной и шоссейной) следует сместить условный знак дороги низшего класса (в нашем примере — шоссейной); в тех случаях, когда шоссейные или улучшенные грунтовые дороги проходят по узким горным ущельям, или прибрежным участкам, следует уменьшать ширину условных знаков дорог и несколько расширять изображение ущелья;

— начертание дорог должно быть передано с максимальной точностью, с правильным отображением прямолинейных участков дорог, характерных поворотов и перекрестков;

— подходы дорог к населенным пунктам должны быть показаны так, чтобы оси изображений дорог и улиц совпадали, между условными знаками дорог и улиц был оставлен просвет в 0,2 мм;

— другие элементы карты не должны закрывать изображения подходов дорог к селению.

Изображение дорожной сети производится в определенной последовательности. В первую очередь наносятся железные дороги, затем капитальные дороги, усовершенствованные шоссе и шоссе, улучшенные грунтовые и, наконец, остальные дороги и тропы. Перед нанесением дорог показываются дорожные сооружения, условные знаки которых прерывают изображение дорог — железнодорожные станции, мосты, трубы, километровые столбы и т. д. Железные и автогужевые дороги, до улучшенных грунтовых дорог включительно, наносятся сразу на всем листе карты. Остальные дороги и тропы в вышеуказанной последовательности вычерчиваются по отдельным участкам, ограниченным изображением важнейших дорог или естественных рубежей: рек, горных хребтов и т. д.

## **3. Подписи направлений дорог**

После окончания изображения дорожной сети за внутренней рамкой листа карты подписываются их направления. У выходов железных дорог подписывается название ближайшего железнодорожного узла, а при отсутствии такового — значительного населенного пункта или конечной станции. Рядом указывается расстояние до подписанного пункта, в километрах, например: Москва 24 км.

У выходов капитальных дорог, усовершенствованных шоссе и шоссе, а на картах малообжитых районов и прочих дорог подписываются названия ближайших административных центров или крупных населенных пунктов и расстояния до них в километрах.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Как изображается дорожная сеть?**
- 2. Существующие правила при изображении дорожной сети?**
- 3. Как подписываются дороги?**

## **ТЕМА 26 - ИЗОБРАЖЕНИЕ НА КАРТАХ И ПЛАНАХ ГИДРОГРАФИИ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ.**

- 1. Основные объекты гидрографии и их изображение**
- 2. Условные знаки для обозначения растительности**

### **1. Основные объекты гидрографии и их изображение**

На топографических картах показываются следующие основные объекты гидрографии: побережье и прибрежная полоса морей; озера, пруды и другие естественные и искусственные водоёмы; реки и каналы; колодцы и водные источники.

При изучении этих объектов по карте необходимо иметь в виду следующее: береговая линия, побережье и прибрежная полоса морей, крупных озёр и других водных бассейнов отображаются на карте с максимальной полнотой и точностью, допускаемой масштабом. По карте при этом можно установить:

Точное очертание береговой линии, тип и характер берегов и побережья. Изображаемая на карте береговая линия моря соответствует наиболее высокому уровню воды – линии прилива во время прилива. Районы побережий с приливно–отливными колебаниями уровня воды отмечаются на картах подписью синего цвета вдоль береговой линии и указывается в метрах средняя величина прилива.

Наличие и характер береговых отмелей, мелей и берегов осушки, т.е. приливно–отливных полос. Особыми условными знаками показываются подводные, надводные и осыхающие камни, надводные скалы и другие объекты, характеризующие качество дна и подходов к берегу, доступность побережья со стороны моря и условия десантирования. На картах точно наносятся все отдельно расположенные острова на морях, озерах и реках.

Показываются также все выражающиеся в масштабе карты озера, пруды и прочие водоемы, имеющие значение ориентиров.

Броды на реках обозначаются условным знаком с подписью бр. и с указанием его глубины и длины в метрах (числитель), характера грунта дна (знаменатель) и скорость течения в м/сек. Символы для обозначения характера дна:

- К – дно каменистое, с крупными камнями
- Т – твердое, ровное (каменистое, галечниковое или щебеночное)
- П – песчаное плотное
- В – вязкое (глинистое, илистое).

## **2. Условные знаки для обозначения растительности**

Условные знаки для обозначения растительности на топографических картах и планах:

- Смешанный лес. На зелёном фоне стоят знаки лиственного и хвойного дерева.
- Лиственный лес. На зелёном фоне знак только лиственного дерева.
- Хвойный лес. На зелёном фоне знак только хвойного дерева.
- Отдельно стоящие смешанные рощи. На белом фоне ставятся знаки «деревьев», а роща находится в угловой точке знака.
- Кустарник или отдельно стоящие кусты. Изображаются на белом фоне. На зелёном фоне — заросли кустарника.
- Просеки. Могут быть широкими (в две линии) и узкими (одна линия). Могут изображаться на зелёном фоне (проходят по лесу) и на белом (лес уже вырублен).
- Заросли тростника или камыша.
- Травяная, луговая растительность (разнотравье).
- Растительность высокотравная (чий, зонтичные и другие высотой 1 м и более).
- Заросли камышовые и тростниковые.
- Растительность травяная степная (ковыль, типчак и др.).
- Растительность моховая (гипновые, сфагновые и другие мхи).

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Какая растительность изображается на картах и планах?**
- 2. Гидрография и ее изображение на планах**

## **ТЕМА 27 - КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ШРИФТЫ.**

- 1. Картографические шрифты**
- 2. Графическая основа и элементы построения шрифтов**

### **1. Картографические шрифты.**

Качество чертежа определяется не только графически грамотной передачей изображаемых объектов, но и оформлением, одним из элементов

которого является шрифт. Шрифтом называют графическую форму букв и цифр. Шрифты, которые применяются на топографических планах и картах, называются картографическими и в отличие от других шрифтов имеют свойственные только им особенности. Вместе с тем они подчиняются общим требованиям, предъявляемым ко всем шрифтам, и должны обладать ясностью форм букв, легкостью чтения, выразительностью и простотой начертания.

## **2. Графическая основа и элементы построения шрифтов**

Графическую основу шрифта составляют плотность, контрастность толщины элементов букв, симметричность их расположения относительно вертикальной и горизонтальной осей, наклон и дополнительные графические элементы шрифтов, характерные для его названия (например, разный вид подсечек).

Во всех шрифтах буквы и цифры состоят из различных сочетаний отдельных элементов: вертикальных, горизонтальных, наклонных, прямолинейных, закругленных, толстых (налитых) и тонких (волосных). Шрифты, буквы которых состоят только из тонких элементов, называются остовными или волосными. Налитые элементы букв называются основными, а волосные элементы – второстепенными. Наиболее широкая часть налитого элемента называется толщиной основного элемента –  $T_o$ . Отношение соединительного элемента буквы --  $T_c$  к толщине основного элемента --  $T_o$  ( $T_c : T_o = 2:10$  или  $1:5$ ) определяет контрастность шрифта.

Плотность шрифта зависит от отношения ширины буквы  $b$  к ее высоте  $h$ . При отношении  $b:h < 2:3$  шрифт будет узким, при отношении  $b:h = 2:3$  шрифт будет нормальным, при отношении  $b:h > 2:3$  – растянутым или широким. По толщине начертания шрифты подразделяются на тонкие, полужирные и жирные (рис.44).

В зависимости от наклона букв к основанию строки шрифты подразделяются на прямые и наклонные (под углом к строке вправо или влево).

Толщина основного элемента принята за единицу измерения, которой определяется ширина букв и величина промежутков между буквами в словах. Расстояния между буквами зависят от сочетания букв в слове. Эти расстояния должны казаться одинаковыми и подбираются так, чтобы площади между буквами казались равновеликими. Интервалы между словами должны быть не менее ширины узкой буквы либо равными полуторной ширине нормальной буквы.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Что такое картографические шрифты?**
- 2. Какие есть элементы, при построении картографических шрифтов?**

## ТЕМА 28 - КЛАССИФИКАЦИЯ И ИНДЕКСАЦИЯ ШРИФТОВ.

1. Классификация и индексация шрифтов
2. Основные правила построения шрифтов
3. Методика построения букв и текста.

### 1. Классификация и индексация шрифтов

Картографические шрифты в зависимости от графических признаков разделяются на несколько групп. В первую группу выделены среднеконтрастные шрифты с короткими треугольными подсечками, во вторую – контрастные шрифты с длинными и тонкими подсечками, в третью – среднеконтрастные шрифты с прямоугольными подсечками, в четвертую – малококонтрастные шрифты с прямоугольными подсечками, в пятую – малококонтрастные шрифты без подсечек. В дополнительную группу объединены все остальные шрифты (рукописные, машинописные и т.д.).

Каждая группа состоит из гарнитур, т.е. комплектов или наборов шрифтов, имеющих общий характер начертания букв. К первой группе отнесены литературная, универсальная и гидрографическая гарнитуры; ко второй – обыкновенная гарнитура; к третьей – гарнитура БСАМ, капитальная, новая, четкая, оригинальная и академическая гарнитуры; к четвертой – брусковая гарнитура; к пятой – рубленая, топографическая и древняя гарнитуры; к дополнительной – переходная гарнитура.

Шрифты, буквы которых состоят только из тонких элементов, называются остовными или волосными.

Независимо от гарнитуры шрифты делятся на печатные и курсивные. У курсивных шрифтов строчные буквы похожи на письменные (рукописные) и все, кроме буквы о, отличаются от прописных. У печатных шрифтов строчные и прописные буквы различаются между собой по величине, а по рисунку лишь некоторые: а,б,е,р,у,ф,с.

Указанные выше признаки легли в основу обозначений (индексов) картографических шрифтов. Каждый индекс состоит из одной или двух букв, соответствующих начальным буквам названия гарнитуры, и трехзначного числа. Первая цифра этого числа обозначает: четная – шрифт курсивный, нечетная – шрифт печатный. Вторая цифра в индексе обозначает начертание шрифта в зависимости от ширины букв: 1 – узкие буквы, 2 – суженные буквы, 3 – нормальные буквы, 4 – расширенные буквы и 5 – широкие буквы. Третья цифра обозначает начертание букв в зависимости от насыщенности их элементов: 1 – светлое начертание, 2 – полужирное начертание, 3 – жирное начертание и 4 – прозрачное начертание. Например, индексом Т-132 обозначается шрифт: топографический, печатный, вертикальный, нормальный и полужирный. Сокращенно этот шрифт называют "топографический полужирный". Вертикальное положение букв обозначается первой цифрой индекса цифрами 1 или 2; наклон букв вправо – 3 или 4, а наклон букв влево – 5 или 6.

## 2. Основные правила построения шрифтов

Основные параметры букв в шрифтах. Толщина основного элемента -- То в каждом шрифте является определенной величиной и выводится в зависимости от высоты буквы. За основу размера буквы берется толщина основного элемента буквы нормального для данной гарнитуры шрифта (вторая цифра в индексе -- 3).

В каждом шрифте различают прописные (заглавные или большие) и строчные (маленькие) буквы, а также цифры и пунктуационные знаки, причем некоторые строчные буквы по начертанию отличаются от прописных. Высота отдельной буквы или цифры определяет ее ширину и называется ее размером. При обозначении размера надписи указывают высоту прописной буквы, но при необходимости может быть дана высота и прописной и строчной буквы. В таких случаях рядом с заданной высотой должно стоять пояснение: "с" (строчная), "зг" (заглавная). Высота строчных букв и цифр в надписях делается в среднем в полтора раза меньше высоты прописных букв.

### 3. Методика построения букв и текста.

Построение букв и слов шрифта облегчается на предварительно подготовленной прямой или наклонной сетке, клетка которой принимается за единицу для сравнения размеров элементов. Выполняется она карандашом (2Т – 4Т) с помощью синусных линеек и служит для того, чтобы выдержать одинаковое положение букв. Разграфка состоит из горизонтальных линий, образующих строки, и вертикальных или наклонных линий. Вертикальные или наклонные линии проводят через 3 – 5 мм, не стараясь выдерживать равные промежутки между ними, так как буквы различны по ширине и промежутки между ними в словах неодинаковы. Для получения линии наклона (например,  $1/3$  вправо) от точки, взятой произвольно, откладывают вправо по линии горизонтальной разграфки небольшой отрезок произвольной длины; вниз по перпендикуляру откладывают второй отрезок втрое больше первого; затем концы отрезков соединяют и получают линию наклона. Аналогично строят разграфку с наклоном влево.

По ширине прописные буквы делятся на узкие или нормальные (Б, В, Е, З, И, К, Л, Н, О, П, Р, С, Ц, Ч, Ъ, Ь, Э, Я), широкие (Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю) и промежуточные (Д, М, А, Т, У, Х). Буква Г по ширине уже, чем нормальные буквы. Большая часть букв в каждом шрифте имеет одинаковую (нормальную) ширину, но такие буквы, как: Ж, Ф, Ш, Ы, Ю, Ц, Щ в разных шрифтах имеют разную ширину. Изучение шрифта следует начинать с построения и вычерчивания наиболее характерных букв. Для большинства шрифтов это прописные буквы Н, А, Ч, О, У, для цифр – 1, 0. Для строчных букв курсивного шрифта наиболее характерны п, х, о, в, а, у.

Буквы и цифры следует вычерчивать тушью без предварительной рисовки их карандашом. Перед началом вычерчивания нужной буквы

определяют толщину ее основных и второстепенных элементов, затем ширину буквы и по мере вычерчивания отдельных элементов буквы намечают опорные (ориентировочные) точки, которые служат границами элементов буквы. Прямые буквы начинают вычерчивать с левого элемента, затем вычерчивают ее правый элемент и в последнюю очередь – горизонтальные элементы. У овальных букв вычерчивают вертикальные части левого и правого элементов, затем части горизонтальных элементов и только потом – закругления. Вычерчивают буквы волосными линиями, затем их элементы утолщают до установленной для данного шрифта величины. Утолщение элементов производится в порядке, принятом при вычерчивании. На рис.33 последовательность утолщения элементов указана цифрами, а направление – стрелками.

Рекомендованный порядок построения, вычерчивания и утолщения элементов букв относится ко всем шрифтам, но при этом необходимо:

верхний горизонтальный элемент у букв Б, В, Г, Е вычерчивать короче, чем нижний (на одну четверть толщины основного элемента), а нижнюю часть букв А, Ж, З, К, Х, Я вычерчивать на половину толщины основного элемента шире, чем верхнюю;

в шрифтах, где все элементы букв одинаковой толщины (топографическом, рубленом, БСАМ), горизонтальные элементы вычерчивать на толщину волосного штриха тоньше вертикальных;

верхние и нижние закругления в овальных буквах и цифрах выносить за пределы разграфки;

средний горизонтальный элемент у букв Б, В, Е, Ж, З, К, Н, Ы, Ь, Э, Ю и цифр 3, 5, 6, 8, 9, а также центр пересечения элементов буквы Х вычерчивать выше середины строки, а у букв Ч и Р, наоборот, ниже середины на ту же величину;

средний горизонтальный элемент буквы Я вычерчивать посередине, а буквы А и цифры 4 – на расстоянии одной четверти высоты буквы от нижней линии разграфки;

расстояние между правыми и левыми элементами в буквах П и Ц вычерчивать на толщину волосного штриха меньше, чем в букве Н, а в букве И несколько больше, чем в букве Н.

Методика построения слов и текста. При вычерчивании букв в словах следует соблюдать правила начертания отдельных букв и выдерживать интервалы между ними. Равные интервалы создают впечатление разрывов между буквами (или впечатление сгущения букв). Например, при соседстве прописных букв ГА или ТД просветы кажутся увеличенными, при соседстве букв ПН или ШИ – кажутся уменьшенными. Величина интервалов измеряется в толщинах основного элемента, зависит от формы соседних букв и может доходить до тройной толщины основного элемента. Величину интервала между буквами определяет не расстояние между краями букв, а образуемая между буквами свободная площадь, которая равна произведению высоты буквы на среднее расстояние между крайними

очертаниями соседних букв. Например, если принять промежуток между прямыми буквами равным двойной толщине основного элемента, то между овальными буквами промежуток надо делать только в одну толщину основного элемента, между прямой и овальной буквами – полторы толщины, а между прямым и наклонным элементами соседних букв – две толщины основного элемента и откладывать это расстояние следует по середине строки.

Промежутки между словами в тексте равны полуторной ширине нормальной буквы. В названиях, состоящих из двух слов и более (например, Нижний Тагил, Ростов-на-Дону), промежутки между словами берут в одну ширину нормальной буквы.

Промежутки между цифрами в числах равны толщине основного элемента, кроме:

- промежуток между единицами, который равен толщине двух основных элементов;
- промежуток между единицей и любой другой цифрой, который принимают в полторы толщины основного элемента;
- промежуток между четверкой и семеркой (но не наоборот), равного половине толщины основного элемента.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Как классифицируются шрифты?**
- 2. Основные правила при построении букв?**
- 3. Методика построения букв?**

## **ТЕМА 29 – ИСТИННЫЙ, МАГНИТНЫЙ И ОСЕВОЙ МЕРИДИАНЫ.**

- 1. Меридианы. Истинный меридиан**
- 2. Магнитный меридиан**
- 3. Осевой меридиан**

### **1. Меридианы. Истинный меридиан**

Мериди́ан — применяемый в географии и астрономии термин, обозначающий линию сечения поверхности плоскостью, проходящей через ось вращения или симметрии. Все точки одного меридиана имеют одинаковую долготу, но разную широту. Географическая широта отсчитывается вдоль географического меридиана к северу и югу от экватора.

В настоящее время в международной практике, согласно решению Международной меридианной конференции 1884 года, за начальный (нулевой) меридиан принят Гринвичский, проходящий через Гринвич — административный округ Лондона, располагающийся на юго-востоке британской столицы, на правом берегу Темзы. От Гринвичского меридиана

ведётся отсчёт долготы, согласно решению Международной меридианной конференции 1884 года. Отсчёт географических долгот ведётся от 0 до 180° к западу и востоку.

Первый нулевой меридиан был установлен Эратосфеном в 200 году до н. э. Этот нулевой меридиан использовался для измерения положения Земли, но имел много проблем из-за отсутствия измерения широты.

Меридиан — в астрономии: большой круг небесной сферы, проходящий через полюсы мира, зенит и надир.

Истинный Меридиан- линия сечения поверхности земного эллипсоида плоскостью, проходящей через Северный и Южный географический полюсы. Все точки, лежащие на одном Меридиане, имеют одинаковую географическую долготу. Нулевой Меридиан проходит через обсерваторию в Гринвиче (Англия).

## **2. Магнитный меридиан**

Магнитный меридиан Земли, воображаемая линия на поверхности Земли, касательная к которой в каждой точке направлена вдоль горизонтальной компоненты вектора магнитного поля Земли, создаваемого различными источниками.

В любой точке на поверхности Земли можно определить угол между направлениями магнитного и географического меридианов. Этот угол называется магнитным склонением и используется, например, при определении курса морских судов и самолётов. Положение магнитного меридиана меняется со временем в результате наличия векового хода главного магнитного поля Земли. Контроль этого положения осуществляется на основе геомагнитных съёмок.

## **3. Осевой меридиан**

При составлении карт применяется картографическая сетка. Она состоит из меридианов и параллелей. Нулевым меридианом принято считать Гринвич.

Меридиан осевой — это меридиан, принятый за ось какой-либо части системы координат на поверхности. Такой меридиан изображается на плоскости прямой линией и являющийся осью симметрии картографической сетки. Все точки правее него считаются положительными, а точки левее - отрицательными (к востоку осевого меридиана имеют знак плюс, к западу - знак минус).

Используют обычно при определении положения точек, удаленных одна от другой на значительные расстояния. Счет координат ведётся от осевого меридиана и позволяет сориентировать их положение. Используют в картографировании определенной местности, в геодезии.

## **Контрольные вопросы:**

1. Меридиан это?
2. Как строится магнитный меридиан?
3. Что такое осевой меридиан?

## **ТЕМА 30 – СКЛОНЕНИЕ МАГНИТНОЙ СТРЕЛКИ И СБЛИЖЕНИЕ МЕРИДИАНОВ.**

1. Склонение магнитной стрелки
2. Сближение меридианов.

### **1. Склонение магнитной стрелки**

Направления географического и магнитного меридианов, как правило, не совпадают. Горизонтальный угол, образованный направлениями этих меридианов, называют склонением магнитной стрелки  $\delta$ . Склонение может быть восточным, когда северное направление магнитного меридиана отклоняется от географического к востоку, и западным – в случае отклонения северного направления магнитного меридиана к западу. Восточное склонение имеет знак «+», западное «-».

Склонение изменяется с изменением места и времени. На одном и том же месте земной поверхности в течение веков происходит изменение склонения магнитной стрелки в пределах десятков градусов, при этом полный период колебания склонения совершается в течении более четырех веков. Такое изменение называют вековым. Годовое изменение склонения в Европе в среднем близко к  $5'$ . Наблюдают также суточное изменение склонения, при котором амплитуда в средних широтах России доходит до  $15'$ , летом она больше, чем зимой; в северных широтах больше, чем в южных. Склонение также изменяется под влиянием магнитных возмущений и бурь, связанных с полярным сиянием, солнечными пятнами. Показания магнитной стрелки изменяются в районах залегания магнитных руд. Такие отступления от среднего значения склонения магнитной стрелки называются магнитными аномалиями. Разность между географическим и магнитным азимутами равна склонению магнитной стрелки:  $A_g - A_m = \delta$ .

### **2. Сближение меридианов.**

Разность между азимутом  $A$  и дирекционным углом  $\alpha$  называют сближением меридианов:  $\gamma = A - \alpha$ . Сближение меридианов можно также определить как горизонтальный угол между направлением меридиана в данной точке и линией, параллельной осевому меридиану. Сближение меридианов будет положительным для точек местности, находящихся к востоку от осевого меридиана, и отрицательным – к западу. Зная азимут

линии и сближение меридианов в точке, можно вычислить дирекционный угол линии.

Положение точек земной поверхности на карте и плане определяют координатами. Наиболее часто используются географические и прямоугольные координаты.

Географическими координатами являются широта и долгота. Географическая широта  $\phi$  точки М – угол между направлением отвесной линии, проходящей через эту точку, и плоскостью начального меридиана. Географическая долгота  $\lambda$  – двугранный угол, заключенный между плоскостью меридиана, проходящего через эту точку, и плоскостью начального меридиана. Широты бывают северные и южные, изменяются от 0 (на экваторе) до 90 (на земных полюсах). Долготы бывают восточные и западные, изменяются от 0 (начальный гринвичский меридиан) до 180 (тихоокеанская ветвь гринвичского меридиана). Линию, проходящую через точки с одинаковыми широтами, называют параллелью, а с одинаковыми долготами – меридианом.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое склонение магнитной стрелки?
2. Что такое сближение меридианов?

### **ТЕМА 31 – АЗИМУТЫ, ДИРЕКЦИОННЫЕ УГЛЫ, РУМБЫ.**

1. Азимуты
2. Дирекционный угол
3. Румб

#### **1. Азимуты**

Азимут — горизонтальный угол, отсчитываемый между заранее выбранным направлением (например, северным) и направлением на заданный предмет. Азимут обычно отсчитывается по часовой стрелке от выбранного начального направления, однако допускает различные определения, как по начальному направлению, так и по направлению самого отсчёта (влево или вправо от начального направления). Дирекционный угол, румб и пр. углы ориентирования являются частными случаями азимута.

Круговой азимут измеряется всегда от точки N (С, север) в сторону точки E (В, восток), то есть по часовой стрелке от 0 до 360°. При записи азимута в круговом счёте его наименование не указывается:  $A = 120^\circ$  (за рубежом —  $Z_n$ ).

При полукруговом счёте азимут измеряется от северной или южной части меридиана наблюдателя в сторону Е (В, восток) или W (З, запад) от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . При полукруговом счёте указывается направление отсчёта Е (В, восток) или W (З, запад). В разных традициях отсчёт положительных или отрицательных углов производится по-разному: против часовой стрелки или по часовой стрелке.

При квадрантном (четвертькруговом) счёте азимут измеряется от северной или южной части меридиана наблюдателя в сторону Е (В, восток) или W (З, запад) от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . При четвертькруговом счёте указывается направление отсчёта NE (СВ, северо-восток), NW (СЗ, северо-запад), SE (ЮВ, юго-восток), SW (ЮЗ, юго-запад).

Также круговой азимут называют полным или цельным, а некруговые (полукруговой и четвертькруговой) — дифференцированными.

## **2. Дирекционный угол**

Дирекционный угол — горизонтальный угол, измеряемый на плоскости по ходу часовой стрелки от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  между северным направлением осевого меридиана зоны прямоугольных координат (линией сетки топографической карты) и направлением на ориентир. Дирекционные углы направлений измеряются преимущественно по карте.

Вся земная поверхность, будучи сфероидической, не может быть перенесена на плоскость без разрывов и искажений. Поэтому её разделили на равные части ограниченные меридианами с разностью долгот в  $n$  градусов, имеющие наименование  $n$ -градусной координатной зоны. В каждой такой зоне за вертикальную ось координат (ось  $X$ ) принят осевой меридиан. Горизонтальная ось  $Y$  дополняет систему до правой и служит во всех зонах линией экватора. Пересечение осей в каждой зоне принимается за начало координат. Значение координат  $X$  положительными считается к северу от линии экватора ( $OY$ ). Угол по ходу часовой стрелки от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  между северным направлением оси  $X$  (вертикальной линией километровой сетки) и направлением на предмет является Дирекционным углом.

Дирекционные углы применяются при выполнении засечек или прокладке полигонометрического хода путём передачи угловых измерений от направления с известным дирекционным углом к искомому.

## **3. Румб**

Румб в терминологии —  $1/32$  полной окружности, а также одно из делений картушки компаса (расчерченной на 32 части) и, соответственно, одно из направлений относительно севера.

В других источниках указано что Румб (м., морс.) стрик (арх.) одно из 32-х направлений компаса, и направление от центра видимого горизонта к любой точке его окружности.

Картушка компаса (кружок, прикрепляемый к магниту компаса) разделяется на румбы, соответствующие сторонам света, носят название: N (норд) — север; S (зюйд) — юг, O (ост) — восток и W (вест) — запад, и каждая четверть окружности между ними имеет промежуточные названия.

Румб является результатом вычисления пеленга.

Румбы как направления имеют собственные названия (компонент «тень» заимствован из нидерландского, где он является предлогом, слившимся с артиклем дательного падежа — te + den = ten).

Четыре основных румба:

- North — Север
- East — Восток
- South — Юг
- West — Запад

Четыре румба, производных от основных:

- North-West — Северо-запад
- North-East — Северо-восток
- South-East — Юго-восток
- South-West — Юго-запад

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое Азимут?
2. Что такое дирекционный угол?
3. Что такое румб?

## **ТЕМА 32 – СВЯЗЬ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ОРИЕНТИРУЮЩИМИ УГЛОВ.**

1. Ориентирующие углы и их виды
2. Связь между ориентирующими углами

### **1. Ориентирующие углы и их виды**

С точки зрения современной геодезии, ориентирующие углы подразделяются на два вида: дирекционные углы и азимуты.

Азимут — это угол между направлением на север и направлением на объект. Единица измерения угла — градус, который записывается так:  $\backslash(1^\circ\backslash$ .

Дирекционный угол — горизонтальный угол, измеряемый на плоскости по ходу часовой стрелки от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  между северным направлением осевого меридиана зоны прямоугольных координат (линией сетки

топографической карты) и направлением на ориентир. Дирекционные углы направлений измеряются преимущественно по карте.

Ориентированным углом между прямыми  $l$  и  $m$  называется такой угол, на который нужно против часовой стрелки повернуть прямую  $l$ , чтобы она стала параллельна прямой  $m$ . Обозначается ориентированный угол через  $Z(l, m)$ . Углы, отличающиеся на кратное 180 число градусов, считаются равными.

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  $Ox$  или линии, ей параллельной).

## 2. Связь между ориентирующими углами

При выполнении геодезических работ на местности, работ с картой или чертежом необходимо определить положение линии (ориентировать линию) относительно стран света или какого-нибудь направления, принимаемого за исходное.

Ориентирование заключается в том, что определяют угол между исходным направлением и направлением данной линии. За исходное направление для ориентирования принимают истинный (географический), магнитный меридианы или ось абсцисс прямоугольной системы координат плана. В качестве углов, определяющих направление линии, служат истинный и магнитный азимуты, дирекционный угол и румбы.

Угол между северным направлением меридиана и направлением данной линии  $MN$  называется азимутом.

В геодезии принято различать прямое и обратное направления линии. Если направление линии  $MN$  от точки  $M$  к точке  $N$  считать прямым, то  $NM$  - обратное направление той же линии. В соответствии с этим угол  $A$  - прямой азимут линии  $MN$  в точке  $M$ , а  $A_1$  - обратный азимут этой же линии в точке  $N$ .

Меридианы разных точек не параллельны между собой, так как они сходятся в точках полюсов. Отсюда азимут линии в разных ее точках имеет разное значение. Угол между направлениями двух меридианов называется сближением меридианов и обозначается  $\gamma$ . Зависимость между прямым и обратным азимутами линии  $MN$  выражается формулой:  $A_1 = A + 180^\circ + \gamma$ .

Истинные азимуты линий местности определяются путем астрономических наблюдений или с помощью приборов - гиротеодолитов.

Иногда для ориентирования линии местности пользуются не азимутами, а румбами.

Румбы дирекционных углов обозначают и вычисляют так же, как румбы истинных азимутов, только отсчитывают от северного и южного направлений оси абсцисс.

Направление магнитной оси свободно подвешенной магнитной стрелки называется магнитным меридианом. Угол между северным направлением магнитного меридиана и направлением данной линии называют магнитным азимутом. Магнитный азимут, так же как и истинный, считают по направлению движения часовой стрелки; он также изменяется в пределах  $0...360^\circ$ . Зависимость между магнитными азимутами и магнитными румбами такая же, как между истинными румбами. Так как магнитный полюс не совпадает с географическим, направление магнитного меридиана в данной точке не совпадает с направлением истинного меридиана. Горизонтальный угол между этими направлениями называют склонением магнитной стрелки  $\delta$ . В зависимости от того, в какую сторону уклоняется северный конец стрелки от направления истинного меридиана, различают восточное и западное склонение.

Перед значением восточного склонения обычно ставят знак плюс, западного - минус. Зависимость между истинным  $A$  и магнитным  $AM$  азимутами выражается формулой  $A = AM + \delta$ . При использовании этой формулы учитывают знак склонения. Если известно склонение  $\delta$  магнитной стрелки и сближение меридианов  $\gamma$ , то по измеренному магнитному азимуту  $AM$  линии  $MN$  можно вычислить дирекционный угол  $\alpha$  этой линии:  $\alpha = AM + (\delta - \gamma)$ , где разность  $\gamma - \delta$  - поправка на склонение стрелки и сближение меридианов (учитывают при ориентировании топографической карты).

В различных точках Земли магнитная стрелка имеет различное склонение. Так, на территории РФ оно колеблется в пределах  $0... + 15^\circ$ .

Склонение магнитной стрелки не остается постоянным и в данной точке Земли (различают вековые, годовые и суточные изменения склонений). Больше всего изменяются суточные склонения, колебания которых достигают  $15'$ . Следовательно, магнитная стрелка указывает положение магнитного меридиана приближенно и ориентировать линии местности по магнитным азимутам можно тогда, когда не требуется высокой точности.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Что такое ориентирующий угол?**
- 2. Какая связь между ориентирующими углами?**

## **ТЕМА 33 – ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ.**

### **1. Прямая геодезическая задача**

### **2. Обратная геодезическая задача**

#### **1. Прямая геодезическая задача**

Прямая геодезическая задача (прямая линейно-угловая засечка) заключается в том, что по известным координатам одной точки, вычисляют координаты другой точки, для чего необходимо знать горизонтальное проложение (длину) линии между этими точками и ориентирный (дирекционный) угол этой линии.

Эта разновидность предполагает вычисление координат, то есть широты и долготы определенной точки. А она, в свою очередь, лежит на математически правильной поверхности — земном эллипсоиде. Вычисления производятся по координатам другой точки, по длине и азимуту геодезической линии. Точность решения зависит от корректности исходных данных. Для проведения вычислений используют формулы нахождения приращений и определения координат.

Специалисты применяют разные методы для получения результатов. Наиболее востребованными считаются косвенный и прямой. Они отличаются тем, что в основе лежит точность исходных данных. Косвенные методы решения очень чувствительны к ним. Если в исходнике есть значительные расстояния, изменения по азимуту, то вычисления не получится сделать, или они будут с большими погрешностями. Прямые методы работают по соотношениям сфероидической геодезии, поэтому результаты можно получить более точные. Кстати, прямой тип геодезических задач применяется при вычислении координат в теодолитном ходе.

#### **2. Обратная геодезическая задача**

При работе над обратной геодезической задачей вычисления проводятся по известным координатам двух точек на земном эллипсоиде. Это нужно для получения значений горизонтального положения линий между ними, а также дирекционного угла этой самой линии. В этом состоит суть. Для получения искомым величин используется вычисление румба и расстояние между координатами точек. Нужно помнить, что дирекционный угол при этом находится по четверти системы координат, которая и является объектом, где размещены искомые позиции. Для решения нужно учитывать знаки приращения, которые свойственны для определенных четвертей. В этом типе задач уделяют большое значение сходимости результатов, поэтому расчеты могут проводиться несколько раз. На это влияют свойства горизонтального положения между точками. В каких случаях применяется

обратная геодезическая задача? В тех, когда по известным двум точкам и их координатам определяют расстояние не только между ними, но и дирекционный угол линии.

В том или ином виде геодезические задачи возникают и в других направлениях — в полигонометрии, триангуляции, но на этом не заканчивается востребованность. Используется также, когда стоит задача определения взаимного положения точек по исходным данным длины и направления соединяющей линии. Есть ряд случаев, когда геодезические задачи решают с использованием формул аналитической геометрии в пространстве. Речь идет о пространственных прямоугольных координатах. Для этого используют пространственные компоненты направления прямой линии между этими точками.

Обратный тип геодезической задачи — не просто математическая проверка и вычисления. Она имеет практическое значение, ведь используется при вычислении длин проектных линий. Кроме этого, используется при выполнении привязки теодолитных ходов к пунктам геодезической сети, съемочных сетей и сетей сгущения. Еще одно практическое назначение — определение направления с пункта на пункт при отсутствии видимости. Обратная геодезическая задача используется в промышленном и гражданском строительстве.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. В чем суть прямой геодезической задачи (ПГЗ)?**
- 2. В чем суть обратной геодезической задачи (ОГЗ)?**

### **ТЕМА 34 – НЕВЯЗКИ ПРИРАЩЕНИЙ КООРДИНАТ.**

- 1. Приращение**
- 2. Невязка приращений**

#### **1. Приращение**

Приращение координат - величина, на которую нужно увеличить координаты точки, чтобы получить координаты последующей. Считается как разница координат по модулю.

Вычисление приращений координат и их уравнивание это подготовительный этап при решении прямой геодезической задачи. Для вычисления приращения координат линии теодолитного хода необходимо знать горизонтальное проложение этой линии и её направление, то есть дирекционный угол.

Приращения вычисляются путем вычитания координат начальной точки из координат конечной точки. Приращение переменной — это чистое

изменение значения переменной. Если переменная  $x$  изменяется от  $x_1$  до  $x_2$ , то приращение  $x$  равно  $\Delta x = x_2 - x_1$ .

Приращения координат вычисляются по формулам:

$$X = d \cdot \cos r$$

$$Y = d \cdot \sin r$$

где:  $d$  – горизонтальное проложение стороны теодолитного хода,  $r$  – значение румба соответствующей стороны хода.

Для вычисления приращений координат рекомендуется использовать микрокалькулятор с тригонометрическими функциями или «Четырехзначные математические таблицы Брадиса».

## 2. Невязка приращений

Невязка — величина ошибки (расхождения) приближённого равенства. Пусть требуется найти такое  $x$ , что значение функции: Если точное значение  $x$  неизвестно, вычисление ошибки невозможно, однако при этом может быть определена невязка.

Невязка — разность между значением функции, вычисленным по результатам измерений, и истинным ее значением, возникающая вследствие неизбежных погрешностей измерений.

Невязки в приращениях  $f_x$  и  $f_y$  распределяются с обратным знаком, пропорционально длине линий, на отдельные приращения. Сумма исправленных приращений должна равняться разности координат твердых пунктов.

Разность между координатами начальной точки и конечной точки называется линейной невязкой участка и является показателем точности измерений участка.

Величина допустимой угловой невязки определяется по формуле:  $f_{\beta \text{ доп}} = \pm 2c \sqrt{n}$ , где  $c$  – инструментальная погрешность прибора (в данном случае  $c = 30''$ ),  $n$  – число точек хода. Если фактическая угловая невязка меньше или равна допустимому значению, она распределяется с обратным знаком поровну на все углы полигона.

Невязка распределяется путем уравнивания размеров расстояний с использованием уравнивания наименьших квадратов. Метод уравнивания Крендалла полезен для сохранения касательности (касательных кривых) на участках, но может давать неожиданные результаты, такие как обратное направление и уравнивание больших расстояний.

### Контрольные вопросы:

1. Приращение это?

2. Что такое невязка приращений и как ее решать?

## ТЕМА 35 – НЕВЯЗКА ПЕРИМЕТРА ЗАМКНУТОГО ПОЛИГОНА.

### 1. Невязка периметра замкнутого полигона

Для производства съёмочных работ на участке местности прокладывают теодолитный ход, который иногда называют полигоном. В теодолитном ходе измеряются горизонтальные углы при вершинах и определяются горизонтальные проложения линий. По известным координатам исходного пункта и направлению исходной стороны хода вычисляются координаты всех вершин.

Теодолитный ход выполнен в виде пятиугольника. Теоретическая сумма внутренних углов пятиугольника составляет значение

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (5-2) = 540^\circ 00'.$$

Угловая невязка по абсолютной величине не должна превышать предельную допускаемую. Иначе угловые измерения следует повторить.

Если угловая невязка по абсолютной величине менее предельной допускаемой, то производится уравнивание измеренных углов путём введения поправок.

Поправки распределяются поровну между измеренными углами. Точность поправки не должна быть выше точности измерений, то есть  $0,1'$  и сумма поправок должна составлять точное значение невязки, но с обратным знаком. Поправки выписываются в ведомости в виде целых чисел над последней значащей цифрой измеренного угла.

Исправленные углы записываются в Ведомости рядом с измеренными.

Вычисление приращений координат и их уравнивание это подготовительный этап при решении прямой геодезической задачи. Для вычисления приращения координат линии теодолитного хода необходимо знать горизонтальное проложение этой линии и её направление, то есть дирекционный угол.

Результаты измерения длин линий в прямом и обратном направлениях приведены на схеме (рис.1). В скобках, на чертеже даны углы наклона к горизонту для соответствующих линий. Горизонтальные проложения находятся, как среднее арифметическое из двух значений с учётом поправки за наклон линии к горизонту.

Введение поправки требуется, если угол наклона более  $1,5^\circ$ .

В результате вычислений по замкнутому контуру должно получиться точное значение исходного направления. Если условие контроля выполнено, то полученные значения дирекционных углов выписываются в Ведомость.

Теоретическая сумма приращений координат по X и по Y равна нулю так, как теодолитный ход замкнутая фигура. Фактические суммы приращений координат замкнутого полигона могут отличаться от нуля и их величины принято называть невязками.

## **ТЕМА 36 – УВЯЗКА ПРИРАЩЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ.**

- 1. Увязка приращений**
- 2. Вычисление координат**

## 1. Увязка приращений

Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет совокупность пунктов с известными координатами и высотами, равномерно расположенных на всей территории страны. ГГС создается для распространения на территории республики единой системы координат и высот, которые определяются для геодезических пунктов (ГП), закрепленных на местности. ГП состоит из знака и центра (рис.13). Знак представляет собой устройство или сооружение, обозначающее положение ГП на местности и необходимое для взаимной видимости между смежными пунктами. Центр является носителем координат и высот  $(X, Y, H)$ , определяемых с погрешностью до 1 мм.

Необходимость такого уравнивания возникает в связи с погрешностями, возникающими, как правило, при выполнении линейных измерений. При уравнивании необходимо выполнить следующие действия:

- определить невязки по осям абсцисс и ординат, абсолютную и относительную линейные невязки, т.е. - оценить полученную невязку сравнением с допустимым значением, ввести поправки в уравниваемые величины с обратным знаком знаку невязки и прямо пропорционально горизонтальным проложениям с округлением до 0, 01м.

- выполняем контроль уравнивания:

- а) сумма поправок должна быть равна величине невязки с обратным знаком,

- б) сумма исправленных значений должна равняться теоретическому значению.

## 2. Вычисление координат

Вначале проверяют все вычисления в полевом журнале. Затем строят схему теодолитного хода, на которую выписывают номера точек теодолитного хода, средние значения измеренных горизонтальных и примычных углов и средние значения измеренных длин сторон. Вычисление координат точек теодолитного хода выполняется в специальной ведомости в следующем порядке.

В ведомость выписывают результаты полевых измерений:

Средние значения измеренных горизонтальных и примычных углов;

Средние значения измеренных длин сторон;

Средние значения измеренных вертикальных углов.

Средние значения длины стороны находят как полусумму ее измерений в прямом и обратном ходе. Средние значения вертикального угла – как полусумму абсолютных его значений в прямом и обратном ходе.

Назначение ведомости вычисления координат точек теодолитного хода заключается в сохранении наиболее важной метрической информации и ее структурировании. Представляет собой унифицированный бланк, в который заносятся:

- измеренные углы;

- дирекционные углы или азимуты;
- румбы;
- невязки;
- горизонтальные проложения;
- координаты точек.

**Контрольные вопросы:**

- 1. увязка приращений это?**
- 2. как вычислять координаты?**

### Основной список литературы:

1. Киселев М.И., Михалев Д.Ш. Основы геодезии: учебник для студентов сред. спец. учеб. заведений / Киселев М.И., Михалев Д.Ш. – Высш. шк. – 2021-368с.
2. Киселев М.И., Михалев Д.Ш. Геодезия 7-е издание/ Киселев М.И., Михалев Д.Ш. – Москва: Изд-во центр «Академия», 2022. – 384 с.
3. Золотова Е.В., Скогорева Р.Н. Геодезия с основами кадастра/ Золотова Е.В., Скогорева Р.Н.: Академический проект, Фонд «Мир», 2022. – 413 с.
4. Поклада Г.Г. Практикум по геодезии/ Поклада Г.Г. – Академический проект, Гаудеамус. Москва – 2023. – 470 с.
5. Дьяков Б. Н., Кузин А. А., Вальков В. А. Геодезия: Учебник для СПО Издательство "Лань" Дьяков Б. Н., Кузин А. А., Вальков В. А. – 2023. – 296 с.

**Дополнительный список литературы:**

1. Соловьев А. Н. Основы геодезии и топографии 5-е издание / Соловьев А. Н. – учебник для СПО – 2024 - 240с.
2. Дементьев В. Е. Современная геодезическая техника и ее применения: Учебное пособие для вузов. – Изд. 2-е. – 2021. – 591 с.
3. Кузнецов, О. Ф. Основы геодезии и топография местности: учебное пособие / О. Ф. Кузнецов. – 3-е изд., – 2020. – 286 с.
4. Кошкина Л. Б., Рыбалко Ю. И., Турова Т. А. Инженерная геодезия: учебно-методическое пособие/ Кошкина Л. Б., Рыбалко Ю. И., Турова Т. А. – 2024. – 74 с.
5. Ким Л. В. Инженерная геодезия в схемах: учебное пособие/ Ким Л. В. – 2024. –136 с.

### Интернет-ресурсы:

1. И.Г. Чугреев, Н.В. Усова, М.Р. Владимирова Основы геодезии - Москва – 2020 - 142 с. - URL: <https://www.miigaik.ru/upload/iblock/d33/d338f97pdf> – Режим доступа: по подписке. - Текст: электронный.
2. Авакян, В. В. Теория и практика инженерно-геодезических работ : учебное пособие/ В. В. Авакян. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 696 с. – ISBN: 978-5-9729-0582-9 - <https://biblioclub.ru/index.php?page618099> – Режим доступа: по подписке. - Текст: электронный.
3. Хаметов, Т. И. Инженерно-геодезическое сопровождение строительства и эксплуатации зданий, сооружений : учебное пособие / Т. И. Хаметов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 296 с. – ISBN 978-5-9729-0659-8. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618112> – Текст : электронный.
4. Богомолова Е.С., Брынть М.Я., Коугия В.А., Малковский О.Н., Полетаев В.И., Сергеев О.П., Толстов Е.Г.; под ред. Коугия В.А. Инженерная геодезия. учебное пособие. Часть II / – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2022. – 93 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://www.amac.md/Biblioteca/data/28/14/04/15.2.pdf> – Текст : электронный.