

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**имени А.А. ЕЖЕВСКОГО**

Агрономический факультет

Кафедра землеустройства, кадастров и сельскохозяйственной мелиорации

### **ГЕОДЕЗИЯ С ОСНОВАМИ КАРТОГРАФИИ**

Учебное пособие для студентов очного, заочного и заочного с применением дистанционных образовательных технологий обучения, обучающихся по направлению подготовки 35.03.10 – Ландшафтная архитектура

Молодежный 2020

УДК 528(075.8)

Г 355

Печатается по решению методической комиссии агрономического факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (Протокол № 4 от 15.12.2020 г.)

Составители: Юндунов Х.И., Чернигова Д.Р.

Рецензенты: Преловский В.А., к.г.н., с.н.с. лаборатории физической географии и биогеографии им. В.Б. Сочавы СО РАН  
Зайцев А.М., к.с.-х.н, доцент кафедры земледелия и растениеводства Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского

Геодезия с основами картографии: учебное пособие / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А.А. Ежевского; сост.: Х.И. Юндунов, Д.Р. Чернигова. – Молодежный: Изд-во ИрГАУ, 2020. – 155 с.: ил. – Текст : электронный.

В пособии рассмотрены общие понятия о геодезических измерениях и их математической и графической обработке, изучены методы простейших измерений на местности для приобретения навыков проектирования геодезических работ, рекогносцировки местности, а также способы организации работ по созданию съемочного обоснования и выполнению наземной топографической съемки участка местности, даны теоретические основы картографии, технологии создания карт, особенности проектирования карт, способы картографического изображения и основы геоинформационного картографирования. В учебное пособие входят лабораторные работы, которые содержат задания и указания к выполнению, варианты исходных данных и список литературы, необходимой для теоретической и практической подготовки.

Учебное пособие предназначено для студентов очного, заочного и заочного с применением дистанционных образовательных технологий обучения, обучающихся по направлению подготовки 35.03.10 – Ландшафтная архитектура, а также студентов инженерных направлений подготовки, интересующихся вопросами геодезии и картографии.

© Юндунов Х.И., Чернигова Д.Р., 2020

© Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
I. РАЗДЕЛ ГЕОДЕЗИЯ.....	6
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ.....	6
1.1. Общие представления о предмете.....	6
1.2. Понятие о фигуре Земли.....	6
1.3. Изображение земной поверхности на сфере и на плоскости.....	8
1.4. Картографическая проекция Гаусса-Крюгера.....	9
1.5. Ориентирование линий.....	9
1.6. Системы координат, применяемые при съемке местности и использовании карт.....	12
2. ПОНЯТИЕ, НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАРТЫ, ПЛАНА, ПРОФИЛЯ.....	15
2.1. Масштабы топографических карт.....	16
2.2. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов различных масштабов.....	18
2.3. Координатная сетка.....	21
2.4. Условные знаки топографических карт.....	22
2.5. Изображение рельефа на картах и планах.....	22
2.6. Измерение расстояний по топографическим картам.....	26
2.7. Измерение площадей по топографическим картам.....	27
3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ.....	29
3.1. Устройство и поверки теодолита.....	29
3.2. Устройство и поверки нивелира.....	33
3.3. Электронные тахеометры.....	36
4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ.....	38
4.1. Измерение горизонтальных углов.....	38
4.2. Измерение вертикальных углов.....	40
4.3. Измерение расстояний на местности.....	41
4.4. Измерение превышений с помощью нивелира.....	43
5. ВИДЫ СЪЕМОК.....	45
5.1. Теодолитная съемка.....	45
5.2. Высотные съемки.....	49
5.3. Тахеометрическая съемка.....	53
II. РАЗДЕЛ КАРТОГРАФИЯ.....	55
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАРТОГРАФИИ.....	55
1.1. Понятие о картографической проекции.....	55
1.2. Способы получения проекции.....	56
1.3. Классификация картографических проекций.....	58
1.4. Выбор и распознавание картографических проекций.....	61
2. СПОСОБЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ.....	65
2.1. Способ значков.....	65
2.2. Способ линейных знаков.....	66

2.3. Способ изолиний и псевдоизолиний .....	67
2.4. Способ качественного и количественного фона.....	68
2.5. Способ точечный, ареалов и знаков движения .....	70
2.6. Способ картодиаграмм, картограмм и локализованных диаграмм .....	74
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОСТАВЛЕНИЕ КАРТ .....	77
3.1 Основные этапы проектирования, составления и издания карт.....	77
3.2. Программа карт .....	77
3.3. Подготовка карт к изданию.....	78
3.4. Редактирование и корректура карт.....	79
3.5. Разработка тематических карт и атласов .....	80
4. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КАРТ .....	84
4.1 Особенности и задачи геоинформационного картографирования .....	84
4.2. Цифровые карты и модели .....	86
4.3 Источники данных геоинформационного картографирования .....	88
4.4 Программное средство для геоинформационного картографирования – MapInfo Professional 6.5. SCP .....	89
III. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....	92
Список рекомендуемой литературы.....	154

## ВВЕДЕНИЕ

Для успешного решения многих инженерных задач, а также задач по ландшафтной архитектуре, наряду со знаниями по ландшафтному проектированию, планированию использования территории, учету и контролю, экономике и рациональной организации использования земель, нужны и геодезические знания. Устройство территории с учетом ландшафта, восстановление границ землепользований, отвод участков под различные цели, строительство дорог, создание проектов, мелиорация земель, охрана земель и т.п. требуют от специалиста умения пользоваться картами, планами, выполнять геодезические расчёты, осуществлять перенос в натуру проектов и производить съёмку местности.

Результаты геодезических измерений широко используются в различных областях народного хозяйства. Все работы, связанные с изучением территории, находящихся на ней объектов, а также многих явлений, которые происходят на изучаемой территории, так или иначе предполагают проведение геодезических измерений и их обработку.

При изучении дисциплины геодезия с основами картографии вы познакомитесь с методами, технологией и техническими средствами, применяемыми при съёмках на местности, научитесь самостоятельно выполнять горизонтальную съёмку земельных участков и использовать планы и топографические карты в архитектурно-ландшафтной деятельности.

Учебное пособие "Геодезия с основами картографии" разработано в соответствии с рабочей программой дисциплины "Геодезия с основами картографии" и предназначено для студентов очного, заочного и заочного с применением дистанционных образовательных технологий обучения, обучающихся по направлению подготовки 35.03.10 – Ландшафтная архитектура.

Пособие состоит из двух разделов: геодезия и картография, девяти глав, приложения и списка рекомендуемой литературы. В первой главе в разделе геодезия даются теоретические основы дисциплины геодезия, во второй главе – понятие, назначение и основные элементы карты, плана и профиля, в третьей главе – устройство геодезических приборов, в четвертой главе – геодезические измерения, в пятой главе – виды съёмок местности. Во втором разделе картография в первой главе рассматриваются теоретические основы картографии, во второй главе – способы картографического изображения, в третьей главе – проектирование и составление карт, в четвертой главе – компьютерные технологии создания карт. В третьем разделе представлен порядок выполнения лабораторных работ.

Целью изучения геодезии с основами картографии является получение не только теоретических знаний, но и практических навыков в решении геодезических и картографических задач при проведении ландшафтного дизайна и работ по ландшафтному проектированию. Поэтому программой по дисциплине, кроме теоретического изучения, предусмотрены лабораторные работы и полевая практика. На этих занятиях студенты должны выработать умение и навыки в измерениях на местности, в обработке результатов измерений, в составлении геодезических схем и в решении специальных задач.

Основные задачи пособия научить студентов:

- читать топографические карты (планы), выполнять по ним измерения и вычерчивать их фрагменты;
- применять геодезические приборы и инструменты;
- вести вычислительную и графическую обработку полевых измерений;
- проектировать и переносить в натуру участки заданной площади;

В лабораторных работах предоставлены те задания, которые связаны с применением геодезических приборов и использованием топографических карт.

При написании учебного пособия авторы ориентировались на классические учебники под редакцией Дубинок Н.К., Куштин И.Ф., Маслов А.В., Неумывакин Ю. К., Поклада Г. Г. Рисунки, поясняющие текст, были отсканированы из учебников, приведенных в перечне литературы.

# **I. РАЗДЕЛ ГЕОДЕЗИЯ**

## **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ**

### **1.1. Общие представления о предмете**

Геодезия – наука об измерениях, производимых для определения формы и размеров Земли, изображения ее поверхности на картах и планах, создания координатных систем, решения экономико-хозяйственных, экологических, научных и других проблем. Слово «геодезия» образованно из двух слов – «земля» и «разделяю», а сама наука возникла как результат практической деятельности человека по установлению границ земельных участков, строительству оросительных каналов, осушению земель.

Задачами геодезии являются:

- определение формы и размеров Земли;
- установление систем координат;
- определение положения точек в выбранной системе координат;
- составление карт и планов местности разного назначения;
- обеспечение топографо-геодезическими данными нужд обороны страны;
- выполнение геодезических измерений для целей проектирования и строительства,

землепользования, кадастра, исследования природных ресурсов и др.

По истечению многих лет геодезия развивалась и сформировалась в ряде научных дисциплин: высшая геодезия, топография, фотограмметрия, картография, спутниковая геодезия, морская геодезия, инженерная геодезия.

Геодезия имеет огромное научное и практическое значение в самых различных сферах народного хозяйства. Для обеспечения непрерывного роста производительных сил страны важно изучение ее территории в топографическом отношении, что осуществляют с помощью карт и планов, создаваемых по результатам геодезических работ. Карты являются основой для отображения результатов научных исследований и практической деятельности в области геологии, географии, геофизики и других наук. Карты различного назначения и содержания являются средством познания природы и жизни на Земле, источником разнообразных сведений о мире.

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

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

Важнейшая роль отведена геодезии в составлении и ведении кадастра недвижимости, данные которого служат для рационального использования земель и их охраны, регулирования земельных отношений, планирования сельскохозяйственного производства, обоснования размеров платы за землю, оценки хозяйственной деятельности, а также осуществления других мероприятий, связанных с использованием земель.

### **1.2. Понятие о фигуре Земли**

Фигура Земли как планеты издавна интересовала ученых; для геодезистов же установление ее фигуры и размеров является одной из основных задач.

На вопрос: "Какую форму имеет Земля?" большинство людей отвечает: "Земля имеет форму шара!". Действительно, если не считать гор и океанических впадин, то Землю в первом приближении можно считать шаром. Она вращается вокруг оси и согласно законам физики должна быть сплюснута у полюсов. Во втором приближении Землю принимают за эллипсоид вращения; в некоторых исследованиях ее считают трехосным эллипсоидом.

На поверхности Земли встречаются равнины, котловины, возвышенности и горы разной высоты; если же принять во внимание рельеф дна озер, морей и океанов, то можно сказать, что форма физической поверхности Земли очень сложная.

В модели шарообразной Земли поверхность Земли имеет сферическую форму; здесь важен лишь радиус сферы, а все остальное - морские впадины, горы, равнины, - несущественно. В этой модели используется геометрия сферы, теория которой сравнительно проста и очень хорошо разработана.

Модель эллипсоида вращения имеет две характеристики: размеры большой и малой полуосей. В этой модели используется геометрия эллипсоида вращения, которая намного сложнее геометрии сферы, хотя разработана также достаточно подробно.

Если участок поверхности Земли небольшой, то иногда оказывается возможным применить для этого участка модель плоской поверхности; в этой модели применяется геометрия плоскости, которая по сложности (а точнее, по простоте) несравнима с геометрией сферы, а тем более с геометрией эллипсоида.

Поверхность, всюду перпендикулярная направлениям силы тяжести, называется *уровенной поверхностью*. Уровенные поверхности можно проводить на разных высотах; все они являются замкнутыми и почти параллельны одна другой.

Уровенная поверхность, совпадающая с невозмущенной поверхностью мирового океана и мысленно продолженная под материка, называется основной *уровенной поверхностью* или *поверхностью геоида*.

Если бы Земля была идеальным шаром и состояла из концентрических слоев различной плотности, имеющих постоянную плотность внутри каждого слоя, то все уровенные поверхности имели бы строго сферическую форму, а направления силы тяжести совпадали бы с радиусами сфер. В реальной Земле направления силы тяжести зависят от распределения масс различной плотности внутри Земли, поэтому поверхность геоида имеет сложную форму, не поддающуюся точному математическому описанию, и не может быть определена только из наземных измерений.

В настоящее время при изучении физической поверхности Земли роль вспомогательной поверхности выполняет поверхность квазигеоида, которая может быть точно определена относительно поверхности эллипсоида по результатам астрономических, геодезических и гравиметрических измерений. На территории морей и океанов поверхность квазигеоида совпадает с поверхностью геоида, а на суше она отклоняется от него в пределах двух метров (рисунок 1.2.1.).

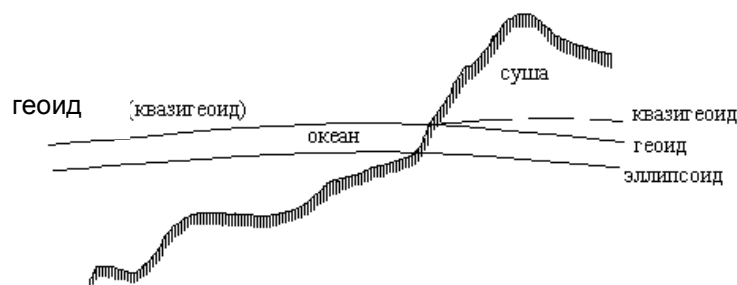


Рисунок 1.2.1. – Поверхности геоида и эллипсоида

За действительную поверхность Земли принимают на суше ее физическую поверхность, на территории морей и океанов - их невозмущенную поверхность.

Что значит изучить действительную поверхность Земли? Это значит определить положение любой ее точки в принятой системе координат. В геодезии системы координат

задают на поверхности эллипсоида вращения, потому что из простых математических поверхностей она ближе всего подходит к поверхности Земли; поверхность этого эллипсоида называется еще поверхностью относимости. Эллипсоид вращения принятых размеров, определенным образом ориентированный в теле Земли, на поверхность которого относятся геодезические сети при их вычислении, называется референц-эллипсоидом.

Для территории нашей страны принят эллипсоид Красовского:

большая полуось  $a = 6\,378\,245$  м, малая полуось  $b = 6\,356\,863$  м, полярное сжатие:

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.3}$$

(1.2.1.)

### 1.3. Изображение земной поверхности на сфере и на плоскости

Физическая поверхность Земли представляет собой совокупность различных пространственных форм (горы, впадины, хребты и т. п.). Для определения положения характерных точек земной поверхности на плоскости в геодезии принят метод проекций. Метод проекций заключается в том, что изучаемые точки (A, B, C, D) местности с помощью вертикальных (отвесных) линий проектируют на уровенную поверхность Земли P (рисунок 1.3.1, а), в результате чего получают горизонтальные проекции этих точек (a, b, c, d).

Положение точек a, b, c, d на уровенной поверхности Земли может быть определено в системе координат, оси которой расположены на поверхности P. Положение точек земной поверхности A, B, C, D определится соответствующими координатами на поверхности P и длинами отвесных линий aA, bB, cC, dD. Расстояние по отвесной линии от уровенной поверхности до точки физической поверхности Земли называют высотой.

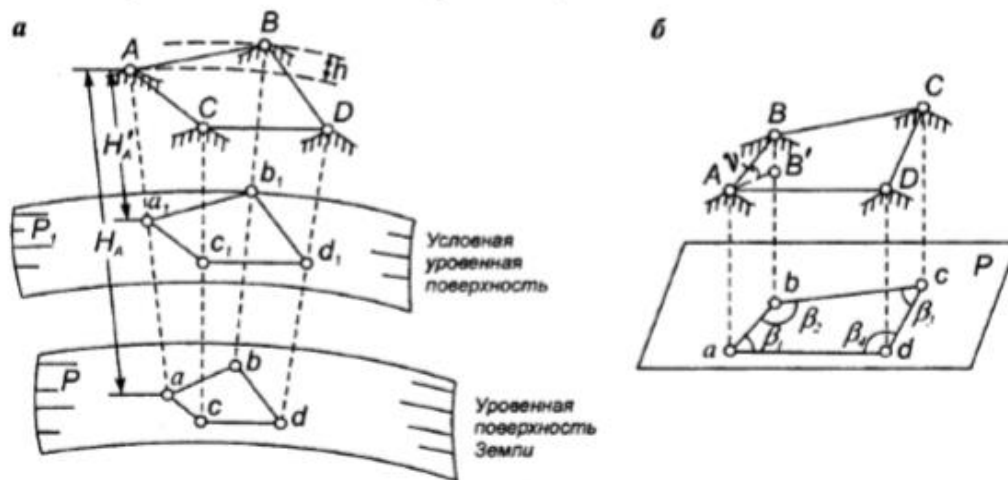


Рисунок 1.3.1. – Проекция точек земной поверхности:  
а – на уровенную поверхность; б – на горизонтальную плоскость

Высоты бывают абсолютные, если их отсчет ведется от уровенной поверхности Земли P, и условные (относительные), если их отсчет ведется от произвольной уровенной поверхности P<sub>1</sub> параллельной поверхности P. Обычно за начало отсчета абсолютных высот принимают уровень океана или открытого моря в спокойном состоянии так за начало отсчета абсолютных высот принят нуль Кронштадтского футштока (футшток – в данном случае медная доска с горизонтальной чертой, замурованная в гранитный устой моста Обводного канала), соответствующий среднему уровню Балтийского моря по данным многолетних наблюдений. Поэтому система высот получила название *Балтийской системы высот*.

Численное значение высоты называют отметкой точки (абсолютной или условной). Например,  $H_A = 528,752$  м – абсолютная отметка точки A;  $H'_A = 28,752$  м – условная отметка той же точки. Разность высот двух точек (абсолютных или условных) называют превышением  $h$ .



$$h = H_B - H_A = H'_B - H'_A. \quad (1.3.1)$$

Для перехода от условных высот к абсолютным и наоборот необходимо знать расстояние от основной уровенной поверхности до условной.

#### 1.4. Картографическая проекция Гаусса-Крюгера

В проекции Гаусса-Крюгера составляются все топографические карты, кроме карт масштаба 1:1 000 000, которые составляются в проекции международной карты мира масштаба 1:1 000 000 (видоизмененная проекция – простая поликоническая). В проекции Гаусса вся поверхность Земли условно разделена на 60 зон меридианами, проведенными через  $6^\circ$ ; форма зоны - сферический двугольник (рисунок 1.4.1); счет зон ведется от Гринвичского меридиана на восток. Средний меридиан зоны называется осевым; долгота осевого меридиана  $L_0$  любой зоны в восточном полушарии подсчитывается по формуле:

$$L_0 = 6^\circ * n - 3^\circ \quad (1.4.1)$$

а в западном - по формуле:

$$L_0 = 360^\circ - (6^\circ * n - 3^\circ), \quad (1.4.2)$$

где  $n$  - номер зоны.

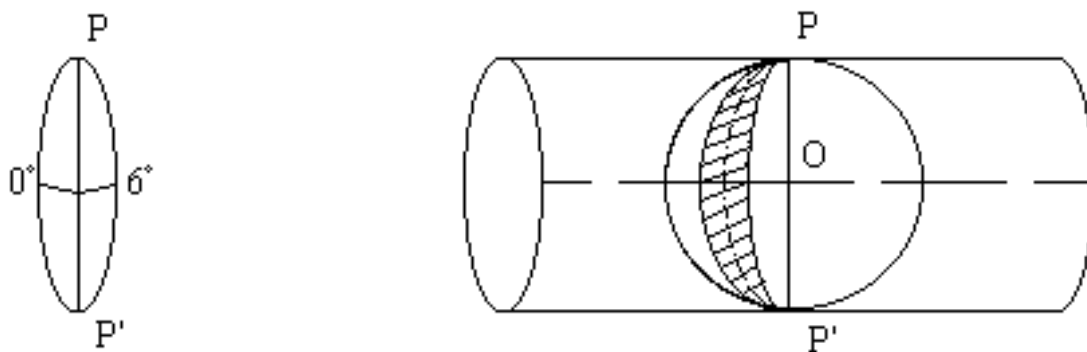


Рисунок 1.4.1. – схематическое изображение проекции Гаусса

Представим себе, что земной эллипсоид вписан в эллиптический цилиндр. Ось цилиндра расположена в плоскости экватора и проходит через центр эллипсоида. Цилиндр касается эллипсоида по осевому меридиану данной зоны. Вся поверхность зоны проектируется на поверхность цилиндра нормальными к эллипсоиду так, что изображение малого участка на цилиндре подобно соответствующему участку на эллипсоиде. Такая проекция называется равноугольной; в ней углы не искажаются.

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. За ось  $OX$  принимают изображение осевого меридиана зоны (положительное направление оси  $OX$  - на север), за ось  $OY$  принимают изображение экватора (положительное направление оси  $OY$  - на восток). При координате  $Y$  впереди пишут номер зоны; для исключения ее отрицательных значений условились, что в начале координат значение координаты  $Y$  равно 500 км.

#### 1.5. Ориентирование линий

Ориентировать линию - значит определить ее направление относительно другого направления, принятого за начальное. Направление определяется величиной ориентирного угла, то есть, угла между начальным направлением и направлением линии.

В геодезии за начальное направление принимают:

- географический меридиан точки,
- осевой меридиан зоны,

– магнитный меридиан точки.

### **Ориентирование по географическому меридиану точки**

Истинным (географическим) азимутом ( $A_{и}$ ) называют угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления географического меридиана точки до направления ориентируемой линии (рисунок 1.5.1.). Пределы изменения географического азимута от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

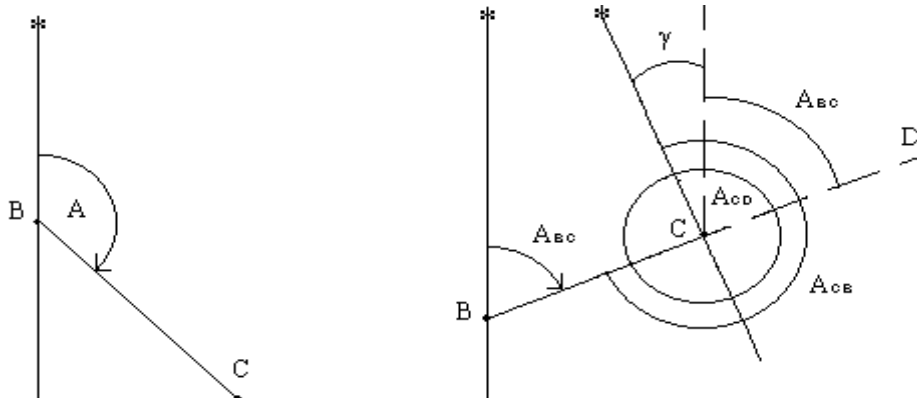


Рисунок 1.5.1. – Истинный (географический) азимут ( $A_{и}$ )

Азимут прямой линии в разных ее точках имеет разные значения, так как меридианы на поверхности сферы непараллельны между собой. Проведем линию BC и меридианы в точках B и C. Азимут этой линии в точке C отличается от азимута линии в точке B на величину сближения меридианов точек B и C:

$$A_{CD} = A_{BC} + \gamma \quad (1.5.1)$$

В геодезии различают прямое и обратное направление линии. Например, в точке C линии BD прямое направление - направление CD, обратное направление - направление CB. Прямой и обратный азимут линии в одной точке различаются ровно на  $180^\circ$ , однако, для разных точек линии это равенство не выполняется. Пусть BC - прямое направление линии в ее начале (в точке B),  $A_{BC}$  - азимут прямого направления;  $A_{CB}$  - обратное направление линии в ее конце (в точке C),  $A_{CB}$  - азимут обратного направления, тогда

$$A_{BC} = A_{CB} + 180^\circ + \gamma \quad (1.5.2)$$

то есть, обратный азимут линии равен прямому азимуту плюс-минус  $180^\circ$ , плюс сближение меридианов точек начала и конца линии.

Различают восточное (положительное) и западное (отрицательное) сближение меридианов. Если конечная точка линии находится к востоку от начальной, то сближение меридианов будет восточным и положительным; если конечная точка линии лежит к западу от начальной, то сближение меридианов будет западным и отрицательным.

### **Ориентирование по осевому меридиану зоны**

Дирекционным углом линии называется угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана зоны до направления линии; он обозначается буквой  $\alpha$  (рисунок 1.5.2.). Пределы изменения дирекционного угла от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

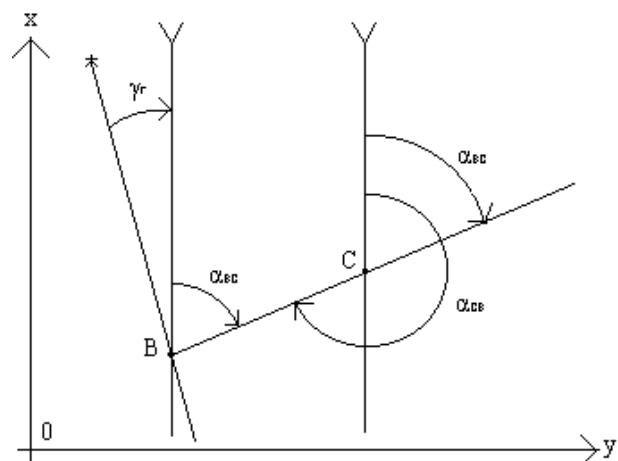


Рисунок 1.5.2. – Изменения дирекционного угла

Поскольку направление осевого меридиана для зоны одно, то дирекционный угол прямой линии одинаков в разных ее точках, а обратный дирекционный угол прямой линии отличается от прямого ровно на  $180^\circ$ :

$$\lambda_{CB} = \lambda_{BC} + 180^\circ \quad (1.5.3)$$

Связь географического азимута и дирекционного угла одной и той же прямой линии выражается формулой:

$$A = \alpha + \gamma_{\Gamma} \quad (1.5.4)$$

где  $\gamma_{\Gamma}$  - гауссово сближение меридианов в точке начала линии.

#### **Ориентирование по магнитному меридиану точки**

Магнитным азимутом называется угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана точки до направления линии; он обозначается буквой  $A_M$  (рисунок 1.5.3.). Пределы изменения магнитного азимута от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

Проведем через одну и ту же точку  $B$  географический меридиан  $N$  и магнитный меридиан  $N_M$ ; угол между ними называется склонением магнитной стрелки и обозначается буквой  $\delta$ . Если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку от географического меридиана, то склонение считается восточным и положительным; если к западу, - то западным и отрицательным.

Направление  $BC$  характеризуется двумя ориентирными углами: географическим азимутом и магнитным азимутом; из рисунка 1.5.3. видно, что

$$A = A_M + \delta \quad (1.5.5)$$

Учитывая формулу связи географического азимута и дирекционного угла линии, можно написать:

$$A = A_M + \delta = \alpha + \gamma_{\Gamma} \quad (1.5.6)$$

и

$$\alpha = A_M + \delta - \gamma_{\Gamma} = A_M + \Pi, \quad (1.5.7)$$

где  $\Pi$  - поправка за склонение магнитной стрелки и сближение меридианов.

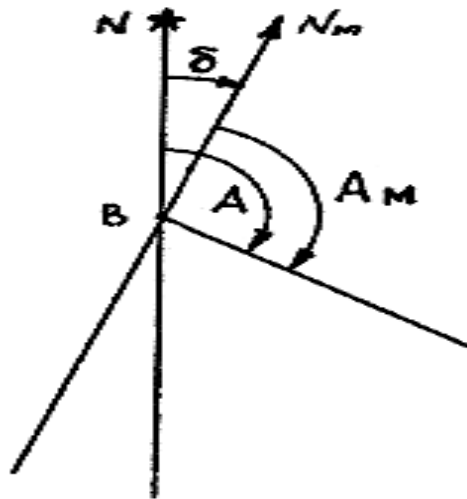


Рисунок 1.5.3. – Отсчет магнитного азимута

### Румбы линий

Кроме географического и магнитного азимутов и дирекционного угла к ориентирным углам относятся также румбы. Румб - это острый угол от ближайшего направления меридиана до направления линии; он обозначается буквой  $r$ . Пределы изменения румба от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . Название румба зависит от названия меридиана: географический, магнитный и дирекционный (или осевой).

Для однозначного определения направления по значению румба он сопровождается названием четверти:

- 1 четверть - СВ (северо-восток),
  - 2 четверть - ЮВ (юго-восток),
  - 3 четверть - ЮЗ (юго-запад),
  - 4 четверть - СЗ (северо-запад),
- например,  $r = 30^\circ$  ЮВ.

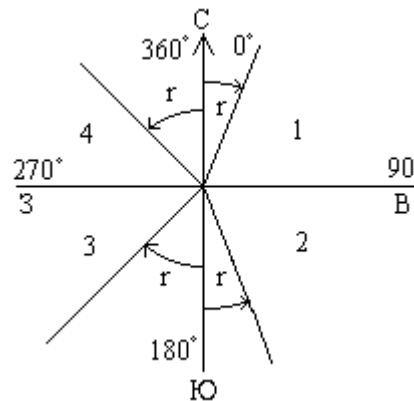


Рисунок 1.5.4. – Связь румба с соответствующим азимутом

связь румба с соответствующим азимутом выявляется из рисунка 1.5.4.

- 1 четверть  $r = a$ ;  $a = r$ ;
- 2 четверть  $r = 180^\circ - a$ ;  $a = 180^\circ - r$ ;
- 3 четверть  $r = a - 180^\circ$ ;  $a = 180^\circ + r$ ;
- 4 четверть  $r = 360^\circ - a$ ;  $a = 360^\circ - r$ .

## 1.6. Системы координат, применяемые при съемке местности и использовании карт

Координаты - это величины, определяющие положение любой точки на поверхности или в пространстве относительно принятой системы координат. Система координат

устанавливает начальные (исходные) точки, поверхности или линии отсчета необходимых величин - начало отсчета координат, единицы их исчисления.

В топографии и геодезии наибольшее применение получили системы географических, прямоугольных и полярных координат.

### **Геодезические координаты**

На поверхности эллипсоида вращения положение точки определяется геодезическими координатами - геодезической широтой  $B$  и геодезической долготой  $L$  (рисунок 1.6.1).

*Геодезическая широта точки* - это угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида в этой точке и плоскостью экватора. *Геодезическая долгота точки* - это двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана точки.

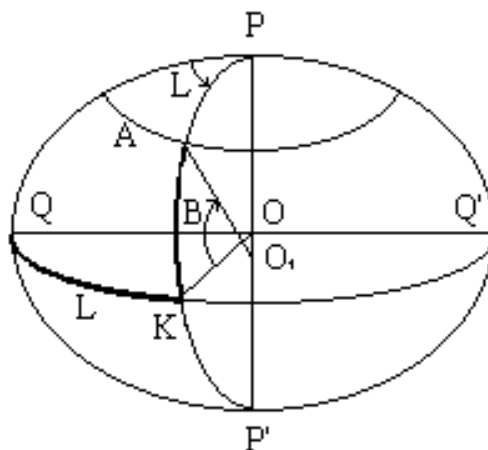


Рисунок 1.6.1 – Геодезическая система координат

При геодезических работах невысокой точности астрономические и геодезические координаты не различают; их общее название - *географические координаты* - используется довольно часто.

Две координаты - широта и долгота - определяют положение точки на поверхности относимости (сферы или эллипсоида). Для определения положения точки в трехмерном пространстве нужно задать ее третью координату, которой в геодезии является *высота*. В нашей стране счет высот ведется от уровенной поверхности, соответствующей среднему уровню Балтийского моря; эта система высот называется Балтийской.

### **Прямоугольные координаты**

Систему плоских прямоугольных координат образуют две взаимноперпендикулярные прямые линии, называемые осями координат; точка их пересечения называется началом или нулем системы координат. Ось абсцисс -  $OX$ , ось ординат -  $OY$  (рисунок 1.6.2).

Положение точки в прямоугольной системе однозначно определяется двумя координатами  $X$  и  $Y$ ; координата  $X$  выражает расстояние точки от оси  $OY$ , координата  $Y$  - расстояние от оси  $OX$ .

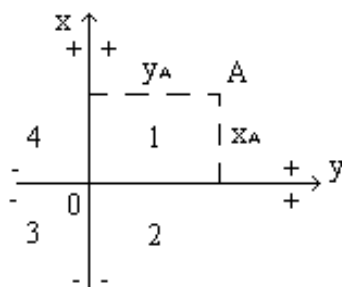


Рисунок 1.6.2 – Прямоугольная система координат

Значения координат бывают положительные (со знаком " + " ) и отрицательные (со знаком " - ") в зависимости от того, в какой четверти (квадранте) находится искомая точка.

### **Полярные координаты**

Систему полярных координат образует направленный прямой луч  $OX$ . Начало координат - точка  $O$  - называется полюсом системы, линия  $OX$  - полярной осью. Положение любой точки в полярной системе определяется двумя координатами: радиусом-вектором  $r$  (синоним полярное расстояние  $S$ ) - расстоянием от полюса до точки, - и полярным углом  $\beta$  при точке  $O$ , образованным осью  $OX$  и радиусом вектором точки и отсчитываемым от оси  $OX$  по ходу часовой стрелки (рисунок 1.6.3).

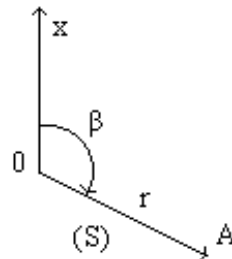


Рисунок 1.6.3 – Полярная система координат

Переход от прямоугольных координат к полярным и обратно для случая, когда начала обеих систем находятся в одной точке и оси  $OX$  у них совпадают (рисунок 1.6.4), выполняется по формулам :

$$X = S * \text{Cos}\beta, \quad (1.6.1)$$

$$Y = S * \text{Sin}\beta, \quad (1.6.2)$$

$$\text{tg}\beta = Y/X, \quad (1.6.3)$$

$$S = \sqrt{X^2 + Y^2}. \quad (1.6.4)$$

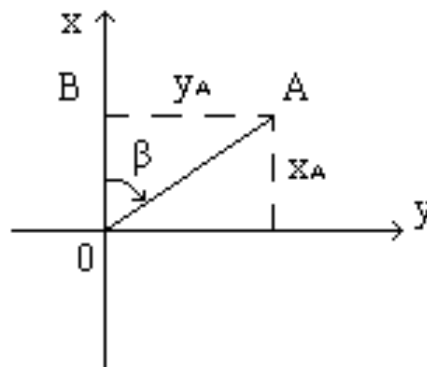


Рисунок 1.6.4 – Переход от прямоугольных координат к полярным

Эти формулы получаются из решения  $\triangle OBA$  по известным соотношениям между сторонами и углами прямоугольного треугольника.

Системы прямоугольных и полярных координат применяются в геодезии для определения положения точек на плоскости.

## **2. ПОНЯТИЕ, НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАРТЫ, ПЛАНА, ПРОФИЛЯ**

Географическая карта – изображение земной поверхности, содержащее координатную сетку с условными знаками на плоскости в уменьшенном виде, отображающее размещение, состояние и связи различных природных и общественных явлений, их изменения во времени, развитие и перемещение. Географические карты подразделяются на следующие категории:

*По территориальному охвату:*

- карты мира;
- карты материков;
- карты стран и регионов

*По масштабу:*

- крупномасштабные (начиная с 1:200000 и крупнее);
- среднемасштабные (от 1:200000 и до 1:1000000 включительно);
- мелкомасштабные (мельче 1:1000000).

Отличные по масштабу карты имеют разную точность и детальность изображения, степень генерализации и разное назначение.

*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, лесного и садово-паркового хозяйства, 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) и др.

*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.

–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.

–Карты природных явлений охватывают все компоненты природной среды и их комбинации. В эту группу входят карты геологические, геофизические, карты рельефа земной поверхности и дна Мирового океана, метеорологические и климатические, океанографические, ботанические, гидрологические, почвенные, карты полезных ископаемых, карты физико-географических ландшафтов и физико-географического районирования, и т. д.

–Общественно-политические карты включают карты населения, экономические, политические, исторические, социально-географические, причём каждая из подкатегорий в свою очередь может содержать собственную структуру разделения. Так, экономические карты включают также карты промышленности (как общие, так и отраслевые), сельского хозяйства, рыбной промышленности, транспорта и связи.

–Топографическая карта – подробная крупномасштабная общегеографическая карта, отражающая размещение и свойства основных природных и социальноэкономических объектов, дающая возможность определить их плановое и высотное положение.

Топографические карты создаются, главным образом, на основе: обработки аэрофотоснимков территории; путем непосредственных измерений и съемок объектов местности; картографическими методами с уже имеющимися планами и картами крупных масштабов.

На топографических картах изображают водные объекты, рельеф, растительный покров, почвы, населенные пункты, пути сообщения и средства связи, некоторые объекты промышленности, сельского хозяйства, культуры и т.д.

Масштаб карты может иметь три вида: числовой, графический (линейный) и пояснительную подпись (именованный масштаб). От масштаба карты зависит степень подробностей, с которой можно нанести картографическое изображение.

Картографическая сетка представляет собой изображение градусной сетки Земли на карте. Вид сетки зависит от того, в какой проекции составлена карта. На топографических картах масштабов 1:1 000 000 и 1:500 000 меридианы имеют вид прямых линий, сходящихся в определенной точке, а параллели – дуги эксцентрических окружностей. На топографические карты более крупного масштаба наносят только две параллели и два меридиана (рамка), ограничивающие картографическое изображение. Вместо картографической сетки на крупномасштабные топографические карты наносят координатную (километровую) сетку, которая имеет математическую связь с градусной сеткой Земли.

Рамкой карты называют одну или несколько линий, ограничивающих карту. К опорным пунктам относятся: астрономические пункты, тригонометрические пункты или пункты триангуляции, пункты полигонометрии и марки нивелирования. Опорные пункты служат геодезической основой для съемки и составления топографических карт.

*Топографический план* (от лат. *planum* – плоскость) – изображение местности на плоскости, в крупном масштабе, без учета кривизны земной поверхности. Топографический план обладает всеми свойствами топографической карты и является ее частным случаем. Если на плане изображена только ситуация (без рельефа), его называют контурным.

Профиль местности представляет собой вертикальный разрез рельефа местности по нанесенной на карту траектории. Простейшие профили строятся по прямой траектории и представляют собой вертикальную проекцию поверхности, как бы разрезанную вдоль этой линии ножом. На самом деле профиль можно строить вдоль линии, имеющей произвольную форму.

## 2.1. Масштабы топографических карт

Масштабом называется степень уменьшения горизонтальных проложений линий местности при изображении их на плане, карте или аэроснимке. Различают численный и графические масштабы; к последним относятся линейный, поперечный и переходный масштабы.

Численный масштаб выражается в виде дроби, числитель которой равен единице, а в знаменателе стоит число, показывающее степень уменьшения горизонтальных проложений. На топографических картах численный масштаб подписывается внизу листа карты в виде 1:М, например, 1:10000. Если длина линии на карте равна  $s$ , то горизонтальное проложение  $S$  линии местности будет равно:

$$S = s * M \quad (2.1.1)$$

В нашей стране приняты следующие масштабы топографических карт: 1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000. Этот ряд масштабов называется стандартным.

Линейный масштаб – это графический масштаб; он строится в соответствии с численным масштабом карты в следующем порядке:

– проводится прямая линия и на ней несколько раз подряд откладывается отрезок  $a$  постоянной длины, называемый основанием масштаба (при длине основания  $a=2$  см линейный масштаб называется нормальным); для масштаба 1:10 000  $a$  соответствует 200 м,



- у конца первого отрезка ставится нуль,
- влево от нуля подписывают одно основание масштаба и делят его на 20 частей,
- вправо от нуля подписывают несколько оснований,
- параллельно основной прямой проводят еще одну прямую и между ними прочерчивают короткие штрихи (рисунок 2.1.1).

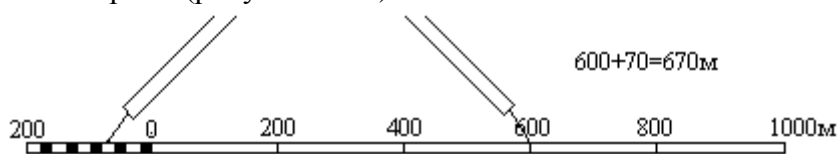


Рисунок 2.1.1 – Линейный масштаб

Линейный масштаб помещается внизу листа карты.

Чтобы измерить длину линии на карте, фиксируют ее раствором циркуля-измерителя, затем правую иглу ставят на целое основание так, чтобы левая игла находилась внутри первого основания. считывают с масштаба два отсчета:  $N_1$  - по правой игле и  $N_2$  - по левой; длина линии равна сумме отсчетов

$$S = N_1 + N_2 \quad (2.1.2)$$

сложение отсчетов выполняют в уме.

Поперечный масштаб. Проведем прямую  $CD$  и отложим на ней несколько раз основание масштаба - отрезок  $a$  длиной 2 см (рисунок 2.1.2). В полученных точках восстановим перпендикуляры к линии  $CD$ ; на крайних перпендикулярах отложим  $m$  раз вверх от линии  $CD$  отрезок постоянной длины и проведем линии, параллельные линии  $CD$ . Крайнее левое основание разделим на  $n$  равных частей. соединим  $i$ -тую точку основания  $CA$  с  $(i-1)$ -й точкой линии  $BL$ ; эти линии называются трансверсалими. Построенный таким образом масштаб называется поперечным.

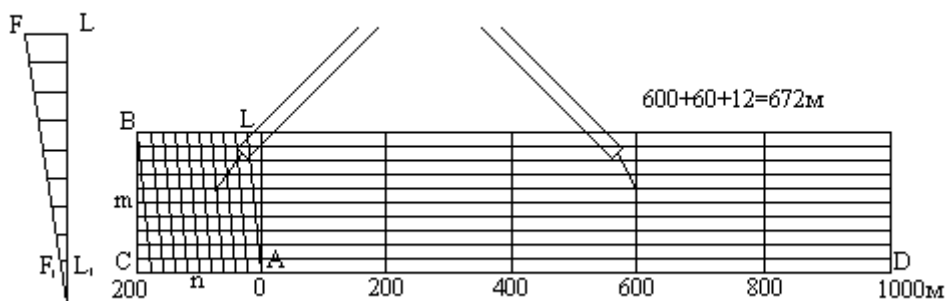


Рисунок 2.1.2 – Поперечный масштаб

Если основание масштаба равно 2 см, то масштаб называется нормальным; если  $m = n = 10$ , то масштаб называется сотенным.

Наименьшее деление поперечного масштаба равно отрезку  $F_1L_1$ ; на такую длину отличаются два соседних параллельно расположенных отрезка при движении вверх по трансверсали и по вертикальной линии.

Порядок пользования поперечным масштабом:

- циркулем-измерителем зафиксировать длину линии на карте,
- одну ножку циркуля поставить на целое основание, а другую - на любую трансверсаль, при этом обе ножки циркуля должны располагаться на линии, параллельной линии  $CD$ ,
- длина линии составляется из трех отсчетов: отсчет целых оснований, умноженный на цену основания, плюс отсчет делений левого основания, умноженный на цену деления левого основания, плюс отсчет делений вверх по трансверсали, умноженный на

цену наименьшего деления масштаба. Точность измерения длины линий по поперечному масштабу оценивается половиной цены его наименьшего деления.

Переходный масштаб. Иногда в практике приходится пользоваться картой или аэроснимком, масштаб которых не является стандартным, например, 1:17500, то-есть, 2 см на карте соответствуют 350 м на местности; наименьшее деление нормального поперечного сотенного масштаба будет при этом 3,5 м. Оцифровка такого масштаба неудобна для практических работ, поэтому поступают следующим образом. Основание поперечного масштаба берут не 2 см, а рассчитывают так, чтобы оно соответствовало круглому числу метров, например, 400 м. Длина основания в этом случае будет  $a = 400 \text{ м} / 175 \text{ м} = 2,28 \text{ см}$ .

Если теперь построить поперечный масштаб с длиной основания  $a = 2,28 \text{ см}$ , то одно деление левого основания будет соответствовать 40 м, а цена наименьшего деления будет равна 4 м. Поперечный масштаб с дробным основанием называется переходным.

## 2.2. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов различных масштабов

Номенклатура – это система обозначения листов карт разных масштабов. Разграфка – система деления поверхности Земли меридианами и параллелями. Каждый лист ограничен рамкой.

Разбивка на ряды (пояса) параллелями производится от экватора через каждые 4° широты. Ряды обозначают буквами латинского алфавита: А, В, С, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W. Колонны в своих границах совпадают с 6° зонами проекции Гаусса, но нумерация их ведется от меридиана  $\pm 180^\circ$  на восток. Таким образом, номер колонны отличается от номера зоны на 30 единиц в ту или другую стороны. Колонны обозначаются (по номерам) арабскими цифрами.



Рисунок 2.2.1 – Разграфка и номенклатура топографических карт масштаба 1:1000000

Предположим, что номер колонны в международной разграфке обозначен цифрой 47. Тогда номер соответствующей зоны Гаусса будет  $47 - 30 = 17$ . Если номер колонны меньше 30, то для определения номера зоны следует к номеру колонны прибавить 30. Номенклатура листа топографической карты масштаба 1:1 000 000 составлена из латинской буквы ряда и арабской цифры номера колонны. Например, S-47. Для карт южного полушария после номенклатуры в скобках указывают (Ю.П.).

Разграфка листов карты масштаба 1:500 000 производится путем деления средним меридианом и средней параллелью листа карты масштаба 1:1 000 000 на четыре части, которые обозначаются прописными буквами русского алфавита. Номенклатура листов карты

масштаба 1:500 000 складывается из номенклатуры листа карты масштаба 1:1 000 000, частью которого он является, и соответствующей буквы.

Разграфка листов карт масштабов 1:200 000 и 1:100 000 производится путем деления каждого листа карты масштаба 1:1 000 000 меридианами и параллелями соответственно на 36 и 144 части (рисунок 2.2.2). Листы карт масштаба 1:200 000 нумеруются римскими цифрами, а масштаба 1:100 000 – арабскими цифрами по рядам с запада на восток. Номенклатура листов карт указанных масштабов состоит из номенклатуры соответствующего миллионного листа и собственного номера, который у листов карт масштабов 1:200 000 и 1:100 000 указывается справа от номенклатуры миллионного листа.

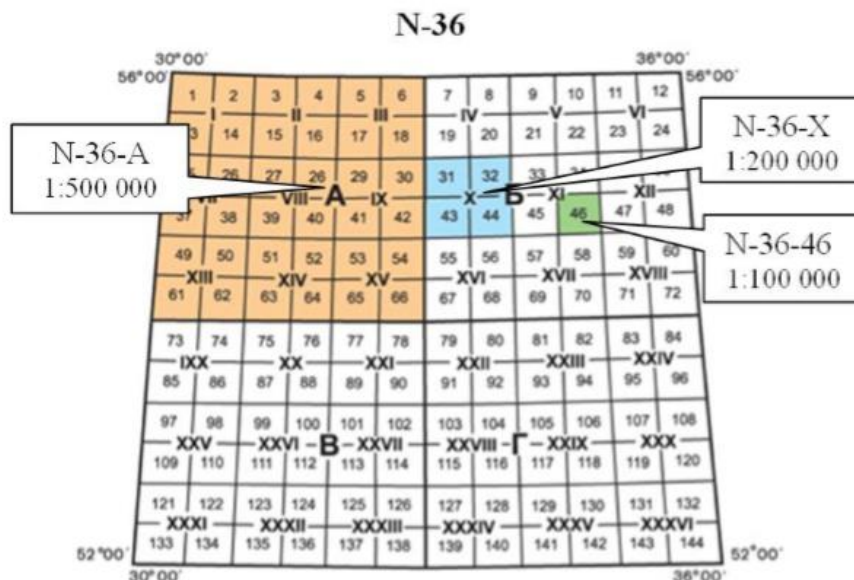


Рисунок 2.2.2 – Разграфка и номенклатура листов карт масштаба 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000 в листе карты масштаба 1:1 000 000

Листы карты масштаба 1:50 000 получают путем деления листов карты масштаба 1:100 000 на четыре части (рисунок 2.2.3), обозначаемые прописными буквами русского алфавита. Размеры листа по широте составляют 10', по долготе – 15'.

Номенклатура этих листов образуется путем присоединения к номенклатуре листа масштаба 1:100 000 соответствующей буквы, например N-37-4-A.

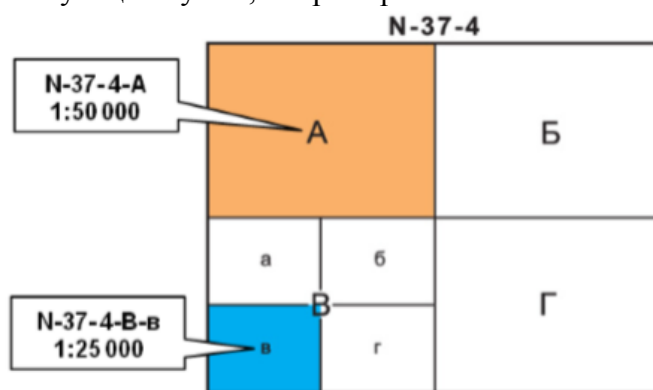


Рисунок 2.2.3 – Разграфка и номенклатура листов карт масштаба 1:50 000, 1:25 000 в листе карты масштаба 1:100 000

Листы карты масштаба 1:25 000 получают делением листов карты масштаба 1:50 000 на четыре части (рисунок 2.2.3), каждая из которых обозначается строчными буквами русского алфавита. Размеры этих листов по широте составляют 5', по долготе – 7'30", а номенклатура дополняется соответствующей буквой: N-37-4-В-в.

Лист карты масштаба 1:25 000 делится на четыре листа карты масштаба 1:10 000, каждый из которых имеет размеры по широте 2'30", по долготе 3'45". Они обозначаются арабскими цифрами, которые указываются после номенклатуры листа карты масштаба 1:25 000, частью которого они являются, например N-37134-Б-в-2.

Разграфка листов карты масштаба 1:5 000 (рисунок 2.2.4) производится путем деления листов карты масштаба 1:100 000 на 256 частей (16 рядов по широте и долготе). Листы нумеруют арабскими цифрами по рядам с запада на восток. Размер каждого листа по широте 1'15", по долготе 1'53,5".

Номенклатура этих листов образуется путем присоединения к номенклатуре листа карты масштаба 1:100 000 соответствующего номера в скобках, например: N-37-134-(16).

Листы карты масштаба 1:2 000 получают путем деления листов карты масштаба 1:5 000 на девять частей и обозначают строчными буквами русского алфавита, например N-37-134-(16-ж). Размер каждого листа по широте 25", по долготе 37,5".

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	19		21		23		25		27		29				32
33			36		38		40		42		44		46		48
49		51		53		55		57		59		61			64
65			68		70		72		74		76		78		80
81		83		85		87		89		91		93			96
97			100		102		104		106		108		110		112
113		115		117		119		121		123		125		127	128
129	130		132		134		136		138		140		142		144
145		147		149		151		153		155		157		159	160
161			164		166		168		170		172		174		176
177		179		181		183		185		187		189		191	192
193			196		198		200		202		204		206		208
209		211		213		215		217		219		221		223	224
225			228		230		232		234		236		238		240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256

Рисунок 2.2.4 – Разграфка листов карты масштаба 1:5 000

Топографические съемки в крупных масштабах на участках площадью менее 20 км<sup>2</sup> выполняются в частных системах прямоугольных координат, не связанных с географической системой. Разграфка листов планов в этих случаях производится не меридианами и параллелями, а линиями координатной сетки. Листы имеют форму квадратов с размерами 40 × 40 см для планов масштаба 1:5 000 и 50 × 50 см для планов масштабов 1:2 000 – 1:500. За основу разграфки принимается лист плана масштаба 1:5 000, обозначаемый арабскими цифрами. Листу плана масштаба 1:5 000 соответствуют 4 листа в масштабе 1:2 000, обозначаемых прописными буквами русского алфавита (рисунок 2.2.5).

Лист плана в масштабе 1:2 000 делится на 4 листа планов масштаба 1:1000, обозначаемых римскими цифрами, или 16 листов планов масштаба 1:500, обозначаемых арабскими цифрами.

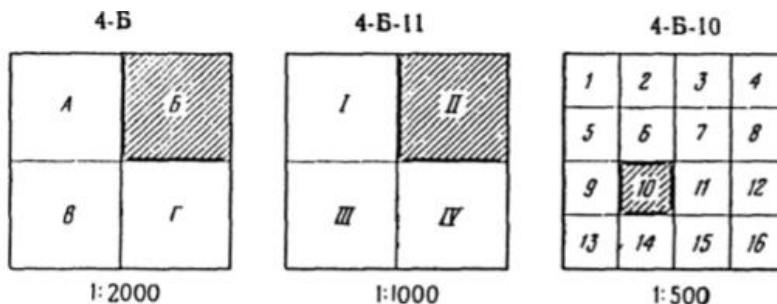


Рисунок 2.2.5 – Разграфка и номенклатура листов карт масштабов 1:2 000, 1:1 000, 1:500

На рисунке 2.2.6 представлена общая схема разграфки и номенклатур топографических карт. Возможны также другие системы обозначения планов крупного масштаба при выполнении съемок различных объектов. В этих случаях за рамками листов планов указываются принятые схемы их разграфки и нумерации.

В связи с тем, что при движении к северному или южному полюсу проектируемые на плоскость части земной поверхности по долготу уменьшаются, то листы топографических карт становятся узкими и для практического пользования неудобными. Листы топографических карт для широт  $60^{\circ}$ - $76^{\circ}$  издаются сдвоенными по долготу, а для широт  $76^{\circ}$ - $88^{\circ}$  – счетверенными по долготу. Для районов Арктики и Антарктики, расположенных на широтах от  $88^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ , крупномасштабные карты издаются в азимутальной проекции.

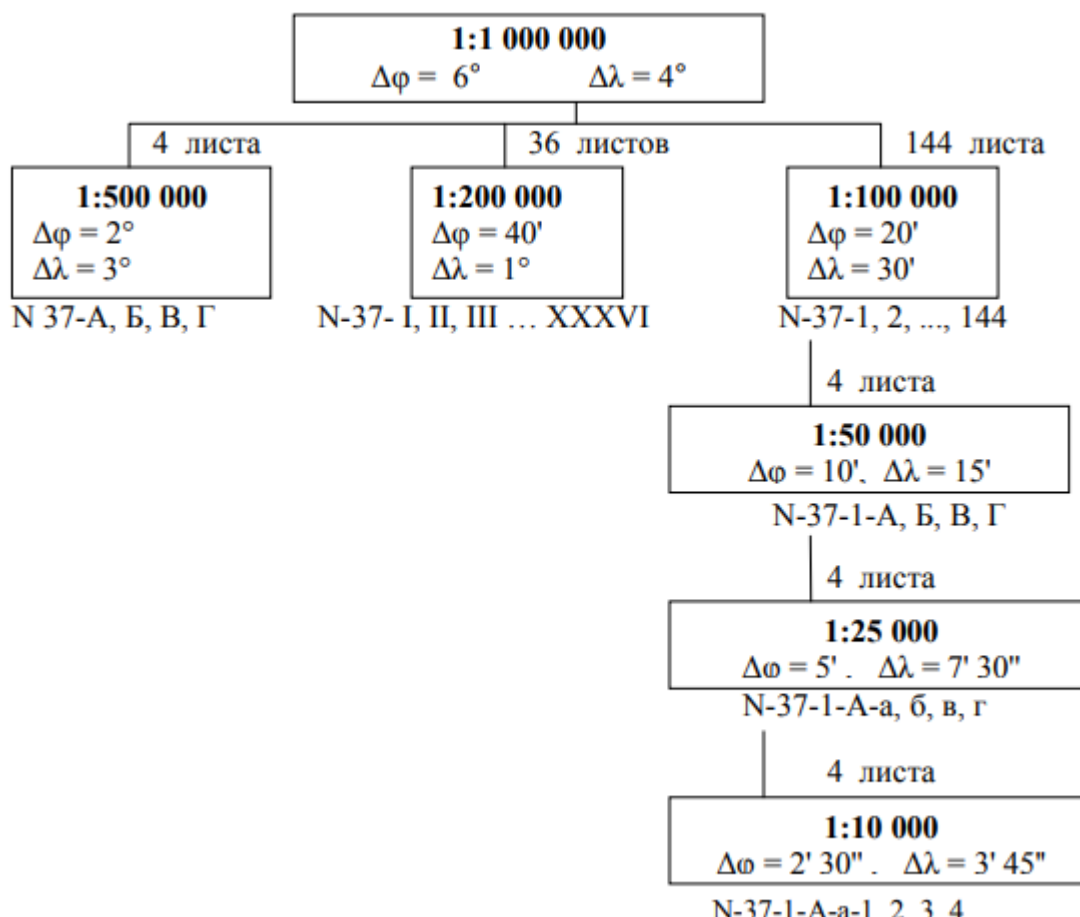


Рисунок 2.2.6 – Общая схема разграфки и номенклатур топографических карт

### 2.3. Координатная сетка

Одним из элементов географической карты является сетка координатных линий. существуют два вида координатной сетки: картографическая, образуемая линиями меридианов и параллелей, и сетка прямоугольных координат, образуемая линиями, параллельными осям координат  $OX$  и  $OY$ .

На топографических картах меридианы и параллели являются границами листа карты; в углах карты подписываются их долгота и широта. Внутри листа вычерчивается сетка прямоугольных координат в виде квадратов, называемая иногда километровой сеткой, так как на картах масштаба 1:10 000 и мельче линии сетки проводятся через целое число километров.

Вертикальные линии сетки параллельны осевому меридиану зоны (оси  $OX$ ). Горизонтальные линии сетки параллельны оси  $OY$ .

Для удобства пользования листами карт, на которых изображены граничные участки зоны, на них показывается сетка прямоугольных координат соседней зоны. Ширина граничной полосы с сеткой соседней зоны составляет  $2^{\circ}$  по долготе с обеих сторон зоны. Выходы линий координатной сетки соседней зоны наносятся на внешнюю сторону рамки листа карты.

#### 2.4. Условные знаки топографических карт

Объекты местности, ситуация и некоторые формы рельефа изображаются на топографических картах условными знаками. Различают четыре типа условных знаков: контурные или площадные, линейные, внемасштабные и пояснительные подписи.

Контурные условные знаки служат для изображения объектов, занимающих определенную площадь и выражающихся в масштабе карты. Контур вычерчивают точечным пунктиром или тонкой сплошной линией и заполняют условными значками леса, луга, сада, огорода, болота и т.д.

Линейные условные знаки служат для изображения линейных объектов: дорог, ЛЭП, линий связи, различных трубопроводов и т.д. Масштаб по линии равен масштабу карты, а в поперечнике - на несколько порядков крупнее.

Внемасштабные условные знаки служат для показа объектов, не выражающихся в масштабе карты: геодезических пунктов, километровых столбов, теле- и радиовышек, фабрик, заводов, различного рода опор, и т.д. Местоположение объекта соответствует характерной точке условного знака, которая может располагаться в центре, условного знака, в середине его основания и т.д.

Пояснительные подписи служат для дополнительной характеристики объектов: у брода через реку подписывают глубину и характер грунта, у моста - его длину, ширину и грузоподъемность, у дороги - ширину проезжей части и характер покрытия и т.д.

В традиционной картографии принято деление всех объектов местности на 8 больших классов (сегментов):

- 1) математическая основа,
- 2) рельеф,
- 3) гидрография,
- 4) населенные пункты,
- 5) предприятия,
- 6) дорожная сеть,
- 7) растительность и грунты,
- 8) границы и подписи.

Таблицы условных знаков для карт разных масштабов составляются в соответствии с этим делением объектов; они утверждаются государственными органами и издаются в форме обязательных для исполнения документов.

#### 2.5. Изображение рельефа на картах и планах

Основные формы рельефа. 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.

Вершина горы, дно котловины, точка седловины являются характерными точками рельефа; линия водораздела хребта, линия водослива лощины, линия подошвы горы или хребта, линия бровки котловины или лощины являются *характерными линиями рельефа*.

За время существования геодезии было разработано несколько способов изображения рельефа на топографических картах. Перечислим некоторые из них.

*Способ отмывки.* Этот способ применяется на мелкомасштабных картах. Поверхность Земли показывается коричневым цветом: чем больше отметки, тем гуще цвет. Глубины моря показывают голубым или зеленым цветом: чем больше глубина, тем гуще цвет.

*Способ отметок.* При этом способе на карте подписывают отметки отдельных точек местности.

*Способ горизонталей.* В настоящее время на топографических картах применяют способ горизонталей в сочетании со способом отметок, причем на одном квадратном дециметре карты подписывают, как правило, не менее пяти отметок точек. сущность способа горизонталей можно понять из рисунка 2.5.1.

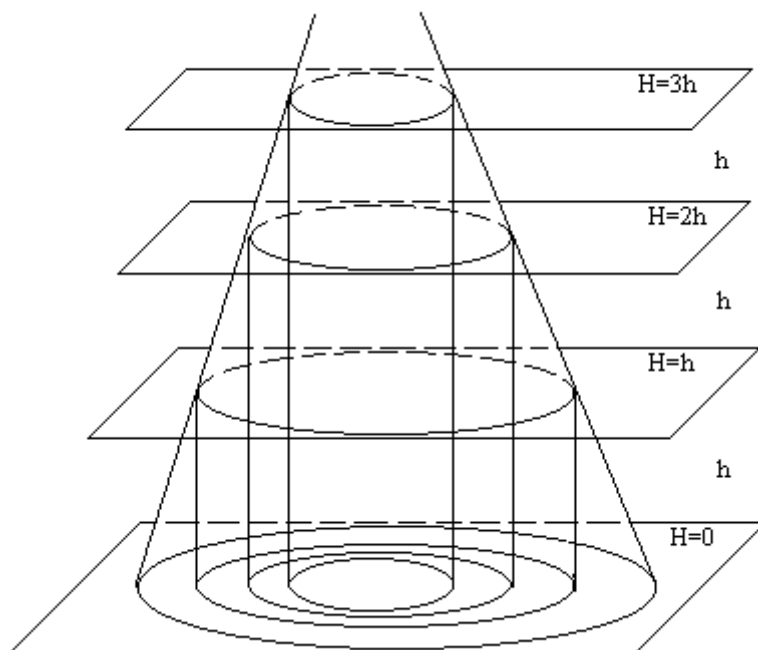


Рисунок 2.5.1 – Изображение горизонталей

Мысленно разрежем участок местности горизонтальной плоскостью на высоте  $H$ . Линия пересечения этой плоскости с поверхностью Земли называется горизонталью. Горизонталь на местности - это замкнутая кривая линия, все точки которой имеют одинаковые отметки. Для того, чтобы изобразить горизонталями рельеф участка местности, нужно разрезать его не одной, а несколькими горизонтальными плоскостями, расположенными на одинаковом расстоянии по высоте одна от другой. Это расстояние называется высотой сечения рельефа и обозначается буквой  $h$ . На местности горизонтали не пересекаются, так

как они лежат в разных параллельных плоскостях; на карте они тоже как правило не пересекаются.

Все основные формы рельефа имеют свой рисунок горизонталей; при этом и гора и котловина изображаются системами замкнутых горизонталей (рисунок 2.5.2). Чтобы различить эти формы рельефа, а также для некоторых других целей на карте принято показывать направление скатов вниз; для этого применяются бергштрихи - короткие штрихи, перпендикулярные горизонталям и направленные по скату вниз.

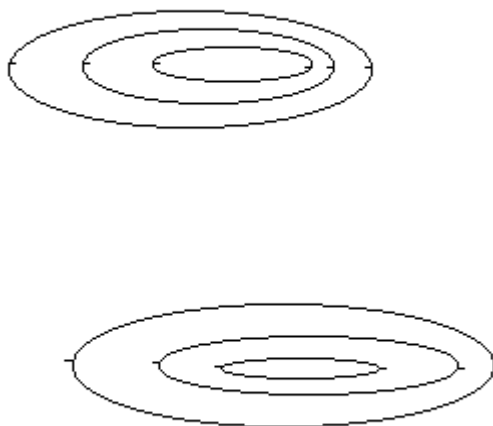


Рисунок 2.5.2 – Система замкнутых горизонталей

Основные горизонталю имеют отметки, кратные высоте сечения рельефа  $h$ , начиная от нуля счета высот. Для выражения характерных особенностей рельефа рекомендуется проводить полугоризонталю и четверть горизонталю.

Каждая пятая основная горизонталь при  $h = 1, 2, 5, 10$  м и каждая четвертая при  $h = 0.5$  и  $2.5$  м утолщаются. Отметки некоторых горизонталей на карте подписывают, ориентируя основания цифр вниз по склону.

Крутизна и направление скатов. На рисунке 2.5.3 видно, что расстояние  $a$  между горизонталями на горизонтальной проекции участка зависит от крутизны ската. При одинаковой высоте сечения рельефа расстояние между горизонталями тем меньше, чем круче скат. Крутизна ската характеризуется углом наклона  $v$ :

$$\operatorname{tg}(v) = h/a \tag{2.5.1}$$

Тангенс угла наклона называется уклоном и обозначается буквой  $i$ ; уклон обычно выражают в процентах или промилле (промилле - это тысячная часть целого).

Рассечем скат горы горизонтальными плоскостями при высоте сечения  $h$  (рисунок 2.5.3); на участке  $BC$  скат имеет угол наклона  $v_1$ , на участке  $CD$  - угол наклона  $v_2$ . Расстояние  $a_1$  - это горизонтальное проложение линии ската  $BC$ ; оно называется заложением.

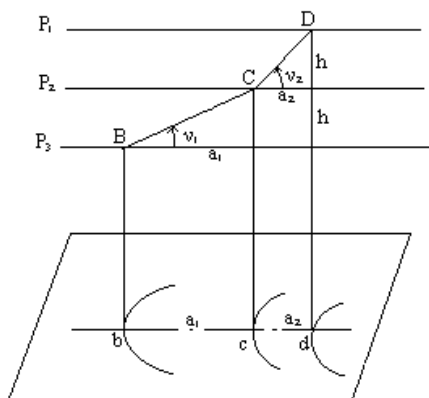


Рисунок 2.5.3 – Скат горы



Заложение, перпендикулярное к горизонталям, называется заложением ската, то-есть, заложение ската - это горизонтальная проекция линии наибольшей крутизны ската в данной точке; оно принимается за направление ската. Измерив на карте отрезок  $a$  и зная высоту сечения рельефа  $h$ , по формуле (2.5.1) можно вычислить тангенс угла наклона, а затем и сам угол наклона  $\nu$ .

График заложений. Для быстрого определения угла наклона по карте пользуются специальным графиком, который называется графиком заложений.

Он строится следующим образом (рисунок 2.5.4):

- вычисляют заложение ската по заданной высоте сечения рельефа для разных углов наклона  $0.5^\circ, 1^\circ, 2^\circ$  и т.д.,
- проводят прямую линию и откладывают на ней равные отрезки длины, которые подписывают в градусах угла наклона,
- перпендикулярно этой линии откладывают в масштабе карты заложения ската, вычисленные для каждого значения угла наклона,
- соединяют полученные точки плавной кривой.

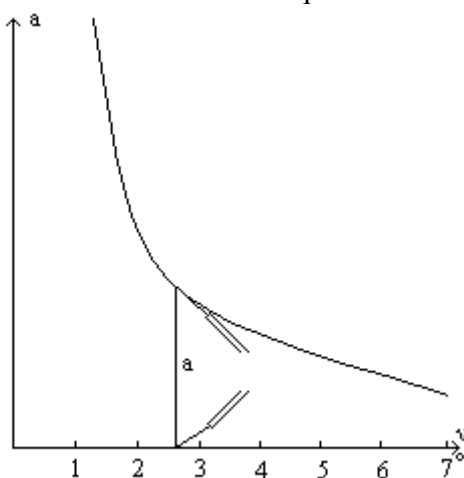


Рисунок 2.5.4 – График заложения

Если теперь требуется определить угол наклона для конкретного заложения ската  $a$ , раствором циркуля, равным  $a$ , находят соответствующее место на графике и считывают угол наклона.

Проведение горизонталей по отметкам точек. Чтобы провести на карте (или плане) горизонтали, необходимо иметь точки с известными отметками, которые назовем пикетами. Пусть даны пикеты 1, 2, 3, 4 (рисунок 2.5.5), и предполагается, что вдоль линий 1-2, 1-3, 1-4, 2-3 и 3-4 местность имеет равномерный уклон. Требуется провести горизонтали внутри участка, ограниченного линиями 1-2, 2-3, 3-4, 4-5; высота сечения рельефа  $h=1$  м.

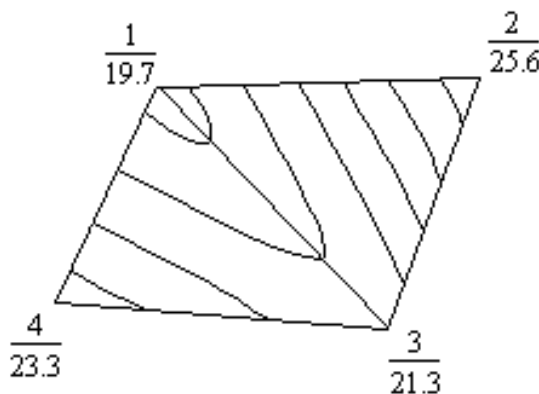


Рисунок 2.5.5 – Проведение горизонталей по отметкам точек

Процесс нахождения на линии, соединяющей два пикета, точек, через которые пройдут горизонтали, называется интерполированием горизонталей. Известны три способа интерполирования: аналитический, графический и на глаз.

## 2.6. Измерение расстояний по топографическим картам

Для измерения расстояний по карте используют миллиметровую или масштабную линейку, циркуль-измеритель, а для измерения кривых линий – курвиметр.

С помощью миллиметровой линейки измеряется расстояние между заданными точками на карте с точностью 0,1 см. Полученное число сантиметров умножить на величину именованного масштаба. Для равнинной местности результат будет соответствовать расстоянию на местности в метрах или километрах.

При измерении расстояния циркулем-измерителем по прямой линии иглы циркуля устанавливают на конечные точки, затем, не изменяя раствора циркуля, по линейному или поперечному масштабу отсчитывают расстояние. В том случае, когда раствор циркуля превышает длину линейного или поперечного масштаба, целое число километров определяется по квадратам координатной сетки, а остаток – обычным порядком по масштабу.

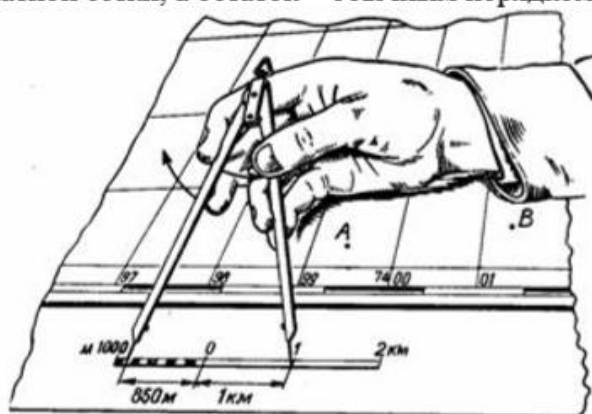


Рисунок 2.6.1 – Измерение расстояний циркулем-измерителем по линейному масштабу.

Для получения длины ломаной линии последовательно измеряют длину каждого ее звена, а затем суммируют их величины. Такие линии измеряют также наращиванием раствора циркуля.

Измерение расстояний курвиметром. Кривые отрезки измеряют механическим (рисунок 2.6.2) или электронным курвиметром.



Рисунок 2.6.2 – Курвиметр механический

Сначала, вращая колесико рукой, устанавливают стрелку на нулевое деление, затем прокатывают колесико по измеряемой линии. Отсчет на циферблате против конца стрелки (в сантиметрах) умножают на величину масштаба карты и получают расстояние на местности.

Для повышения точности и надежности результатов рекомендуется все измерения проводить дважды – в прямом и обратном направлениях. В случае незначительных различий измеренных данных за конечный результат принимается среднее арифметическое значение измеренных величин.

## 2.7. Измерение площадей по топографическим картам

Определение площадей участков по топографическим картам основано на геометрической зависимости между площадью фигуры и ее линейными элементами. Масштаб площадей равен квадрату линейного масштаба.

Если стороны прямоугольника на карте уменьшены в  $n$  раз, то площадь этой фигуры уменьшится в  $n^2$  раз. Для карты масштаба 1:10 000 (в 1 см 100 м) масштаб площадей будет равен  $(1 : 10\,000)^2$  или в 1 см<sup>2</sup> будет 100 м × 100 м = 10 000 м<sup>2</sup> или 1 га, а на карте масштаба 1:1 000 000 в 1 см<sup>2</sup> – 100 км<sup>2</sup>.

Для измерения площадей по картам применяют графические, аналитические и инструментальные способы. Применение того или иного способа измерений обусловлено формой измеряемого участка, заданной точностью результатов измерений, требуемой быстротой получения данных и наличием необходимых приборов.

### *Измерение площади графическим способом*

При измерении площади участка с прямолинейными границами участок делят на простые геометрические фигуры, измеряют площадь каждой из них геометрическим способом и, суммируя площади отдельных участков, вычисленных с учетом масштаба карты, получают общую площадь объекта.

Измерение площадей участков, имеющих сложную неправильную конфигурацию, чаще производят с помощью палеток и планиметров, что дает наиболее точные результаты. сеточная палетка представляет собой прозрачную пластину с сеткой квадратов (рисунок 2.7.1).

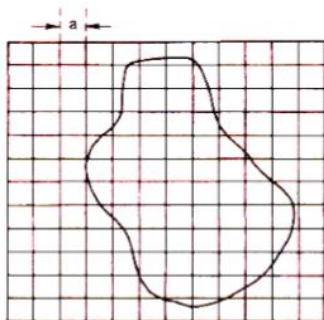


Рисунок 2.7.1 – Квадратная сеточная палетка

Палетку накладывают на измеряемый контур и по ней подсчитывают количество клеток и их частей, оказавшихся внутри контура. Доли неполных квадратов оцениваются на глаз, поэтому для повышения точности измерений применяются палетки с мелкими квадратами (со стороной 2-5 мм). Перед работой на данной карте определяют площадь одной ячейки. Площадь участка рассчитывается по формуле:

$$P = a^2n \quad (2.7.1)$$

где:  $a$  – сторона квадрата, выраженная в масштабе карты;  $n$  – число квадратов, попавших в пределы контура измеряемого участка. Для повышения точности площадь определяют несколько раз с произвольной перестановкой используемой палетки в любое положение, в том числе и с поворотом относительно ее первоначального положения. За окончательное значение площади принимают среднее арифметическое из результатов измерений. Помимо сеточных палеток, применяют точечные и параллельные палетки, представляющие собой прозрачные пластины с награвированными точками или линиями.

### *Измерение площадей механическим способом*

Измерение площадей значительных участков производится по картам с помощью планиметра. Планиметр служит для определения площадей механическим способом.

Широкое распространение имеет полярный планиметр. Он состоит из двух рычагов – полюсного и обводного.

Внешний вид полярного планиметра изображен на рисунке 2.7.2; на нем цифрами обозначены: 1 - основная каретка, 3 - полюсный рычаг, 4 - полюс, 6 - стеклянная пластинка с обводной точкой, 7 - обводной рычаг, 8 - шарнирное соединение, 9 - счетчик полных оборотов, 10 - счетное колесо, 11 - верньер.

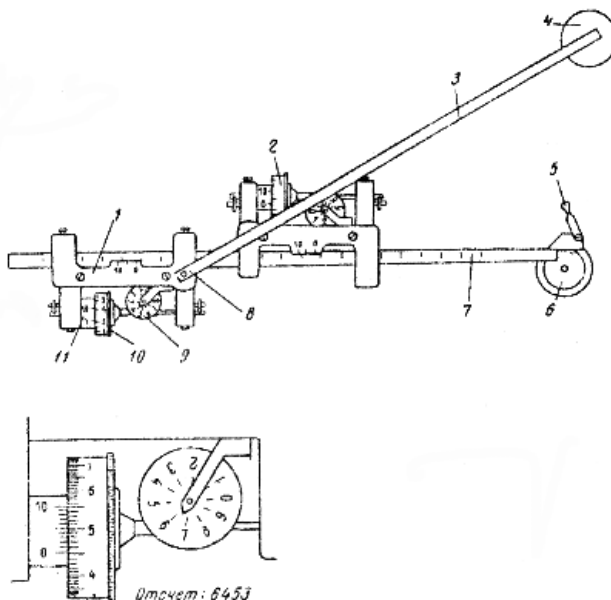


Рисунок 2.7.2 – Механический планиметр

Определение площади контура планиметром сводится к следующим действиям. Закрепив полюс и установив иглу обводного рычага в начальной точке контура, берут отсчет. Затем обводной шпиль осторожно ведут по контуру до начальной точки и берут второй отсчет. Разность отсчетов даст площадь контура в делениях планиметра. Зная абсолютную цену деления планиметра, определяют площадь контура.

**Вычисление площади многоугольника по координатам его вершин (аналитический способ)**

Данный способ позволяет определить площадь участка любой конфигурации, т.е. с любым числом вершин, координаты которых (x,y) известны. При этом нумерация вершин должна производиться по ходу часовой стрелки. Таким образом в общем виде, обозначив через  $i$  порядковый номер ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) вершины многоугольника, расчет площади имеет вид:

$$2S = \sum x_i(y_{i+1} - y_{i-1})$$

$$2S = \sum y_i(x_{i-1} - x_{i+1})$$

Следовательно, удвоенная площадь многоугольника равна либо сумме произведений каждой абсциссы на разность ординат последующей и предыдущей вершин многоугольника, либо сумме произведений каждой ординаты на разность абсцисс предыдущей и последующей вершин многоугольника. Значения координат и их разности обычно округляются до десятых долей метра, а произведения – до целых квадратных метров.

### 3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

#### 3.1. Устройство и поверки теодолита

Теодолит – измерительный прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов при геодезических работах (рисунок 3.1.1). Теодолит может быть использован для измерения расстояний нитяным дальномером и для определения горизонтальных и вертикальных углов.

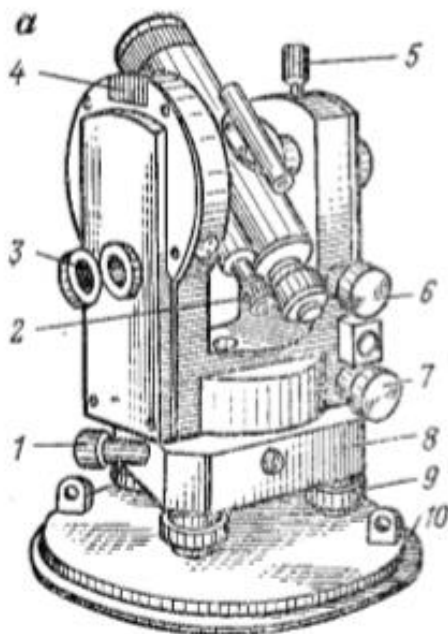


Рисунок 3.1.1 – Теодолит Т30

1 – наводящий винт горизонтального круга; 2 – окуляр микроскопа; 3 – крышка иллюминатора; 4 – посадочный паз для буссоли; 5 – закрепительный винт трубы; 6 – наводящий винт трубы; 7 – наводящий винт алидады; 8 – подставка; 9 – подъемный винт; 10 – основание

Визированием называют наведение трубы на цель. Для визирования трубу фокусируют «по глазу» и «по предмету». При этом, глядя в трубу, вращением диоптрийного кольца окуляра добиваются чёткого изображения сетки нитей, а перемещением фокусирующей линзы 3 чёткого изображения наблюдаемого предмета.

Отсчётные устройства служат для взятия отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам. Они снабжены отсчетными микроскопами. Различают микроскопы штриховые, шкаловые и микроскопы с оптическими микрометрами. В штриховом микроскопе отсчет с точностью 1' берут по положению нулевого штриха алидады (рисунок 3.1.2, а), интерполируя минуты на глаз.

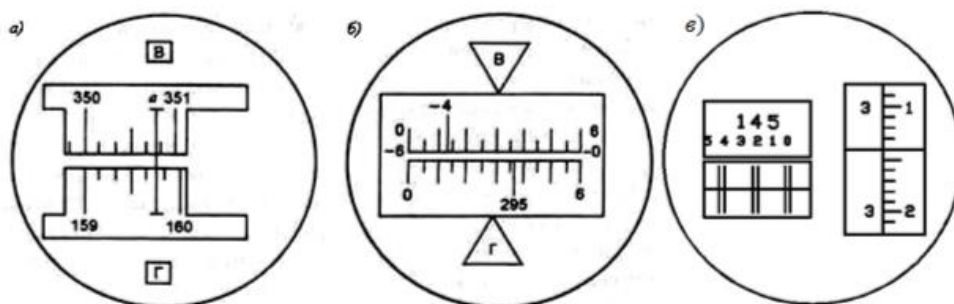


Рисунок 3.1.2 – Поле зрения отсчётных микроскопов:

а - штрихового (отсчёт по горизонтальному кругу  $159^{\circ}46'$ , по вертикальному  $350^{\circ}48'$ );  
б - шкалового (отсчёт по горизонтальному кругу  $295^{\circ}36'$ , по вертикальному -  $4^{\circ}47'$ ); в - оптического микрометра (отсчет  $145^{\circ}23'14''$ ).

Уровни служат для приведения осей и плоскостей приборов в горизонтальное или вертикальное положение. По конструкции они бывают цилиндрические и круглые.

*Разновидности теодолитов.*

В зависимости от точности теодолиты подразделяют на:

- высокоточные (СКО  $<1''$ );
- точные ( $1'' < \text{СКО} < 10''$ );
- технические (СКО  $>10''$ );

*Различаются теодолиты и по конструкции.*

Так, для измерения вертикальных углов точные теодолиты снабжены уровнем при вертикальном круге. У технических теодолитов такого уровня нет, его роль выполняет уровень при алидаде горизонтального круга. Есть теодолиты, в которых уровень при вертикальном круге заменен автоматическим компенсатором углов наклона (теодолиты Т5К, Т15К).

Теодолиты бывают с трубами прямого и обратного изображения.

В первом случае в шифр теодолита добавляют букву П (Т5КП, Т15КП, Т15МКП).

Маркшейдерские теодолиты (Т30М, Т15М), предназначенные для подземных работ, где возможно наличие взрывоопасного газа метана, изготавливают в специальном исполнении.

*Оптические теодолиты серии 3Т.*

Точные теодолиты с одноосевым компенсатором при вертикальном круге. Наличие компенсатора при вертикальном круге позволяет выполнять угловые измерения точно и быстро. Теодолиты могут быть использованы для измерения расстояний нитяным дальномером и для определения магнитных азимутов с помощью ориентир-буссоли. На теодолиты этой серии можно установить светодальномеры. Для выполнения центрирования теодолита применяется оптический отвес.

Теодолиты серии 4Т – технические теодолиты без компенсатора со съемным трегером. Данный тип теодолитов имеет шкаловый микроскоп для снятия отсчетов по лимбу и цилиндрический уровень при зрительной трубе, который позволяет выполнять геометрическое нивелирование. с помощью нитяного дальномера зрительной трубы можно определять расстояния по нивелирной рейке.



Рисунок 3.1.3 – Оптические теодолиты серии 3Т (слева) и 4Т (справа)

Электронные теодолиты обеспечивают автоматическое считывание отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам. Угломерная часть электронного теодолита представляет собой растровый датчик накопительного типа. сигнал, прочитанный фотоприемником, поступает в электронную часть датчика угла, обрабатывается и выводится в градусной мере на дисплей и в память прибора. Наличие двухосевого компенсатора обеспе-

чивает автоматический ввод поправок за наклон в отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам.



Рисунок 3.1.4 – Электронные теодолиты серии DT (слева) и ET (справа)

### Проверки теодолита

Проверки теодолита выполняют для контроля соблюдения в приборе верного взаиморасположения его осей. Основными проверками являются следующие.

*Проверка уровня.* Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады. Перед выполнением проверки выполняют горизонтирование теодолита. Затем устанавливают уровень по направлению двух подъемных винтов и с их помощью приводят пузырек в нуль-пункт. Поворачивают алидаду на 180°. Если пузырек уровня остался в нуль-пункте, то требуемое условие выполнено – ось уровня перпендикулярна к оси вращения алидады. Если пузырек уровня ушел из нульпункта, исправительными винтами уровня изменяют его наклон, перемещая пузырек в сторону нуль-пункта на половину отклонения.

Проверку повторяют, добиваясь, чтобы смещение пузырька было меньше одного деления.

*Проверка сетки нитей.* Вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к оси вращения зрительной трубы.

Наводят вертикальный штрих сетки нитей на точку и наводящим винтом трубы изменяют ее наклон. Если изображение точки не скользит по штриху, сетку нитей надо повернуть. Для этого поворачивают корпус окуляра, ослабив четыре винта его крепления к зрительной трубе (рисунок 3.1.5).

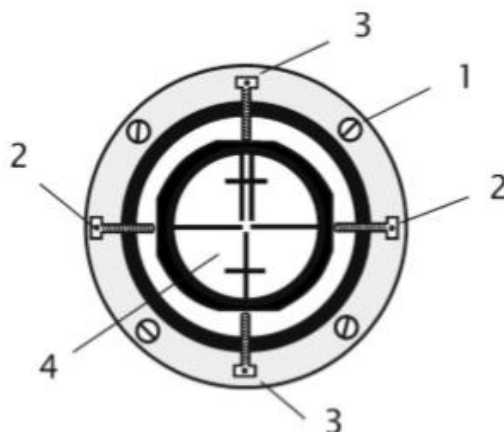


Рисунок 3.1.5 – Крепление сетки нитей:

- 1- крепёжный винт окуляра; 2, 3 - горизонтальные и вертикальные исправительные винты сетки нитей; 4 – сетка нитей.

*Проверка визирной оси.* Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы. Если визирная ось перпендикулярна к оси вращения трубы, то отсчёты по горизонтальному кругу при разных положениях вертикального круга (КЛ и КП) и наведении на одну и ту же точку будут различаться ровно на  $180^\circ$ . Если разность отчетов отличается от  $180^\circ$ , то ось вращения трубы не перпендикулярна к визирной оси (рисунок 3.1.6). При этом соответствующие отсчёты КЛ и КП отличаются от правильных значений на одинаковую величину  $c$ , получившую название коллимационной ошибки. При выполнении проверки визируют на удалённую точку при двух положениях круга и берут отсчёты КЛ и КП. Вычисляют коллимационную погрешность

$$c = (\text{КЛ} - \text{КП} \pm 180^\circ) / 2, \quad (3.1.1)$$

которая не должна превышать двойной точности теодолита.

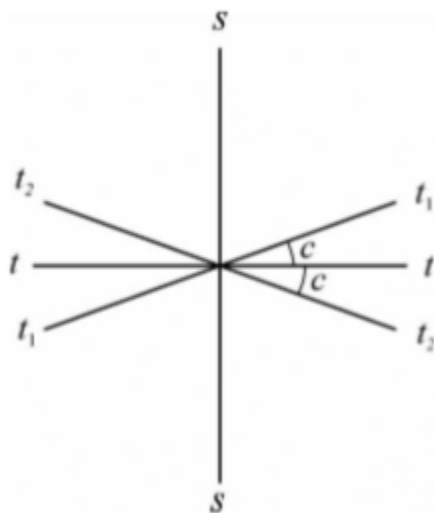


Рисунок 3.1.6 – Проверка визирной оси:

$ss$  - визирная ось;  $tt$  - верное положение оси вращения трубы;  $t_1t_1$ ,  $t_2t_2$  - положение оси вращения трубы при круге право и круге лево

Если коллимационная погрешность велика, то наводящим винтом алидады устанавливают на горизонтальном круге верный отсчёт, равный  $(\text{КЛ} - c)$  или  $(\text{КП} + c)$ . При этом центр сетки нитей сместится с изображения точки. Отвинчивают колпачок, закрывающий винты сетки нитей, ослабляют один из вертикальных исправительных винтов, и, действуя горизонтальными исправительными винтами, совмещают центр сетки нитей с изображением точки. Закрепив ослабленные винты, проверку повторяют.

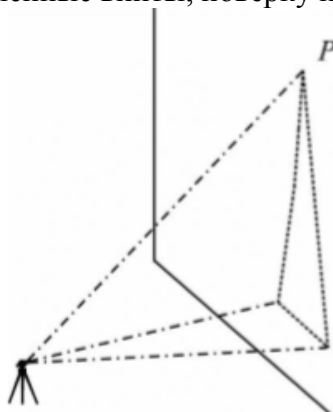


Рисунок 3.1.7 – Проверка оси вращения зрительной трубы

*Проверка оси вращения трубы.*

Ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады. Установив теодолит вблизи стены здания, визируют на высоко расположенную под углом наклона  $25^\circ$   $30^\circ$  точку Р (рисунок 3.1.7). Наклоняют трубу до горизонтального положения и



отмечают на стене проекцию центра сетки нитей. Переводят трубу через зенит, вновь визируют на точку Р и отмечают её проекцию. Если изображения обеих проекций точки не выходят за пределы биссектора сетки нитей, требование считают выполненным. В противном случае необходимо исправить положение оси вращения трубы. Исправление выполняют в мастерской, изменяя наклон оси.

### 3.2. Устройство и поверки нивелира

Нивелир – геодезический инструмент для определения разности высот между несколькими точками земной поверхности относительно условного уровня, т.е. определение превышения. На рисунке 3.2.1 представлен оптический нивелир в сборке на штативе, а также различные виды реек.



Рисунок 3.2.1 – Оптический нивелир и нивелирные рейки.

По точности нивелиры делятся на высокоточные, точные и технические, дающие на 1 км хода ошибки, не превышающие, соответственно, 0,5 – 1,0 мм, 4-8 мм и 15 мм. Цифры в шифре нивелира указывают среднюю квадратическую погрешность измерения превышения в миллиметрах на 1 км двойного нивелирного хода. Например, для нивелира Н-3 средняя квадратическая погрешность составляет 3 мм на 1 км хода.

В зависимости от способа получения горизонтального луча визирования каждый из трех типов нивелиров изготавливается в двух вариантах:

- с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе;
- с компенсатором, позволяющим автоматически приводить ось визирования зрительной трубы нивелира в горизонтальное положение.

В настоящее время выпускаются нивелиры улучшенной конструкции 2-го и 3го поколений, например 2Н-10КЛ, 3Н-3ЛП. Первая цифра обозначает поколение. При наличии компенсатора в шифр прибора добавляется буква К. Если нивелир изготовлен с лимбом для измерения горизонтальных углов, то еще добавляется буква Л. Если нивелир имеет зрительную трубу прямого изображения, то в шифр добавляется буква П.

Условное обозначение нивелирной рейки состоит из буквенного обозначения РН, цифрового обозначения группы нивелиров, для которой она предназначена (для высокоточных нивелиров – цифра 05, точных – 3, технических – 10) и номинальной длины рейки. В обозначении складных реек и (или) реек с прямым изображением оцифровки шкал после указания номинальной длины добавляют соответственно букву С и (или) П. Пример условного обозначения нивелирной рейки к техническим нивелирам, номинальной длиной 4000 мм, складной, с прямым изображением оцифровки шкалы: РН-10 – 4000 СП.

Устройство нивелира (с цилиндрическим уровнем).

Нивелир Н-3 относится к приборам с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе (рисунок 3.2.2).

Для установки нивелира в рабочее положение его закрепляют на штативе и, действуя тремя подъемными винтами, приводят пузырек круглого уровня в центр ампулы. При этом ось вращения нивелира занимает отвесное положение. Наведение зрительной трубы на рейку осуществляют вначале вручную с помощью визира, а затем зажимают закрепительный винт зрительной трубы и наводящим винтом выполняют точное визирование на рейку. Резкость изображения сетки нитей достигается вращением окулярного кольца, а резкость изображения рейки – вращением винта кремальеры. сетка нитей имеет вертикальный штрих и три горизонтальных, верхний и нижний являются нитяным дальномером.

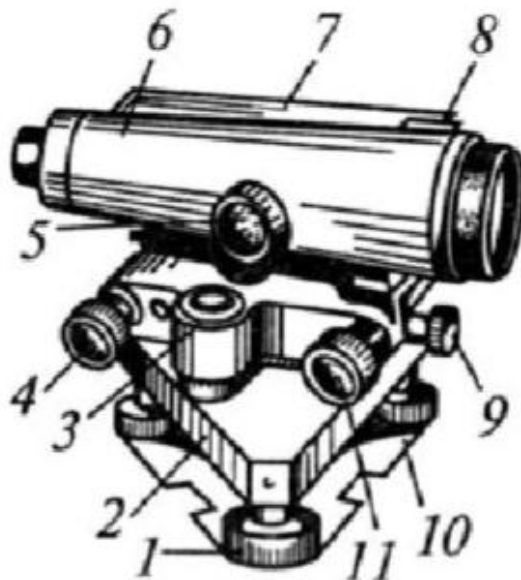


Рисунок 3.2.2 – Нивелир Н-3

1 – подъемный винт; 2 – подставка; 3 – круглый уровень; 4 – элевационный винт; 5 – кремальера; 6 – зрительная труба; 7 – цилиндрический уровень; 8 – визир; 9 – закрепительный винт; 10 – пластина; 11 – наводящий винт

Перед каждым отсчетом по рейке визирную ось нивелира приводят в горизонтальное положение, добиваясь совмещения изображения концов пузырька цилиндрического уровня в поле зрения зрительной трубы путем вращения элевационного винта.

Отсчет по рейке состоит из четырех цифр и выражает расстояние от измеряемой точки до визирной оси нивелира в миллиметрах. Выполняют отсчет по среднему горизонтальному штриху сетки нитей. Отсчет по рейке берут от меньшего к большему числу. Обратите внимание на то, что изображение в зрительной трубе обратное, следовательно, отсчеты возрастают сверху вниз.

Первые две цифры отсчета, обозначающие дециметры, подписаны на рейке (рисунок 3.2.3, а), они видны в зрительной трубе вблизи среднего горизонтального штриха. На рисунке 3.2.3, б это цифра 0б. следует отметить, что в каждом дециметре первые пять шашек с сантиметровыми делениями объединены в символ Е (прямой или перевернутый).

Третья цифра считается по числу сантиметровых шашек от начала дециметрового деления (от верхней части знака символа Е вниз) до среднего горизонтального штриха сетки нитей (на рисунке 3.2.3 сантиметровых шашек – 5).

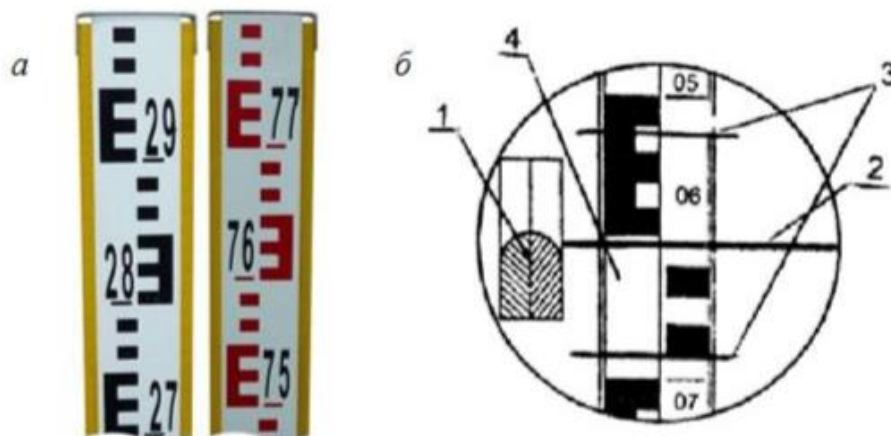


Рисунок 3.2.3 – Нивелирная рейка (а) и поле зрения зрительной трубы нивелира Н-3 (б):  
 1 – изображение концов пузырька цилиндрического уровня; 2 – средний горизонтальный штрих сетки нитей; 3 – штрихи нитяного дальномера; 4 – изображение рейки

Четвертая цифра, обозначающая миллиметры, по рейке оценивается на глаз (на рисунке 3.2.3, б это приблизительно 2 мм). Тогда полный отсчет по рейке составит 0652. Расстояние по рейке определяется с помощью штрихов нитяного дальномера:  $S = (0690 \text{ мм} - 0612 \text{ мм}) \times 100 = 7800 \text{ мм} = 7,8 \text{ м}$ .

### Поверки нивелира Н-3

Прежде чем начать работу с нивелиром, необходимо выполнить его поверки. Под поверками нивелира понимают действия, контролирующие соблюдение условий, которым должен удовлетворять прибор для геометрического нивелирования. При невыполнении условий поверок производят необходимые исправления (юстировки). Нивелир Н-3 должен удовлетворять следующим геометрическим условиям:

**Поверка 1.** Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. После установки штатива и закрепления на нем нивелира тремя подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня в центр ампулы и поворачивают верхнюю часть нивелира на  $180^\circ$ . Если пузырек уровня останется в центре ампулы, то условие выполнено, если нет, то нужно исправительными винтами круглого уровня переместить пузырек к центру на половину дуги отклонения. Поверку повторяют до полного выполнения условия.

**Поверка 2.** средний горизонтальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен оси вращения нивелира. Ось вращения нивелира устанавливают в отвесное положение. Наводят зрительную трубу на неподвижную рейку, установленную в 20–30 м от нивелира. Условие будет выполнено, если при плавном вращении трубы горизонтальный штрих не будет сходить с точки наведения (то есть отсчет по рейке будет оставаться неизменным).

Если условие не выполняется, то отвинчивают и снимают окулярную часть зрительной трубы и поворачивают диафрагму с сеткой нитей, предварительно ослабив крепящие ее винты.

**Поверка 3.** Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы. Это главное условие нивелира проверяется двойным нивелированием конечных точек линии длиной 50–70 м (рисунок 3.2.4).

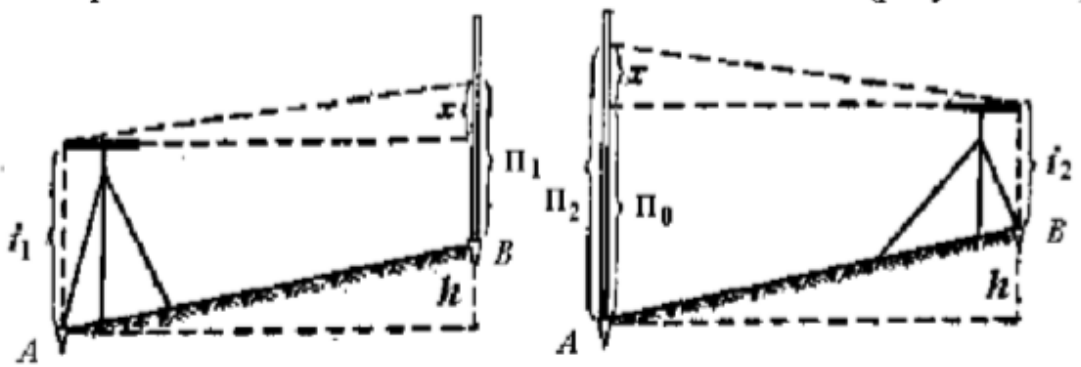


Рисунок 3.2.4 – Проверка главного условия нивелира Н-3

На конечных точках забивают колышки. Нивелир устанавливают на начальной точке линии, а рейку – на конечной. с помощью элевационного винта нивелира приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт и снимают отсчет по рейке  $\Pi_1$ . Измеряют высоту нивелира  $i_1$  с точностью до 1 мм. Например:  $\Pi_1 = 1426$  мм,  $i_1 = 1371$  мм. Затем меняют нивелир и рейку местами и, приведя элевационным винтом пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, снимают отсчет по рейке  $\Pi_2$ , измеряют высоту нивелира  $i_2$ . Например:  $\Pi_2 = 1260$  мм,  $i_2 = 1337$  мм.

Если ось цилиндрического уровня непараллельна визирной оси трубы, то отсчеты по рейке будут ошибочны на величину

$$x = [(\Pi_1 + \Pi_2) - (i_1 + i_2)] / 2 \quad (3.2.1)$$

Величина  $x$  должна быть не более  $\pm 4$  мм. Если  $x$  превышает указанную величину, тогда, не снимая нивелира со второй станции, элевационным винтом устанавливают средний горизонтальный штрих сетки нитей на отсчет по рейке равный  $\Pi_2 - x$ . При этом произойдет смещение изображений половинок пузырька уровня в поле зрения трубы. сняв крышку коробки цилиндрического уровня, вертикальными исправительными винтами выполняют точное совмещение концов половинок пузырька уровня в поле зрения трубы. Затем проверку повторяют до соблюдения условия.

Для вышеуказанных отсчетов

$$x = [(1426 + 1260) - (1371 + 1337)] / 2 = -11 \text{ мм} > 4 \text{ мм.}$$

Поэтому необходимо выполнить юстировку уровня. Для этого устанавливают элевационным винтом по рейке отсчет

$$\Pi_2 - x = 1260 - (-11) = 1271 \text{ мм}$$

и исправительными винтами совмещают концы пузырька уровня.

### 3.3. Электронные тахеометры

Электронный тахеометр объединяет теодолит, светодальномер и счетное устройство, позволяет выполнять угловые и линейные измерения и осуществлять совместную обработку результатов этих измерений.

В электронных тахеометрах расстояния измеряются по разности фаз испускаемого и отраженного луча (фазовый метод), иногда (в некоторых современных моделях) по времени прохождения луча лазера до отражателя и обратно (импульсный метод). Точность измерения зависит от технических возможностей модели тахеометра, а также от многих внешних параметров: температуры воздуха, давления, влажности и т. п. Диапазон измерения расстояний зависит также от режима работы тахеометра (отражательный или безотражательный). Дальность измерений в безотражательном режиме напрямую зависит от отражающих свойств поверхности, на которую производится измерение. Дальность измерений на светлую гладкую поверхность (штукатурка, кафельная плитка и пр.) в несколько раз превышает максимально возможное расстояние, измеренное на темную поверхность. Максимальная дальность линейных измерений: для режима с отражателем (призмой) – до пяти километров

(при нескольких призмах еще дальше); для безотражательного режима – до одного километра. Модели тахеометров, которые имеют безотражательный режим могут измерять расстояния практически до любой поверхности, однако следует с осторожностью относиться к результатам измерений, проводимым сквозь ветки, листья, потому как сигнал может отразиться от промежуточного предмета.

Существуют модели тахеометров, обладающих дальномером, совмещенным с системой фокусировки зрительной трубы. Преимущество таких приборов заключается в том, что измерение расстояний производится именно на тот объект, по которому в данный момент выставлена зрительная труба прибора.

Для выполнения съёмки электронный тахеометр устанавливают на станции и настраивают его в соответствии с условиями измерений. На пикетах ставят специальные вешки с отражателями, при наведении на которые автоматически определяются расстояние, горизонтальные и вертикальные углы. Если тахеометр имеет безотражательный режим, то можно производить измерения на реечные точки, в которых нет возможности установить вешку с отражателем. счетное устройство тахеометра во время измерений автоматически вычисляет горизонтальное проложение, приращения координат и превышение  $h$ . Все данные, полученные в ходе измерений, сохраняются в специальном запоминающем устройстве (накопителе информации). Они могут быть переданы с помощью интерфейсного кабеля на компьютер, где с использованием специальной программы выполняется окончательная обработка результатов измерений для построения цифровой модели местности или топографического плана. совместное использование электронного тахеометра с компьютером позволяет полностью автоматизировать процесс построения модели местности.

В настоящее время наиболее широкое распространение получили электронные тахеометры зарубежных фирм Sokkia (рисунок 3.3.1), Topcon, Nikon, Pentax, Leica, Trimble. Они имеют встроенное программное обеспечение для производства практически всего спектра геодезических работ: развитие геодезических сетей; съёмка и вынос в натуру; решение задач координатной геометрии (прямая и обратная геодезическая задача, расчет площадей, вычисление засечек). Угловая точность у таких приборов может быть от 1" до 5" в зависимости от класса точности.



Рисунок 3.3.1 – Электронный тахеометр Sokkia SET 530RK3

К новейшим электронным тахеометрам относятся роботизированные тахеометры, оснащенные сервоприводом. Эти приборы могут самостоятельно наводиться на специальный активный отражатель и производить измерения. В дополнение прибор с сервоприводом может оснащаться специальной системой управления по радио, при этом съёмку может производить только один человек, находясь непосредственно на измеряемой точке. Подобная схема съёмки увеличивает производительность проведения съёмочных работ примерно на 80%. Роботизированные системы могут быть использованы для слежения за деформациями объектов, съёмки движущихся объектов и т. д.

## 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

### 4.1. Измерение горизонтальных углов

Плоский угол образуется двумя лучами, исходящими из одной точки, называемой вершиной угла. Угол обычно измеряют в градусной мере (градусы, минуты, секунды), реже - в радианной; за рубежом широко применяется градусная мера измерения углов.

В геодезии имеют дело с углами, лежащими в горизонтальной или вертикальной плоскостях, причем горизонтальный угол обычно обозначают буквой  $\beta$ .

Угол на чертеже или карте измеряют транспортиром. На местности угол фиксируется тремя точками: одна из них - точка  $A$  - является вершиной угла, две другие -  $B$  и  $C$  - фиксируют направления первой и второй сторон угла соответственно (рисунок 4.1.1).

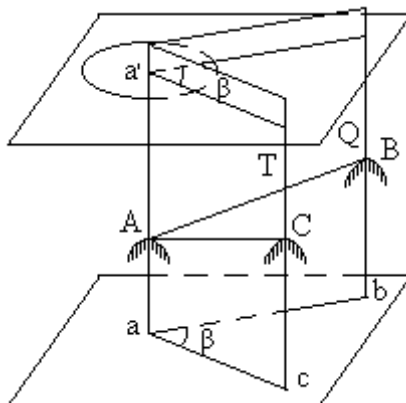


Рисунок 4.1.1 – Изображение угла на местности и его горизонтальная проекция

Прибор для измерения горизонтальных углов на местности должен иметь угломерный круг, приспособление для наведения на точки местности и устройство для отсчитывания по шкале угломерного круга; такой прибор называется теодолитом.

#### Способы измерения горизонтальных углов

Перед измерением угла необходимо привести теодолит в рабочее положение, то-есть, выполнить три операции: центрирование, горизонтирование и установку зрительной трубы.

Центрирование теодолита - это установка оси вращения алидады над вершиной измеряемого угла; операция выполняется с помощью отвеса, подвешиваемого на крючок станочного винта, или с помощью оптического центрира.

Горизонтирование теодолита - это установка оси вращения алидады в вертикальное положение; операция выполняется с помощью подъемных винтов и уровня при алидаде горизонтального круга.

Установка трубы - это установка трубы по глазу и по предмету; операция выполняется с помощью подвижного окулярного кольца (установка по глазу - фокусирование сетки нитей) и винта фокусировки трубы на предмет.

Измерения угла выполняется строго по методике, соответствующей способу измерения; известно несколько способов измерения горизонтальных углов: это способ отдельного угла (способ приемов), способ круговых приемов, способ во всех комбинациях и др.

Способ отдельного угла. Измерение отдельного угла складывается из следующих действий:

– наведение трубы на точку, фиксирующую направление первой стороны угла (рисунок 4.1.2), при круге лево (КЛ), взятие отсчета  $L_1$ ;

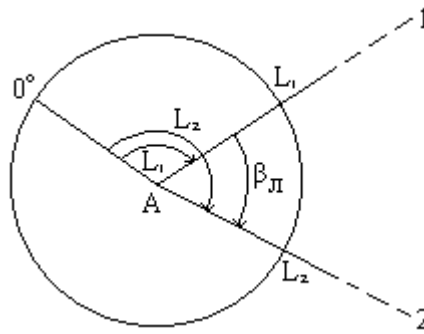


Рисунок 4.1.2 – Измерение отдельного угла

- поворот алидады по ходу часовой стрелки и наведение трубы на точку, фиксирующую направление второй стороны угла; взятие отсчета  $L_2$ ,
- вычисление угла при КЛ:

$$\beta_l = L_2 - L_1 \quad (4.1.1)$$

перестановка лимба на  $1^\circ - 2^\circ$  для теодолитов с односторонним отсчитыванием и на  $90^\circ$  - для теодолитов с двухсторонним отсчитыванием,

- переводение трубы через зенит и наведение ее на точку, фиксирующую направление первой стороны угла, при круге право (КП); взятие отсчета  $R_1$ ,
- поворот алидады по ходу часовой стрелки и наведение трубы на точку, фиксирующую направление второй стороны угла; взятие отсчета  $R_2$ ,
- вычисление угла при КП:

$$\beta_n = R_2 - R_1 \quad (4.1.2)$$

при выполнении условия  $|\beta_l - \beta_n| < 1.5 * t$ , где  $t$  - точность теодолита, вычисление среднего значения угла:

$$\beta_{cp} = 0.5 * (\beta_l + \beta_n). \quad (4.1.3)$$

Измерение угла при одном положении круга (КЛ или КП) составляет один полуприем; полный цикл измерения угла при двух положениях круга составляет один прием. Запись отсчетов по лимбу и вычисление угла производятся в журналах установленной формы.

Способ круговых приемов. Если с одного пункта наблюдается более двух направлений, то часто применяют способ круговых приемов. Для измерения углов этим способом необходимо выполнить следующие операции (рисунок 4.1.3):

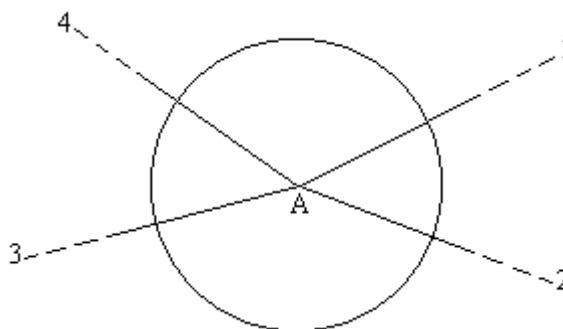


Рисунок 4.1.3 – Измерение угла способом круговых приемов

- при КЛ установить на лимбе отсчет, близкий к нулю, и навести трубу на первый пункт; взять отсчет по лимбу.
- вращая алидаду по ходу часовой стрелки, навести трубу последовательно на второй, третий и т.д. пункты и затем снова на первый пункт; каждый раз взять отсчеты по лимбу.
- перевести трубу через зенит и при КП навести ее на первый пункт; взять отсчет по лимбу.
- вращая алидаду против хода часовой стрелки, навести трубу последовательно на  $(n-1)$ , ..., третий, второй пункты и снова на первый пункт; каждый раз взять отсчеты по лимбу.

Затем для каждого направления вычисляют средние из отсчетов при КЛ и КП и после этого - значения углов относительно первого (начального) направления.

Способ круговых приемов позволяет ослабить влияние ошибок, действующих пропорционально времени, так как средние отсчеты для всех направлений относятся к одному физическому моменту времени.

## 4.2. Измерение вертикальных углов

Вертикальный угол - это плоский угол, лежащий в вертикальной плоскости. К вертикальным углам относятся угол наклона и зенитное расстояние. Угол между горизонтальной плоскостью и направлением линии местности называется углом наклона и обозначается буквой  $v$ . Углы наклона бывают положительные и отрицательные.

Угол между вертикальным направлением и направлением линии местности называется зенитным расстоянием и обозначается буквой  $Z$ . Зенитные расстояния всегда положительные (рисунок 4.2.1).

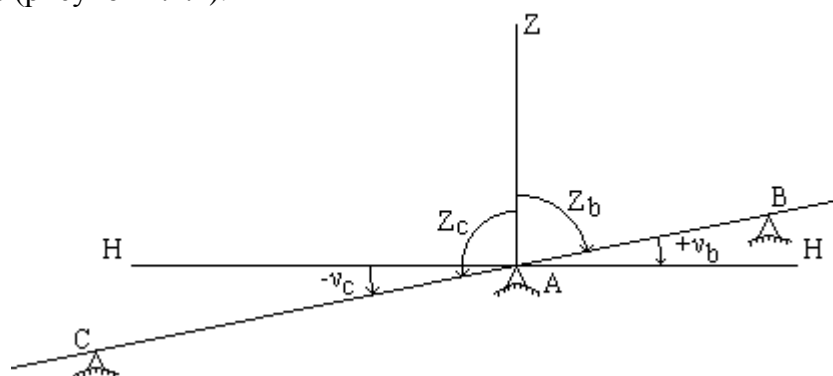


Рисунок 4.2.1 – Соотношение зенитного расстояния и угла наклона

Угол наклона и зенитное расстояние одного направления связаны соотношением:

$$Z + v = 90^\circ, \quad (4.2.1)$$

или

$$v = 90^\circ - Z, \quad (4.2.2)$$

или

$$Z = 90^\circ - v. \quad (4.2.3)$$

Вертикальный круг теодолита. Вертикальный круг теодолита предназначен для измерения вертикальных углов, то-есть, углов наклона или зенитных расстояний.

Вертикальный круг большинства теодолитов устроен следующим образом: лимб вертикального круга жестко соединен с трубой (насажен на один из концов оси трубы), центр лимба совмещен с геометрической осью вращения трубы, а его плоскость перпендикулярна этой оси. Деления на лимбе наносят по разному: либо от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ , либо от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  в обе стороны со знаками "плюс" и "минус" или без знаков и т.д. Для отсчета по лимбу имеется алидада. Основные части алидады: отсчетное приспособление, цилиндрический уровень (или компенсатор) и микрометрический винт.

Пузырек уровня в момент отсчета приводится в нуль-пункт, то есть, ось уровня служит указателем горизонтального направления. Отсчетным индексом является нулевой штрих отсчетного приспособления. Ось уровня и линия отсчетного индекса (линия, соединяющая отсчетный индекс с центром лимба) должны быть параллельны; при выполнении этого условия линия отсчетного индекса будет горизонтальна в момент взятия отсчета по вертикальному кругу.

Взаимное положение лимба и зрительной трубы должно удовлетворять условию: визирная линия трубы и нулевой диаметр лимба должны быть параллельны.

Оба условия вместе составляют так называемое главное условие вертикального круга теодолита; оно читается так: визирная линия трубы должна занимать горизонтальное



положение, когда отсчет по лимбу равен нулю и пузырек уровня находится в нульпункте. На практике оба эти условия могут не выполняться и имеет место случай, изображенный на рисунке 4.2.2.

Во-первых, при насаживании лимба на ось трубы между нулевым диаметром лимба и визирной линией трубы остается малый угол  $x$ . Во-вторых, линия отсчетного индекса может быть непараллельна оси уровня и между ними существует малый угол  $y$ . Таким образом, хотя отсчет по лимбу равен нулю, визирная линия трубы занимает наклонное положение, и угол наклона ее равен:

$$v = x + y.$$

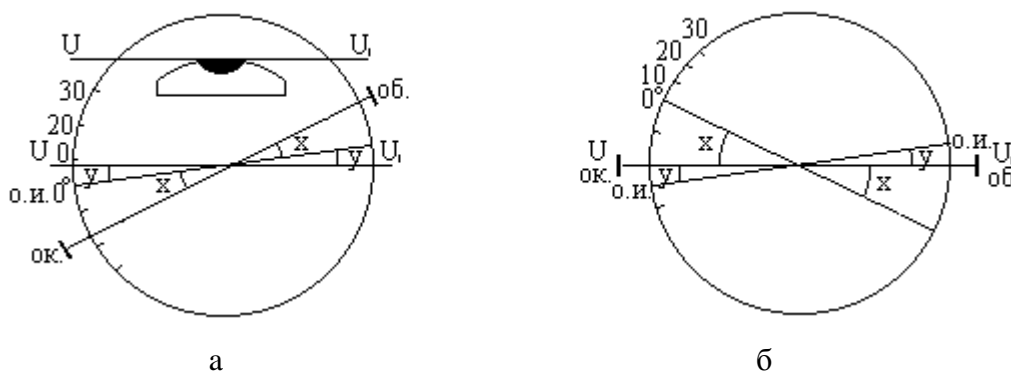


Рисунок 4.2.2 – Угол наклона вертикального круга

Если установить визирную линию горизонтально (рисунок 4.2.2, б), то отсчет по лимбу станет равным:

$$N = 360^\circ - (x + y) \quad (4.2.4)$$

Этот отсчет называется местом нуля вертикального круга и обозначается **М0**.

Таким образом, место нуля вертикального круга теодолита - это отсчет по лимбу вертикального круга при горизонтальном положении визирной линии трубы и оси уровня вертикального круга.

Для измерения углов наклона удобно иметь **М0** близким к нулю, поэтому нужно регулярно выполнять поверку места нуля, которая предусматривает следующие действия:

- наведение трубы на точку при КЛ, приведение пузырька уровня в нульпункт и взятие отсчета по вертикальному кругу,
- перевод трубы через зенит, наведение трубы на точку при КП, приведение пузырька уровня в нульпункт и взятие отсчета по вертикальному кругу,
- вычисление по соответствующим формулам места нуля **М0** и угла наклона  $v$ .

Если **М0** получается большим, то при основном положении круга нужно навести трубу на точку и микрометренным винтом алидады установить отсчет, равный углу наклона; при этом пузырек уровня отклонится от нульпункта. Исправительными винтами уровня привести пузырек в нульпункт.

### 4.3. Измерение расстояний на местности

Приборы, используемые для линейных измерений, условно делят на три группы: механические, оптические и физико-оптические. Механические приборы используются для непосредственного измерения расстояний. К ним относятся землемерные ленты, рулетки, тросы, длинномеры, инварные проволоки и др. Из оптических дальномеров наибольшее распространение получили нитяной дальномер и дальномеры с переменной базой и переменным параллактическим углом. К физико-оптическим приборам относят электромагнитные дальномеры и светодальномеры. На учебных съемках для непосредственного измерения расстояний используют землемерные ленты и рулетки, для дистанционного – дальномеры.

Длина линии, непосредственное измерение которой невозможно, может быть получена вычислением при наличии необходимых для этого данных.

### Приборы для линейных измерений

Для измерения коротких расстояний применяют рулетки тесьмовые и стальные. Тесьмовая рулетка может иметь длину 3; 10 и 20 м. На ее ленте нанесены деления через 1 см, а подписаны каждые 10 см и целые метры.

Рулетки измерительные металлические выпускают нескольких типов: РС – самосвертывающаяся; РЖ – желобчатая; РЗ – в закрытом корпусе; РК – на крестовине; РВ – на вилке; РЛ – с грузом. У рулеток типа А начало шкалы сдвинуто от торца ленты, а у рулеток типа В начало шкалы совпадает с торцом ленты. По точности тип А – 1 и 2 класса, остальные – практически все класса 3.

Землемерные ленты изготавливают длиной 20 м, 24 м и 50 м. Обозначают землемерные ленты буквами ЛЗ (лента землемерная) и ЛЗШ (лента землемерная штриховая). Изготавливают их из стальной полосы, которая наматывается на барабан. На обоих концах ленты имеются рукоятки, предназначенные для выравнивания полосы на поверхности земли и обеспечения необходимого натяжения при измерениях силой 10 кг. Лента землемерная разделена на метры и дециметры. Метры обозначены ромбическими пластинами с порядковыми номерами метров. Необходимо помнить, что на разных сторонах полотна ленты надписи возрастают в противоположных направлениях. Лента хранится в свернутом положении на специальном кольце, сворачивая или снимая ленту с кольца, необходимо избегать образования петель. В комплект ленты входят 11 или 6 шпилек (рисунок 4.3.1).

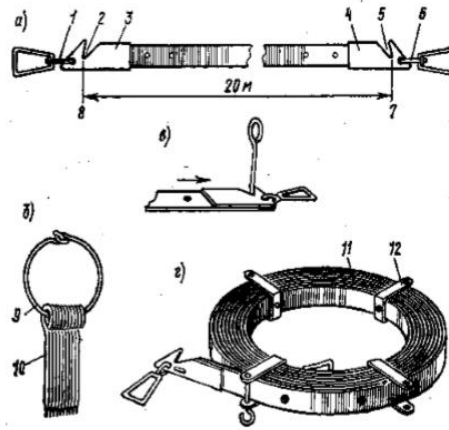


Рисунок 4.3.1. – Землемерная лента

Оптическим дальномером называют прибор, в котором для определения расстояний используются оптические элементы. Из оптических дальномеров наибольшее распространение получили нитяный дальномер и дальномеры с переменной базой и переменным параллактическим углом.

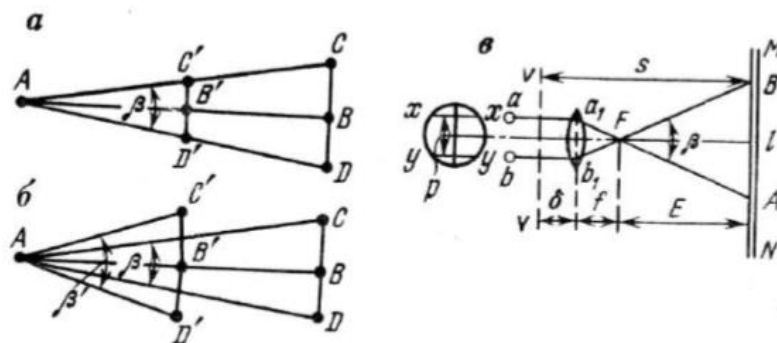


Рисунок 4.3.2 – схемы измерения расстояний оптическими дальномерами

$a$  – с постоянным параллактическим углом;  $b$  – с переменным параллактическим углом;  $v$  – с использованием нитяного дальномера  $VV$  – вертикальная ось вращения прибора;  $\delta$  – расстояние от оси вращения прибора до центра объектива;  $p$  – расстояние между дальномерными нитями;  $E$  – расстояние от переднего фокуса до рейки;  $S$  – общее расстояние от оси вращения прибора до рейки.

Нитяной дальномер имеется практически во всех геодезических приборах (теодолитах, нивелирах). сетка нитей зрительной трубы содержит две дальномерные нити, проекция которых через зрительную трубу в пространство предмета образует параллактический угол.

При определении расстояний нитяным дальномером используют рейки MN (рисунок 4.3.2, в). с сантиметровыми делениями, по которым берут отсчет  $l$  (число видимых в зрительную трубу сантиметров между проекциями дальномерных нитей).

Электромагнитные дальномеры – это устройства для измерения расстояний по времени распространения электромагнитных волн между конечными точками линии. При этом предполагается, что скорость распространения электромагнитных колебаний в момент измерений известна и постоянна.

Светодальномер. Достоинство светодальномеров заключается в возможности сведения светового потока с помощью сравнительно простых и небольших по размерам оптических систем (антенн) в узконаправленный луч с высокой плотностью энергии (использование лазерных источников излучения). Для светодальномеров характерна практическая прямолинейность светового луча. При использовании лазерных источников излучения практическая дальность действия в чистой атмосфере составляет 40-60 км.

#### 4.4. Измерение превышений с помощью нивелира

Для определения высот точек на земельных участках применяют техническое нивелирование. Для производства технического нивелирования используют точные и технические нивелиры (модели Н-3, Н-10 и их модификации), а также нивелирные рейки шашечного типа. Техническое нивелирование выполняют в основном методом из середины с неравенством плеч не более 10 м. Расстояние от нивелира до реек не должно превышать 100 м, а при хорошей видимости – 150 м.

Рейки в общем случае ставятся только на закрепленных точках (реперах, колышках, костылях, башмаках и т. д.), между которыми определяется превышение. Рейки на землю устанавливаются лишь при съемке рельефа.



Рисунок 4.4.1 – Нивелирный башмак и нивелирный костыль

Работу на станции выполняют в следующей последовательности:

– на связующие точки  $A$  и  $B$  устанавливают нивелирные рейки, а посередине между ними ставят нивелир и приводят его в рабочее положение с помощью подъемных винтов, устанавливая пузырек круглого уровня в нуль-пункт;

- наводят зрительную трубу нивелира на заднюю рейку (точка  $A$ ) и берут отсчет по черной стороне ( $Z_{\text{черн}}$ );
- наводят зрительную трубу нивелира на переднюю рейку (точка  $B$ ) и выполняют отсчеты сначала по черной стороне ( $P_{\text{черн}}$ ), а затем – по красной стороне ( $P_{\text{кр}}$ );
- наводят вновь зрительную трубу нивелира на заднюю рейку и снимают отсчет по красной стороне ( $Z_{\text{кр}}$ );
- если между связующими точками  $A$  и  $B$  имеются промежуточные точки ( $c$  и  $D$ ), то на них устанавливают последовательно заднюю рейку и берут отсчеты только по черной стороне ( $c$  черн и  $d$  черн).

Перед каждым отсчетом по рейке необходимо визирную ось зрительной трубы нивелира приводить в горизонтальное положение с помощью пузырька цилиндрического уровня или компенсатора;

- для контроля измерений вычисляют разности нулей передней и задней реек ( $P_{\text{кр}} - P_{\text{черн}}$ ) и ( $Z_{\text{кр}} - Z_{\text{черн}}$ ). Расхождение разностей нулей реек по абсолютной величине не должно превышать 5 мм;

- на каждой станции дважды вычисляют превышения по черным и красным сторонам реек:  $h_{\text{черн}} = Z_{\text{черн}} - P_{\text{черн}}$ ;  $h_{\text{кр}} = Z_{\text{кр}} - P_{\text{кр}}$ . Расхождение между этими превышениями не должно быть более  $\pm 5$  мм;

- высоту передней точки ( $B$ ) вычисляют через среднее превышение  $h_{\text{ср}} = (h_{\text{черн}} + h_{\text{кр}}) / 2$ . по формуле  $H_B = H_A + h_{\text{ср}}$ ;

- высоты промежуточных точек ( $c$  и  $D$ ) вычисляют по формулам

$$H_G = H_A + Z_{\text{черн}}, H_c = H_G - c, H_D = H_G - d. \quad (4.4.1)$$

Точность технического нивелирования на станции характеризуется предельной погрешностью  $\pm 10$  мм или  $\pm 50$  мм на 1 км нивелирного хода.

## 5. ВИДЫ СЪЕМОК

### 5.1. Теодолитная съемка

Теодолитная геодезическая съемка применяется для восстановления границ участков, участков со смежными землепользователями, для определения границ, форм и размеров земельных участков; прокладки и строительства автомобильных и железных дорог и т. д.

Теодолитная съемка является горизонтальным видом съемки, при которой снимается ситуация местности без рельефа. В результате теодолитной съемки получают контурный план участка или узкой полосы местности с изображением на нем подробностей в условных топографических знаках. Геодезические работы, выполняемые на местности, называются полевыми, а обработка результатов в помещении – камеральными работами.

В соответствии с принципом перехода от общего к частному, теодолитная съемка выполняется в два этапа. На первом этапе, на участке местности создается съемочная сеть, состоящая из нескольких опорных точек, взаимное расположение которых определяют, возможно, точнее, а на втором этапе с этих точек опорной сети производится непосредственная съемка ситуации местности.

Распространенным способом создания опорной съемочной сети является проложение на местности теодолитных ходов. Теодолитный ход представляет собой систему линий, образующих либо сомкнутый, либо разомкнутый многоугольник (полигон). Углы такого многоугольника измеряют теодолитом, а длины сторон – лентой или оптическим дальномером. Непосредственной целью проложения теодолитного хода является определение планового положения системы опорных точек, необходимых для производства подробной съемки местности.

Перед теодолитной съемкой проводят подготовительные работы: изучают район по картографическим, аэрофотосъемочным и лесостроительным материалам, составляют технический проект, выполняют рекогносцировку, прорубают просеки и визиры.

Измерение горизонтальных углов. На узловых станциях и исходных пунктах углы измеряют способом круговых приемов, на остальных – способом приемов. Под станцией (как и при любой съемке) понимается точка местности, над которой прибор установлен в рабочее положение. Перед измерением горизонтального угла прибор центрируют и нивелируют с установленной для этого точностью. Вехи ставят вертикально, в створе сторон угла, т. е. точно сзади или впереди центра знака. Обычно измерения выполняют одним приемом. Перекрестие сетки нитей наводят по возможности на низ вехи. В первом полуприеме определяют магнитные азимуты сторон. Записи отсчетов и вычислений ведут в журнале установленной формы.

Работу на станции заканчивают съемкой ситуации способом полярных координат. После окончания измерения всех углов в полигоне подсчитывают угловую невязку, которая не должна превышать  $\pm 1' n$ , где  $n$  – число углов в ходе.

Измерение сторон хода выполняют в прямом и обратном направлениях землемерными лентами, стальными рулетками и другими приборами, обеспечивающими требуемую точность измерений.

Если невозможно измерить стороны теодолитного хода, например при переходе через реку, широкий овраг и т. п., длину этой стороны рассматривают как неприступное расстояние. Результаты угловых и линейных измерений заносят в журнал установленной формы. По результатам полевых измерений определяют координаты точек теодолитного хода решением прямой геодезической задачи по каждой линии хода.

Необходимые для этого углы ориентирования получают путем вычислений на основании геометрической зависимости между ними и углами, образуемыми сторонами теодолитного хода.

Привязка теодолитного хода к исходным геодезическим пунктам. Для ориентирования хода и определения координат его вершин в системе государственной геодези-

ческой сети дополнительно измеряют некоторые углы и расстояния (рисунок 5.1.1). При включении геодезического пункта В (рисунок 5.1.1, а) в теодолитный ход на нем, кроме внутреннего угла  $\beta$  полигона, измеряют примычный угол  $\beta_0$ , составленный направлением на другой геодезический пункт А и начальной стороной хода В-1. Для привязки хода 1, 2, ..., п к удаленному от него пункту В (рисунок 5.1.1, б) прокладывают привязочный ход В-1; на исходном пункте В в нем измеряют примычный угол  $\beta_0$ , на вершинах I, II, ..., 1 - углы  $\beta_I, \beta_{II}, \dots, \beta'_1$ , а также длину сторон В-1, I-II, II-1.

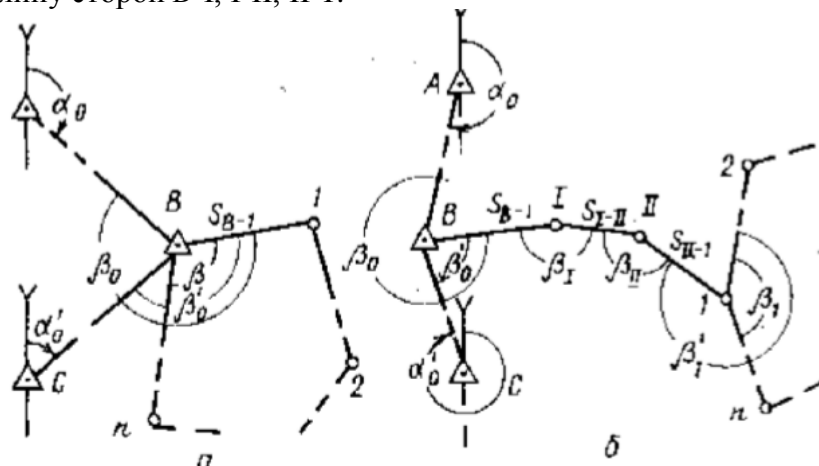


Рисунок 5.1.1 – Привязка теодолитных ходов к геодезическим пунктам (пример): а – включением пункта В в ход 1, 2, ...,п, В; б – проложением привязочного хода В...1; А, с – ориентирные пункты.

Для контроля на исходном пункте В обычно измеряют не один, а два примычных угла; полученный угол  $ABc$  не должен расходиться с его точным значением, вычисленным по дирекционным углам  $\alpha_0$  и  $\alpha'_0$  более чем на 1'. свободный теодолитный ход чаще всего ориентируют по магнитной стрелке буссоли.

Основой для выполнения теодолитной съемки участка местности обычно является сомкнутый теодолитный полигон, прокладываемый вблизи границ участка. Внутри сомкнутого полигона прокладывают один или несколько диагональных ходов для контроля измерений сомкнутого полигона и съемки подробностей местности. В последнем случае диагональный ход называется съемочным. Из элементов рельефа обычно снимают овраги, промоины, обрывы, ямы, насыпи, курганы. Их высоту (глубину) указывают относительно окружающей местности.

В процессе изучения участка составляют его абрис, который ведут в пикетажном журнале, а при наличии аэрофотоснимков – фотоабрис.

Съемку с точек съемочного обоснования выполняют полярным способом и угловыми засечками. Углы измеряют по ориентированному лимбу одним полуприемом, снимая отсчеты с горизонтального круга. Расстояние до снимаемых точек определяют нитяным дальномером.

В холмистых и горных районах для приведения к горизонту линий с углом наклона  $4^\circ$  и более измеряют вертикальные углы одним полуприемом при наведении средней горизонтальной нити на отсчет по рейке, равный высоте теодолита.

Участки местности внутри лесного массива, которые невозможно снять с точек и линий основного теодолитного хода, снимают рассмотренными выше способами со съемочных ходов, опирающихся на теодолитные ходы. съемочные ходы прокладывают по дорогам, квартальным и визирным линиям, вблизи контуров полей, лугов, вырубков и других элементов внутренней ситуации. Измерения в таких ходах допустимо вести с пониженной точностью по сравнению с теодолитными ходами. На съемочных ходах, используемых в качестве ходовых линий при межевании, расставляют пикетные колья.

После съемки местности, выполняют камеральные вычислительные и графические работы, конечным итогом которых является изготовление оригинала контурного плана местности.

### Камеральная обработка результатов измерений теодолитного хода

Сомкнутый теодолитный ход.

Как известно из геометрии, теоретическая сумма  $\Sigma \beta_{теор}$  внутренних углов многоугольника равна

$$\Sigma \beta_{теор} = 180^\circ(n - 2), \quad (5.1.1)$$

где  $n$  – число сторон многоугольника.

Вследствие неизбежных ошибок измерений сумма  $\Sigma \beta_{изм}$  измеренных углов многоугольника, как правило, отличается от теоретической суммы на величину угловой невязки  $f_\beta$

$$f_\beta = \Sigma \beta_{изм} - \Sigma \beta_{теор} \quad (5.1.2)$$

Если угловая невязка  $f_\beta$  не превосходит предельной ошибки  $f_{пред}$  в сумме углов, то невязку  $f_\beta$  распределяют с обратным знаком между всеми измеренными углами.

При этом в углы с короткими сторонами вводят несколько большие поправки, так как эти углы измеряются менее точно, чем углы с длинными сторонами. сумма угловых поправок должна равняться угловой невязке с обратным знаком.

Распределение угловой невязки называется увязкой углов. После увязки углов вычисляют дирекционные углы сторон полигона. Если измерялись правые по ходу углы:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{пр} \quad (\text{правые углы}) \quad (5.1.3)$$

При измерении левых по ходу углов:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - 180^\circ + \beta_{лев} \quad (\text{левые углы}) \quad (5.1.4)$$

где  $\alpha_i$  – дирекционный угол определяемой стороны;

$\alpha_{i-1}$  – дирекционный угол предыдущей стороны;

$\beta_{пр(лев)}$  – правый (левый) исправленный угол между этими сторонами.

Если при вычислениях значение дирекционного угла окажется большим  $360^\circ$ , то его надо уменьшить на  $360^\circ$ . Контролем вычисления дирекционных углов сторон сомкнутого полигона является вторичное получение дирекционного угла исходной стороны.

Разомкнутый ход.

Теоретическая сумма  $\Sigma \beta_{теор}$  углов поворота разомкнутого хода вычисляется по формуле

$$\Sigma \beta_{теор} = \alpha_0 - \alpha_k + 180^\circ(n + 1) \quad (5.1.5)$$

Полученную невязку угловых измерений  $f_\beta$  хода сравнивают с предельной допустимой  $f_{пр}$ . При этом, если  $f_\beta > f_{пр}$ , то угловые измерения повторяют заново. Если  $f_\beta \leq f_{пр}$ , то производят уравнивание угловых измерений. После увязки углов теодолитного хода вычисляют дирекционные углы сторон хода. В результате вычислений должно быть вторично получено заданное значение дирекционного угла  $\alpha_k$  конечной стороны хода.

По вычисленным дирекционным углам и горизонтальным проложениям сторон теодолитного хода можно составить план. Более точным является нанесение теодолитного хода на план по координатам поворотных пунктов.

### Вычисление координат пунктов теодолитного хода

Вычисление прямоугольных координат пунктов теодолитного хода основано на решении прямой геодезической задачи. По прямоугольным координатам пункта теодолитного хода с известными координатами, например  $x_A, y_A$ , дирекционному углу линии  $AB$  и горизонтальному проложению  $d_{AB}$  вычисляют координаты определяемого пункта теодолитного хода, например  $x_B, y_B$ .

$$x_B = x_A + d \cos \alpha \quad (5.1.6)$$

$$y_B = y_A + d \sin \alpha \quad (5.1.7)$$

При вычислении приращений координат с помощью инженерного калькулятора или электронных таблиц можно воспользоваться следующими контрольными формулами:

$$\Delta x = \Delta y \operatorname{ctg} \alpha \quad (5.1.8)$$

$$\Delta y = \Delta x \operatorname{tg} \alpha \quad (5.1.9)$$

Последовательно вычислив приращения координат по всему ходу, суммируют их по каждой оси и полученные суммы  $\Sigma \Delta x_{\text{выч}}$  и  $\Sigma \Delta y_{\text{выч}}$  сравнивают с теоретическими суммами приращений  $\Sigma \Delta x_{\text{теор}}$  и  $\Sigma \Delta y_{\text{теор}}$  получая невязки  $f_x$  и  $f_y$  в суммах приращений координат:

$$f_x = \Sigma \Delta x_{\text{выч}} - \Sigma \Delta x_{\text{теор}} \quad (5.1.10)$$

$$f_y = \Sigma \Delta y_{\text{выч}} - \Sigma \Delta y_{\text{теор}} \quad (5.1.11)$$

Ввиду того, что приращения координат являются проекциями сторон хода на оси координат, то сумма этих проекций на каждую ось в сомкнутом полигоне равна нулю, т. е.

$$\Sigma \Delta x_{\text{теор}} = 0 \quad (5.1.12)$$

$$\Sigma \Delta y_{\text{теор}} = 0 \quad (5.1.13)$$

следовательно, в сомкнутом полигоне

$$f_x = \Sigma \Delta x_{\text{выч}} \quad (5.1.14)$$

$$f_y = \Sigma \Delta y_{\text{выч}} \quad (5.1.15)$$

Значения теоретических сумм  $\Sigma \Delta x_{\text{теор}}$  и  $\Sigma \Delta y_{\text{теор}}$  приращений координат в разомкнутом ходе между пунктами с известными координатами найдем следующим образом.

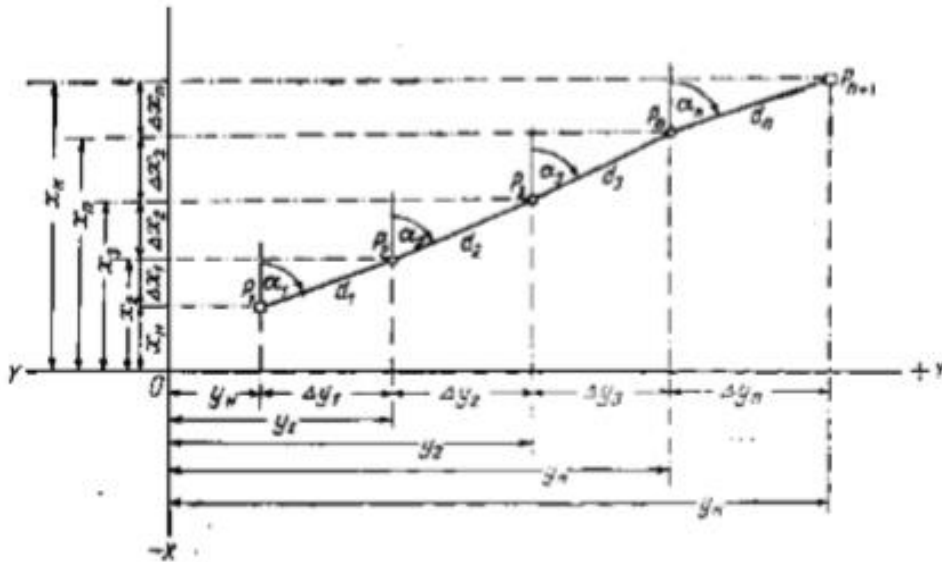


Рисунок 5.1.2 – Вычисление координат пунктов разомкнутого хода

Пусть дан ход  $P_1 P_2 \dots P_{n+1}$  с вычисленными дирекционными углами  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$  и горизонтальными проложениями  $d_1, d_2, \dots, d_n$  сторон (рисунок 5.1.2). Известны координаты  $x_H$  и  $y_H$  и  $x_K, y_K$  пунктов  $P_1$  и  $P_{n+1}$ . Такие пункты называются твердыми. Вычислим по формулам последовательно координаты пунктов хода:

$$x_2 = x_H + \Delta x_1, \quad (5.1.16)$$

$$x_3 = x_H + \Delta x_1 + \Delta x_2, \quad (5.1.17)$$

$$x_k = x_H + \Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n, \quad (5.1.18)$$

откуда

$$\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n = x_K - x_H, \quad (5.1.19)$$

или, приняв, что  $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$  безошибочны,

$$\Sigma \Delta x_{\text{теор}} = x_K - x_H \quad (5.1.20)$$

Подобным же образом получаем

$$\Sigma \Delta y_{\text{теор}} = y_K - y_H \quad (5.1.21)$$

Следовательно, теоретическая сумма приращений координат в разомкнутом ходе равна разности соответствующих координат конечного и начального твердых пунктов. Подстановка этих значений  $\Sigma \Delta x_{\text{теор}}$  и  $\Sigma \Delta y_{\text{теор}}$  в известную формулу дает:



$$f_x = \Sigma \Delta x_{выч} - (x_k - x_n) \quad (5.1.22)$$

$$f_y = \Sigma \Delta y_{выч} - (y_k - y_n) \quad (5.1.23)$$

Невязки в суммах приращений координат отражают влияние ошибок измерений при проложении хода, приводящее к тому, что сомкнутый полигон не замыкается, а конец разомкнутого хода не совпадает с конечным твердым пунктом.

При допустимости относительной невязки производят распределение невязок  $f_x$  и  $f_y$  в суммах приращений координат – увязывают приращения координат. Невязки распределяют с обратным знаком между всеми приращениями координат пропорционально длинам сторон хода. сумма поправок должна равняться соответствующей невязке с обратным знаком. По координатам начального пункта и исправленным приращениям координат последовательно вычисляют координаты всех пунктов хода.

В результате вычислений должны быть вторично получены координаты начального пункта в сомкнутом полигоне либо координаты твердого конечного пункта в разомкнутом ходе. Все вычисления, связанные с обработкой результатов измерений, выполненных при проложении теодолитного хода, производятся в специальной ведомости.

### **Составление плана участка местности по материалам теодолитной съемки**

Результаты теодолитной съемки наносят на заблаговременно изготовленные планшеты с прямоугольной сеткой. Если такой планшет отсутствует, то на листе плотной бумаги с помощью координатографа, линейки Ф.В. Дробышева или другим методом строят прямоугольную сетку квадратов со сторонами 100 мм. Наиболее доступным способом построения сетки является проведение через поле листа двух диагоналей, от пересечения которых откладывают одинаковые отрезки. соединив концы отрезков, получают прямоугольник, на сторонах которого откладывают стороны квадратов, при этом квадраты должны располагаться так, чтобы после их оцифровки изображение теодолитного хода и снимаемого участка было примерно в середине листа бумаги. По координатам наносят точки теодолитного хода, а затем (по данным абриса) составляют план, используя условные знаки для планов данного масштаба.

Правильность накладки двух соседних точек проверяют по горизонтальному расстоянию между ними. Расхождение между расстояниями, измеренными на плане и на местности должно быть не больше 0,3 мм в масштабе плана.

Контурные и объекты наносят на план способами, соответствующими способам их съемки; используют геодезический транспортир с графиком поперечного масштаба, выверенный треугольник, циркуль-измеритель, а также карандаши средней твердости. составленный в карандаше план проверяют в поле, где оценивают полноту и точность съемки. Пропущенные контуры доснимают.

Расхождения между расстояниями, взятыми с плана и полученными при контрольных промерах, не должны превышать 0,7 мм в масштабе плана. Далее проверенный в поле план вычерчивают тушью и оформляют по правилам, предусмотренным инструкциями по проведению землеустройства и топографическим съемкам.

## **5.2. Высотные съемки**

Высотные съёмки - это съёмки, при которых определяется высотные отметки точек земной поверхности. Высотная отметка точки является ее третьей координатой - помимо двух плановых, определяемых в системе географических или прямоугольных координат. На картах, как известно, даются абсолютные высоты точек, т.е. высоты относительно поверхности геоида (уровенной поверхности). Практически же высоты точек определяются относительно пунктов государственной геодезической сети, высоты которых определены в единой абсолютной системе высот.

Определение высоты точки сводится к измерению превышения между точкой с известной высотой и точкой, высоту которой требуется определить. Искомая абсолютная

высота точки определяется как алгебраическая сумма высоты известной точки и найденного превышения.

Основным видом нивелирования является геометрическое, которое производится при помощи геодезических приборов – нивелиров. Геометрическое нивелирование по технологии и точности работ разделяется на I, II, III и IV классы и техническое нивелирование. Нивелирование I, II, III и IV классов составляет государственную нивелирную сеть, которая является высотной основой топографических съемок всех масштабов и геодезических измерений, проводимых для удовлетворения потребностей хозяйственной деятельности и обороны страны.

Нивелирная сеть I и II классов является главной высотной основой, посредством которой устанавливается единая система высот на всей территории Украины. Она также предназначается для научных целей, связанных с изучением колебаний земной коры.

Нивелирные сети III и IV классов и технического нивелирования служат высотной основой топографических съемок и предназначаются для решения различных инженерных задач (планировка, застройка и благоустройство населенных пунктов; проектирование и строительство дорог, оросительных и осушительных систем; водоснабжение, канализация и т. п.).

### **Геометрическое нивелирование**

Рельеф местности - это совокупность неровностей поверхности земли; он является одной из важнейших характеристик местности. Знать рельеф - значит знать отметки всех точек местности. Отметка точки - это численное значение ее высоты над уровенной поверхностью, принятой за начало счета высот. Отметку любой точки местности можно определить по топографической карте, однако, точность такого определения будет невысокой.

Отметку точки на местности определяют по превышению этой точки относительно другой точки, отметка которой известна. Процесс измерения превышения одной точки относительно другой называется нивелированием. Начальной точкой счета высот в нашей стране является нуль Кронштадтского футштока (горизонтальная черта на медной пластине, прикрепленной к устью одного из мостов Кронштадта). От этого нуля идут ходы нивелирования, пункты которых имеют отметки в Балтийской системе высот. Затем от этих пунктов с известными отметками прокладывают новые нивелирные ходы и так далее, пока не получится довольно густая сеть, каждая точка которой имеет известную отметку. Эта сеть называется государственной сетью нивелирования; она покрывает всю территорию страны.

Отметки всех пунктов нивелирных сетей собраны в списки - "Каталоги высот". Эти списки непрерывно пополняются, издаются новые каталоги по новым нивелирным ходам. Для нахождения отметки любой точки местности в Балтийской системе высот нужно измерить ее превышение относительно какого-либо пункта, отметка которого известна и есть в каталоге. Иногда отметки точек определяют в условной системе высот, если поблизости нет пунктов государственной нивелирной сети. Вследствие того, что измерение превышений выполняют различными приборами и разными способами, различают:

- геометрическое нивелирование (нивелирование горизонтальным лучом),
- тригонометрическое нивелирование (нивелирование наклонным лучом),
- барометрическое нивелирование,
- гидростатическое нивелирование и некоторые другие.

Геометрическое нивелирование или нивелирование горизонтальным лучом выполняют специальным геодезическим прибором - нивелиром; отличительная особенность нивелира состоит в том, что визирная линия трубы во время работы приводится в горизонтальное положение.

Различают два вида геометрического нивелирования: нивелирование из середины и нивелирование вперед.

При нивелировании из середины нивелир устанавливают посередине между точками A и B, а на точках A и B ставят рейки с делениями (рисунок 5.2.1). При движении от точки A к точке B рейка в точке A называется задней, рейка в точке B - передней. Сначала наводят тру-

бу на заднюю рейку и берут отсчет  $a$ , затем наводят трубу на переднюю рейку и берут отсчет  $b$ . Превышение точки  $B$  относительно точки  $A$  получают по формуле:

$$h = a - b \quad (5.2.1)$$

Если  $a > b$ , превышение положительное, если  $a < b$  -отрицательное. Отметка точки  $B$  вычисляется по формуле:

$$H_b = H_a + h. \quad (5.2.2)$$

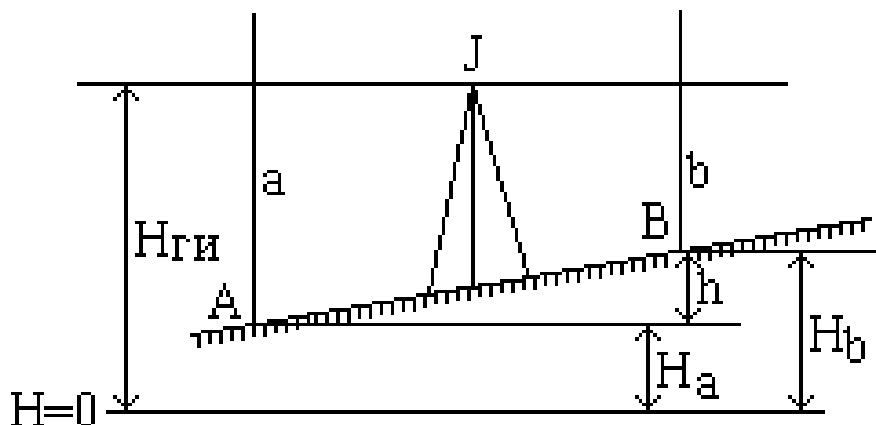


Рисунок 5.2.1 – Нивелирование из середины

Высота визирного луча над уровнем моря называется горизонтом прибора и обозначается  $H_f$ :

$$H_f = H_A + a = H_B + b \quad (5.2.3)$$

При нивелировании вперед нивелир устанавливают над точкой  $A$  так, чтобы окуляр трубы был на одной отвесной линии с точкой. На точку  $B$  ставят рейку. Измеряют высоту нивелира  $i$  над точкой  $A$  и берут отсчет  $b$  по рейке (рисунок 5.2.2).

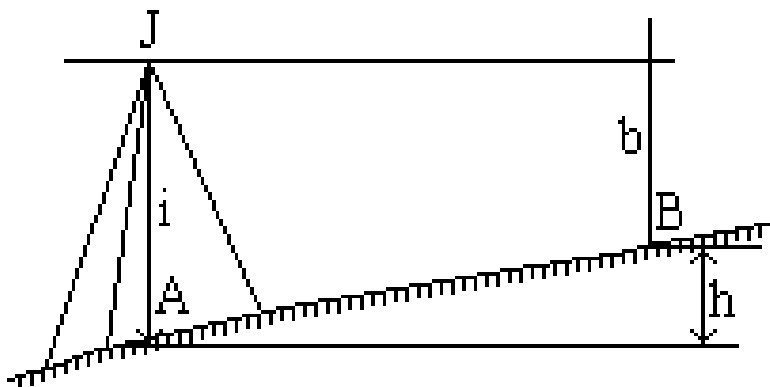


Рисунок 5.2.2 – Нивелирование вперед

Превышение  $h$  подсчитывают по формуле:

$$h = i - b \quad (5.2.4)$$

Отметку точки  $B$  можно вычислить через превышение по формуле (5.2.5) или через горизонт прибора:

$$H_b = H_a - b \quad (5.2.5)$$

Если точки  $A$  и  $B$  находятся на большом расстоянии одна от другой и превышение между ними нельзя измерить с одной установки нивелира, то на линии  $AB$  намечают промежуточные точки 1, 2, 3 и т.д. и измеряют превышение по частям (рисунок 5.2.3).

На первом участке  $A-1$  берут отсчеты по задней рейке -  $a_1$  и по передней -  $b_1$ . Затем переносят нивелир в середину второго участка, а рейку с точки  $A$  переносят в точку 2; берут отсчеты по рейкам: по задней -  $a_2$  и по передней -  $b_2$ . Эти действия повторяют до конца линии  $AB$ . Точки, позволяющие связать горизонты прибора на соседних установках нивелира,

называются связующими; на этих точках отсчеты берут два раза - сначала по передней рейке, а затем по задней.

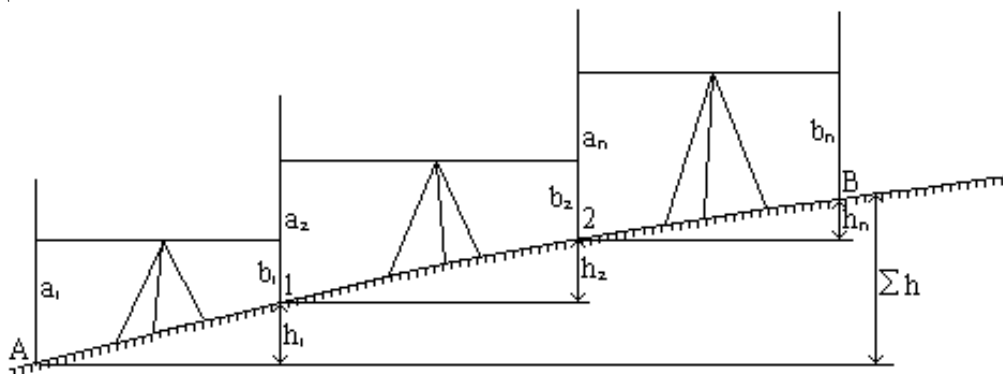


Рисунок 5.2.3 – Измерение превышений по частям

Превышение между точками  $A$  и  $B$  будет равно:

$$h_{AB} = \sum h = \sum a - \sum b \quad (5.2.6)$$

Отметка точки  $B$  получится по формуле:

$$H_B = H_A + \sum h \quad (5.2.7)$$

При последовательном нивелировании получается нивелирный ход.

### Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическим нивелированием называют процесс измерения разностей высот точек местности (превышений) и определения их высот с помощью наклонного луча визирования угломерного геодезического прибора (теодолита). На рисунке 5.2.4 представлена схема тригонометрического нивелирования с целью определения превышений  $h$  между точками  $A$  и  $B$  местности.

Для определения превышения  $h$  в точке  $A$  устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение и измеряют высоту оси вращения зрительной трубы над точкой, называемую высотой прибора  $i$ . Если направить визирную ось трубы на некоторую точку  $M$  рейки, установленной в точке  $B$ , измерить угол наклона  $v$  визирной оси к горизонту  $ON$  и горизонтальную проекцию расстояния  $d$ , то получим:

$$MN = d \operatorname{tg} v, \quad (5.2.8)$$

$$h + l = d \operatorname{tg} v + i, \quad (5.2.9)$$

искомое превышение получим

$$h = d \operatorname{tg} v + i - l. \quad (5.2.10)$$

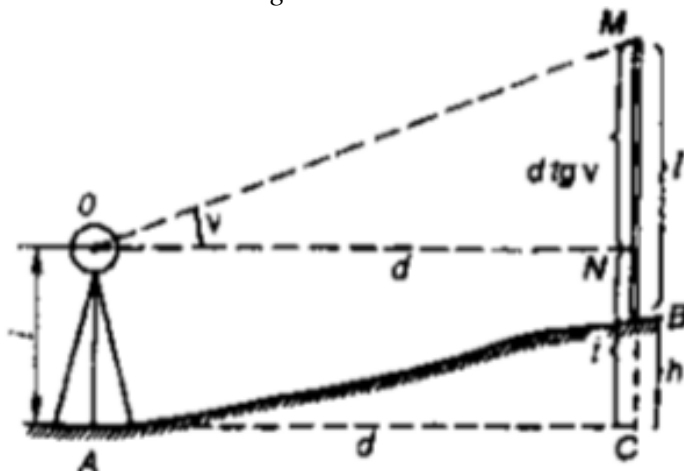


Рисунок 5.2.4 – Схема тригонометрического нивелирования

Формула позволяет определить превышение  $A$  по измеренному вертикальному углу  $v$ , если известна горизонтальная проекция расстояния  $d$  между нивелируемыми точками  $A$  и  $B$ .

Горизонтальную проекцию расстояния  $d$  через наклонное (дальномерное) расстояние  $S$  можно выразить как:

$$d = S \cos v. \quad (5.2.11)$$

С учетом последнего равенства искомое превышение рассчитывают

$$h = 1/2 S \sin 2v + i - l. \quad (5.2.12)$$

Часто при съемке рельефа трубу теодолита наводят на точку вехи или рейки, расположенную над поверхностью Земли на высоте, равной высоте инструмента. В этом случае вычисления значительно упрощаются

$$h = dtg v \quad (5.2.13)$$

или

$$h = S \sin v \quad (5.2.14)$$

### 5.3 Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка – комбинированная съемка, в процессе которой одновременно определяют плановое и высотное положение точек, что позволяет сразу получать топографический план местности. Тахеометрия в буквальном переводе означает быстрое измерение.

Положение точек определяют относительно пунктов съемочного обоснования: плановое – полярным способом, высотное – тригонометрическим нивелированием. Длины полярных расстояний и густота пикетных (реечных) точек (максимальное расстояние между ними) регламентированы в инструкции по топографогеодезическим работам.

При производстве тахеометрической съемки используют геодезический прибор тахеометр, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, длин линий и превышений. Теодолит, имеющий вертикальный круг, устройство для измерения расстояний и буссоль для ориентирования лимба, относится к теодолитам-тахеометрам.

Теодолитами-тахеометрами является большинство теодолитов технической точности, например Т30. Наиболее удобными для выполнения тахеометрической съемки являются тахеометры с номограммным определением превышений и горизонтальных проложений линий. В настоящее время широко используются электронные тахеометры

Тахеометрическая съемка выполняется с пунктов съемочного обоснования, их называют станциями. Чаще всего в качестве съемочного обоснования используют теодолитно-высотные ходы. Характерные точки ситуации и рельефа называют реечными точками или пикетами. Реечные точки на местности не закрепляют.

Для определения планового положения точек съемочной сети измеряют горизонтальные углы и длины сторон. Высоты точек определяют тригонометрическим нивелированием. Углы наклона измеряют при двух положениях вертикального круга в прямом и обратном направлениях. Расхождение в превышениях не допускается более 4 см на каждые 100 метров расстояния.

Работу на станции при тахеометрической съемке выполняют следующим образом.

Устанавливают теодолит в рабочее положение над точкой хода (центрируют и горизонтируют прибор), измеряют высоту прибора  $i$ , отмечают её на рейке и записывают в журнал.

При круге право «КП» наводят зрительную трубу на соседнюю (заднюю или переднюю) точку хода, в которой установлена рейка, и берут отсчет по вертикальному кругу. Далее переводят трубу через зенит и ориентируют лимб по стороне хода, т. е. по горизонтальному кругу устанавливают отсчет  $0^\circ$ , закрепляют алидаду и, вращая лимб, направляют зрительную трубу на рейку. Затем берут отсчет по вертикальному кругу при круге лево «КЛ» и вычисляют место нуля (МО) вертикального круга. Отсчеты и значение МО записывают в журнал.

После указанных действий приступают к съемке характерных точек ситуации и рельефа на станции.

На реечные точки устанавливают рейку. При круге лево «КЛ» и ориентированном лимбе, вращая алидаду, последовательно наводят зрительную трубу на реечные точки, делают отсчеты по дальномерным нитям, горизонтальному и вертикальному кругам и записывают их в журнале. средний штрих сетки нитей зрительной трубы наводят на высоту прибора, отмеченную на рейке. Если высота прибора на рейке не видна из-за помех, то наводят средний штрих на определенное место на рейке (например: 2, 2,5 м или 3 м). Высоту визирования записывают в журнал.

После окончания съемки на станции зрительную трубу снова наводят на точку хода, по которой ориентировали теодолит, и берут отсчет по горизонтальному кругу. Расхождение между  $0^\circ$  и взятым отсчетом допускается не более  $\pm 5'$ .

Реечные точки должны равномерно покрывать территорию съемки. Расстояния от станции до реечных точек и расстояния между реечными точками не должны превышать допусков, указанных в инструкции по тахеометрической съемке.

На каждой станции одновременно с заполнением журнала составляется абрис – схематический чертеж, на котором зарисованы положения реечных точек с указанием их номеров, проведены контуры местности, указан скелет рельефа и подписаны уголья.

скелет рельефа изображают в виде линий, соединяющих точки, между которыми на местности ровный скат, т. е. нет перегибов. стрелками указывают направление ската. Четко выраженные формы рельефа показывают на абрисе горизонталями. Контуры ситуации и снимаемые объекты обозначают условными знаками или надписями. Обработка результатов тахеометрической съемки включает в себя следующие работы:

- вычисление координат и отметок пунктов тахеометрических ходов;
- вычисление отметок реечных точек;
- построение плана тахеометрической съемки.

## II. РАЗДЕЛ КАРТОГРАФИЯ

### 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАРТОГРАФИИ

#### 1.1. Понятие о картографической проекции

Проблема изображения земной поверхности на плоскости решается в два этапа:

- неправильная физическая поверхность Земли отображается на математически правильной поверхности (поверхность относимости).

- поверхность относимости отображается на плоскости (по тому или иному закону).

В результате получаем картографические проекции.

Картографическая проекция позволяет установить зависимость между точками на земной поверхности и на плоскости (карте).

Картографическая проекция – определенный математический закон отображения одной поверхности на другую, при следующих условиях:

- точки, взятые на одной поверхности, соответствуют точкам на другой поверхности и наоборот;

- непрерывному перемещению точки на одной поверхности соответствует перемещение на второй поверхности.

*Картографическая проекция – определенный способ отображения одной поверхности на другую, устанавливающий аналитическую зависимость между координатами точек эллипсоида (сферы) и соответствующих точек плоскости.*

Пусть на поверхности сфероида (S) задана замкнутая область D, ограниченная замкнутым контуром L (рисунок 1.1.1). Положение точки M на этой поверхности определено координатными линиями  $\lambda = \text{const}$ ,  $\varphi = \text{const}$ .

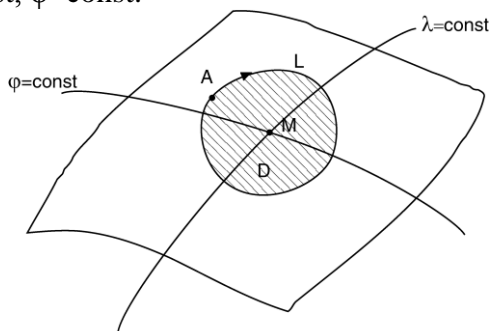


Рисунок 1.1.1 – Изображение поверхности сфероида на плоскость

Пусть этой точке M на плоскости в прямоугольных координатах X и Y соответствует точка M' (рисунок 1.1.2.).

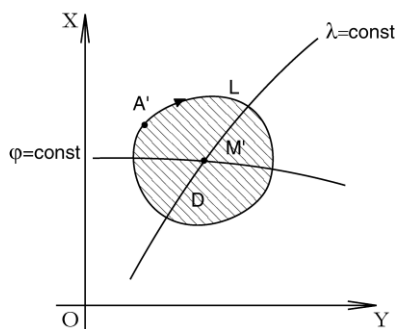


Рисунок 1.1.2. – Сфероид в системе прямоугольных координат

Тогда между этими точками существует следующая связь:

$$X=f_1(\varphi; \lambda)$$

$$Y=f_2(\varphi; \lambda)$$

В этих уравнениях  $X$  и  $Y$  – плоские прямоугольные координаты изображаемой на плоскости точки, выраженные как функции геодезических координат той же точки на поверхности эллипсоида.

Для того, чтобы эта функциональная зависимость описывала картографическое отображение, которое должно быть непрерывное и однозначное, необходимо наложить на функции следующие требования:

- 1)  $f_1$  и  $f_2$  должны быть однозначны;
- 2)  $f_1$  и  $f_2$  должны иметь непрерывные частные производные;
- 3)  $f_1$  и  $f_2$  должны иметь определитель системы (якобиан) больше нуля ( $H=X_\varphi Y_\lambda - X_\lambda Y_\varphi > 0$ )

Только в этом случае точка  $M$  отобразится только одной точкой  $M'$  и точке  $M'$  будет соответствовать на поверхности единственная точка  $M$ .

Если выбрать под тем или иным условием закон изображения точек эллипсоида на плоскости, то можно, пользуясь написанными формулами, получить формулы для перехода от расстояний и углов на поверхности эллипсоида к соответствующим расстояниям и углам на плоскости.

Законов изображения поверхности эллипсоида на плоскости может быть бесчисленное множество; очевидно, каждый закон изображения определяется видом функций  $f_1$  и  $f_2$  в приведенных уравнениях.

## 1.2. Способы получения проекции

Существует два основных способа построения картографических проекций: 1) геометрический; 2) аналитический.

*Геометрический.* Этот способ основан на законах линейной перспективы. Землю принимают за поверхность определенного радиуса и проектируют на боковую поверхность цилиндра или конуса. Причем, указанные поверхности могут либо касаться, либо сечь её (рисунок 1.2.1.).

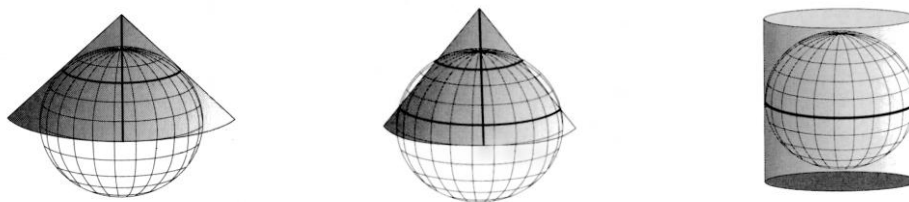


Рисунок 1.2.1 – Стандартные параллели

Линии сопряжения касательной или секущей поверхности с поверхностью эллипсоида называются *стандартными параллелями* или *линиями нулевых искажений*.

При проектировании точек земной поверхности на плоскость, получаем перспективные проекции. В зависимости от удаления точки глаза от центра земной поверхности, все перспективные проекции подразделяются на:

- а) *гномонические (центральные)* – точка зрения совпадает с центром земной сферы (рисунок 1.2.2).



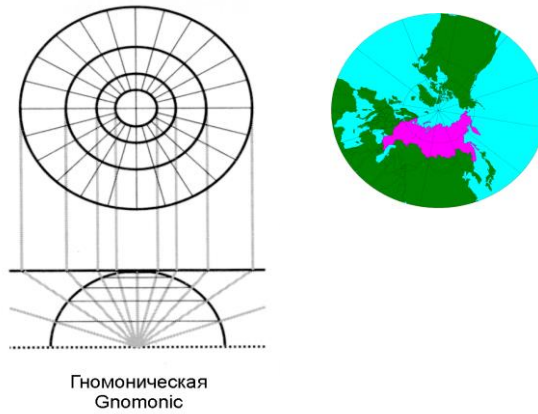


Рис.1.2.2. – Гномонические проекции

б) *стереографические* - точка зрения находится на поверхности сферы (рисунок 1.2.3).

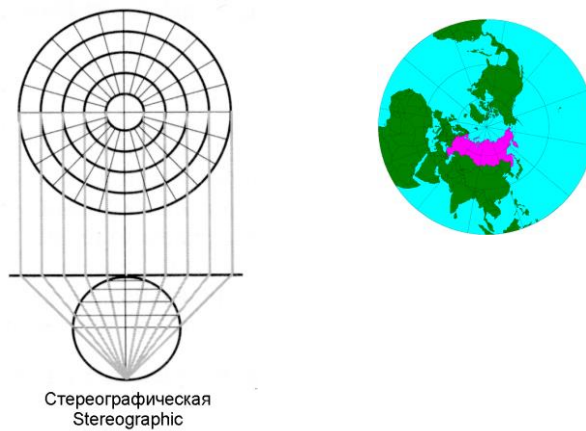


Рисунок 1.2.3 – Стереографические проекции

в) *ортографические* – рассматривает поверхность из любой точки вне земной сферы. Получается путем проектирования точек земной сферы пучком параллельных прямых лучей, ортогональных к картинной плоскости (рисунок 1.2.4).

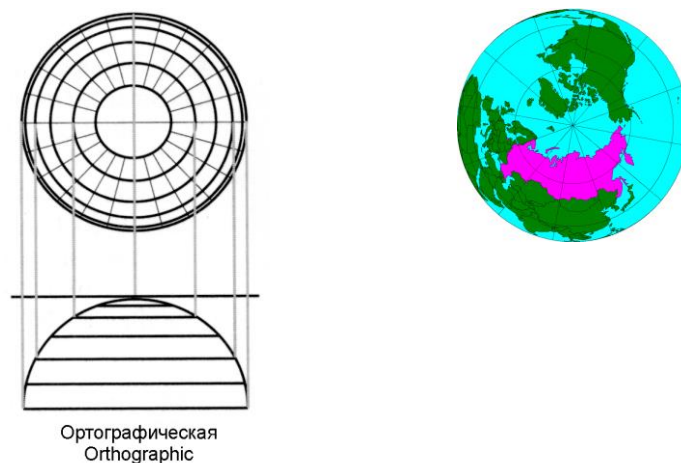


Рисунок 1.2.4 - Ортографические проекции

*Аналитический.* Этот способ построения проекций основан на формулах, устанавливающих функциональную зависимость между точками первой и второй поверхности, имеющих следующий вид:

$$X=f_1(\varphi; \lambda);$$

$$Y=f_2(\varphi; \lambda).$$

Аналитический способ построения проекций является более гибким, позволяет получить огромное множество новых проекций, позволяет изыскивать проекции по заранее заданному характеру искажения.

### 1.3. Классификация картографических проекций

Известно, что признаков для классификации может быть несколько, следовательно, и классификаций может быть несколько; при этом следует заметить, что одни и те же проекции в зависимости от признака могут попасть в разные группы. В настоящее время в нашей стране пользуются классификацией Каврайского. Согласно ей, все проекции классифицируются по следующим признакам:

- характеру искажения;
- виду меридианов и параллелей нормальной сетки;
- положению полюса нормальной системы координат.

*Классификация проекций по характеру искажения.* Самым существенным признаком проекций является свойство изображений. Неизбежным же свойством изображений являются искажения. Характер искажений определяется в зависимости от того, что искажается – длина, угол или площадь. Если величина искажений в большей или меньшей степени зависит от размеров и формы изображаемой территории, то характер искажений всецело зависит от самой проекции. Вот почему при выборе проекции решающую роль играет характер искажений.

По характеру искажения проекции делятся на:

1) *Равноугольные (конформные)* – углы и азимуты передаются без искажений, т.к. масштабы длин в точках не зависят от направления. Как следствие, в этих проекциях сохраняется подобие в бесконечно малых частях. Картографическая сетка в этих проекциях ортогональна. На картах в равноугольных проекциях можно измерять углы и азимуты, на них удобно производить измерение длин по всем направлениям.

2) *Равновеликие (эквивалентные)* – масштаб площадей остается постоянным и равным единице, а следовательно площади передаются без искажений. На картах в равновеликих проекциях можно делать сопоставление площадей.

3) *Равнопромежуточные (эквидистантные)* – масштаб по одному из главных направлений сохраняется и равен единице ( $a=1$  или  $b=1$ ).

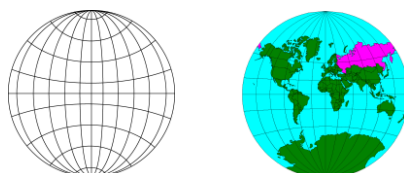
4) *Произвольные* – присутствуют все виды искажений.

Свойства равноугольности, равновеликости, равнопромежуточности одновременно на одной и той же проекции несовместимы. Проекция, на которой всюду отсутствовали бы искажения длин, т.е. было бы сохранено постоянство масштаба, не существует. На карте могут отсутствовать либо искажения углов, либо площадей, но одновременно отсутствовать искажения углов и площадей не могут. Поэтому характерным свойством картографической проекции является обязательное наличие на карте того или иного искажения.

*Классификация проекций по виду меридианов и параллелей нормальной сетки.* Классификация проекций по виду нормальной сетки наиболее наглядна и наиболее проста, и поэтому она легче всего воспринимается. Следует подчеркнуть, что классификация по этому признаку касается только проекций в нормальном положении, вид косых или поперечных сеток будет уже другой, не охватываемый классификацией.

*Классификация проекций по виду меридианов и параллелей нормальной сетки:*

1) *Круговые* - проекции, у которых меридианы и параллели изображаются окружностями (рисунок 1.3.1). Экватор и ср. меридиан – прямые линии. Применяются для изображения всей поверхности Земли (произвольная Гринтена, равноугольная Лагранжа).



2) *Азимутальные*. Параллели – одноцентренные окружности, меридианы – пучок прямых, расходящихся радиально из центра параллелей. Эти проекции применяются в прямом положении - для полярных территорий; в поперечном - для изображения западного и восточного полушарий; в косом - для изображения территорий, имеющих округлую форму (рисунок 1.3.2).

3) *Цилиндрические*. Параллели - параллельные прямые, перпендикулярные осевому



Рисунок 1.3.2 – Азимутальные проекции

меридиану, причем параллели всегда равноразделенные (отрезки параллелей пропорциональны разностям долгот); меридианы - все меридианы прямые, перпендикулярные параллелям. Расстояния между меридианами пропорциональны разностям долгот. В этих проекциях можно изобразить весь земной шар. Наиболее выгодны эти проекции для изображения территорий, расположенных вблизи экваториальных широт и растянутых вдоль экватора (или вдоль некоторой стандартной параллели) (рисунок 1.3.3).

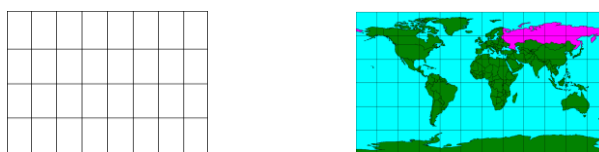


Рисунок 1.3.3 – Цилиндрические проекции

4) *Конические* – параллели - дуги концентрических окружностей, общий центр которых лежит на осевом меридиане или его продолжении. Параллели равноразделенные, т.е. вдоль каждой параллели отрезки между меридианами одинаковые; меридианы - пучок прямых, расходящихся радиально из точки, являющейся центром параллелей. Углы между меридианами пропорциональны разностям их долгот. Эти проекции наиболее выгодны для изображения территорий, расположенных в средних широтах и растянутых вдоль параллелей (рисунок 1.3.4).



Рисунок 1.3.4 – Конические проекции

5) *Псевдоконические* – параллели - дуги концентрических окружностей, общий центр которых лежит на осевом меридиане или его продолжении; меридианы – некоторые кривые, симметричные относительно среднего прямолинейного меридиана. Наиболее выгодны для

изображения территорий, имеющих форму квадрата с вогнутыми сторонами (проекция Бонна – применяется для карты Франции) (рисунок 1.3.5).

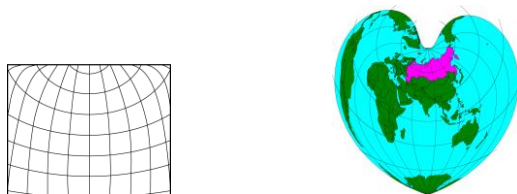


Рисунок 1.3.5 – Псевдоконические проекции

6) *Псевдоцилиндрические* – параллели - параллельные прямые, перпендикулярные осевому меридиану. В большинстве случаев равномерные; меридианы – некоторые кривые, симметричные относительно среднего прямолинейного меридиана. Используются для изображения всей земной поверхности. Наиболее выгодны для изображения территорий растянутых вдоль среднего меридиана и экватора (равновеликая синусоидальная проекция Сансона, равновеликая синусоидальная проекция Эккерта, равновеликая эллиптическая проекция Мольвейде) (рисунок 1.3.6).

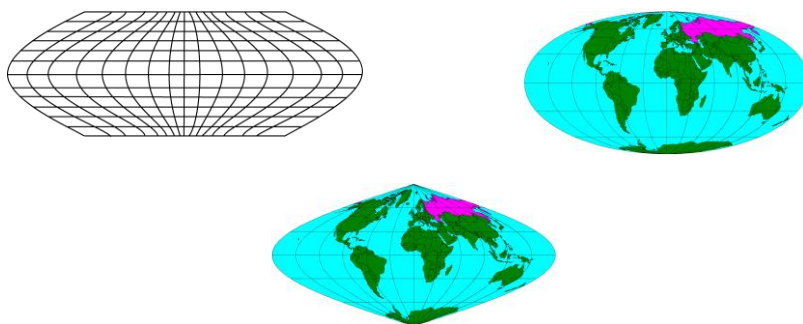


Рисунок 1.3.6 – Псевдоцилиндрические проекции

7) *Поликонические* – параллели - дуги окружностей (окружности), центры которых лежат на осевом меридиане сетки или на его продолжении; меридианы – некоторые кривые, симметричные относительно среднего прямолинейного меридиана (рисунок 1.3.7). Широко применяются для мелкомасштабных обзорных карт, выгодны для изображения территорий, растянутых вдоль среднего меридиана (простая поликоническая проекция, видоизмененная поликоническая проекция для международной карты мира в масштабе 1:1 000 000).

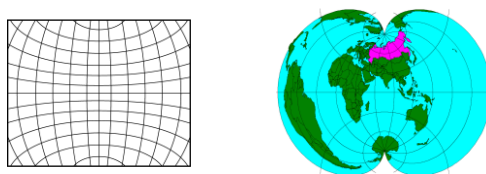


Рисунок 1.3.7 – Поликонические проекции

*Классификация проекций по положению полюса нормальной системы координат.*

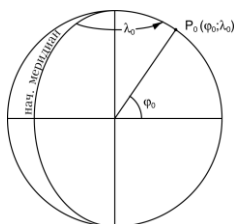


Рисунок 1.3.8 – Построение картографической сетки в системе координат

$P_0$  - полюс нормальной системы координат совмещается с центральной точкой картографируемой территории (рисунок 1.3.8). Это делается для того, чтобы уменьшить величины искажений в пределах картографируемой территории. В зависимости от величины  $\varphi = 0$  все проекции классифицируются:

1) *Полярные (нормальные)* – полюс нормальной системы координат совпадает с географическим -  $\varphi_0 = 90^\circ$  (рисунок 1.3.9.)

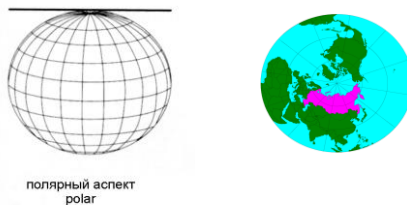


Рисунок 1.3.9 – Полярные проекции

2) *Поперечные (трансверсионные)* – полюс нормальной системы совпадает с экватором -  $\varphi_0 = 0^\circ$  (рисунок 1.3.10.).

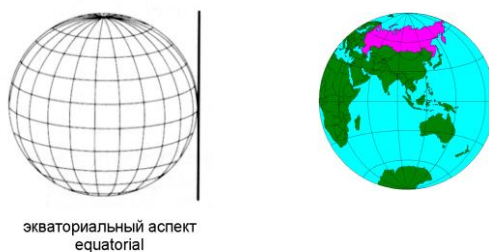


Рисунок 1.3.10 – Поперечные проекции

3) *Косые (наклонные)* – полюс нормальной системы координат располагается между географическим полюсом и экватором -  $0^\circ < \varphi_0 < 90^\circ$  (рисунок 1.3.11.).

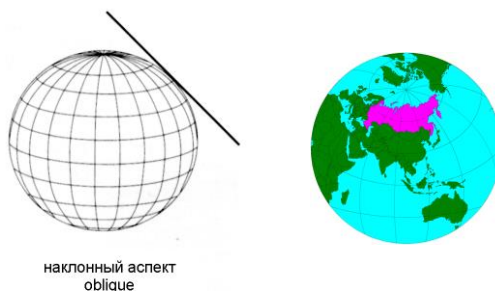


Рисунок 1.3.11 – Косые (наклонные) проекции

#### 1.4. Выбор и распознавание картографических проекций

При создании любых карт важное значение имеет вопрос о выборе картографических проекций, обеспечивающих оптимальное решение по этим картам различных задач.

Выбор картографических проекций зависит от многих факторов, которые можно разделить на три группы.

К первой отнесем факторы, характеризующие объект картографирования. Это географическое положение изображаемой территории, ее размеры, форма границ (конфигурация), степень показа смежных с картографируемой областью территорий, значимость отдельных ее частей.

Вторая группа включает факторы, характеризующие создаваемую карту, способы и условия ее использования. В эту группу входят назначение и специализация, масштаб и содержание карты, задачи, которые будут решаться по ней (картометрические, навигационные и пр.) и требования к точности их решения, способы использования карты.

К третьей группе отнесем факторы, которые характеризуют получаемую проекцию. Это ее характер искажений, условия обеспечения минимума искажений и допустимые максимальные искажения длин, углов и площадей, характер их распределения, изображение полюсов, условия симметричности картографической сетки относительно экватора и т.п.

Выбор картографических проекций осуществляется в два этапа: на первом устанавливается совокупность проекций (или их свойства), из которых целесообразно производить выбор; на втором - определяют искомую проекцию.

Все факторы первой группы, как правило, должны быть твердо заданными. Их учет предполагает, прежде всего, выбор таких проекций, в которых их центральные точки и центральные линии, вблизи которых масштабы мало изменяются, находятся в центре картографируемой территории, а центральные линии направлены, по возможности, по направлению наибольшего протяжения этих территорий.

Поэтому для многих карт выбирают:

- *цилиндрические проекции* - для территорий, расположенных вблизи и симметрично относительно экватора и вытянутых по долготе;
- *конические проекции* - для таких же территорий, но не симметричных относительно экватора или расположенных в средних широтах;
- *азимутальные проекции* - для изображения полярных областей;
- *поперечные и косые цилиндрические проекции* - для изображения территорий, вытянутых вдоль меридианов или вертикалов;
- *поперечные или косые азимутальные проекции* - для показа территорий, очертания которых близки к окружности и т.п.

Таким образом, учет факторов этой группы дает возможность предварительно установить совокупность проекций (или их свойств), из которых целесообразно определять искомую проекцию.

Вторая группа факторов является основной при решении поставленной задачи. Именно, исходя из условий этой группы, определяют относительную значимость факторов третьей группы: какие из них являются в конкретном случае наиболее существенными, а какие факторы можно не учитывать. При этом некоторые из требований, например, о желаемом характере искажений проекции, максимально допустимых их величинах, изображении полюсов, симметричности или асимметричности картографической сетки, разделенности меридианов и параллелей, наличии перекрывающихся частей изображения и т.п. в определенных случаях подлежат безусловному учету. Это значит, что выбор проекции должен выполняться в данном случае только из совокупности проекций, в которой заданные требования полностью удовлетворяются, например, только из равновеликих проекций или только из проекций с ортогональной сеткой и т.п. Таким образом, факторы, приобретающие в данном конкретном случае безусловную значимость, в дополнение к факторам первой группы, позволяют решить первую часть задачи - установить совокупность проекций (или их свойств), из состава которой целесообразно определять искомую проекцию.

После выделения всех этих факторов, подлежащих обязательному учету, выполняется ранжирование (иерархия) всех прочих факторов, определяется относительная значимость каждого из них при выборе конкретной проекции.

Как уже отмечалось, учет факторов первой группы позволяет установить совокупность проекций, из состава которой целесообразно определять искомую проекцию. Влияние на решение данной задачи этих факторов возрастает вместе с увеличением размеров изображаемых областей.

Для уменьшения величин искажений и обеспечение лучшего их распределения, особенно при картографировании крупных территорий, стремятся, учесть положение центральных точек и линий проекций и их соответствие географическому положению территорий.

В тех случаях, когда изображению подлежат крупные по площади области и, следовательно, искажения длин и площадей будут достигать значительных величин, пренебречь которыми невозможно, следует выбирать не те проекции, в которых искажения длин минимальны, а те, в которых проще учитывать влияние этих искажений.

Использовании проекций с малым искажением углов неизбежно приводит к увеличению искажения площадей в этой проекции и наоборот. Поэтому в случаях, когда в равной степени нежелательны и искажения углов и площадей, целесообразно использовать проекции, близкие к равнопромежуточным.

При создании мелкомасштабных карт, предназначенных для зрительного восприятия, существенными факторами являются наиболее правильная передача относительности географического расположения территорий, вид картографической сетки, наличие эффекта сферичности и другие.

Таким образом, картографические проекции необходимо выбирать под условием, чтобы они не только обеспечивали минимум искажений, но и чтобы характер их искажений обеспечивал оптимальные условия решения задач по картам, вытекающие из их назначения.

#### *Распознавание картографических проекций.*

Определение вида проекции, а также характера и распределения искажений, имеет практическое значение при пользовании картами.

Рассмотрим общие правила для распознавания проекций по сетке для мелкомасштабных карт, охватывающих территории материков, полушария и всю земную поверхность.

*Цилиндрические проекции.* Если параллели – прямые линии, а меридианы – перпендикулярные им равноотстоящие прямые, то перед нами одна из цилиндрических проекций в нормальном положении.

У равнопромежуточной проекции параллели равноотстоящие; равновеликая проекция имеет промежутки между ними, уменьшающиеся к полюсам; если же промежутки между параллелями увеличиваются по мере приближения к полюсам, причем на широте  $60^\circ$  промежуток между параллелями в два раза больше такого же промежутка на экваторе, то проекция равноугольная Меркатора. При более медленном нарастании промежутков между параллелями в крайних широтах можно предположить, что карта составлена в стереографической цилиндрической проекции.

*Конические проекции.* В конических проекциях параллели – концентрические окружности, а меридианы – прямые (радиусы этих окружностей), причем углы между ними меньше разности долгот в натуре. При этом, если параллели равноотстоящие, то проекция равнопромежуточная, если расстояния между параллелями убывают в обе стороны, начиная от некоторой средней параллели, то перед нами – равновеликая коническая проекция, а если, наоборот, увеличиваются, то – равноугольная коническая.

Меридианы и параллели пересекаются в конических проекциях под прямым углом.

*Азимутальные проекции.* В нормальных азимутальных проекциях параллели — концентрические окружности, а меридианы — радиусы этих окружностей с углами между ними, равными разности долгот в натуре.

Нормальные сетки азимутальных проекций применяются для изображения полярных областей. При этом, если расстояния между параллелями одинаковые, то проекция— равнопромежуточная; если расстояния между ними уменьшаются от полюса к экватору и на экваторе составляют  $0,7$  интервала между параллелями у полюса, то это равновеликая азимутальная проекция; если расстояния между параллелями у экватора уменьшаются еще сильнее, так, что они почти сливаются, то проекция ортографическая. В равноугольной азимутальной (стереографической) проекции в нормальном положении расстояния между параллелями увеличиваются от полюса к экватору приблизительно в два раза, а в гномонической

проекции они возрастают до бесконечности, поэтому на картах в этой проекции возможно изобразить территорию меньше полушария.

Азимутальные проекции применяются в поперечном положении для карт полушарий. Для опознавания среди них отдельных видов проекций действуют те же правила, что и для нормальных сеток, с той разницей, что интервалы между параллелями надо определять вдоль осевого меридиана от центральной точки к полюсам. Так же должны изменяться и расстояния между меридианами, считаемые по прямолинейному экватору. Кроме того, поперечную стереографическую проекцию можно отличить от прочих по виду меридианов и параллелей, которые изображаются на ней окружностями, а поперечную гномоническую — по виду меридианов, изображаемых параллельными прямыми.

Азимутальные проекции применяются также в косом положении для изображения материков. Для их распознавания надо измерять промежутки вдоль прямолинейного меридиана вблизи центральной точки и на краю, применяя те же правила для опознавания, что и для нормальной сетки.

Проекции с круговыми параллелями. Псевдоконическая проекция Бонна имеет сетку, симметричную относительно среднего прямолинейного меридиана, разделенного параллелями на равные части; параллели - концентрические окружности, разделенные криволинейными меридианами на равные части.

Простая поликоническая проекция отличается от проекции Бонна по внешнему виду тем, что параллели в ней изображаются равноразделенными дугами эксцентрических окружностей.

Круговая проекция Гринтена может быть определена по меридианам и параллелям, изображающимися окружностями, симметрично прямолинейному осевому меридиану и экватору, при этом в отличие от поперечной стереографической проекции экватор делится меридианами на равные части, расстояния между параллелями вдоль осевого меридиана увеличиваются примерно в 2,3 раза от центральной точки к полюсам, меридианы и параллели пересекаются не под прямыми углами (кроме пересечений с осевым меридианом и экватором).

*Псевдоцилиндрические проекции.* Во всех псевдоцилиндрических проекциях параллели изображаются прямыми, а меридианы различными кривыми, симметричными одному прямолинейному меридиану. При этом применяются псевдоцилиндрические проекции как с равноразделенными меридианами и параллелями, так и с неравноразделенными. В некоторых проекциях полюс изображается точкой, в других - полярной линией.

Большая группа псевдоцилиндрических проекций имеет синусоидальные меридианы. При этом, если параллели равноотстоящие и равноразделенные меридианами, а полюс изображается точкой, то это псевдоцилиндрическая равновеликая проекция Сансона.

От проекции Сансона отличаются близкие между собой по внешнему виду равновеликие синусоидальные проекции Эккерта и В. В. Каврайского (1936 г.), в которых интервалы между параллелями уменьшаются от экватора к полюсам, изображаемым полярными линиями, равными половине экватора, параллели равноразделенные.

В равновеликой эллиптической проекции Мольвейде согласно определению меридианы изображаются эллипсами, делящими каждую параллель на равные части; полюс изображается точкой.



## 2. СПОСОБЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Для показа размещения, качественных и количественных характеристик явлений их взаимосвязей и динамики используются способы картографического изображения: способ значков (внемасштабные знаки), линейные знаки, изолинии, качественный фон, количественного фона, ареалы, картограммы и картодиаграммы, точечный способ, способ знаков движения, локализованные диаграммы.

### 2.1. Способ значков

*Способ значков* применяют для передачи планового положения, количественных и качественных характеристик объектов, по своим размерам не выражающихся в масштабе карты, но имеющих четкую точечную локализацию. Например населённых пунктов, месторождений полезных ископаемых, промышленных предприятий, отдельных сооружений, ориентиров на местности. Для передачи характеристик картографируемых объектов используются форма, величина и цвет значков. По форме значки бывают абстрактными геометрическими (кружки, треугольники и т. п.), буквенными и наглядными пиктографическими (контур самолёта, животного и др.). Площадь значков геометрической формы может быть пропорциональна количественному показателю картируемых объектов. Форма и цвет значка чаще всего несут качественную информацию об изображаемом объекте, а размер и внутренняя структура — количественную информацию.



Рисунок 2.1.1 - Способ значков

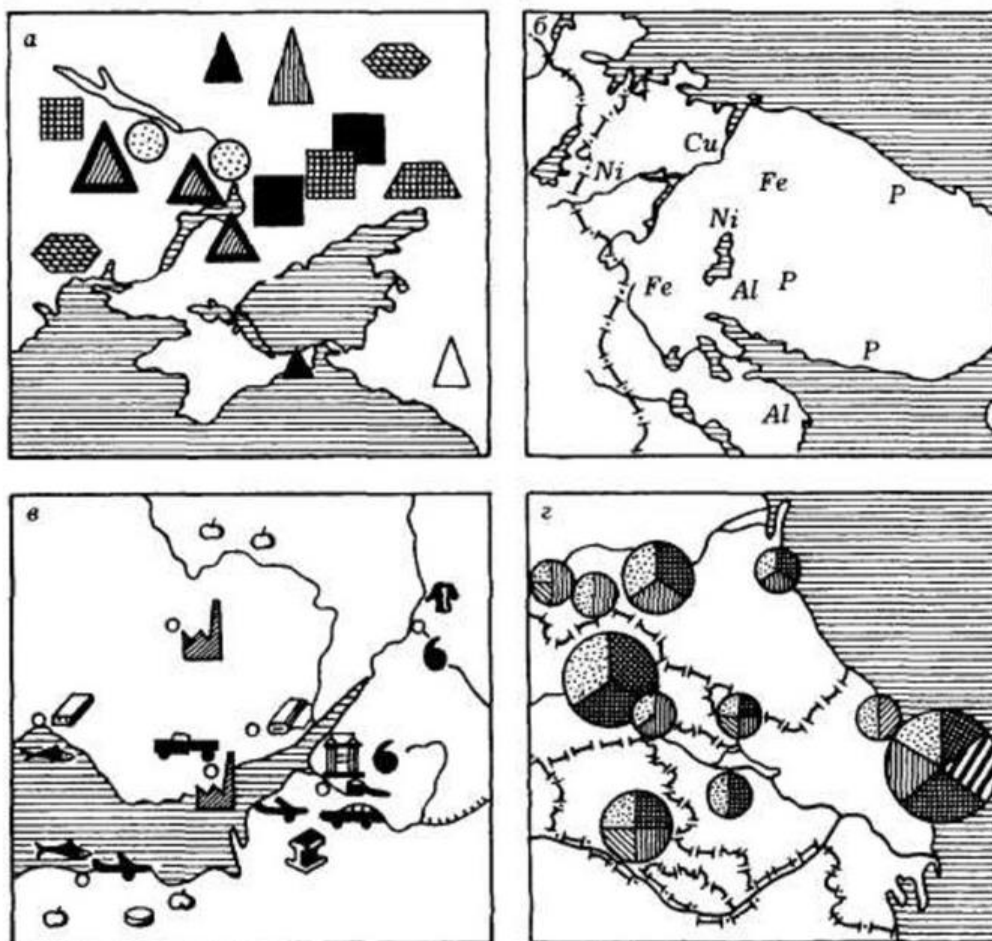


Рисунок 2.1.2 – Способ значков  
 а) геометрические; б) буквенные; в) наглядные; г) структурные

## 2.2. Способ линейных знаков

**Способ линейных знаков** используется для передачи линий в их геометрическом понимании: границ, береговых линий, тектонических нарушений, дороги, реки, разломы. Иногда этот способ путают со способом знаков движения. Необходимо отметить особенность способа линейных знаков: он должен показывать либо линии, реально существующие в природе (например, дороги), либо линии протяженности вытянутых статичных или динамичных объектов (хребты на орографических схемах, линии фронта). Перемещение динамичных объектов (например, атмосферных фронтов) можно передавать системой линейных знаков, отнесенных к разным датам. В целом линейные знаки как способ изображения следует отличать от линий как изобразительных средств, относящихся к другим способам изображений (изолинии, границы ареалов и выделов). Линейные знаки могут передавать количественные и качественные характеристики. Количественные показатели (мощность грузопотоков) передаются с помощью ширины линии или полосы, а качественные (состав грузопотоков) — структурой линии, цветом. Ориентировка линейных знаков отображает реальное положение линии на местности. Линейный знак немасштабен по ширине, но ось его должна совпадать с положением реального объекта на местности. При постепенности перехода или нечеткости границы линейный знак может передаваться полосой. Линейными знаками можно отразить даже динамику объекта, например, нанести положение береговой линии моря в разные стадии трансгрессии, передав тем самым постепенность затопления суши.



Рисунок 2.2.1 – Способ линейных знаков

### 2.3. Способ изолиний и псевдоизолиний

**Способ изолиний.** Изолинии, т.е. линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями каких-либо количественных показателей, используются для количественной характеристики сплошных и постепенно изменяющихся в пространстве явлений, таких как температура воздуха, количество осадков, рельеф. С точки зрения использования изобразительных средств здесь преобладают линии различных структур цветов и ширины и площадные фоны для послойной окраски промежутков между определенными изолиниями - ровные фоновые окраски либо штриховки на черно-белых картах.

Подбор цветов для послойной окраски должен учитывать содержание картографируемых явлений. Так, на гипсометрических картах используется шкала, которая дает зрительную иллюзию приближения высоких ступеней.

К числу достоинств способа изолиний также относится его простота и доступность. На картах, построенных с помощью данного способа, легенды бывают очень просты по содержанию и обычно сводятся к шкалам.

Способ изолиний очень удобен для применения количественных методов обработки, преобразования и анализа картографических изображений: определения характеристик заданных контрольных точек и расчета статистических зависимостей и эмпирических уравнений, сложения и вычитания изолиний, разложения на составляющие и др. Поэтому с помощью данного способа могут передаваться и явления, по своему содержанию неподходящие или малоподходящие для данного способа. Для количественной характеристики явлений, имеющих ограниченное по площади распространение (например, источники выбросов и сбросов), могут быть использованы

Способ изолиний, иногда сопровождаемый для усиления их наглядности послойной окраской, применяется для передачи количественных характеристик непрерывных и постепенно изменяющихся в пространстве явлений (рельефа, атмосферных осадков, температуры воздуха и др.), наиболее показателен для непрерывных физических полей.

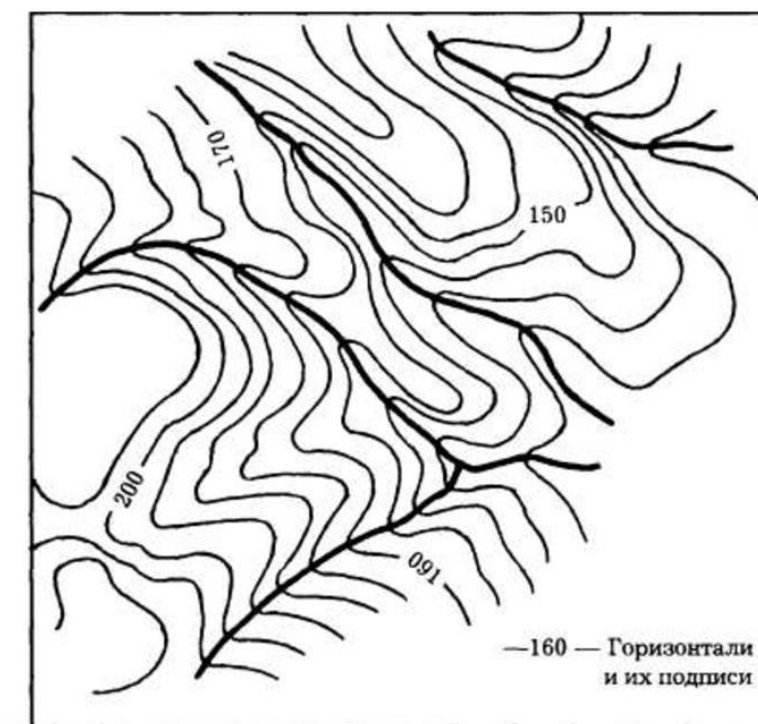


Рисунок 2.3.1 – Способ изолиний

**Способ псевдоизолиний** применяется для аналогичных полей явлений, не имеющих сплошного распространения (например плотность населения, заболоченность территории). Псевдоизолинии как бы распространяют дискретные явления (например, источники выбросов и сбросов) на всю площадь картографирования и таким образом приводят их к виду, удобному для сопоставления с другими количественными характеристиками.



Рисунок 2.3.2 – Способ псевдоизолиний

## 2.4. Способ качественного и количественного фона

**Способ качественного фона** используется для качественной характеристики явлений сплошного (почвы, геологическое строение, ландшафты) или, реже, рассеянного распространения (население, народы). При его использовании территория делится на качественно одно-

родные контуры (выделы), которые окрашиваются или штрихуются в соответствии с качественной характеристикой. При этом территория обязательно делится на отдельные однородные в качественном отношении участки, согласно классификации картируемого явления, окрашенные разными цветами или покрытые штриховкой. Графическим средством в данном способе могут служить цвет (ровные фоновые окраски разных цветовых тонов, разных степеней светлоты, насыщенности), полутона, штриховки различных рисунков и интенсивности, заполняющие обозначения, буквенно-цифровые индексы (но из-за малой наглядности они широкого распространения не получили и применяются главным образом как дополнительное обозначение, разновидность пояснительной подписи). Для удобства идентификации подразделений (например геологического возраста пород) качественный фон сопровождают буквенными или цифровыми индексами. Границы выделенных контуров при реализации этого способа могут быть барьерными, четкими, т.е. при переходе через них качественный признак меняется резко. Но чаще бывает так, что выделенная граница бывает переходной, условной, т.е. изменение качества происходит постепенно. В последнем случае давать рисунок границ между участками четким линейным знаком нецелесообразно, лучше использовать полосчатую окраску. В картографировании способ качественного фона один из самых употребительных. Он образует основное содержание на картах оценки экологических ситуаций, используется на комплексных экологических картах для показа распространения ландшафтов и характера использования земель, устойчивости ландшафтов к техногенным нагрузкам и т.п.

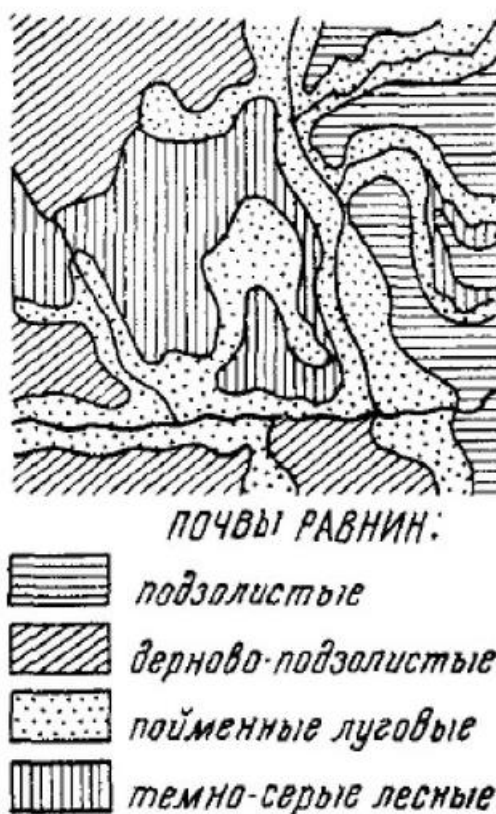


Рисунок 2.4.1 – Способ качественного фона

**Способ количественного фона** применяется для показа количественных характеристик. Однако в природе практически отсутствуют такие явления, которые имели бы одинаковые количественные значения в пределах каких-то контуров и резко меняли их на границах. Способ количественного фона используется для районирования территорий по определённым количественным показателям, например модулю стока, густоте и глубине расчленения

рельефа и т. п. На карте выделяются относительно однородные участки сообразно шкале, установленной для картографируемого показателя, которые окрашиваются или штрихуются.

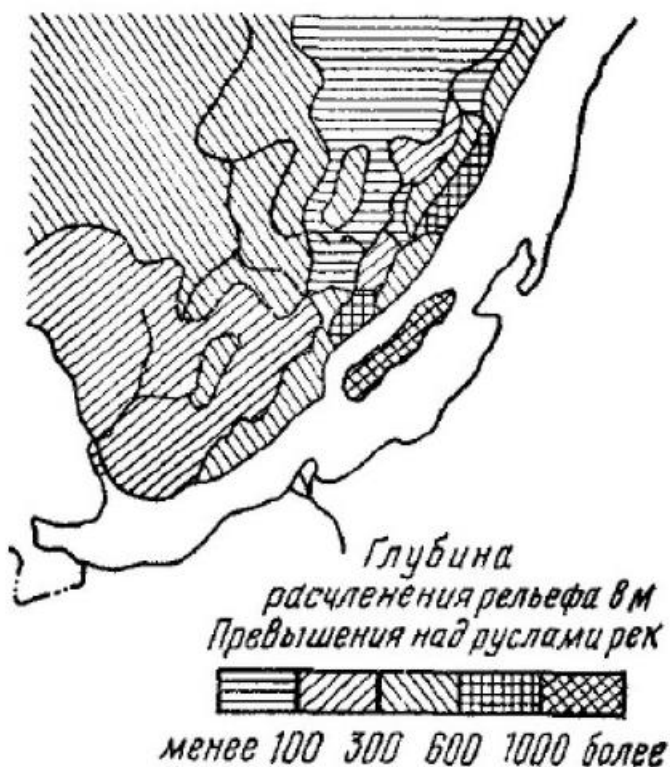


Рисунок 2.4.2 – Способ количественного фона

## 2.5. Способ точечный, ареалов и знаков движения

**Точечный способ** используется для передачи явлений рассеянного распространения (сельское население, поголовье скота, посевные площади). Точечный способ показывает явления массового, но не сплошного распространения. Изобразительным средством является множество точек одинакового размера, каждая из которых имеет определенный «вес» — значение количественного показателя. Например, одна точка – 100 га посевных площадей или 500 голов крупного рогатого скота. В результате на карту наносят некоторое количество точек равной величины и одинакового значения, группировка (густота) которых даёт наглядную картину размещения явления, а число позволяет определить его размеры (количество объектов). На одной карте могут быть совмещены точки разного цвета (или формы), например для изображения посевов разных культур.

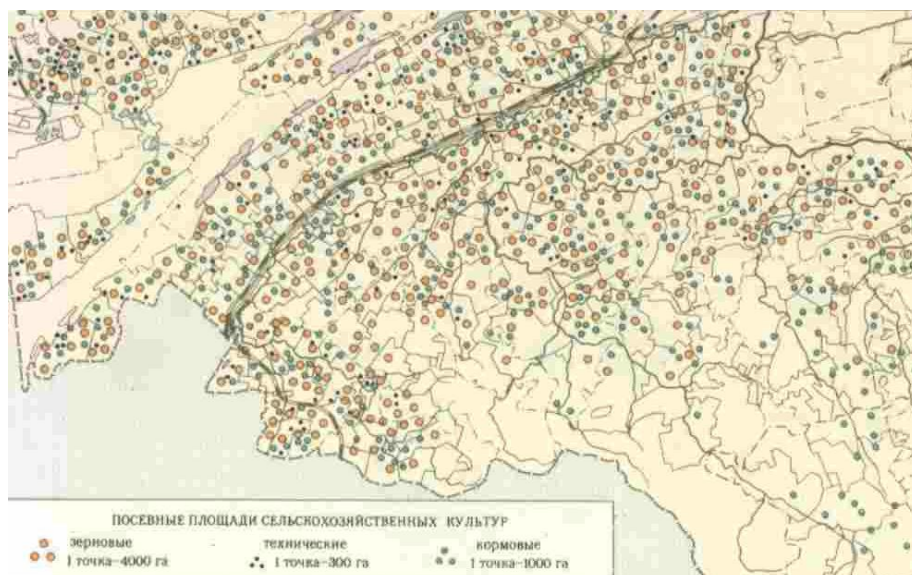


Рисунок 2.5.1 – Точечный способ

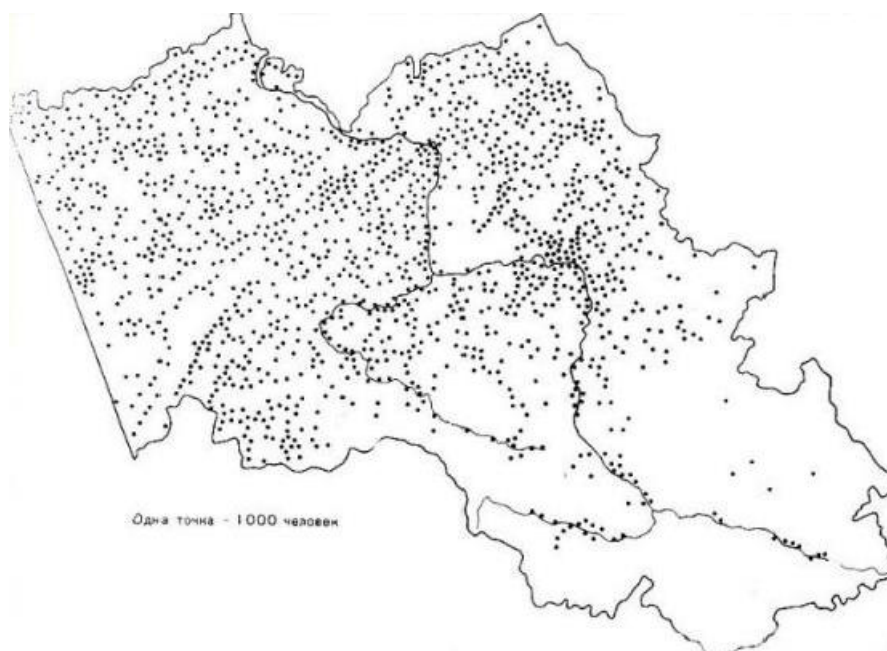


Рисунок 2.5.2 – Точечный способ

**Способ ареалов** используется для передачи области распространения явлений, имеющих ограниченное по площади распространение, причем в пределах этой площади картографируемое явление может быть дискретным (т.е. встречаться в изолированных пунктах и на участках), сплошным или рассеянным. Главное отличие способа ареалов от способа качественного фона: во-первых, - тип локализации, во-вторых, - необязательность рисовки границ. По отношению к используемым условным обозначениям способ ареалов универсален: он может быть реализован с помощью немасштабных рисунков (не имеющих четкой координатной привязки), линейных или площадных обозначений и даже буквенно-цифровых индексов. Способ ареалов в «чистом виде», как правило, не несет информации о конкретных качественных или количественных характеристиках, он отображает форму и местоположение площади распространения картографируемого явления, поэтому с определенной долей условности характер передаваемой информации можно считать качественным. Данным способом показывают ареал распространения определенных видов растений и животных, бассейнов полезных ископаемых, загрязнения, геодинамических процессов и т.д. Различают: аб-

солотные ареалы, за пределами которых данное явление не встречается (например, угольный бассейн), и тогда отмечают его точный контур; относительные ареалы, показывающие лишь места сосредоточения явления (например, промысловый ареал морского зверя или лекарственного растения), в этом случае дают только значок центра ареала. Обозначаются на картах оконтуриванием участка сплошной или пунктирной линией определённого рисунка, окрашиванием или штриховкой ареала и т. д.; многообразии приёмов оформления ареалов позволяет сочетать на одной и той же карте ряд ареалов, даже если они перекрывают друг друга.

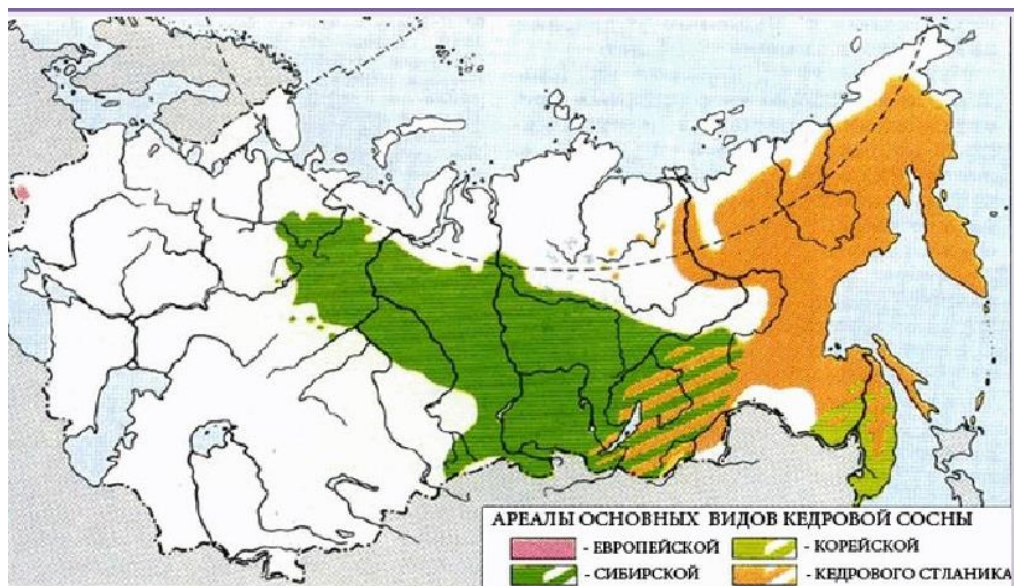


Рисунок 2.5.3 – Способ ареалов

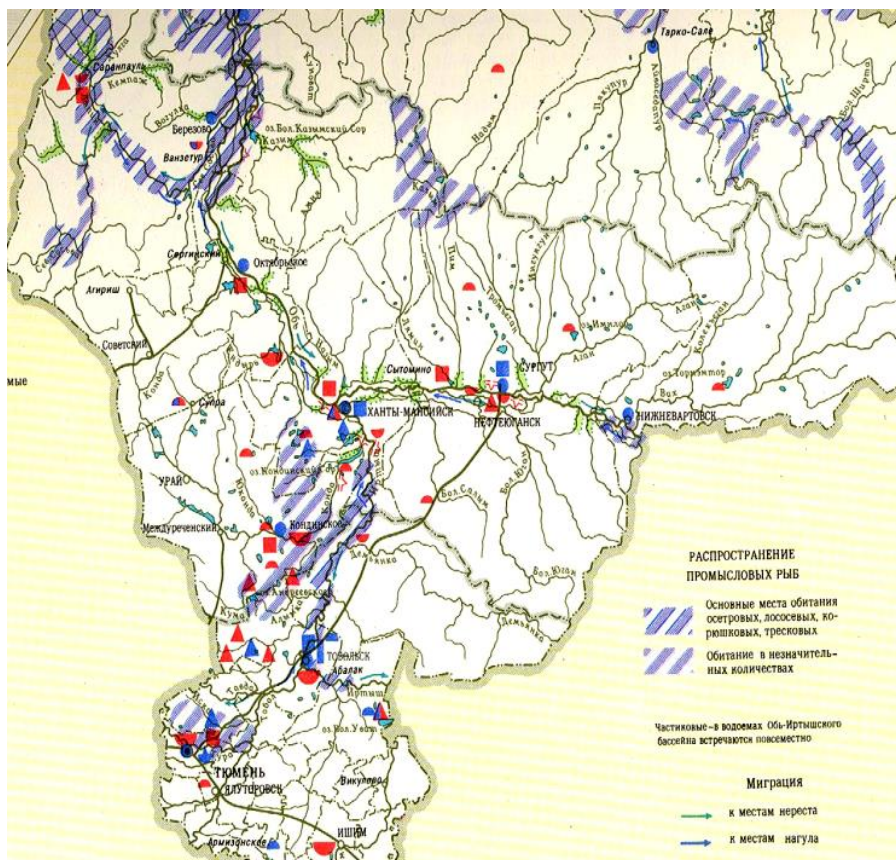


Рисунок 2.5.4 – Способ ареалов



**Способ знаков движения** отображает направления и скорости перемещений явлений и объектов различной локализации (движение циклонов, морские течения, перелёт птиц, миграции населения). Основным средством при передаче такого рода информации являются векторы (стрелки) разных форм и величины, которые могут нести качественные и количественные характеристики, т. е. стрелки разного цвета, формы или ширины, характеризующие скорость, направление, устойчивость и другие особенности явлений; полосы (ленты) движения разной ширины, отражающие внутреннюю структуру и мощность (напряжённость) потоков. Локализация векторов может показывать и реально существующие линии передвижения, в частности если они даются параллельно путям сообщения, и абстрактные, например: связи культурные, финансовые и т.п. Ориентировка векторов в этой ситуации определяется фактическим направлением движения (реальным или абстрактным). Качественные характеристики передаются с помощью формы, цвета и структуры вектора, а количественные - с помощью размеров (длины и ширины).

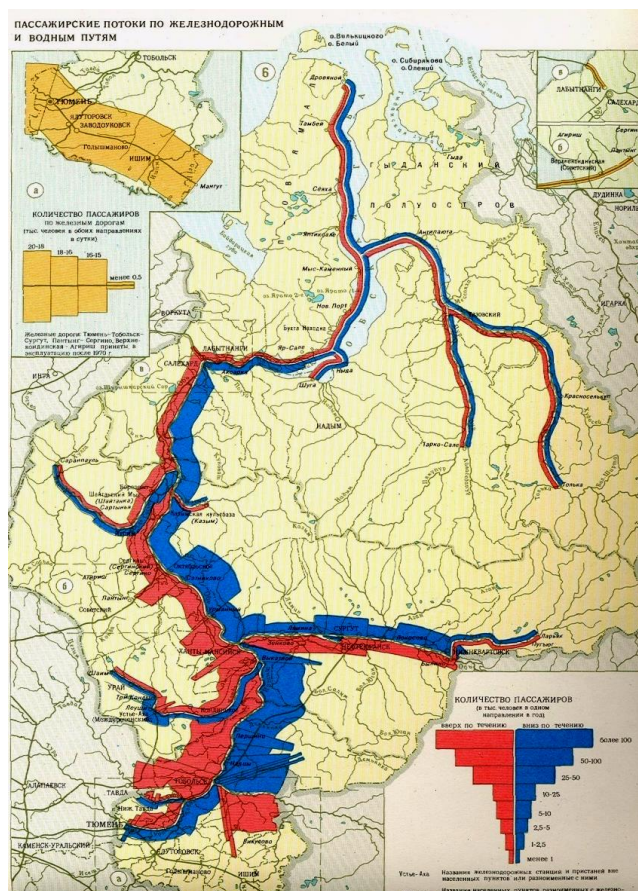


Рисунок 2.5.5 – Способ знаков движения



Рисунок 2.5.6 – Способ знаков движения

## 2.6. Способ картодиаграмм, картограмм и локализованных диаграмм

**Способ картодиаграмм** предполагает изображение суммарной величины каких-либо явлений с помощью графиков или диаграмм, помещаемых внутри единиц территориального деления, чаще всего административного. Картодиаграммы передают абсолютные статистические показатели по единицам территориального деления. При использовании этого способа карта в целом показывает распределение явления по исследуемой территории. Тип локализации явления в данной ситуации может быть любым, но с учетом жесткой привязки количественной информации к площади административно-территориальной или какой-либо другой ячейки. Условно его можно считать ограниченным по площади. Картодиаграммы, так же как и картограммы, географически несовершенны по содержанию, поскольку не позволяют отражать различия характеристик внутри территориальных единиц и создают иллюзию резких перепадов на их границах. Однако картодиаграммы очень легко и быстро поддаются автоматизированному построению и их использование оправдано, если требуется быстро получить территориальное распределение статистических данных. Картодиаграммами показываются объемы выбросов и сбросов, количество отходов, объемы внесения удобрений и пестицидов и т.д., заболеваемость по единицам территориального деления. По своему содержанию этот способ можно рассматривать как статистическую таблицу, наложенную на схематическую карту. Для графического оформления на карте используются диаграммные знаки в виде окружностей, квадратов или других геометрических фигур, размеры которых зависят от величины показателя.

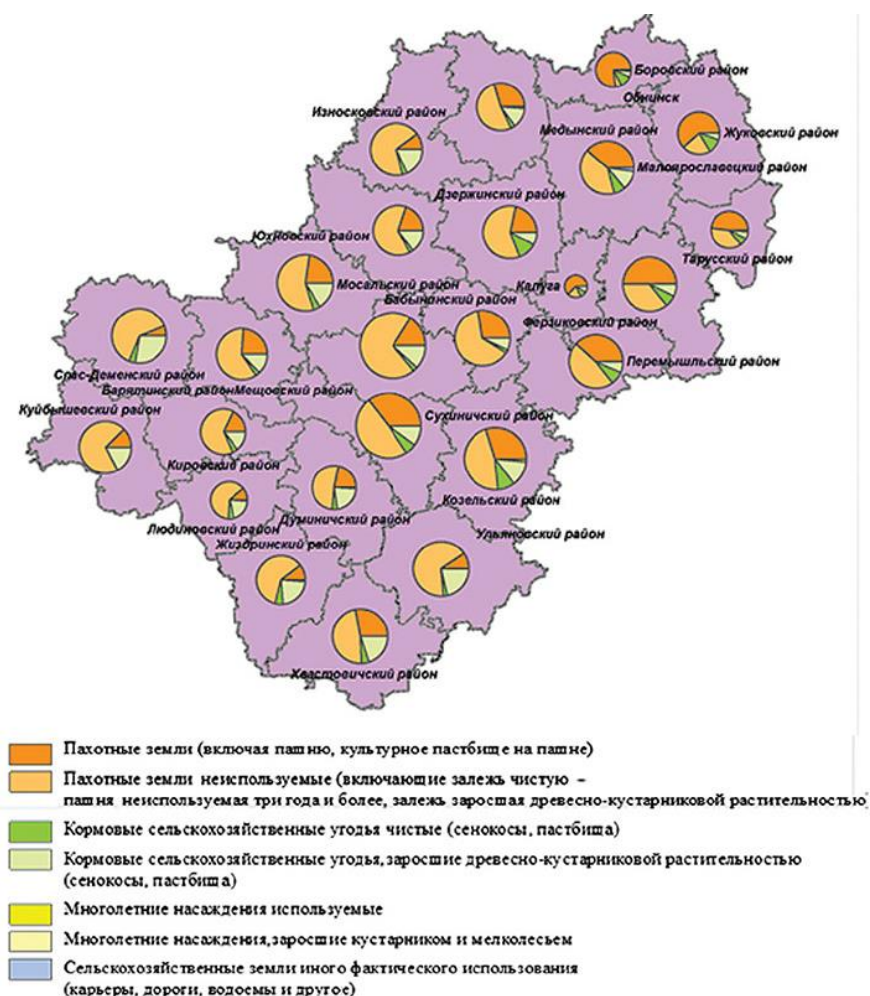


Рисунок 2.6.1 – Способ картодиаграмм

Картодиаграммы могут быть линейными (столбчатыми), когда длина столбца пропорциональна значению показателя; площадными, когда площади пропорциональны сравниваемым величинам; объемными. Среди вышеперечисленных различают структурные, изображающие составные части показателя, также совмещенные картодиаграммы.

**Картограммы** графически передают среднюю интенсивность какого-либо явления (т.е. количественную характеристику) в пределах определенных территориальных единиц, чаще всего административных, не связанных с действительным распространением этого явления в природе. Таким образом, тип локализации отображаемого явления может быть любым: точечным, линейным, сплошным, рассеянным, ограниченным по площади, но графическая интерпретация «привязывает» количественную информацию к ограниченной площади, по аналогии со способом картодиаграмм. Картограммы передают относительные статистические, всегда расчётные показатели, например число детских учреждений на 1000 жителей, урожайность в расчёте на 100 га обрабатываемых земель, процент лесопокрытой площади. Как правило, картограмма имеет интервальную шкалу, в которой интенсивность цвета или плотность штриховки закономерно меняется соответственно нарастанию значения картографируемого показателя. При построении картограммы ряд чисел, характеризующий размер явления в выделенных районах, располагают в возрастающем или убывающем порядке в ступенчатой шкале

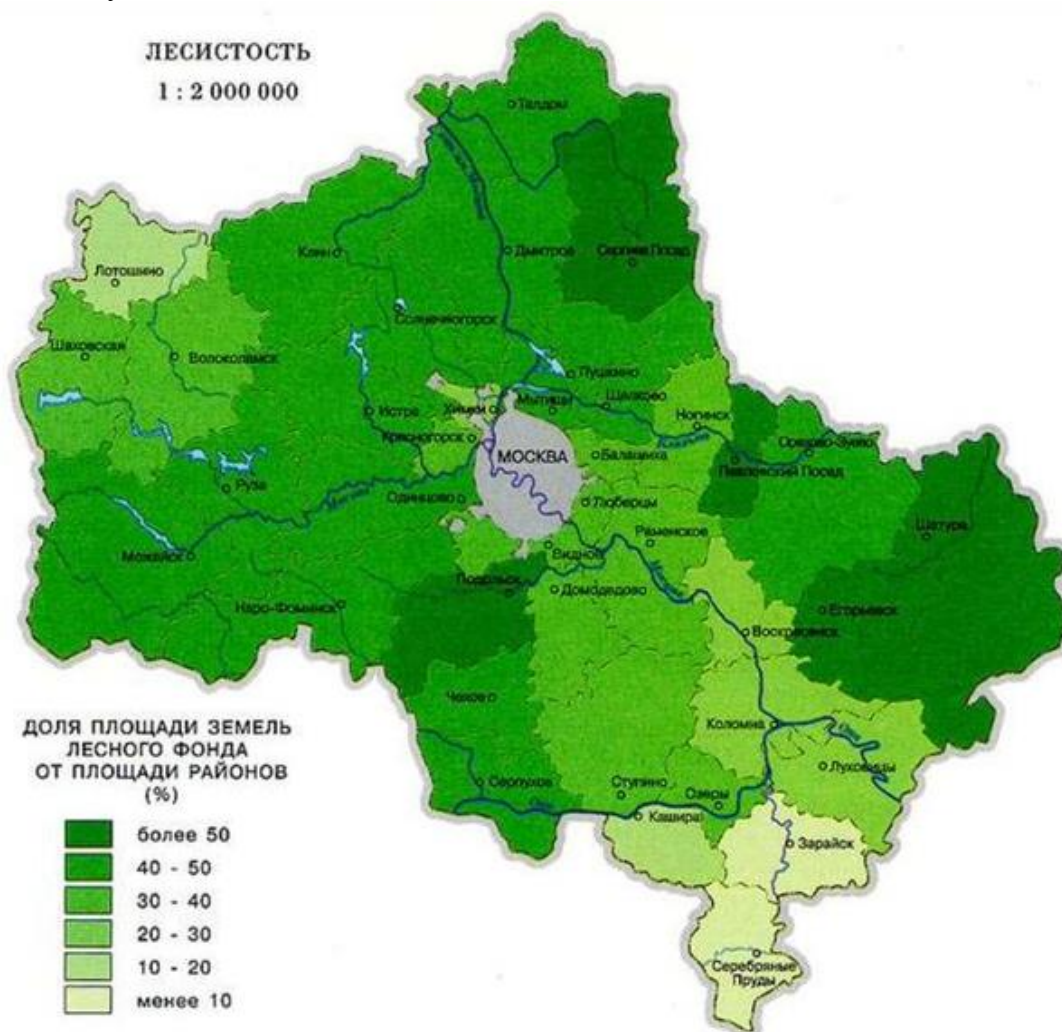


Рисунок 2.6.2 – Способ картограмм

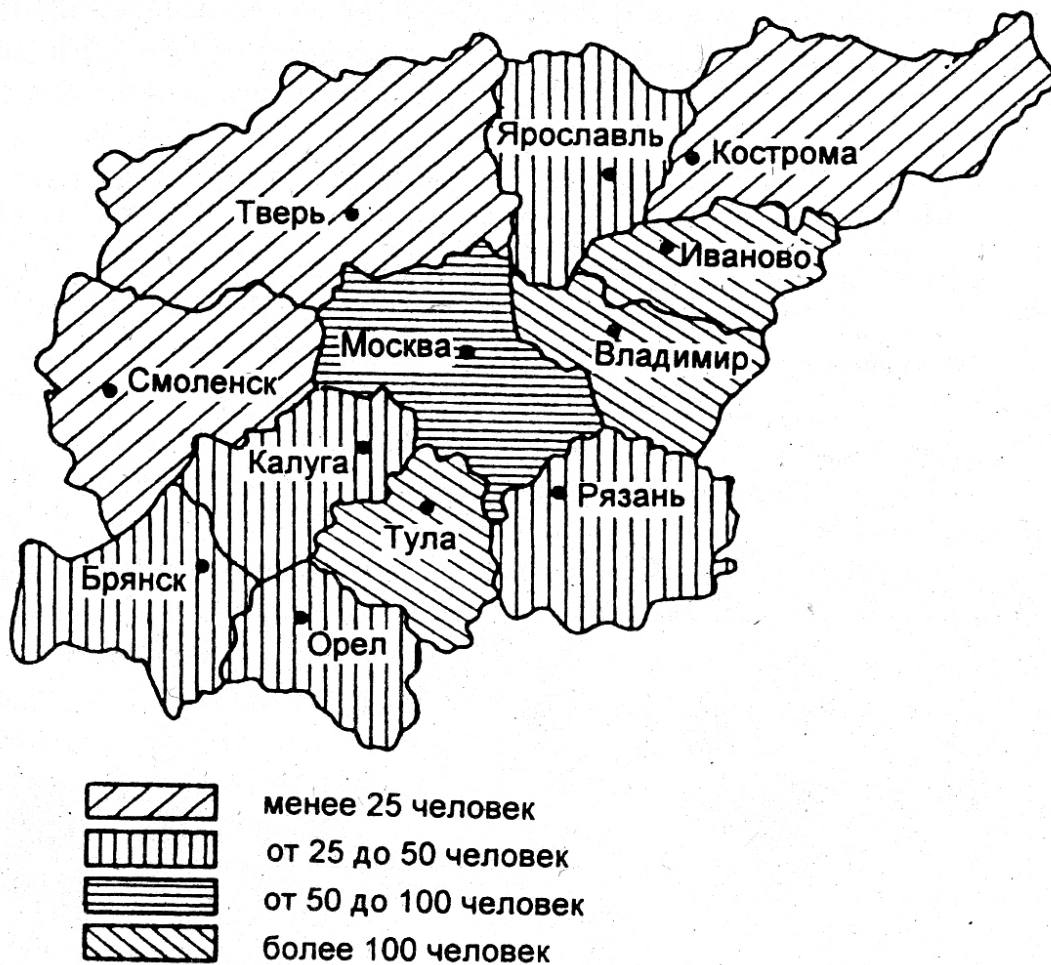


Рисунок 2.6.3 – Способ картограмм

**Способ локализованных диаграмм** позволяет изображать меняющиеся, динамичные показатели, помещаемые в пунктах наблюдения (измерения) этих явлений, например графики изменения месячных температур, осадков, ветров, локализованные по метеостанциям; диаграммы загрязнения речных вод, приуроченные к гидропостам. Способ локализованных диаграмм используется для передачи на карте сезонной или иной динамики явлений, имеющих сплошное или линейное распространение. Динамика явлений изображается с помощью графиков или диаграмм, характеризующих явление в пунктах его изучения. В картографировании способом локализованных диаграмм передается сезонная, межгодовая или иная изменчивость показателей заболеваемости, концентрации отдельных веществ, общих уровней загрязнения атмосферы или гидросферы, условия рассеяния или потенциала самоочищения.

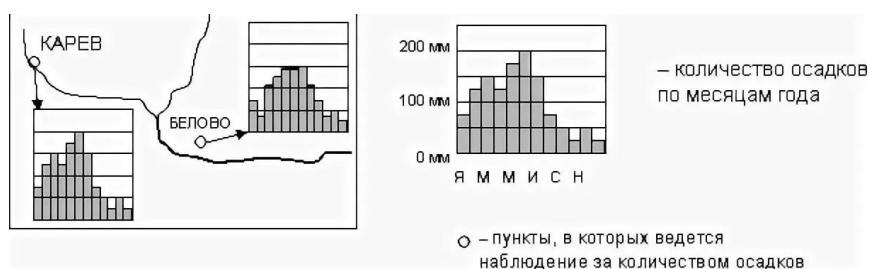


Рисунок 2.6.4 – Способ локализованных диаграмм

### **3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОСТАВЛЕНИЕ КАРТ**

#### **3.1 Основные этапы проектирования, составления и издания карт**

Карты получают двумя путями: 1) посредством полевых съемок и обработки их материалов в лабораторных условиях; 2) в лабораторных исследованиях в результате обработки различных источников.

Суть картографических съемок заключается в исследовании картографируемых явлений в натуре, на местности. Топографические съемки являются задачей топографии и аэротопографии, а тематические (геоморфологические, почвенные, геологические и т.д.) - геоморфологии, почвоведения, геологии.

Суть лабораторного изготовления карт состоит в сводке, обобщении и синтезе источников с целью создания новых картографических произведений для решения новых задач.

В лабораторном создании оригиналов карт различают два основных этапа - проектирование карты и составление ее оригинала. Проектирование карты заключается в разработке документации, необходимой для организации всех работ по изготовлению оригинала карты. Основным результатом проектирования является программа карты. Это документ, который устанавливает назначение, вид и тип карты, ее математическую основу, содержание, принципы генерализации, способы изображения и систему графических символов, источники и порядок их использования, технологию изготовления карты. Программа, дополненная техническими и экономическими расчетами, сметами и т.п. образует проект карты. Составление карты - это графическое построение оригинала карты.

Подготовленный оригинал карты в дальнейшем может быть размножен. Для экономичного и высококачественного воспроизведения карты необходимо учитывать требования полиграфического производства. Первоначальные оригиналы карт не всегда могут удовлетворять таким требованиям, поэтому в современном картографическом производстве составление карты отделено от издания карты особым этапом, который называется - подготовка карты к изданию.

Последний этап работ - это издание карты, т.е. воспроизведение и размножение. Издание карт состоит из 2-х стадий - изготовление печатных форм и печатание карты.

На всем протяжении изготовления карт - от ее замысла до издания карта подвергается 2-м «сквозным» процессам: редактирование карты и корректура. Редактирование карты - это научно-техническое руководство по изготовлению карты.

Корректура - технический контроль и проверка качества карты на всех этапах и стадиях ее изготовления.

#### **3.2. Программа карт**

Программа карты, которая необходима на стадии проектирования, включает: задание на разработку карты, (в нем указывается название карты, что раскрывает ее тему и картографируемую территорию), масштаб, назначение.

Очень важно определение назначения карты, которое определяет содержание карты, ее полноту, точность, оформление.

Анализ назначения карты, ознакомление с источниками и географической спецификой региона позволяет составить далее предварительную программу. Согласно ей осуществляется сбор первичных источников. Далее приступают к разработке подробной программы карты - окончательной разработке всех ее разделов.

В программе выделяют разделы: 1) вводный (включает задание на разработку карты: названия карты, ее назначения и требования к ней); 2) математического обоснования и компоновки карты; 3) содержательного наполнения карты способов изображения и принципов генерализации (перечень элементов содержания, их классификация, способы изображения и графическая символика, принципы генерализации); 4) картографических источников и ука-

заний по их использованию; 5) географических характеристик; 6) технологический (определяет способы и порядок изготовления оригиналов карты, подготовки пособий для печатания карты, редактирования и корректур).

Полный проект карты включает также планово-экономический раздел по организации и планированию проектируемых работ и расчету их объемов и стоимости, включая проектирование, изготовление оригиналов, вспомогательные работы и размножение карты.

Программы могут сильно различаться по глубине проработки разделов, на вариант программы могут влиять: характер издания (однолистный или многолистный, разовый или продолжающийся), способ изготовления - традиционный или автоматический; и т.п.

### 3.3. Подготовка карт к изданию

Издание карт имеет целью их воспроизведение и размножение полиграфическими средствами. Для этого служат печатные формы, позволяющие многократно получать печатные оттиски рисунка карты на бумаге или пластике. В помощь изданию и для обеспечения высокого качества печатных форм выполняют ряд вспомогательных работ, называемых подготовкой карт к изданию.

В задачи подготовки карт к изданию входит изготовление вторичных (если первичные - составительские - оригиналы не обладают графическим качеством, необходимым для печати) - издательских - оригиналов, предназначенных для получения с них печатных форм. С издательских оригиналов карты готовят штриховой и красочный оригиналы карты.

Основными процессами в издании карт являются: изготовление печатных форм, т.е. перенесение рисунка с оригинала карты на поверхность металла, резины и печатание, т.е. получение рисунка карты на бумаге посредством оттиска на ней печатной формы.

В зависимости от характера печатной формы печать подразделяют на глубокую, высокую и плоскую.

При глубокой печати картографический рисунок углубляют в материал печатной формы, более высокие места образуют «пробельные» элементы. В процессе печатания углубленные места формы заполняют краской, и кладут на печатную форму лист бумаги и пропускают под прессом печатного станка. Бумага вдавливается в углубления и вбирает краску.

При высокой печати наоборот рисунок наносят на выпуклые части печатной формы. Высокая печать используется в основном для печатания газет, журналов, книг.

При плоской печати печатающие и пробельные элементы находятся в одной плоскости. Рисунок переносится на лист печатной формы, затем она подвергается химической обработке, в результате нее линии рисунка начинают воспринимать краску, а пробельные нет. Таким способом создаются в настоящее время карты.

При непосредственном оттиске с печатной формы изображение получается зеркальным. Для того, чтобы получить прямое изображение используют офсетный способ печати, при котором, изображение с формы передают сначала на поверхность резинового полотна, а затем с него на бумагу.

Основные процессы при издании многоцветных карт следующие:

- светокопирование цветоделенных штриховых издательских оригиналов и изготовление печатных форм для штриховых элементов краски в отдельности;
- печатание расчлененной штриховой пробы;
- изготовление красочного оригинала карты;
- изготовление фоновых печатных форм для расцветки карты по площадям (для окраски водной поверхности, высотных ступеней рельефа и т.д.);
- изготовление полутонового оригинала;
- изготовление полутоновой печатной формы;
- получение красочной пробы;
- изготовление машинных печатных форм

- печатание карты;
- отделка продукции.

### 3.4. Редактирование и корректура карт

Данные виды работ обеспечивают контроль за созданием карты. Цель контроля при корректуре - обеспечение качества карты в соответствии с ее назначением и требованиями программы. Различаются три вида контроля - самоконтроль, редакционный контроль и корректура. Самоконтроль - проверка собственной работы ее исполнителем. Редакционный контроль осуществляется на этапе составления и этапе подготовки карт к изданию. Корректура - специальный технический контроль качества карты, в ее задачи входит: 1) устранение ошибок, неточностей, возникающих при изготовлении карты; 2) контроль за соответствием технологии работ и показателей качества требованиям, установленным в программе карты; 3) подготовка материала для оценки качества работ.

Термин «корректура» происходит от лат. слова *correctura*, что означает исправление или улучшение.

Различают корректуру первичного (составительского) и издательского оригиналов.

При корректуре первичного оригинала проверяются: точность построения математической основы карты - координатных сеток, рамок и т.д.; правильность использования, увязки и согласования источников; полнота содержания согласно назначению карты и географической специфике региона; точность положения всех объектов содержания; правильность обобщения (передачи типических черт и характерных особенностей картографируемых явлений); взаимное согласование различных элементов содержания; качество оформления; правильность географических наименований, сводки по рамкам смежных листов (для многолистных карт) и т.д.

Устранение ошибок при корректуре следующее. Обнаруженные дефекты обозначаются на копии оригинала или восковке. Погрешности оформления отмечаются на копии условными корректурными знаками. Все ошибки дополнительно выписываются в корректурный лист с конкретными указаниями по их исправлению. Далее корректурные замечания передаются редактору для их утверждения. После утверждения карты передаются составителю для внесения исправлений в оригинал карты.

При корректуре издательских оригиналов проверяются: 1) соответствие издательских оригиналов составительскому - правильность размеров рамок, полнота оригиналов (отсутствие пропусков), правильное применение условных обозначений и точное их размещение; 2) качество графической работы (гравирования или черчения) - строгое соблюдение размеров условных обозначений, тщательность их отделки и т.п.; 3) соблюдение технологических требований в отношении числа оригиналов, распределения на них элементов содержания карты и т.п.; согласование штриховых оригиналов.

Основанием для корректуры служит составительский оригинал.

Различают корректуру нерасчлененной штриховой пробы, расчлененной штриховой пробы, красочного оригинала, красочной пробы.

В корректуру нерасчлененной штриховой пробы входит: согласования штриховых оригиналов между собой по взаимному совмещению их элементов и проверке качества штрихового рисунка при его воспроизведении в печати.

При корректуре расчлененной штриховой пробы проверяются правильность исправлений, внесенных в издательские оригиналы по корректуре нерасчлененной пробы, расчленение штрихового рисунка по краскам.

При корректуре красочного оригинала делают проверку правильности фоновой окраски карты по ее контурам, т.е. отсутствие пропусков, неверно окрашенных или неясных мест. Проверку ведут по авторскому и составительскому оригиналам.

При корректуре красочной пробы - завершающем этапе перед размножением карты проверяются: правильность исправления штриховых печатных форм по корректуре расчле-

ненной штриховой пробы; соответствие фоновых расцветок по контурам; правильность взаимного совмещения всех элементов карты.

### 3.5. Разработка тематических карт и атласов

Тематические карты изготавливают в два этапа. На первом этапе готовят топографическую основу карты, в которую входят гидрографическая сеть, границы, населенные пункты, пути сообщения, рельеф, гидросеть, растительность и т.д. На втором этапе наносят тематическую основу.

Значение топографической основы очень велико. Она является остовом тематического содержания, облегчает ориентирование по карте и т.п. В некоторых случаях для тематических карт основа может значительно облегчаться в зависимости от темы карты и предъявляемых требований.

При разработке программы тематической карты в нее включаются разделы отдельно для топографической основы и тематического содержания.

Последовательность основных этапов составления тематической карты: 1) разработка программы карты; 2) подготовка топографической основы; 3) редактирование авторских материалов; 4) составление карты и подготовка к ее изданию.

Составленная карта, в зависимости от картографической подготовки специалиста, может быть представлена в виде авторского оригинала, авторского макета, авторских эскизов.

*Авторские оригиналы* - точные рукописные карты по теме карты, выполненные в масштабе издания, с хорошим качеством и детальностью.

*Авторские макеты* - достоверные карты, но выполненные в неполном соответствии с техническими требованиями с пониженным качеством графического воспроизведения.

*Авторские эскизы* - наброски, отражающие общий замысел карты в отношении ее содержания и оформления, но нуждающиеся в детальной доработке с привлечением источников.

В основе разработки географического атласа как целостного систематического собрания географических карт лежит системный подход.

В картографии термин «система» используется широко. Известны такие понятия, как система масштабов, система географических координат, система прямоугольных координат, система условных обозначений и т.д.

Внедрение системных идей в картографию потребовало четкого определения понятия системного картографирования. К.А. Салищевым предложено следующее определение «... под системным картографированием понимается создание новых карт, как пространственных образно-знаковых моделей действительности, основанное на системном подходе, во-первых к отображаемым явлениям, во-вторых, к реализации самого картографирования ...».

В рамках системного картографирования выделяются несколько типов систем: системное создание карт, системное использование карт, теоретико-картографические системы, технические картографические системы, технологические картографические системы, информационные картографические системы.

В отношении атласов общегеографических или узкоотраслевых системный подход проявляется в картографировании территориальных систем, различных рангов. В отношении атласов комплексных, системный подход выражается в отображении природных и социально-экономических геосистем.

При создании атласов применяют двухступенчатое проектирование. На первом этапе подготавливают общую программу для всего атласа, а затем разработка частных программ на отдельные листы атласа.

Общая программа атласа включает: объяснительную записку (назначение атласа, обоснование его структуры, объем и формат, указания по сбору источников); список карт сообразно избранной структуре с обоснованием масштаба карт;



макет компоновки атласа; инструкцию по разработке типовых карт; образцы оформления; программу, определяющую технологию составления карт и подготовку их к изданию.

Разработка частных карт проводится согласно программам, разрабатываемым как для тематических карт, но осложняется требованием целостности и внутреннего единства атласа.

В общем виде проектирование атласа проходит те же этапы, что и создание любой карты, а именно: проектирование, составление, подготовка к изданию и издание. Этапы соединены сквозным редактированием. Но поскольку атласы — наиболее сложные картографические произведения системного типа, объединяющие серии карт определенной территории и тематики, для решения определенных задач общие этапы работы над картами значительно видоизменяются и усложняются. При этом удельный вес и значение этапа проектирования возрастает. Продуманное и качественно проведенное проектирование атласа не только упрощает процесс последующего изготовления, но и в значительной степени предопределяет научную ценность произведения, его значение как источника знаний. Кроме того, на этом этапе работы устанавливаются и материальные затраты на создание картографического произведения.

*Этап проектирования атласа включает:*

- формирование коллектива, работающего над созданием атласа;
- написание развернутой программы атласа;
- определение внутреннего и внешнего оформления атласа в соответствии с предполагаемым способом его издания.

Многоэтапный процесс проектирования атласа всегда занимает значительное время, сильно варьирующееся в зависимости от сложности произведения. Проектирование фундаментальных атласов занимает несколько лет, популярного — до года. Атласы могут готовиться по заданию государственных организаций (отдельных министерств и ведомств), в плановом порядке в системе Роскартографии и Военно-топографического управления или по инициативе научных организаций (научно-исследовательских институтов Академии наук, университетов и других высших учебных заведений). В любом случае работа начинается с определения круга организаций, учреждений и отдельных лиц, которые образуют временный коллектив, работающий над производением.

Формирование коллектива — начальный, но очень ответственный момент. От него зависит не только слаженность в работе, но и авторитет будущего произведения, его научная и практическая значимость.

В создании тематических атласов главную роль играет научный коллектив, производственные организации выполняют консультативную и технические функции. Приведенные ниже перечисления главных научных организаций, принимающих участие в создании основных атласов страны, указывают на центры развития отраслевого тематического картографирования (Сваткова, 2002):

- Институт географии РАН — ФГАМ, Атлас «Природа и ресурсы Земли», Атлас снежно-ледовых ресурсов мира;
- Институт этнографии РАН — Атлас народов мира;
- Ботанический институт РАН и Институт лекарственных растений — Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР;
- Главное управление гидрометеослужбы (ведомственные институты) — Климатический атлас СССР, Атлас радиоактивного загрязнения Европейской части России, Белоруссии и Украины; Агроклиматический атлас мира;
- Проектно-изыскательский институт «Гипролес» — Атлас лесов СССР;
- Научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства (Минсельхоз) — Атлас сельского хозяйства;
- Проектно-изыскательский и торфоразведочный институт (Мингеология) — Атлас торфяных ресурсов;
- МГУ, географический факультет — Атлас Иркутской области, Атлас Тюменской области, Атлас Алтайского края;

- Международная Индо-океанская экспедиция — Геолого-геофизический атлас Индийского океана;
- Военно-топографическое управление — серия Атласов Офицера.

*Программа атласа* – основной документ, определяющий содержание, назначение и методику создания произведения. Программа конкретизирует общие положения об атласе как системе карт. Разработка программы научно-справочного атласа – это большая научно-методическая и очень ответственная работа.

*Программа атласа* включает:

1. Общие положения – обоснование типа атласа по содержанию; развернутый круг потребителей; основные научные и практические задачи, на решение которых рассчитан атлас.

2. Порядок работы над атласом и характер его издания:

- указываются главные разработчики (ведомства, институты и т.д.) и их роль в совместной работе; учреждения и лица, привлекаемые к работе над отдельными частями или темами;
- определяются поэтапные сроки работы над атласом и порядок проверки выполненной работы;
- уточняются общие технические сведения (объем атласа, его размер, характер издания, особенности общего оформления, обложка и переплет и т.д.).

Для проектируемого атласа разрабатываются типовые компоновки разворотов и оборотов с четкими указаниями по размещению заголовков карт, контуров картографируемой территории в разных масштабах, карт-врезок, дополнительных карт и графиков.

Практическая картография владеет большим набором приемов подготовки компоновок карт. Важно их творчески применить или модифицировать с таким расчетом, чтобы типовых компоновок было минимальное количество, но они позволяли разместить в атласе карты планируемых масштабов с соблюдением логической последовательности.

Типовые компоновки прилагаются к программе атласа в графической форме, обычно в уменьшенном виде.

При разработке типовых компоновок общегеографических атласов возникает вопрос нарезки. Например, включение в изображение материков определенной части океанов с островами; составление единой карты для ряда стран; включение «сопредельной территории» на карту «своя страна»; допущение перекрытий изображения на разных картах и т.д. Нарезка карт в тематических атласах решается более четко при разработке компоновок разворотов и оборотов листов.

*Математическая основа* - один из основных признаков системности карт в атласе. Обычно в атласе соблюдаются соответствующие регламенты, т. е. используется минимальное количество преимущественно кратных масштабов, минимальное количество проекций. Однако конкретные условия заставляют определять масштабный ряд и набор проекций индивидуально для каждого атласа.

*Масштабный ряд* атласа учитывает:

- использование одного масштаба для сопоставимых территорий (по рангу, например, для материков; по площади, например, для физико-географических районов; по значимости, например, для государств);
- использование наиболее крупного масштаба для «своей» территории;
- уменьшение масштабов в отдельных случаях (неодинаковая изученность, основные или дополнительные темы, графическая нагруженность карт).

Масштабный ряд определяется согласованно с выбором размера атласа и разработкой типовых компоновок. В результате в атласе может использоваться до 10 разных вариантов.

Проекция для карт подбираются из числа наиболее используемых или модифицируются применительно к конкретным условиям. Иногда проекция рассчитывается заново. Размер и конфигурация картографируемой территории, положение относительно сторон света, предполагаемый круг решаемых по картам атласа задач - это основные мотивы выбора

проекций. Обычно во вступительном разделе атласов присутствует соответствующая справка, иногда - с видом используемых сеток, с системой изокот и рекомендациями по измерениям площадей, длин, углов.

Размеры атласа, вид типовых компоновок, масштабы карт и используемые проекции - все это находится в тесной взаимосвязи. Поэтому их выбор для конкретного атласа проводится согласованно. Часто выполняются соответствующие эксперименты, позволяющие прийти к оптимальным решениям.

*Список карт* занимает центральное место в программе атласа. Именно он в полной мере отражает содержание атласа, его научную и практическую направленность. Список карт не может быть бессистемным, он всегда строится по принятой для данного атласа логической схеме: разделы атласа и их последовательность, наборы карт в разделе и их последовательность. Список карт раскрывает структуру атласа, т. е. последовательно освещает отображаемые темы, объекты и явления картографируемых территорий. В программе выдерживается принцип: от общего к частному, от основных характеристик к дополнительным, от отражения факторов к выводам. И все это с учетом размера, компоновок и математической основы создаваемого атласа.

В *общегеографических атласах* на первый план выступает принцип от общего к частному (от карт Вселенной к картам мира, материков и океанов, регионов и стран). Разночтения возникают уже при размещении карт материков и океанов (какова их последовательность; почему первой обычно идет карта Европы и т.д.). Еще больше вопросов встает при выделении отдельных регионов, тем более при построении этих карт в разных масштабах. Вопросы возникают и при отнесении островов к тем или иным материкам, и при крупномасштабном выделении отдельных регионов и т.д. Таким образом, логика построения последовательного списка карт должна быть обоснована.

В *тематических атласах* при разработке последовательности списка карт на первый план выходят два признака: сопоставимая полнота изображения разных элементов и размещение карт в логической последовательности, отражающей взаимосвязь и взаимообусловленности различных явлений. В атласах природы (или в разделах природы комплексных атласов) эти вопросы в значительной степени решены. Полнота отражения отдельных элементов достигается не только объемами соответствующих разделов, но и сочетаниями карт с разным уровнем обобщения материала, учитывающим специфику картографируемого явления (например, для отражения климата нужен определенный набор аналитических карт отдельных характеристик, а для отражения почвенного покрова часто достаточно одна синтетическая карта). Таким образом, содержание разделов и их компоновка решаются совместно, а относительная полнота отражения различных компонентов может характеризоваться не только количеством карт и страниц атласа, и сложности их построения.

## 4. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КАРТ

### 4.1 Особенности и задачи геоинформационного картографирования

Геоинформационное картографирование (ГК) - это отрасль картографии, занимающаяся автоматизированным составлением и использованием карт на основе геоинформационных технологий и баз географических данных и знаний (Геоинформатика, 1999).

Факторами становления и развития ГК стали развитие теории и методов новой науки - геоинформатики, широкое внедрение в картографию ГИС-технологий, обеспечивающих системный подход к отображению и анализу пространственных объектов, создание картографических ГИС-пакетов и баз данных, развитие технических средств и методов компьютерного картографирования. ГК сформировалось как результат интеграции картографии и геоинформатики, а также аэрокосмических методов исследования.

В общем виде так называемую ГИС-технологию создания карт можно представить в следующем виде: подготовка исходных материалов и ввод данных: с накопителей электронных тахеометров; приемников GPS; систем обработки изображений; дигитализацией (цифрованием) материалов обследований, авторских или составительских оригиналов, а также имеющихся плано-картографических материалов; сканированием исходных материалов и трансформированием полученного растрового изображения;

Формирование и редактирование слоев создаваемой карты и таблиц к ним, а также формирование базы данных; ввод табличных и текстовых данных с характеристиками объектов (атрибутов); разработка знаковой системы (легенды карты); совмещение слоев, формирование картографического изображения тематической карты и их редактирование; компоновка карты и формирование макета печати; вывод карты на печать.

Специфика использования пространственно-определенной информации - большие объемы картографической и аэрокосмической информации и необходимость их обработки и хранения в пространственной привязке, применение методов геопространственного моделирования - привела к необходимости разработки специализированных автоматизированных (геоинформационных) технологий ее анализа и хранения. Так, методы синтетического и системного картографирования, являющиеся истоками ГК, потребовали развития математико-картографических методов моделирования, автоматизированных технологий их реализации и создания картографических баз данных; использование аэрокосмических снимков для тематического картографирования также стало немыслимо без автоматизации их дешифрирования. Это, в свою очередь, привело к необходимости создания автоматизированных картографических систем и систем автоматизированной обработки изображений, которые впоследствии стали главными компонентами географических информационных систем (ГИС). Таким образом, можно говорить о программно-технологической интеграции рассматриваемых научных областей на базе компьютерных систем и ГИС-технологий обработки информации. При этом за каждой из областей науки сохраняется ее предмет создания, исследования и использования - карта, снимок, ГИС.

Развитие ГК способствует совершенствованию ряда научных направлений современной картографии, поднимая их на более высокий технологический уровень. Наследуя достижения традиционного географического картографирования, геоинформационное картографирование обладает характерными особенностями, основные из которых:

- многовариантность создания карт для специфических проблемно-практических потребностей пользователей с оперативностью, приближающейся к реальному времени, в том числе с использованием данных дистанционного зондирования, баз цифровых картографических данных, распространяемых по сети Internet;
- интерактивность картографирования, которая позволяет сочетать методы создания и использования карт, автоматические и картографические методы классификации и генерализации объектов и явлений;

- предоставление новых средств анализа данных, основанных на взаимодействии между математическим, статистическим анализом и картографированием;
- снижение временных и экономических затрат на создание карт, что может привести к полной реорганизации картографического производства;
- разработка новых видов и типов карт, которую трудно осуществить вручную, например, трехмерных (3d-карт) или стереоскопических изображений, динамических карт;
- минимизация использования бумажных карт как средств хранения картографической информации, затрудняющих ее применение в ГИС и ГК.

Главной задачей ГК остается создание карт как образно-знаковых моделей действительности; ее решение связано с разработкой ГИС-технологий и новых методов картографирования на их основе.

Новые виды и типы цифровых данных требуют разработки методов их совместного использования, оценки пригодности для составления карт. Поэтому важно создание проблемно-ориентированных банков географических и картографических данных и знаний, которые способствуют не только накоплению и обмену информацией, но и повышению качества и достоверности картографирования. Особенно возрастает роль таких банков для пространственного и тематического согласования информации при создании комплексных электронных атласов и использовании карт в ГИС. Ключевую роль здесь играют опыт географической картографии и методы географического анализа.

Основой для автоматизации в картографии служат математико-картографические модели, которые, в свою очередь, обязаны развитию компьютерных технологий. Однако важнейшее использование технологических возможностей понимание того, что здесь речь идет о моделировании географического распространения объектов и явлений, представленного дискретной информацией, и приближение ее непрерывной зависит как от степени ее аппроксимации, так и от того, насколько полно в этой дискретной информации отображены географические закономерности.

Следующее направление исследований в ГК - вопросы автоматической генерализации, остающееся приоритетным и далеким от завершения, несмотря на то, что на его разработку были направлены усилия ведущих специалистов. Несомненно, определенные достижения имеются, особенно в области «геометрической» генерализации. Развитие пользовательского интерфейса в ГИС-пакетах позволит опытному картографу решать задачу в интерактивном режиме, редактируя изображение на экране по картографическим правилам генерализации геометрии и содержания. Этому же способствует создание и использование средств экспертных подсистем ГИС.

Совершенствование программного и технического обеспечения определяет и дальнейшее продвижение в области использования данных дистанционного зондирования в качестве одного из основных источников информации для ГИС и ГК, особенно для оперативного и динамического картографирования.

Для ГК важно не только автоматизированное воспроизводство картографического изображения, но и автоматизация использования карт, например в ГИС, для создания новых карт, автоматизации исследований по картам. Дисплеи и графопостроители позволяют автоматизировать процесс проектирования и составления карт. И все же приоритетным остается создание компьютерной карты, печать картографических изображений и создание оригиналов и печатных форм. Все больше внимания уделяется применению картографических принципов оформления, моделированию цветных шкал, знаковых систем, формированию картографической семиотики. Однако постоянно возникает вопрос, действительно ли важен внешний вид карты; распространено утверждение, что компьютерные карты предназначены для непосредственного использования, а не для того, чтобы вешать их на стену или хранить в библиотеках, и поэтому не следует добиваться качества ручной картографии.

Изображение и составление карт в ГК должно многое позаимствовать из принципов традиционной картографии, однако ГИС-технологии открывают абсолютно новые возмож-

ности в этой области. Картографические изображения на экране обладают рядом преимуществ, которых нет в традиционном картосоставлении: возможность быстро строить разные варианты, преобразовывать системы координат, создавать трехмерные изображения и динамические фильмы и т. п. Это новое средство моделирования реальной действительности. В то же время, интерактивный способ, позволяющий сочетать различные принципы обработки, редактирования и корректуры, ручная генерализация с учетом взаимосвязей явлений и объектов ставят вопрос об эффективности распределения функций в системе «человек - машина». Инвариантной основой ГК остается комплексное географическое картографирование.

Картография, имеющая богатые традиции отображения пространственной информации на картах, на которые раньше была возложена и задача ее хранения, поставляет основные массивы данных для ГИС, поэтому методы картографии имеют для них основополагающее значение. В то же время можно выделить основные области ГИС-приложений для картографии - это новые типы использования карт, например, при построении динамических анимаций.

ГИС базируется на анализе картографической информации и позволяет преодолеть ограниченность «ручного» анализа. С другой стороны, появляется возможность составления производных карт по имеющимся, например: морфометрических карт на основе карт рельефа, карт изменений на основе разновременных карт. ГИС, использующая для создания слоев множество тематических карт, представляет хорошее средство согласования полученной с них информации.

Компьютерная картография разрабатывает методы цифрового представления характеристик географических объектов. Современные ГИС-пакеты обладают средствами форматирования карт и размещения надписей, огромными библиотеками знаков и шрифтов, управления дорогостоящими устройствами, обеспечивающими высокое качество конечной продукции.

Геоинформационное картографирование не сводится только к использованию ГИС-технологий. Это прежде всего картографирование объектов и явлений, основанное на методах анализа и синтеза их содержательной сущности.

Однако карты обладают ограниченными аналитическими средствами по сравнению с ГИС. В отличие от данных для ГИС, форма хранения картографических данных не обеспечивает, например, возможности анализа взаимосвязей между различными феноменами, если они не отображены на карте.

Перевод карт и других источников пространственной информации в цифровую форму ГИС открывает новые пути манипулирования географическими знаниями и их отображения (визуализации).

Карты для ГИС поставляют разную информацию, и в ГИС они используются по-разному. Топографические карты, показывающие контуры объектов на поверхности Земли, чаще всего являются основной для БД ГИС, для привязки и отображения другой дополнительной информации.

## **4.2. Цифровые карты и модели**

*Цифровая карта* - двумерная визуальная модель карты или поверхности Земли, отображаемая с помощью средств компьютерной графики в заданной картографической проекции и обладающая возможностью (в отличие от обычной карты) изменения масштаба отображения и изменением визуально отображаемых деталей (рис. 4.1.).

Цифровая карта может быть представлена в бумажном виде с помощью средств компьютерной полиграфии. Цифровая карта организована как совокупность слоев (покрытий карт-подложек). Многослойная организация цифровой карты при наличии механизма управления слоями позволяет объединить и отобразить не только большее количество информации, чем на обычной карте, но существенно упростить анализ пространственных объектов.

Таким образом, разбиение на слои позволяет решать задачи типизации и разбиения данных на типы, повышать эффективность интерактивной обработки и групповой автоматизированной обработки, упрощать процесс хранения информации в базах данных, включать автоматизированные методы пространственного анализа на стадии сбора данных и при моделировании, упрощать решение экспертных задач.

Цифровая карта может быть трехмерной моделью, но как карта она должна отвечать требованиям, предъявляемым к картам.

Цифровая карта наиболее удобна для простой визуальной обработки информации, так как по существу работает с двухмерными образами. Этот подход широко распространен на простых ГИС типа MapInfo, ArcView и т.п.

В отличие от цифровой карты *цифровая модель* представляет собой в общем случае трехмерную пространственную модель, неотягощенную специальными картографическими нагрузками и ограничениями (Бугаевский, 2000). Цифровая модель может содержать и отображать криволинейное пространство, в то время как цифровая карта это модель, приводимая к определенной картографической проекции.

Цифровую модель можно рассматривать как некий пространственный каркас, который служит основой для решения ряда задач, включая и построение карт. Цифровая модель (рис. 4.2 - 4.3) может в большей степени соответствовать реальной поверхности по сравнению с картой. Однако возможны случаи построения цифровых моделей в заданных картографических проекциях.

Цифровая модель имеет два основных вида.

Первый вид цифровой модели данных ГИС можно назвать *картографическим*. Он привязан к картографической проекции и представляет собой двух или трехмерную карту и также имеет базовый масштаб, базовую проекцию. В отличие от цифровой карты цифровая модель позволяет строить трехмерные визуализации и перспективные виды. Такой тип цифровых моделей характерен для крупных и средних масштабов.

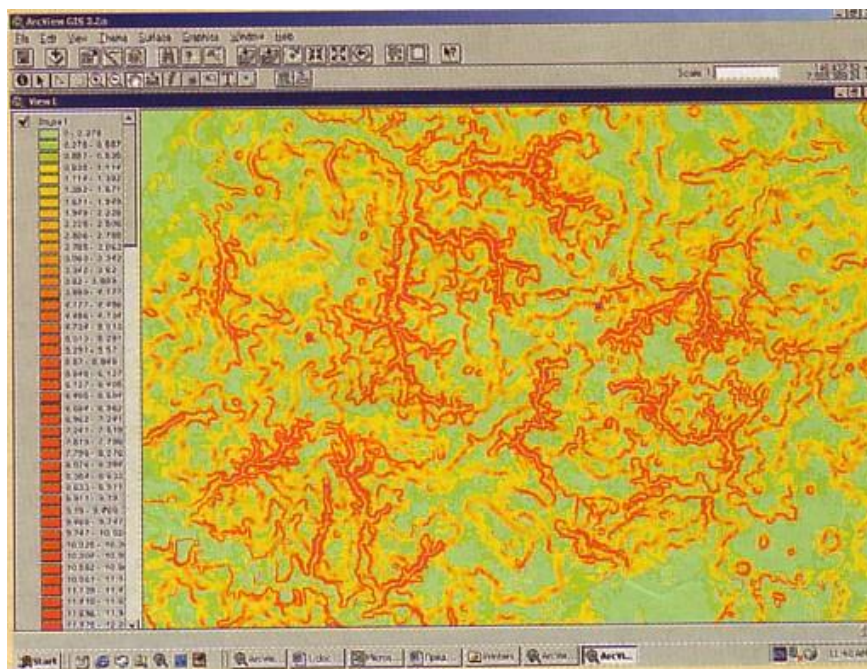


Рисунок 4.2.1. – Карта углов наклона земной поверхности

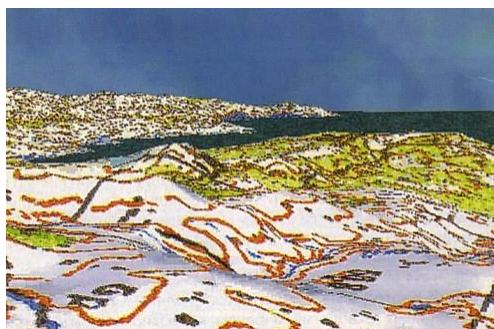


Рисунок 4.2.2. – 3D –моделирование

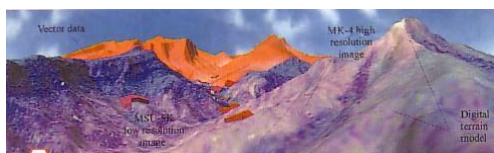


Рисунок 4.2.3. – 3D-модель, построенная с использованием топоосновы и космических снимков

Другой вид цифровых моделей можно назвать *пространственным*. Он «пришит» только к референц-эллипсоиду или геоиду и строится в криволинейной системе координат. Пространственная цифровая модель по существу может отображать криволинейную форму поверхности Земли. Поэтому для визуализации этого типа цифровых моделей необходимы аналитические проекционные преобразования. Этот тип цифровых моделей характерен для мелких масштабов, особенно для данных, получаемых в космических исследованиях.

Проблема сведения объектов на поверхности Земли в единую систему впервые решена только в ГИС. Для этого используется специальная теория математической картографии (Бугаевский, 1999). Это является качественным отличием ГИС от систем компьютерной графики и САПР.

*Электронный атлас* – это система электронных карт, созданных по общей программе как целостное произведение. Электронный атлас не просто набор различных электронных карт, не механическое их объединение, он включает в себя систему карт, органически увязанных между собой и друг друга дополняющих, систему, обусловленную назначением атласа и особенностями его использования.

### 4.3 Источники данных геоинформационного картографирования

Совокупность цифровых данных о пространственных объектах образует множество пространственных данных и составляет содержание баз географических данных. Данные, необходимые для создания карт и входящие в БД, можно подразделить на две группы - первичные и вторичные. *Первичные данные* - это данные, которые могут быть измерены непосредственно, например, путем выборочного обследования в полевых условиях или путем дистанционного зондирования. При этом «плотность» обследования определяет так называемое разрешение данных. Например, если пространственная выборка осуществляется через 1 км, останутся незафиксированными изменения, разрешение которых меньше 1 км, хотя выборка должна отражать характеристики, свойственные всем точкам территории. Разрешение данных, получаемых путем дистанционного зондирования определяется автоматически и зависит от технических характеристик съемки.

*Вторичные данные* - это данные, получаемые из уже имеющихся карт, таблиц или других баз данных.

Различаются данные о природных ресурсах и окружающей среде; социально-экономические и географической привязки.



Данные о природных ресурсах и окружающей среде можно подразделить на тематические и топографические.

Наибольшую часть тематических данных получают по тематическим картам. Другим источником таких данных служат аэро- и космические снимки. Дешифрирование снимков позволяет создать множество типов тематических карт (а также слоев БД ГИС), например, карты использования земель, карт растительности, почвенного покрова, сельскохозяйственных культур.

Источником топографических данных служат топографические карты. В настоящее время многие данные этого типа имеются и в цифровой форме, например, Роскартографией созданы для России цифровые карты масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000.

Пространственная привязка информации позволяет обобщать данные по географическому принципу, например, переходить от данных по отдельным городам к данным о регионе.

Еще один тип данных, появившийся вследствие развития ГИС, это данные географической привязки - географические материалы, представленные в виде базовых карт территориальных единиц и атласов, а также цифровые материалы - файлы границ, данные многоцелевого кадастра, координатные данные, получаемые системами спутникового позиционирования.

Вместе с данными нужно получать и так называемые метаданные - дополнительную информацию о процедурах сбора и компиляции данных, системах кодирования и точности приборов. Метаданные позволяют пользователю получить представление о дате получения информации и ее достоверности. К сожалению, подобная информация не всегда доступна, пользователь может не знать о том, как осуществлялись сбор и обработка данных до их введения в базу данных. Часто это ведет к неправильной трактовке данных, ложным представлениям об их точности.

Широкие возможности для получения данных открывают компьютерные сети. В сети Internet в настоящее время распространяются электронные карты и атласы, отсканированные печатные карты и снимки, мультимедийные изображения, динамические карты.

#### **4.4 Программное средство для геоинформационного картографирования – MapInfo Professional 6.5. SCP**

Для тематического картографирования широко используются сотни различных ГИС, решающих самые разнообразные задачи пользователей, среди которых наибольшее распространение получили так называемые настольные ГИС, ориентированные на использование персональных компьютеров и которым не нужна мощность и интеллектуальность полномасштабных ГИС. К ним можно отнести: Geodraw/ Geograph (Институт географии, Россия), AtlasGIS и WinGIS (США), Arcinfo и Mapinfo (США) и многие другие.

Рынок ГИС-пакетов, преимущественно зарубежных разработок, чрезвычайно обширен и продолжает наращиваться, особенно в направлении настольных картографических систем. Наибольшее распространение получили пакеты Arc View (ESRI) и Mapinfo (Mapinfo Corporation) - оба производства США. Из отечественных разработок наиболее распространены пакеты GeoDraw и GeoGraph Центра геоинформационных технологий ИГ РАН.

ПС (программные средства) ГИС — это широко развитые системы, использующие базы данных (организованные хранилища информации), где сведения об окружающей реальности характеризуются широким набором данных, собираемых различными методами и технологиями. ГИС не имеет себе равных по широте применения, так как используют их практически во всех отраслях и областях знаний в том числе и в тематической картографии.

Отличительная особенность *Mapinfo* - ее универсальность, т. е. система позволяет просматривать и обрабатывать графические изображения; осуществлять поиск по запросу и редактирование карт; производить построения картографических символов, диаграмм, работать с базами данных; подготавливать к печати и печатать карты.

*Mapinfo* - программный продукт Mapping Information Systems Corporation (США) - является классической настольной ГИС информационно-справочного типа.

*Mapinfo* позволяет получать информацию о месторасположении объекта по адресу или имени, находить пересечения улиц, границ, проставлять на карту объекты из базы данных. Система позволяет проводить специальный географический анализ карт (оверлей) и графическое редактирование.

*Mapinfo* поставляют как отдельным модулем, так и в сетевом варианте, в случае использования *Mapinfo* в сети, фирма обеспечивает дополнительное сетевое программное обеспечение. В последние комплекты системы входит компилятор языка для приложений MapBasic.

Система имеет три возможных типа окна для просмотра данных: *текстовое, картографическое и графическое* соответственно. На экране монитора одновременно могут присутствовать окна различного типа. Например, пользователь может иметь картографическое окно, показывающее изображение улиц города, и просматривать табличные данные, относящиеся к ним, в текстовом окне. Окно, имеющееся на экране, является активным. Если окон больше одного, то их объявляют связанными, так называемыми «горячими окнами». Это означает, что графический объект, соответствующая табличная запись которого выбрана в текстовом окне, будет подсвечен в картографическом и наоборот. Текстовое окно имеет вид таблицы, подобной электронной, со строками и столбцами. Каждая строка представляет собой запись, а каждая колонка определяет поле записи. Система позволяет добавлять, редактировать и уничтожать записи. Пользователь может отбирать нужные столбцы для просмотра в окне и менять их размер.

Картографическое окно при показе использует послойное изображение, как это принято во многих других ГИС. Характеристики каждого слоя могут быть показаны выборочно, отредактированы, показаны в порядке, устраивающем пользователя. Внешне картографическое окно оформляется так же, как и текстовое, оно снабжено возможностями горизонтального и вертикального прокручиваний для показа соседних областей. Графическое окно предназначено для работы с объектами типа точка, линия, сектор (полигон) и т. п.

*Mapinfo* - многооконная система с выпадающими меню, имеет интерактивный интерфейс, в котором применяются диалоговые окна и выпадающие списки выбора. В любой момент времени *Mapinfo* использует так называемую инструментальную палетку - маленькое окно, в котором находится список команд, доступных к текущий момент.

Система снабжена подробным руководством, приложением для пользователя и не требует длительной подготовки для начала работ. Руководство хорошо иллюстрировано, включает индексные ссылки и глоссарий. Кроме текстовой документации *Mapinfo* имеет модуль обучения работе с системой и контекстно зависимую подсказку, доступную в любой момент в течение сеанса работы. Инсталляция программного продукта происходит по схеме с защитой от копирования с помощью электронного ключа.

*Mapinfo* имеет специальный язык MapBasic, позволяющий писать пользовательские приложения, за счет которых может быть расширен перечень выполняемых системой функций. Работает *Mapinfo* в основном в своих собственных внутренних форматах данных. Это относится также и к тематическим данным, для формирования которых используются внешние базы данных. *Mapinfo* имеет развитые средства генерации отчетов, построения графиков и диаграмм, составления статистических карт.

Система может создавать иллюстративные тематические карты, имеет библиотеку условных знаков, шрифтов и заливок, допускает использование шкал для отображения качественных и количественных зависимостей, описанных в полях базы данных (интервал ступени шкалы задается пользователем), а также позволяет формировать легенду карты, снабжать ее подписями, редактировать изображение.

*Mapinfo* использует два подхода в поиске данных. В первом случае у пользователя запрашивается логическое выражение для поиска, или спецификация поля. Логическое выражение может быть встроено, а может быть составлено из набора, предлагаемого выпадаю-

щими меню. Набор содержит широкий ряд операций и математических функций. Во втором случае используется язык SQL, с помощью которого строится запрос на проверку или поиск. Как и в первом случае, пользователь может осуществить типовой выбор или построить выражение или группу выражений языка при помощи наборов из выпадающих меню. Примечательно, что система снабжена возможностью предварительной проверки правильности синтаксиса набранного выражения. Найденные записи могут быть показаны в картографическом и текстовом окнах, выведены на принтер, плоттер, сохранены в файле или отдельной таблице. Точки, линии и полигоны могут быть помечены на экране согласно их атрибутивным значениям. Поиск и проверки могут быть осуществлены как в пакетном, так и в интерактивном режиме.

Более подробное знакомство с ПС *Mapinfo* предусмотрено на лабораторно-практических занятиях по ГИС – картографированию.

### **III. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Лабораторные работы по дисциплине «Геодезия с основами картографии» выполняются студентами очного, заочного и заочного с применением дистанционных образовательных технологий обучения, обучающихся по направлению подготовки 35.03.10 – Ландшафтная архитектура.

Изучив методы и средства ведения инженерно-геодезических и изыскательских работ, системы координат, классификацию и основы построения опорных геодезических сетей, сведения из теории погрешностей геодезических измерений, геоинформационные и кадастровые информационные системы, способы определения площадей и перенесения проектов в натуру, приемы и методы обработки геодезической и картографической информации для целей ландшафтного проектирования и градостроительной деятельности студенты в ходе выполнения лабораторных работ закрепляют полученные навыки по проектированию и картографированию объектов ландшафтного дизайна.

Работы оформляются по общепринятым правилам и должны включать в себя:

- титульный лист;
- оглавление;
- наименование, исходные данные и решение лабораторных работ;
- список использованных источников.

Работа обязательно подписывается студентом.

В методических указаниях приводятся 30 контрольных вопросов. Номер вопроса должен соответствовать последней цифре номера зачетной книжки студента или выдаваться преподавателем.

Варианты для лабораторных работ приводятся ниже в описании работ.

## Лабораторная работа № 1

### Работа с картой

Цель работы: - научиться пользоваться планом (картой) для решения различных прикладных задач, определять координаты точек и измерять ориентирующие углы, а также строить профили линий по горизонталям.

Материалы, приборы и принадлежности – карта масштаба 1:50 000, чертежные инструменты, транспортир.

Задание:

1. Определить географические координаты ( $\varphi, \lambda$ ) двух заданных точек.
2. Определить прямоугольные координаты ( $x, y$ ) двух точек.
3. Измерить дирекционный угол ( $\alpha$ ) заданного направления по карте.
4. Определить истинный и магнитный азимуты ( $A_{и}, A_{м}$ ) заданного направления.
5. Построить профиль линии по отметкам горизонталей.

#### Основные понятия и формулы

#### Определение координат точек по карте

При решении различных инженерно-технических задач по карте часто возникает необходимость определения географических (геодезических) и прямоугольных координат точек или нанесения точек по известным координатам на карту. Для решения этих вопросов используется градусная и километровая сетка карты.

*Определение географических координат.* Чтобы определить географические координаты заданной точки, надо провести через эту точку линии, параллельные рамке карты, до пересечения с ней, подсчитать число минут и секунд по широте и долготе от юго-западного угла рамки и прибавить эти величины к географическим координатам юго-западного угла рамки (рисунок 8.1).

Например:  $\varphi_A = 52^{\circ}50'00'' + 00^{\circ}02'40'' = 52^{\circ}52'40''$ ;  $\lambda_A = 11^{\circ}15'00'' + 00^{\circ}02'15'' = 11^{\circ}17'15''$

*Определение прямоугольных координат.* Чтобы определить прямоугольные координаты заданной точки в метрах, надо измерить расстояния в  $m$  от этой точки до южной (по оси абсцисс) и западной (по оси ординат) координатных линий, ограничивающих километровый квадрат, в котором располагается данная точка, и сложить эти величины с координатами юго-западного угла километрового квадрата (рисунок 1).

Например:  $X_A = 5\ 862\ 000 + 410 = 5\ 862\ 410\ m$ ;  $Y_A = 2\ 654\ 000 + 650 = 2\ 654\ 650\ m$

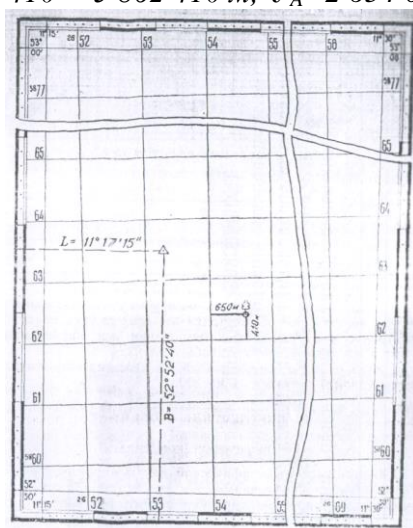


Рисунок 1 - Определение географических и прямоугольных координат

### Определение углов ориентирования

Направления на местности могут быть заданы (или определены) истинным (географическим) азимутом  $A$ , магнитным азимутом  $A_m$ , или дирекционным углом  $\alpha$ .

**Истинным азимутом** называется угол, образованный северным направлением истинного (географического) меридиана и заданным направлением.

**Магнитным азимутом** называется угол, образованный северным направлением магнитной стрелки буссоли и заданным направлением.

**Дирекционным углом** называется угол, образованный северным направлением координатной сетки (осью абсцисс) и заданным направлением.

Отсчет азимутов и дирекционных углов ведется по часовой стрелке от меридиана (координатной сетки) до заданного направления от 0 до 360°.

В общем случае географический и магнитный меридианы и ось абсцисс координатной сетки, проведенные через данную точку местности, не совпадают, а образуют углы.

Угол, образованный истинным и магнитным меридианами, называется **магнитным склонением  $\delta$** .

Угол, образованный истинным меридианом и осью абсцисс координатной сетки, называется **сближением меридианов  $\gamma$** .

В зависимости от того, к западу или к востоку от истинного меридиана отклоняются магнитный меридиан или ось абсцисс координатной сетки, сближение меридианов и магнитное склонение могут быть западными или восточными соответственно, со знаками «+» или «—».

Для измерения дирекционного угла по карте центр транспортира совмещается с точкой пересечения заданного направления  $AB$  (рисунок 2) с координатной сеткой. Ноль транспортира совмещается с северным направлением координатной сетки. Дирекционный угол отсчитывается по шкале транспортира там, где шкалу пересекает заданное направление.

Зависимость между  $A$ ,  $A_m$  и  $\alpha$  определяется формулами:

$$A = A_m + (\pm\delta); \quad A = \alpha + (\pm\gamma);$$

$$\alpha = A_m + (\pm\delta) - (\pm\gamma);$$

$$A_m = \alpha + (\pm\gamma) - (\pm\delta);$$

Например: По карте измерен дирекционный угол направления  $\alpha = 245^\circ 30'$ ; магнитное склонение восточное  $\delta = +5^\circ 12'$ ; сближение меридианов западное  $\gamma = -1^\circ 32'$ . Определить истинный азимут  $A$  и магнитный азимут  $A_m$  этого направления.

$$A = \alpha + (\pm\gamma) = 245^\circ 30' + (-1^\circ 32') = 243^\circ 58';$$

$$A_m = \alpha + (\pm\gamma) - (\pm\delta) = 245^\circ 30' + (-1^\circ 32') - (+5^\circ 12') = 238^\circ 46', \text{ или}$$

$$A_m = A - (\pm\delta) = 243^\circ 58' - (+5^\circ 12') = 238^\circ 46'.$$

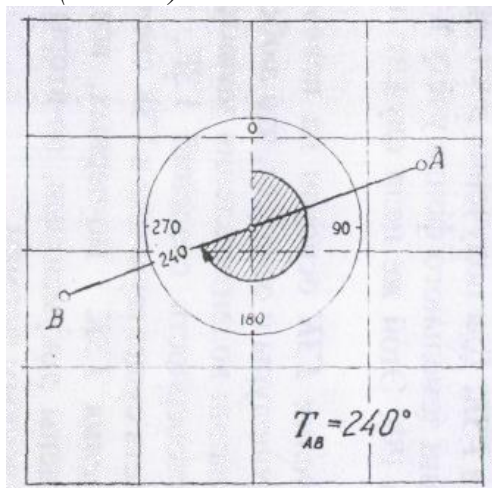


Рисунок 2 - Принцип измерения дирекционного угла линии

Номер варианта	Дирекционный угол $\alpha$	Магнитное склонение $\delta$	сближение меридианов $\gamma$	истинный азимут $A$	магнитный азимут $A_M$
1	145°30'	-0°45'	+0°40'		
2	278°25'	+0°45'	-0°40'		
3	30°58'	-1°28'	+0°23'		
4	75°10'	+1°28'	-0°23'		
5	56°20'	-4°32'	+2°26'		
6	30°45'	+4°32'	-2°26'		
7	176°14'	-0°45'	-0°40'		

*Построение профиля по отметкам горизонталей*

**Профилем** называется чертёж, изображающий разрез местности вертикальной плоскостью.

Профиль строится в двух разных масштабах. Обычно горизонтальный масштаб принимается равным масштабу карты, а вертикальный в десять или двадцать раз крупнее, т. е. соотношение между вертикальным и горизонтальным масштабами должно быть равно 1:10 или 1:20.

На листе миллиметровки проводят линию, по которой откладывают отрезок линии, взятой на карте между начальной и конечной точками профиля (точки  $A$  и  $B$ , рисунок 3). Между этими точками циркулем или с помощью бумажной полоски откладывают точки пересечения линии  $AB$  с горизонталями, а также характерными точками рельефа: впадинами, вершинами, седловинами, водоразделами, водосливами. Ниже линии размещают графы с номерами и отметками точек. Отметки горизонтали выписывают с карты, а отметки характерных точек между горизонталями определяют интерполированием.

Из точек восстанавливают перпендикуляры (или пользуются миллиметровкой) и откладывают в масштабе отметки точек. При этом отметки откладывают не от нуля, а от так называемой линии условного горизонта, отметка которого берется на 10 м меньше самой минимальной отметки точек и округляется до 10 м.

Например,  $H_{min} = 125,50$  м. Тогда  $H_{УГ} = 110$  м. Полученные точки соединяют плавной линией.

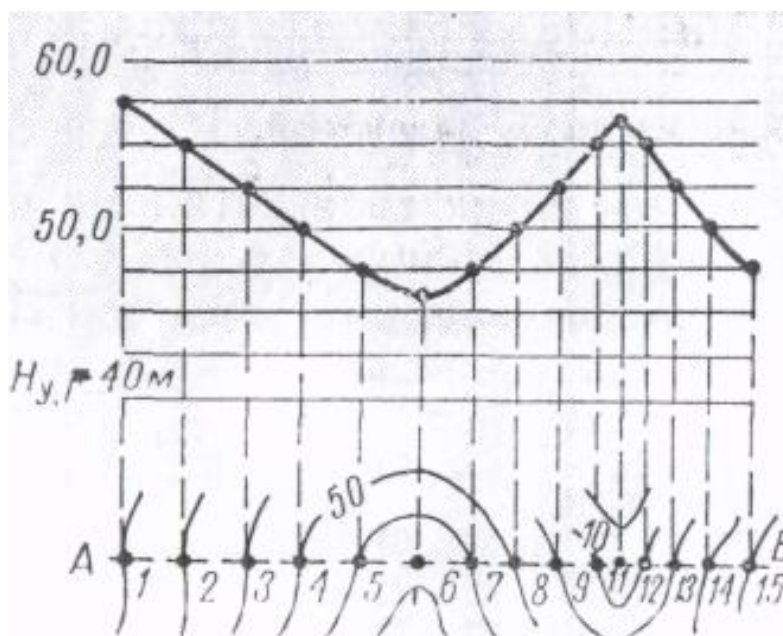


Рисунок 3 - Принцип построения профиля по горизонталям

Вопросы:

1. Какой порядок определения географических координат?
2. Какой порядок определения прямоугольных координат?
3. Что такое дирекционный угол?
4. Какой порядок измерения по карте дирекционного угла заданного направления?
5. Что такое истинный азимут и как он образуется?
6. Что такое магнитный азимут и как он образуется?
7. Что такое магнитное склонение?
8. Что такое сближение меридиан?
9. Порядок определения истинного и магнитного азимута заданного направления.
10. Что такое горизонталь и что она характеризует?
11. Дать определение понятию профиль.
12. Какой порядок построения профиля по горизонталям?



## Лабораторная работа № 2

### Масштабы

Цель работы: - ознакомиться с различными видами масштабов, научиться пользоваться ими, вычислять и строить их.

Материалы, приборы и принадлежности – карта масштаба 1:50 000, чертежные инструменты.

Задание:

1. Определить численный масштаб по длинам соответствующих отрезков на плане (карте) и на местности по исходным данным (таблица 1).
2. Построить линейный масштаб, когда дан соответствующий численный масштаб (таблица 2).
3. Построить поперечный масштаб на основе известного численного масштаба.
4. На поперечном масштабе отложить заданные отрезки на основе известного численного масштаба (таблица 3).

### Основные понятия и формулы

**Масштабом** топографического плана (карты) называется степень уменьшения длин линий на плане (карте) относительно горизонтальных проекций (проложений) соответствующих им линий на местности.

$$\frac{1}{M} = \frac{d_n}{d_m} = \frac{1}{d_m : d_n};$$

где М – знаменатель масштаба плана (карты);

$d_n$  – длина линии на плане (карте);

$d_m$  – длина горизонтальной проекции соответствующей линии на местности.

Масштаб, выраженный дробью, называется **численным**.

У дроби числитель равен единице, а знаменатель показывает, во сколько раз уменьшены проекции линий местности при нанесении их на план (карту).

**Линейный масштаб** представляет графическое изображение численного масштаба в виде прямой линии, на которой отложены равные отрезки, называемые каждый в отдельности основанием масштаба и соответствующие определенной длине линии местности (рисунок 1).

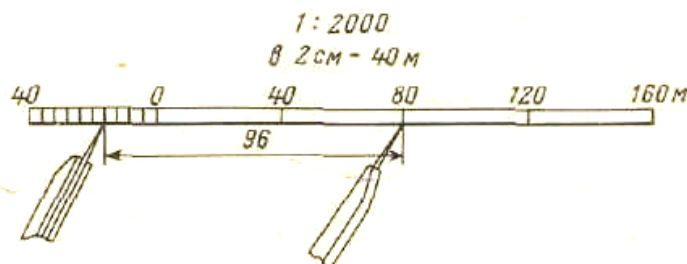


Рисунок 1 - Линейный масштаб

**Поперечный масштаб** – номограмма, позволяющая определять и откладывать расстояния с большей точностью, чем по линейному масштабу.

Поперечный масштаб гравирован на металлических пластинках и употребляют при построении планов и карт. Его создают путем прочерчивания на одинаковом расстоянии друг от друга одиннадцати параллельных линий. Перпендикулярно этим линиям прочерчивают линии основания масштаба, обычно через 2 см. Крайний левый отрезок делят на десять одинаковых частей, после чего соединяют нулевое нижнее деление с первым верхним, первое нижнее со вторым верхним и т.д. (рисунок 2).

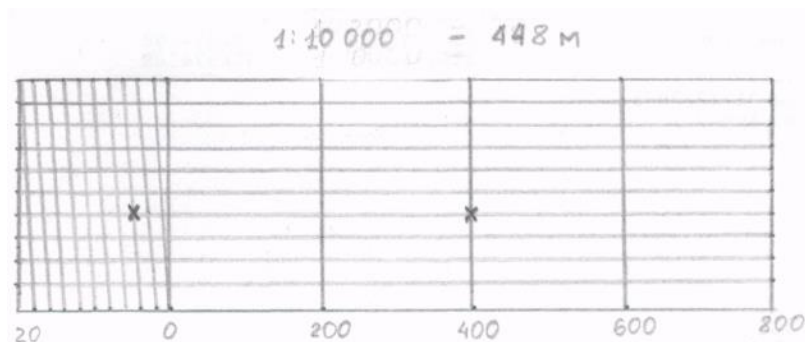


Рисунок 2 - Поперечный масштаб

Основание линейного или поперечного масштабов находится из пропорции:

$$2 : l_n = M_c : M$$

Откуда

$$l_n = 2 M / M_c,$$

где  $l_n$  - основание поперечного масштаба, см;

$M_c$  – знаменатель масштаба снимка, старого плана (карты).

Варианты заданий

1. Определение численного масштаба по длинам соответствующих отрезков на плане (карте) и на местности.

Таблица 1

№ вариантов	Длины линий		№ вариантов	Длины линий	
	$d_{np}$ см	$d_{mb}$ м		$d_{np}$ см	$d_{mb}$ м
1	2,60	13	16	4,25	85
2	2,40	24	17	2,85	5700
3	3,55	71	18	3,80	950
4	4,42	221	19	2,08	10400
5	5,22	522	20	5,54	277
6	4,54	1135	21	3,12	6240
7	2,84	1420	22	2,24	560
8	2,92	2920	23	5,80	29
9	1,98	3960	24	6,92	346
10	2,72	13600	25	1,95	1950
11	1,86	1860	26	3,70	37
12	3,10	31	27	3,62	1810
13	3,80	19	28	4,05	405
14	4,62	462	29	3,65	73
15	3,14	1570	30	1,29	6450

2. Для построения линейного масштаба численный масштаб принимается равным найденному в пункте 1.

3. Построение поперечного масштаба

Таблица 2

№ вариант в	Численный масштаб	№ вариант ов	Численный масштаб	№ вариант ов	Численный масштаб
1.	1:1 000	11.	1:200 000	21.	1:50 000
2.	1:500	12.	1:500 000	22.	1:100 000
3.	1:200	13.	1:100	23.	1:200 000
4.	1:100	14.	1:200	24.	1:500 000
5.	1:2 000	15.	1:500	25.	1:10 000
6.	1:10 000	16.	1:1 000	26.	1:1 000
7.	1:50 000	17.	1:2 000	27.	1:500
8.	1:5 000	18.	1:5 000	28.	1:200
9.	1:25 000	19.	1:10 000	29.	1:100
10.	1:100 000	20.	1:25 000	30.	1:2 000

## 4. На поперечном масштабе отложить отрезки на основе численного масштаба

Таблица 3

№ вариантов	Численный масштаб	Длины отрезков	№ вариантов	Численный масштаб	Длины отрезков
1.	1:100	1,20	16.	1:100	7,20
	1:500	5,20		1:500	31,20
	1:2 000	20,20		1:2 000	141,40
2.	1:200	2,40	17.	1:200	14,40
	1:1 000	10,20		1:1 000	61,20
	1:5 000	25,20		1:5 000	151,20
3.	1:1 000	71,40	18.	1:1 000	51,00
	1:2 000	20,20		1:2 000	121,20
	1:5 000	151,20		1:5 000	126,00
4.	1:100	2,40	19.	1:100	2,40
	1:500	10,40		1:500	36,40
	1:2 000	40,60		1:2 000	40,60
5.	1:200	4,80	20.	1:200	2,40
	1:1 000	20,40		1:1 000	71,40
	1:5 000	50,40		1:5 000	176,40
6.	1:1 000	51,00	21.	1:1 000	40,80
	1:2 000	141,40		1:2 000	81,00
	1:5 000	100,80		1:5 000	100,80
7.	1:100	3,60	22.	1:100	4,80
	1:500	15,60		1:500	10,40
	1:2 000	60,80		1:2 000	81,00
8.	1:200	7,20	23.	1:200	7,20
	1:1 000	30,60		1:1 000	30,60
	1:5 000	75,60		1:5 000	50,40
9.	1:1 000	30,60	24.	1:1 000	30,60
	1:2 000	81,00		1:2 000	60,80
	1:5 000	50,40		1:5 000	75,60
10.	1:100	4,80	25.	1:100	7,20
	1:500	20,80		1:500	20,80
	1:2 000	81,00		1:2 000	141,40
11.	1:200	9,60	26.	1:200	12,00
	1:1 000	40,80		1:1 000	51,00
	1:5 000	100,80		1:5 000	100,80
12.	1:1 000	71,40	27.	1:1 000	20,40
	1:2 000	40,60		1:2 000	40,60
	1:5 000	176,40		1:5 000	50,40
13.	1:100	6,00	28.	1:100	4,80
	1:500	26,00		1:500	31,20
	1:2 000	121,20		1:2 000	20,20
14.	1:200	12,00	29.	1:200	14,40
	1:1 000	51,00		1:1 000	71,40
	1:5 000	126,00		1:5 000	151,20
15.	1:1 000	61,20	30.	1:1 000	10,20
	1:2 000	141,40		1:2 000	20,20
	1:5 000	151,20		1:5 000	25,20

Вопросы:

1. Дать определение понятию масштаб.
2. Дайте определение что такое численный масштаб?
3. Дайте определение что такое линейный масштаб?
4. Дайте определение что такое поперечный масштаб?
5. Расскажите порядок определения численного масштаба
6. Расскажите порядок построения линейного масштаба.
7. Расскажите порядок построения поперечного масштаба.

## Лабораторная работа № 3

### Определение площади

Цель работы: - ознакомиться с различными способами определения площадей.

Материалы, приборы и принадлежности – топографический план, ведомость координат вершин замкнутого теодолитного хода, калька, чертежные инструменты, калькулятор.

Задание:

1. Вычислить площадь замкнутого полигона аналитическим и графическим способами.
2. Записать результаты.

#### Основные понятия и формулы

#### **Определение площади аналитическим способом**

Если по результатам измерений на плане (карте) определены координаты вершин замкнутого многоугольника, то площадь последнего может быть определена аналитическим способом.

Пусть известны прямоугольные координаты вершин треугольника 1-2-3. Опустив из его вершин перпендикуляры на ось  $Oy$ , площадь треугольника можно представить как алгебраическую сумму площадей трех трапеций: I - (1'-1-2-2') II - (2'-2-3-3') и III-(1'-1-3-3'), т. е.

$$S = S_I + S_{II} + S_{III}.$$

Площади рассматриваемых трапеций определяются так:

$$S_I = \frac{1}{2} (x_1 + x_2) (y_2 - y_1)$$

$$S_{II} = \frac{1}{2} (x_2 + x_3) (y_3 - y_2)$$

$$S_{III} = \frac{1}{2} (x_1 + x_3) (y_3 - y_1)$$

Тогда удвоенная искомая площадь треугольника 1-2-3 будет равна

$$2S = (x_1 + x_2) (y_2 - y_1) + (x_2 + x_3) (y_3 - y_2) - (x_1 + x_3) (y_3 - y_1)$$

отсюда

$$2S = x_1 (y_2 - y_3) + x_2 (y_3 - y_1) + x_3 (y_1 - y_2)$$

или

$$2S = y_1(x_3 - x_2) + y_2 (x_1 - x_3) + y_3 (x_2 - x_1)$$

В общем виде

или

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=3} x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$$

Для контроля вычисления производят по обеим формулам.

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=3} y_i (x_{i+1} - x_{i-1})$$

Если координаты точек получены по результатам измерений на местности, то точность способа повышается, так как при этом на точность вычисления площади влияют лишь погрешности угловых и линейных измерений на местности. Так, при измерении углов с точностью 1' и длин линий с точностью 1:2000 относительная погрешность определения площади составит примерно 1 : 1500.

#### **Определение площади графическим способом**

сущность графического способа состоит в том, что площадь участка на плане разбивается на простейшие геометрические фигуры - прямоугольники трапеции, треугольники. По формулам геометрии определяют площади отдельных фигур и подсчитывают общую площадь участка. Наилучшим вариантом разбивки является деление участка на равносторонние треугольники. Точность определения площади участка зависит от числа взятых фигур и углов границы участка. Точность измерения повышается в результате повторных

измерений и при новой разбивке участка на другие фигуры. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из всех измерений.

Как правило, конфигурации участков леса, пашен, лугов, болот и т.д. имеют неправильные геометрические формы. Поэтому для измерения площадей небольших участков с криволинейным контуром применяют квадратные или параллельные палетки на прозрачном материале (рисунок 1 а, б).

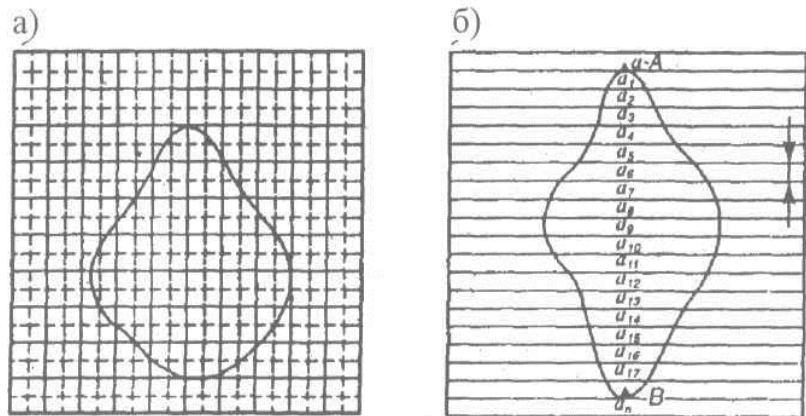


Рисунок 1 – Палетки: а - квадратная; б – параллельная

Квадратная палетка представляет собой квадрат со стороной 1 дм, который разбит на сеть средних квадратов со стороной 1 см, средние квадраты разбиты на сеть малых квадратов со стороной 2-5 мм.

Площадь участка определяется подсчетом больших, средних и малых квадратов, заключенных в фигуру участка. Для повышения точности и контроля измерение площади участка следует производить повторно, меняя положение палетки относительно контура участка.

Недостатком применения квадратных палеток является то, что доли палеток оцениваются на глаз и подсчет числа клеток затруднителен. Этого недостатка можно избежать при применении параллельных палеток (рисунок 8.25, б).

Здесь параллельные линии проведены на расстоянии 5 мм одна от другой. Палетку накладывают на криволинейный контур участка так, чтобы какие-нибудь две линии палетки касались контура (А и В). В этом случае можно считать, что площадь участка разбивается палеткой на ряд трапеций с основаниями  $a_1, a_2, \dots, a_n$  и постоянной высотой  $h$ .

Крайние части палетки с точками А и В следует считать трапециями с основаниями, равными нулю. Общая площадь участка  $S$  будет равна:

$$S = h (a_1 + a_2 + \dots + a_n)$$

### Определение площади механическим способом

При измерении больших площадей участков с криволинейным контуром применяют механический способ. Площадь определяется по плану (карте) при помощи специальных приборов - планиметров. В настоящее время механические планиметры заменили электронные. Результаты измерений отражаются на жидкокристаллическом дисплее. Цифровая клавиатура позволяет вводить пользовательский масштаб, в котором определяется площадь измеряемой фигуры. Выпускают несколько моделей электронных планиметров, позволяющих измерять площади по картам с ошибкой 0,2%.

Вопросы:

1. Назовите какие существуют способы определения площади?
2. Какие особенности, в чем преимущества или недостатки каждого из способов?

3. Какой порядок определения площади аналитическим способом?
4. В чем сущность и порядок определения площади графическим способом?
5. Объясните последовательность определения площади механическим способом?
6. С помощью каких приборов и принадлежностей осуществляется определение площади на плане или карте?

### Устройство теодолита 2Т30

Цель работы – ознакомиться с назначением и техническими характеристиками теодолита, изучить устройство основных частей прибора.

Материалы, приборы и принадлежности – штатив, отвес, теодолит, чертежные инструменты.

Задание:

1. Изучить устройство теодолита.
2. Установить прибор в рабочее положение.
3. Произвести визирование на точку.
4. Взять отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита, полученные отсчеты показать на зарисованных отсчетных устройствах теодолитов Т30 и 2Т30.

Основные понятия

Теодолит - прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов (рис. 1).

*Классификация теодолитов.* Теодолиты различаются по точности и по виду отсчетных устройств.

В зависимости от точности измерения горизонтальных углов теодолиты разделяются на 3 типа:

- Высокоточные – для измерения углов одним приемом со среднеквадратической ошибкой не более  $\pm 2''$ .
- Точные – для измерения углов для измерения углов одним приемом со среднеквадратической ошибкой не более  $\pm 5''$ .
- Технические – для измерения углов в теодолитных и тахеометрических ходах и съемочных сетях одним приемом со среднеквадратической ошибкой не более  $\pm 15 \div 30''$ .

*Примечание:* В условных обозначениях теодолитов цифра означает среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла одним приемом в секундах (для Т 30 и 2Т30 = 30").

По виду отсчетных устройств различают:

- Верньерные.
- Оптические.

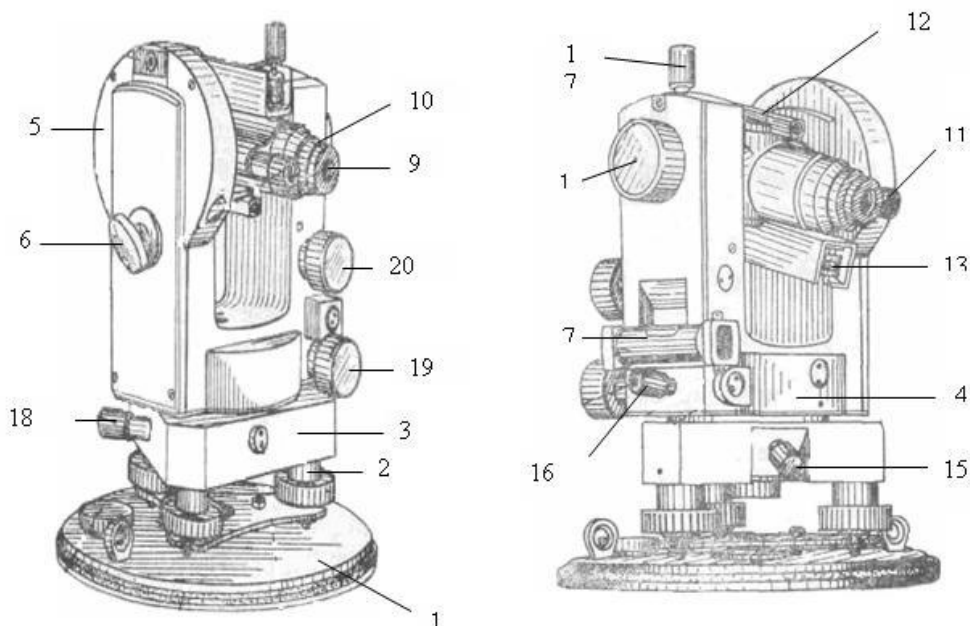


Рисунок 1 - Устройство теодолита 2Т30



1. основание;
2. 3 подъемных винта;
3. подставка;
4. горизонтальный круг: лимб и алидада;
5. вертикальный круг: лимб и алидада;
6. зеркало подсветки;
7. уровень при алидаде горизонтального круга;
8. объектив;
9. окуляр;
10. диоптрийное кольцо окуляра;
11. окуляр микроскопа;
12. визир;
13. уровень при трубе;
14. кремальера;
15. закрепительный винт лимба;
16. закрепительный винт алидады;
17. закрепительный винт трубы;
18. наводящий винт лимба;
19. наводящий винт алидады;
20. наводящий винт трубы.

Отсчетные устройства в виде верньеров использовались в теодолитах с металлическими кругами (ТТ-5 и др.).

Оптические теодолиты – это теодолиты со стеклянными угломерными кругами и оптическими устройствами: в них с помощью оптической системы изображения горизонтального и вертикального кругов передаются в поле зрения специального микроскопа.

В комплект теодолита также входит штатив со станковым винтом и отвесом.

### Отсчетные устройства теодолитов



Цена деления =  $10'$   
Точность взятия отсчетов -  $1'$   
Отсчеты:  
- по вертикальному кругу -  $358^{\circ} 48'$   
- по горизонтальному кругу -  $70^{\circ} 05'$



Цена деления =  $5'$   
Точность взятия отсчетов -  $0,5'$   
Отсчеты:  
- по вертикальному кругу -  $0^{\circ} 25'$   
- по горизонтальному кругу -  $125^{\circ} 05'$

Рисунок 2 - Отсчетные устройства Т30, 2Т30

### Установка теодолита в рабочее положение

Перед началом измерений теодолит устанавливается над точкой в рабочее положение, т.е. производится центрирование над точкой, горизонтирование и установку зрительной трубы для наблюдений.

*Центрирование* – центр лимба горизонтального круга совмещаются с отвесной линией, проходящей через точку стояния прибора. Центрирование может быть выполнено с

помощью нитяного отвеса либо оптического центрира: штатив устанавливается так, чтобы отвес оказался приблизительно над точкой, а головка штатива была примерно горизонтальна. Затем, ослабив становой винт, теодолит перемещают по головке штатива до положения, когда острое отвеса будет находиться над точкой, после этого становой винт закрепляют.

(При центрировании с помощью оптического центрира теодолит перемещают по головке штатива до тех пор, пока в поле зрения центрира центр точки не совпадает с центром сетки нитей).

*Горизонтирование* – приведение оси вращения теодолита в отвесное положение, а плоскость лимба – в горизонтальное. Предварительное горизонтирование прибора грубо достигается при установке штатива, а точное приведение выполняется подъемными винтами с использованием цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга:

Алидаду горизонтального круга ставят параллельно двум подъемным винтам (любым) и вращая их в разных направлениях, приводят пузырек уровня на середину. Затем поворачивают алидаду примерно на  $90^\circ$  и третьим подъемным винтом снова приводят пузырек на середину. Далее уровень возвращают в первоначальное положение и, если пузырек ушел из середины, то подправляют уровень подъемными винтами. Поворачивают алидаду на  $180^\circ$  и проверяют положение пузырька.

*Установка трубы по глазу наблюдателя* – Для этого вращением диоптрийного кольца окуляра добиваются четкого изображения сетки нитей, а вращением диоптрийного кольца микроскопа добиваются четкого изображения делений оцифровки на лимбах вертикального и горизонтального кругов.

Вопросы:

1. Дать определение понятию теодолит и его назначению.
2. В зависимости от чего принято делить теодолиты на типы?
3. Назовите типы теодолитов.
4. Расскажите устройство теодолита 2 Т30.
5. Как устроено отсчетное устройство теодолита?
6. Каким образом осуществляется отсчет в теодолите.
7. Дайте определение понятию центрирование.
8. Дайте понятие определению горизонтирование.
9. Что такое установка трубы по глазу наблюдателя или фокусировка?
10. Опишите порядок установки теодолита в рабочее положение.

### Измерение горизонтальных углов

Цель работы: - ознакомиться с основными способами измерения углов, измерить горизонтальный и вертикальный угол.

Материалы, приборы и принадлежности – штатив, отвес, теодолит, чертежные инструменты, журнал для измерения углов.

Задание:

1. Привести теодолит в рабочее положение.
2. Измерить горизонтальный угол.
3. Измерить вертикальный угол.
4. Результаты измерений записать в журнал.

#### Основные понятия и формулы

Горизонтальный угол ( $\beta$ ) – это ортогональная проекция пространственного угла местности на горизонтальную плоскость (рисунок 1).

Вертикальный угол - состоит из угла наклона и зенитного расстояния.

Угол наклона ( $\nu$ ) – разность двух направлений в вертикальной плоскости, т.е. угол между горизонтальной плоскостью и направлением на точку.

Зенитное расстояние ( $z$ ) – вертикальный угол между отвесной линией и направлением на точку.

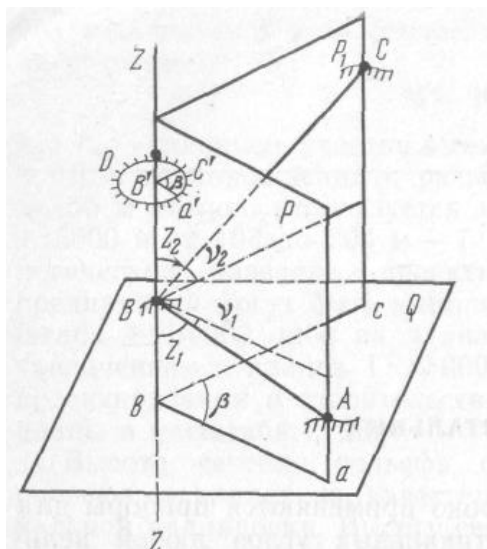


Рисунок 1 – Принцип измерения углов

### Измерение горизонтального угла

В зависимости от конструкции приборов, условий измерений и предъявляемых к ним требований применяются следующие способы измерения горизонтальных углов:

1. способ приемов (способ отдельного угла) – для измерения отдельных углов при проложении теодолитных ходов, выносе проектов в натуру и т.д.
2. способ круговых приемов – для измерения углов из одной точки между тремя направлениями и более в сетях триангуляции и полигонометрии 2 и более низких классов (разрядов).
3. способ повторений – для измерения углов, когда необходимо повысить точность окончательного результата измерения путем ослабления влияния погрешностей отсчитывания; используется при работе с техническими повторительными теодолитами.

В геодезии измеряют правые или левые по ходу горизонтальные углы.

### Порядок измерения горизонтального угла способом приемов

В вершине измеряемого угла  $c$  (рисунок 8.9) устанавливают теодолит и приводят его в рабочее положение, а на правой  $a$  и левой  $b$  точках устанавливают вехи. Вехи устанавливают обычно за точками вдоль измеряемых направлений с точностью  $\pm 5$  мм и по возможности вертикально. Крест сетки нитей трубы при измерении горизонтальных углов наводят на основание вехи, чтобы избежать ошибок за ее наклон.

Для исключения грубых ошибок и повышения точности измерений угла его значение получают из двух полуприемов: при круге право (КП) и при круге лево (КЛ). (Положение, при котором вертикальный круг находится справа от наблюдателя, смотрящего в окуляр, «круг право»).

*Первый полуприем.* Измерения начинают при КП. Для измерения угла закрепляют лимб, открепляют алидаду и трубу и наводят зрительную трубу по оптическому визиру на правую (заднюю) точку. Затем закрепляют зажимные винты алидады и трубы и отфокусировав зрительную трубу (кремальерой) по предмету, выполняют точное визирирование с помощью наводящих винтов трубы и алидады. Осветив зеркалом, поле зрения отсчетного микроскопа, берут отсчет  $a$  по горизонтальному кругу и записывают его в журнал (таблица 1).

Таблица 1

Журнал измерения горизонтальных углов

Точка стояния	Точки визирирования	КЛ	КП	среднее значение угла $\beta$

Открепив алидаду и трубу, визируют на левую (переднюю) точку и по аналогии с предыдущим берут отсчет  $b$ . Значение угла  $\beta$  вычисляют как разность двух отсчетов – правый (задний) минус левый (передний):  $\beta_{КП} = a - b$  (получив при этом правый по ходу угол).

*Второй полуприем.* Открепляют лимб и смещают его примерно на  $90^\circ$ , закрепляют лимб. Затем открепляют алидаду и поворачивают ее на  $180^\circ$ , а зрительную трубу переводят через зенит и при другом круге (КЛ) повторяют измерения. Вычисляют значение угла при КЛ.

*Примечание:* В случае если отсчет на правую (заднюю) точку меньше отсчета на левую (переднюю) точку, то при вычислении угла к нему прибавляют  $360^\circ$ .

*Контроль.* Расхождение результатов измерений по первому и второму полуприемам не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита

$$\beta_{КЛ} - \beta_{КП} \leq 2t$$

(Для теодолитов: Т 30 -  $\pm 2'$ ; 2 Т 30 -  $\pm 1',0$ )

Если расхождение допустимо, то за окончательный результат принимают среднее значение угла

$$\beta = (\beta_{КЛ} - \beta_{КП})/2$$

*Примечание:* измерение и вычисление левого по ходу горизонтального угла производится в аналогичной последовательности с той лишь разницей, что левый по ходу угол в каждом полуприеме рассчитывается как разность отсчетов на левую (переднюю) и правую (заднюю) точки,  $\beta = b - a$ .

Все вычисления в полевом журнале вплоть до вывода среднего значения угла выполняются до снятия теодолита со станции.

## Измерение углов наклона

В геодезии углы наклона линий в зависимости от их расположения относительно линии горизонта могут быть положительными и отрицательными.

При измерении вертикальных углов, так же как и горизонтальных, приходится наводить крест сетки нитей на визирные знаки. Обычно эти знаки представляют собой переносные или постоянные вехи, на которых отмечена точка визирования.

Теодолит устанавливают над точкой, приводят в рабочее положение и приступают к измерениям.

Визируют на точку при КЛ и берут отсчет по вертикальному кругу, который записывают в журнал измерений (таблица 1). Для исключения влияния *МО* вертикального круга измерения повторяют при втором положении круга (КП).

*МО* – это угол между горизонтальной плоскостью и визирной линией, когда зрительная труба находится в горизонтальном положении, а пузырек уровня при алидаде горизонтального круга в нуль-пункте.

Далее вычисляют *МО* и угол наклона *v*.

Значение угла наклона линии визирования и *МО* рассчитывают в зависимости от типа применяемого теодолита по следующим формулам

*T 30*

*2T30, T15, 2T5 и др.*

$$MO = (KL + KP + 180^\circ) / 2$$

$$v = KL - (KP + 180^\circ) / 2$$

*Контроль:*

$$v = KL - MO$$

$$v = MO - (KP + 180^\circ)$$

*Примечание:*

*к величинам КП, КЛ и МО, меньшим 90° необходимо прибавлять 360°*

$$MO = (KL + KP) / 2$$

$$v = (KL - KP) / 2$$

*Контроль:*

$$v = KL - MO$$

$$v = MO - KP$$

*Примечание: Добавлений 360° делать не нужно*

Правильность измерения вертикальных углов на станции контролируется постоянством *МО*, колебания которого в процессе измерений не должны превышать двойной точности отсчетного устройства.

Изменение места нуля может происходить от неточного выведения пузырька уровня на середину, от неточного наведения горизонтальной нити на визирный знак и от ошибок в отсчетах. Непостоянство места нуля вызывается также тем, что исправительные винты уровня или нитей недостаточно затянуты или лимб не жестко скреплен с осью вращения трубы. Эти причины должны быть устранены тщательной подготовкой теодолита к измерениям.

Таблица 1

Журнал измерения углов наклона

Точка стояния	Точки визирования	КЛ	КП	Место нуля МО	Значение Угла $\delta$

Вопросы:

1. Дать определение понятию горизонтальный угол.
2. Дать определение понятию вертикальный угол.
3. Что такое угол наклона?
4. Что такое место нуля?

5. Дать определение понятию зенитное расстояние.
6. Какие способы измерения горизонтальных углов вы знаете?
7. Какой порядок измерения горизонтальных углов способом приемов?
8. Какой порядок измерения горизонтальных углов способом повторений?
9. Какой порядок измерения горизонтальных углов способом круговых приемов?
10. Какими могут быть углы наклона учитывая их расположение относительно линии горизонта?
11. Расскажите порядок измерения углов наклона.

## Лабораторная работа № 6

### Обработка результатов измерений в замкнутом теодолитном ходе

Цель работы: - ознакомиться со схемой обработки результатов измерений в теодолитном ходе.

Материалы, приборы и принадлежности – исходные данные, чертежные инструменты, калькулятор.

Задание:

1. Составить схему теодолитного хода.
2. Выписать исходные данные (таблица 1 и 2).
3. Обработать угловые измерения и вычислить дирекционные углы сторон.
4. Вычислить приращения координат и координаты вершин хода.
5. Оценить точность сделанных вычислений.
6. Внести полученные результаты в ведомость, установленной формы (таблица ).

#### Исходные данные

Для выполнения тахеометрической съемки в качестве планового обоснования был проложен замкнутый теодолитный ход (рисунок 1). Горизонтальные углы в ходе были измерены техническими теодолитами способом приемов, а длины сторон – стальными мерными лентами.

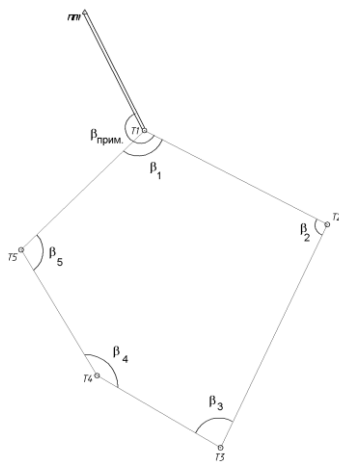


Рисунок 1 – Схема теодолитного хода

Таблица 1

№ вершины	Измеренные горизонтальные углы $\beta_{изм}$	Измеренные наклонные расстояния, среднее значение, м	Горизонтальное проложение d, м
T1	154° 03' 00"		
		124,24	
T2	91° 41' 30"		
		149,53	
T3	85° 16' 30"		
		86,48	
T4	151° 26' 30"		
		88,87	
T5	102° 59' 0"		
		103,72	
T1	108° 38' 00"		

Таблица 2

Примычный угол В прим	Координаты точки ППП		Координаты точки Т <sub>1</sub>		Абсолютная от- метка точки Т <sub>1</sub> Н <sub>Т1</sub>
	Х, м	У, м	Х, м	У, м	
154°03' +1°·№ вар.	1500,00	1300,00	1480,5+1м·№ вар.	2159,7 -1м·№ вар.	544.86+1м·№ вар.

### Порядок выполнения работы

Камеральную обработку начинают с проверки и обработки полевых журналов. Затем составляют схему теодолитных ходов. У вершин подписывают средние значения горизонтальных углов, а возле каждой стороны – ее горизонтальную длину. На схему наносят также пункты геодезической сети, к которым осуществлялась привязка теодолитных ходов (ППП, Т<sub>1</sub>).

Вычислительные работы по определению координат вершин теодолитного хода включают в себя:

- 1) Обработку угловых измерений и вычисление дирекционных углов сторон;
- 2) Вычисление приращений координат и координат вершин хода.

Все вычисления ведутся в специальной ведомости. В ведомость выписывают все исходные данные и начинают обработку.

### **Обработка угловых измерений и вычисление дирекционных углов сторон**

- 1) Вычисляют сумму измеренных углов  $\Sigma \beta_{изм}$

$$\Sigma \beta_{изм} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n;$$

$$\Sigma f_{\beta-теор} = 180 \cdot (n - 2)$$

- 2) Вычисляют теоретическую сумму углов  $\Sigma \beta_{теор}$   
где n – количество углов.
- 3) Вычисляют угловую невязку  $f_{\beta}$

$$f_{\beta} = \Sigma \beta_{изм} - \Sigma \beta_{теор}$$

4) Полученную угловую невязку сравнивают с допустимой невязкой, т.к. величина угловой невязки характеризует точность измерения углов, она не должна быть больше предельно допустимой величины

$$f_{\beta_{изм}} \leq f_{\beta_{дон}}$$

где

$$f_{\beta_{дон}} = \pm 1 \cdot \sqrt{n}$$

Если измеренная невязка  $f_{\beta_{изм}}$  не превышает допустимой, то вычисления продолжают. В противном случае повторяют полевые измерения.

5) Угловую невязку распределяют по измеренным углам поровну с обратным знаком

$$\delta_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n}$$

При этом



$$\sum \delta_{\beta} = -f_{\beta_{изм}}$$

(Если невязка не делится без остатка на число углов, то несколько большие поправки вводят в углы с короткими сторонами, вследствие неточности центрирования теодолита и вех).

$$\beta_{испр_i} = \beta_{изм_i} + \delta_{\beta_i}$$

б) Вычисляют исправленные углы

Контролем правильности вычислений является равенство

$$\sum \beta_{испр} = \sum \beta_{теор}$$

7) Вычисляют дирекционные углы. В предложенной задаче дирекционный угол исходной стороны  $\alpha_{III-T1}$  необходимо найти, решив обратную геодезическую задачу.

$$tgr_{III-T1} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_{T1} - y_{III}}{x_{T1} - x_{III}}$$

отсюда

$$r_{III-T1} = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Для перехода от табличного угла ( $r$ ) к дирекционному углу ( $\alpha$ ) необходимо учесть знаки приращений координат (таблица 3), определить в какой четверти лежит данное направление, учитывая знаки приращений координат. Затем, руководствуясь соотношением между табличными и дирекционными углами, находят дирекционный угол направления (рисунок 2 и таблица 3).

Далее вычисляют дирекционные углы остальных сторон по формулам

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{пр} \text{ (правые углы),}$$

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - 180^\circ + \beta_{лев} \text{ (левые углы)}$$

где  $\alpha_i$  - дирекционный угол определяемой стороны;

$\alpha_{i-1}$  - дирекционный угол предыдущей стороны;

$\beta_{пр(лев)}$  - правый (левый) исправленный угол между этими сторонами.

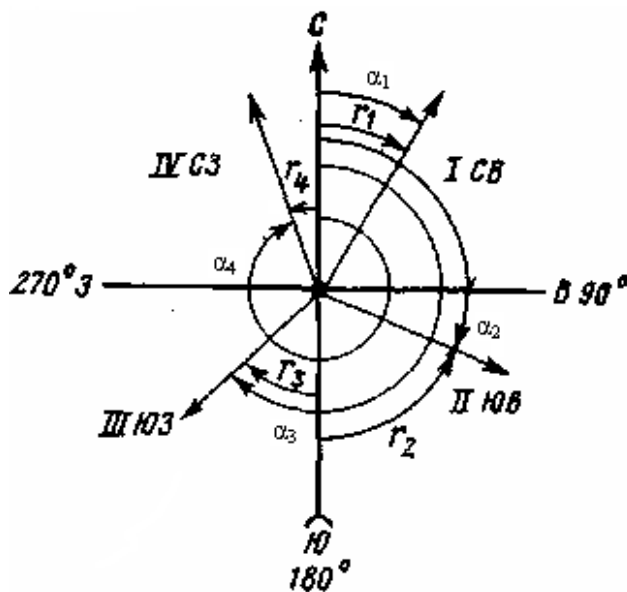


Рисунок 2 – Связь между дирекционными углами и румбами

Таблица 3

Приращения координат	Дирекционный угол			
	0°-90° (I четверть)	90°-180° (II четверть)	180°-270° (III четверть)	270°-360° (IV четверть)
$\Delta x$	+	-	-	+
$\Delta y$	+	+	-	-

Таблица 4

Ориентирующий угол	Четверть			
	I (CB)	II (JOB)	III (ЮЗ)	IV (CЗ)
Румб	$r_1 = A_1$	$r_2 = 180^\circ - \alpha_1$	$r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$	$r_4 = 360^\circ - \alpha_4$
Дирекционный угол	$\alpha_1 = r_1$	$\alpha_2 = 180^\circ - r_2$	$\alpha_3 = 180^\circ + r_3$	$\alpha_4 = 360^\circ - r_4$

Контролем правильности вычисления дирекционных углов сторон полигона является повторное получение дирекционного угла начальной стороны  $\alpha_{III-I}$ .

#### Вычисление приращений координат и координат вершин хода

- 8) Вычисляют приращения координат

$$\Delta x = d \cos \alpha$$

$$\Delta y = d \sin \alpha$$

- 9) Вычисляют суммы приращений координат  $\Sigma \Delta x$  и  $\Sigma \Delta y$

Поскольку полигон замкнутый, то теоретическая сумма приращений координат должна быть равна нулю, т.е.  $\Sigma \Delta x = 0$ ;  $\Sigma \Delta y = 0$ . Однако на практике вследствие погрешностей угловых и линейных измерений суммы приращений координат равны не нулю, а некоторым величинам  $f_x$  и  $f_y$ , которые называются невязками в приращениях координат  $f_x = \Sigma \Delta x$ ;  $f_y = \Sigma \Delta y$ .

В результате этих невязок полигон окажется разомкнутым на величину абсолютной линейной невязки.

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

Оценивают точность угловых и линейных измерений по величине относительной линейной невязки. Вычисленная относительная невязка сравнивается с допустимой

$$f_{отн} \leq f_{дон}$$

( $f_{дон}$  – допустимая относительная невязка устанавливается инструкциями и составляет 1:2000

$$f_{отн} = \frac{1}{P : f_{abc}}$$

– 1:1000 в зависимости от требуемой точности хода.)

Если условие не соблюдается, то тщательно проверяют все записи и вычисления в полевых журналах и ведомостях. Если при этом ошибка не обнаружена, следует выполнить контрольные измерения длин сторон.

10) Выполняют уравнивание приращений координат, т.е. распределяют невязки по вычисленным приращениям координат пропорционально длинам сторон с обратным знаком. При этом поправки в приращения координат определяются по формулам:

$$\delta_{\Delta xi} = -\frac{f_x}{P} d_i \quad \delta_{\Delta yi} = -\frac{f_y}{P} d_i$$

**Ведомость вычисления координат вершин замкнутого теодолитного хода**

Вариант –

Таблица 5

№№ точек	Углы			Горизонтальные проложения линий	Приращения координат				Координаты	
	Измеренные	Исправленные	Дирекционные		Вычисленные		Уравненные		X	Y
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
ПП1									1500	1300
T1									1480,5	2159,7
T2										
T3										
T4										
T5										
T1										
Σβ <sub>изм.</sub>					ΣΔ <sub>x</sub> =	ΣΔ <sub>y</sub> =	ΣΔ <sub>x</sub> =	ΣΔ <sub>y</sub> =		
fβ <sub>дон.</sub>										

$$\Sigma \beta_{теор} = 180^\circ (n-2) =$$

$$f_{\beta} = \Sigma \beta_{изм} - \Sigma \beta_{теор} =$$

$$f_{\beta \text{ дон}} = 1' \sqrt{n} =$$

$$f_{\Delta x} = \Sigma \Delta x =$$

$$f_{\Delta y} = \Sigma \Delta y =$$

$$f_{abc} = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2} =$$

$$f_{отн} = \frac{1}{P / f_{abc}} =$$

При этом  $\Sigma\delta_x = -f_x$  и  $\Sigma\delta_y = -f_y$

- 11) Вычисляют исправленные приращения координат:

$$\begin{aligned}\Delta x_{i \text{ исп}} &= x_i + \delta_{\Delta x}, \\ \Delta y_{i \text{ исп}} &= y_i + \delta_{\Delta y}\end{aligned}$$

- 12) Вычисляют суммы исправленных приращений координат, которые должны быть равны нулю:

$$\begin{aligned}\Sigma \Delta x_{i \text{ исп}} &= 0, \\ \Sigma \Delta y_{i \text{ исп}} &= 0\end{aligned}$$

### Вычисление координат вершин замкнутого теодолитного хода

- 13) По исправленным приращениям координат и координатам начальной точки последовательно вычисляют координаты вершин теодолитного хода:

$$\begin{aligned}X_{i+1} &= X_i + \Delta x, \\ Y_{i+1} &= Y_i + \Delta y\end{aligned}$$

где  $X_{i+1}$  и  $Y_{i+1}$  – определяемые точки;

$X_i$  и  $Y_i$  – известные координаты предыдущей точки;

$\Delta x$  и  $\Delta y$  – приращения координат между этими точками.

- 14) Окончательным контролем правильности вычислений координат служит получение координат начальной точки теодолитного хода.

Вопросы:

1. Какими могут быть теодолитные ходы?
2. Представьте схему замкнутого теодолитного хода из пяти вершин.
3. Представьте схему разомкнутого теодолитного хода.
4. Какие исходные данные необходимы при разбивке теодолитного хода?
5. Что входит в вычислительные работы по определению координат вершин теодолитного хода?
6. Какой порядок обработки угловых измерений и вычислений дирекционных углов сторон теодолитного хода?
7. Чему соответствует угловая невязка?
8. Чему соответствует допустимая угловая невязка?
9. Какова взаимосвязь дирекционных углов и румбов?
10. Как вычислить дирекционный угол исходной стороны?
11. Каким образом вычисляются дирекционные углы остальных сторон теодолитного хода?
12. Как определить правильность вычисления дирекционных углов сторон полигона.
13. Чему соответствует вычисление приращений координат?
14. Как определить абсолютную линейную невязку?
15. Как определить относительную невязку?

16. Какой порядок вычисления координаты вершин теодолитного хода?

17. Что является контролем правильности вычисления координат вершин замкнутого теодолитного хода?

## Лабораторная работа № 7

### Обработка результатов тригонометрического нивелирования

Цель работы: - ознакомиться со схемой обработки результатов измерений тригонометрического нивелирования.

Материалы, приборы и принадлежности – исходные данные, чертежные инструменты, калькулятор.

Задание:

1. Вычертить принципиальную схему тригонометрического нивелирования.
2. Выписать исходные данные: горизонтальные проложения, абсолютную отметку точки  $T_1$   $H_{T_1}$  и среднее значение углов наклона со знаком по прямому углу наклона.
3. Вычислить абсолютные высоты вершин замкнутого теодолитного хода.
4. Внести результаты измерений в таблицу (таблица 2).

Таблица 1

№ вершины	Углы наклона $\delta$		
	прямые $\delta_{\text{прям}}$	обратные $\delta_{\text{обр}}$	среднее значение $\delta_{\text{ср}}$
T1	+1° 40'	-1° 42'	
T2	+0° 14'	-0° 12'	
T3	-2° 52'	+2° 50'	
T4	-1° 58'	+2° 00'	
T5	+1° 47'	-1° 46'	

#### Исходные данные

Для определения высот точек теодолитного хода был проложен высотный ход тригонометрическим нивелированием.

В процессе тригонометрического нивелирования на местности измеряют расстояние между точками  $A$  и  $B$  ( $S$ ) и угол наклона  $\delta$ . Расстояние измеряется мерной лентой или дальномером, а угол наклона – теодолитом или тахеометром.

#### Порядок измерений на станции

Над точкой  $A$  устанавливают теодолит, а в точке  $B$  рейку. Измеряют высоту прибора  $i$  над точкой  $A$  (высота прибора – это расстояние по отвесной линии от оси вращения трубы до центра пункта), а высота визирной цели на рейке равна  $v$ . Для измерения угла наклона  $\delta$  визируют на заданную точку и берут отсчеты по вертикальному кругу при двух положениях круга (КЛ и КП), вычисляют угол наклона. Измеряют расстояние между точками, а затем вычисляют горизонтальное проложение  $d$ , по формуле:

$$d = S \cos \delta.$$

Зная горизонтальное проложение и угол наклона  $\delta$  можно вычислить превышение  $h$  над  $t$ .  $A$  по формуле:

$$h = d \operatorname{tg} \delta + i - v$$

где  $d$  – горизонтальное проложение;

$i$  – высота инструмента;

$v$  – высота визирования.

Если  $v=i$ , то превышение можно вычислить по формуле  $h' = d \operatorname{tg} \delta$  или  $h' = S \sin \delta$

Так как работать с последней формулой удобнее при съемке на рейке заранее отмечают высоту прибора тесемкой или резинкой и при измерении вертикального угла делают наведения не на верх рейки, а на высоту прибора.

**Журнал тригонометрического нивелирования  
вершин замкнутого теодолитного хода**

Вариант -

Таблица 2

№ вершины хода	Измеренные наклонные расстояния (м)			Углы наклона (КЛ)			Горизонтальное проложение, d(м)	Превышения $h$ (м)			Высотная отметка Н (м)	Формулы
	Прямое $S_{пр}$	Обратное $S_{обр}$	Среднее $S_{ср}$	Прямой $\delta_{прям}$	Обратное $\delta_{обр}$	Среднее $\delta_{ср}$		Вычисленное $h$	Поправка $\Delta h$	Исправленное $h_{испр}$		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
1												
	124,22	124,26										
2												
	149,5	149,56										
3												
	86,5	86,46										
4												
	88,86	88,88										
5												
	103,7	103,74										
1								$\Sigma h_{вычис} =$	$\Sigma \Delta h = -\Sigma h_{выч}$	$\Sigma h_{испр} = 0$		

$\Sigma h_{ср} = f_h \text{ выч} =$   
 $f_h \text{ доп} = 0,04 P / \sqrt{n}$   
 $\Sigma h_{испр} =$

Для контроля и повышения точности измерение расстояний и превышений выполняют в прямом и обратном направлениях хода. Т.е. угол наклона  $v_{AB}$  – прямой, а  $v_{BA}$  – обратный. Углы наклона прямого и обратного направлений должны отличаться знаками, а значения углов не должны превышать  $\pm 1'$ . Расхождения в превышениях между прямым и обратным ходами не должно превышать по абсолютному значению 0,04 м на 100 м. хода. За окончательное значение измеренных превышений принимают средние арифметические из их абсолютных величин со знаком прямого превышения.

Точность тригонометрического нивелирования оценивают по невязке хода. Невязку  $f_h$  в сумме превышений  $\Sigma h$  хода вычисляют по формуле:

$$f_h = \Sigma h - (H_k - H_n),$$

где  $H_k$  и  $H_n$  – соответственно высоты конечной и начальной точек хода.

Допустимость невязки определяют по формуле

$$f_{h \text{ доп}} = 0,04 P / \sqrt{n}, \text{ см},$$

где  $P$  – периметр полигона;

$n$  – число сторон хода.

Невязку распределяют с обратным знаком на все превышения пропорционально длинам линий хода. Высоты точек определяются по формуле

$$H_{i+1} = H_i + h_{испр i}$$

Вопросы:

1. Для чего необходимо проложение высотного хода тригонометрическим нивелированием?
2. Какие измерения проводят при тригонометрическом нивелировании?
3. Опишите порядок проведения измерений при тригонометрическом нивелировании.
4. Каким прибором можно измерить расстояние и угол наклона?
5. Как производится контроль при измерении расстояний и превышений?
6. Как оценить точность при осуществлении тригонометрического нивелирования.
7. Как вычислить высоту точки теодолитного хода?



## Камеральная обработка журнала тахеометрической съемки

Цель работы: - вычислить журнал тахеометрической съемки.

Материалы, приборы и принадлежности – журнал тригонометрического нивелирования, исходные данные, чертежные инструменты, калькулятор.

Задание:

1. Выписать абсолютные отметки вершин замкнутого теодолитного хода из журнала тригонометрического нивелирования в журнал тахеометрической съемки.
2. Вычислить абсолютные высоты реечных точек.
3. Внести полученные результаты в журнал (таблица 1).

### Исходные данные

Для составления топографического плана на подготовленном ранее съемочном обосновании была выполнена тахеометрическая съемка небольшого участка местности (таблица 1).

Сущность работ при таком виде съемки сводится к определению пространственных полярных координат ( $\beta$ ,  $v$ ,  $D$ ). При этом плановое положение точек определяется полярным способом (координатами  $\beta$ ,  $d$ ), а превышения точек – методом тригонометрического нивелирования.

### Порядок обработки журнала

- 1) Вычисляют место нуля на каждой станции по формуле

$$MO = (KL + KP) / 2;$$

- 2) Определяют углы наклона  $v = KL - MO$ ;

- 3) Вычисляют горизонтальные проложения от точек стояния до реечных точек

$$d = D \cos v;$$

- 4) В зависимости от исходных данных превышения вычисляют по следующим формулам

$$h = d \operatorname{tg} v + i - v, \text{ если } v \neq i$$

где  $d$  – горизонтальное проложение;

$i$  – высота инструмента;

$v$  – высота визирования.

и

$$h' = d \operatorname{tg} v,$$

если  $v = i$

- 5) По исходным абсолютным высотам вершин замкнутого теодолитного хода и вычисленным превышениям определяют высоты реечных точек

$$H_{p.m.} = H_{cm} + h_i$$

### Вопросы:

1. Для каких целей необходимо выполнение тахеометрической съемки?
2. В чем сущность выполнения такого вида съемки?
3. Каким способом определяется плановое и высотное положение точек?
4. Как определить МО?
5. Чему соответствует угол наклона?
6. Как вычислить горизонтальное проложение от точек стояния до реечных точек?
7. Как вычислить превышение одной точки над другой?
8. Как вычислить высоты реечных точек?

Таблица 1

## Журнал тахеометрической съемки

Вариант –

№ ре- ечной точки	Наклонное расстояние по даль- номеру D, м	Отсчеты по		Место нуля МО	Угол наклона $\pm v^\circ$	Высота визир. V, м	Горизонтальное проложение, d, м	Превышение		Абсолют- ные от- метки реечных точек, H, м	Примечания (характеристика точек)
		горизонтальному кругу КЛ	по вертикаль- ному кругу КЛ					h'	h		
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13
станция Т1, точка ориентирования 2, i=1,45 м								H <sub>T1</sub> =			
1	98,0	54° 31'	-0°14'	0°01'		1,45					Ручей, граница леса
2	64,5	132°04'	-1°59'	0°01'		1,45					Точка рельефа
3	99,0	176°47'	-2°33'	0°01'		1,45					Берег озера
4	52,5	192° 49'	-1°24'	0°01'		1,45					Точка рельефа, граница леса
5	111,5	204° 57'	-2°15'	0°01'		1,45					Берег озера, граница леса
6	68,0	244°03'	-0°09'	0°01'		1,45					граница леса
7	71,0	282°22'	+1°12'	0°01'		1,45					граница леса
8	68,0	324°30'	+3°15'	0°01'		1,45					Точка рельефа, граница леса
станция Т2, точка ориентирования 3, i=1,50 м								H <sub>T2</sub> =			
9	64,0	3°23'	-2°07'	0°01'		1,50					Ручей
10	58,5	43°55'	-2°35'	0°01'		1,50					Точка рельефа
11	114,0	153°49'	-0°02'	0°01'		1,50					Граница леса
12	79,5	163°16'	+0°30'	0°01'		1,50					Точка рельефа, граница леса
13	148,0	174°07'	+1°01'	0°01'		1,50					Ось шоссе, граница леса
14	95,0	190°56'	+2°28'	0°01'		1,50					Ось шоссе, граница леса
15	63,0	229°57'	+2°27'	0°01'		1,50					Ось грунтовой

№ ре- ечной точки	Наклонное расстояние по даль- номеру D, м	Отсчеты по		Место нуля МО	Угол наклона $\pm v^\circ$	Высота визир. V, м	Горизонтальное проложение, d, м	Превышение		Абсолют- ные от- метки реечных точек, H, м	Примечания (характеристика точек)
		горизонтальному кругу КЛ	по вертикаль- ному кругу КЛ					h'	h		
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13
											дороги
16	55,5	297°42'	+1°47'	0°01'		1,50					Ось грунтовой дороги
17	112,5	324°06'	+0°59'	0°01'		1,50					Родник
18	98,0	328°53'	+0°30'	0°01'		1,50					Ось грунтовой дороги, ручей
станция Т3, точка ориентирования 4, i=1,50 м								H <sub>Т3</sub> =			
19	43,0	162°00'	+1°57'	-0°01'		1,50					Ось грунтовой дороги
20	61,0	231°20'	+1°17'	-0°01'		1,50					Ось грунтовой дороги, тропа
21	87,0	281°57'	-0°03'	-0°01'		1,50					Огород, угол здания
22	59,0	284°32'	+0°07'	-0°01'		1,50					Огород, угол здания
станция Т4, точка ориентирования 5, i=1,48 м								H <sub>Т4</sub> =			
23	98,0	209°29'	+3°05'	0°00'		1,48					Угол здания, тропа
24	44,0	179°43'	+2°43'	0°00'		1,48					Тропа, огород
25	83,5	201°52'	+2°31'	0°00'		1,48					Угол здания, огород
26	64,0	227°06'	+1°17'	0°00'		1,48					Тропа,огород
27	76,5	261°27'	-0°16'	0°00'		1,48					Точка рельефа
28	48,0	293°38'	-1°14'	0°00'		1,48					Тропа, одно де- рево
станция Т5, точка ориентирования 1, i=1,55 м								H <sub>Т5</sub> =			
29	39,0	151°21'	+1°26'	0°01'		1,55					Граница луга

№ речной точки	Наклонное расстояние по даль-номеру D, м	Отсчеты по		Место нуля МО	Угол наклона $\pm v^\circ$	Высота визир. V, м	Горизонтальное проложение, d, м	Превышение		Абсолютные отметки речных точек, Н, м	Примечания (характеристика точек)
		горизонтальному кругу КЛ	по вертикальному кругу КЛ					h'	h		
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13
30	83,0	169°36'	+0°45'	0°01'		1,55					Граница луга, тропа
31	129,0	176°52'	-0°38'	0°01'		1,55					Берег озера
32	77,5	196°38'	-0°54'	0°01'		1,55					Берег озера
33	33,0	248°16'	-2°27'	0°01'		1,55					Берег озера, устье ручья
34	74,5	294°50'	-0°55'	0°01'		1,55					Берег озера
35	48,0	52°02'	1°39'	0°01'		1,55					ручей

### Составление топографического плана

Цель работы: - ознакомиться с этапами, требованиями и способами составления топографического плана.

Материалы, приборы и принадлежности – ведомость координат замкнутого теодолитного хода, журнал тригонометрического нивелирования и тахеометрической съемки, лист ватмана формата А3, чертежные инструменты, калькулятор.

Задание: \_\_\_\_\_

1. Построить координатную сетку для составления плана в масштабе 1: 2000.
2. Нанести точки теодолитного хода и речные точки.
3. Вычертить ситуацию.
4. Методом интерполирования вычертить рельеф местности.
5. Оформить топографический план в условных знаках и выполнить соответствующее зарамочное оформление.

#### Содержание работы

На листе ватмана с помощью линейки Дробышева строят прямоугольную сетку квадратов со сторонами 10 см (рис. 1). Линии сетки по осям координат оцифровываются в зависимости от масштаба съемки. При этом квадраты должны располагаться так, чтобы после их оцифровки изображение теодолитного хода и снимаемого участка было примерно в середине листа бумаги. По координатам наносят точки съемочного обоснования и проверяют правильность нанесения точек по расстояниям между ними.

Нанесение на план речных точек производится полярным способом с помощью кругового транспортира и масштабной линейки. Для нанесения речной точки центр круга транспортира совмещают с точкой станции на плане, а 0 транспортира с точкой ориентирования. Затем откладывают угол равный отсчету по горизонтальному кругу на съемочной точке и по линейке откладывают в масштабе плана соответствующее полярное расстояние и накалывают точку. Около нанесенных точек подписывают их номера и отметки. Согласно абрису и примечаниям в полевых журналах вычерчивают контуры и предметы местности. По отметкам речных точек, пользуясь методом интерполирования, проводят горизонтали. Затем план вычерчивают тушью в соответствии с действующими условными знаками для планов данного масштаба.

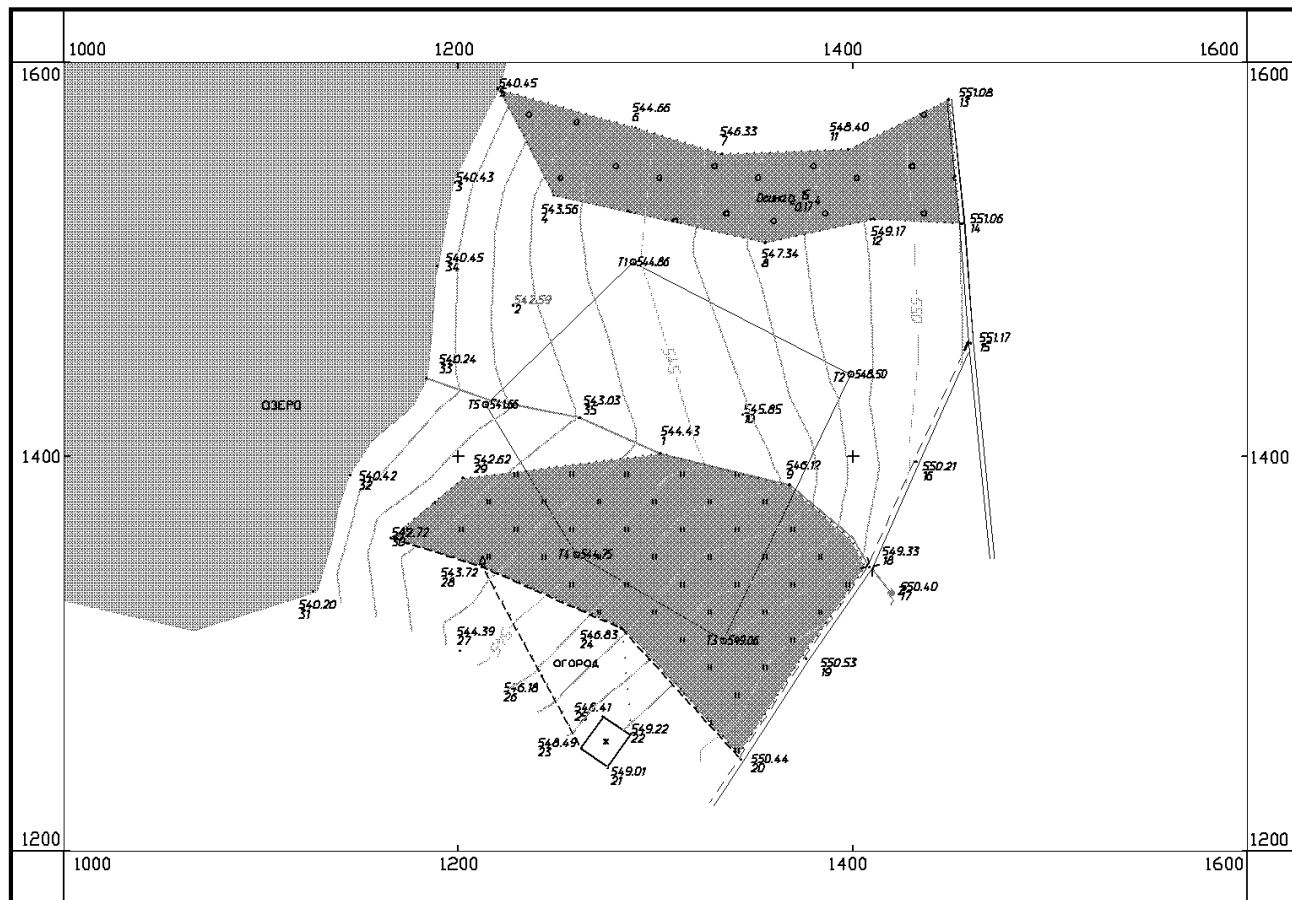
Вопросы:

1. Какие исходные данные необходимы для составления топографического плана?
2. Каким образом строится координатная сетка?
3. Как наносятся точки вершин теодолитного хода?
4. Как нанести речные точки?
5. Каким образом происходит вычерчивание ситуации на топографическом плане?
6. Каким методом пользуются при вычерчивании горизонталей на плане?
7. Как получить рельеф местности?
8. В чем заключается окончательное оформление плана местности?
9. Что должно входить в зарамочное оформление топографического плана местности?

# План участка местности

г.Иркутск

Поселок Молодежный



Выполнил студент  
группы -----  
Фамилия И.О.

1:2000

Тахеометрическая съемка  
200\_ г.

В 1 сантиметре 20 метров  
Сплошные горизонталы проведены через 1.00 метра  
Система высот Балтийская

Рисунок 1 – Топографический план

## Лабораторная работа № 10

### Устройство нивелира Н-3

Цель работы – ознакомиться с назначением и техническими характеристиками нивелира, изучить устройство прибора.

Материалы, приборы и принадлежности – штатив, отвес, нивелир, шашечная рейка, чертежные инструменты.

Задание:

1. Изучить устройство нивелира.
2. Установить прибор в рабочее положение.
3. Взять отсчеты по рейке.
4. Записать полученные результаты.

#### Основные понятия

Нивелир – прибор для измерения превышений между точками.

В нивелирный комплект входят: нивелир, штатив, две нивелирные рейки и нивелирные башмаки.

#### **Классификация нивелиров**

Нивелиры различаются по двум основным признакам: по точности и по способу приведения визирной оси в горизонтальное положение.

По точности:

- Высоточные – для определения превышений с погрешностью не более 0,5 мм на 1 км двойного хода, предназначены для нивелирования I и II классов.
- Точные – для определения превышений с погрешностью не более 3 мм на 1 км двойного хода, предназначены для нивелирования III и IV классов.
- Технические – для определения превышений с погрешностью не более 10 мм на 1 км двойного хода, предназначены для нивелирования при обосновании топографических съемок, инженерных изысканиях и строительстве.

По способу приведения визирной оси в горизонтальное положение:

- Глухой нивелир с элевационным винтом (Н-05, Н-3, Н10).
- Нивелир с компенсатором (Н-05К, Н-3К, Н10К).

#### **Устройство нивелира Н-3**

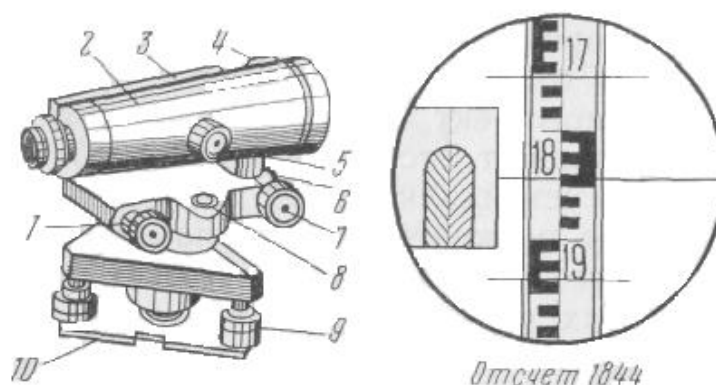


Рисунок 1 – Нивелир Н-3 и поле зрения его трубы

- |                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1 - элевационный винт;               | 5 - кремальера;          |
| 2 - зрительная труба:<br>- объектив; | 6 - закрепительный винт; |
| - окуляр;                            | 7 - наводящий винт;      |
| - диоптрийное кольцо;                | 8 - круглый уровень;     |
| 3 - цилиндрический уровень;          | 9 - три подъемных винта; |
| 4 - визир;                           | 10 - пластинка.          |

Вопросы:

1. В чем назначение нивелира?
2. Дать определение понятию нивелир и нивелирование.
3. Какая существует классификация нивелиров?
4. Что входит в нивелирный комплект?
5. Расскажите устройство нивелира и поле зрения его трубы.



### Камеральная обработка результатов площадного нивелирования участка местности

Цель работы: - ознакомиться с необходимым составом материалов для планирования участка под горизонтальную площадку.

Материалы, приборы и принадлежности – миллиметровая бумага формата А4-1 лист, чертежные инструменты и бумага, калькулятор.

Задание:

1. Выписать исходную абсолютную высоту точки  $Rp5$ , равную  $109 \text{ м} + 0,2 \text{ м} \cdot \text{№ варианта}$ .
2. Обработать журнал площадного нивелирования (таблица 1).
3. Составить схему нивелирования.
4. Построить план поверхности в масштабе 1:500 с сечением горизонталей через 0,25 м.
5. Составить картограмму и ведомость объемов земляных работ.

#### Исходные данные

На участке местности со слабо выраженным рельефом произведено геометрическое нивелирование по квадратам для планирования участка под горизонтальную площадку (рисунок 1).

#### Порядок выполнения работы

*Обработка журналов нивелирования.* Обработку журналов нивелирования начинают с проверки всех записей и вычислений, выполненных в поле.

- 1) Вычисляют превышения по черной и красной сторонам реек:

$$h_{ч} = a_{ч} - b_{ч}; \quad h_{кр} = a_{кр} - b_{кр}$$

при этом расхождения в превышениях с учетом разности пятков пары реек не должны превышать 10 мм.

- 2) За окончательное значение превышения принимается среднее

$$h_{ср} = (h_{ч} + h_{кр}) / 2$$

3) На каждой странице журнала выполняют постраничный контроль. Он заключается в подсчете сумм отсчетов на связующие точки по задней ( $\Sigma a$ ) и передней ( $\Sigma b$ ) рейкам, а также сумм превышений по черной и красной сторонам реек и средних превышений на станциях; при этом должно соблюдаться равенство:

$$(\Sigma a - \Sigma b) / 2 = \Sigma h / 2 = \Sigma h_{ср}$$

- 4) Далее определяют высотную невязку хода.

Так как нивелирный ход замкнутый, то невязка вычисляется по формуле  $f_h = \Sigma h_{ср}$ .

- 5) Полученную высотную невязку сравнивают с допустимой  $f_h \leq f_{h \text{ доп}}$

где  $f_{h \text{ доп}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L}$  или  $f_{h \text{ доп}} = 10 \text{ мм} \sqrt{n}$ , где  $L$  – длина хода, км, а  $n$  – число станций в ходе.

6) Если невязка не превышает допустимой величины, то ее разбрасывают с обратным знаком поровну на все средние превышения хода  $\delta_h = -f_h/n$ . При этом сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т.е.  $\Sigma \delta_h = -f_h$

- 7) Вычисляют исправленные превышения по формуле  $h_{испр i} = h_i + \delta_i$

Контроль:  $\Sigma h_{испр} = 0$

- 8) По исправленным превышениям вычисляют отметки связующих точек

$$H_i = H_{i-1} + h_{испр}$$

где  $H_{i-1}$  — отметка предыдущей точки хода.

Контролем правильности вычисления отметок связующих точек является соблюдение условия

$$H_{кон} = H_{нач} + \Sigma h_{испр} = H_{нач} + 0 = H_{нач}.$$

9) Далее вычисляют отметки промежуточных точек через горизонт инструмента ГИ. Для этого на станции дважды вычисляют ГИ относительно задней и передней связующих точек и из двух его значений берут среднее:

$$ГП' = H_3 + a_ч;$$

$$ГП'' = H_3 + b_ч;$$

$$ГП_{ср} = (ГП' + ГП'')/2$$

где  $H_3, H_n$  — отметки задней и передней связующих точек;

$a_ч, b_ч$  — отсчеты по черной стороне реек, установленных на задней и передней связующих точках.

Отметки промежуточных точек получают вычитанием отсчетов по черной стороне рейки, установленной на соответствующей промежуточной точке, из отметки ГИ, т. е.

$$H_{пром} = ГИ - c_{пром}$$

*Построение схемы нивелирования.* На чертежной бумаге по нивелирному журналу в масштабе 1:500 составляют схему нивелирования. На схему наносят положение станций, а также показывают какие связующие и промежуточные точки с них снимались (рисунок 1).

*Построение плана поверхности.* На чертежной бумаге в масштабе 1:500 строят сеть квадратов со сторонами 20x20 м. На эту схему переносят отметки вершин из журнала нивелирования. Проводят горизонталы через 0,25 м, определяя их положение методом интерполирования на сторонах и диагоналях квадратов аналитически или графически с помощью палетки. (рисунок 2).

*Построение картограммы и ведомости объемов земляных работ.*

На миллиметровую бумагу с сеткой квадратов выписывают отметки вершин квадратов (рисунок 3).

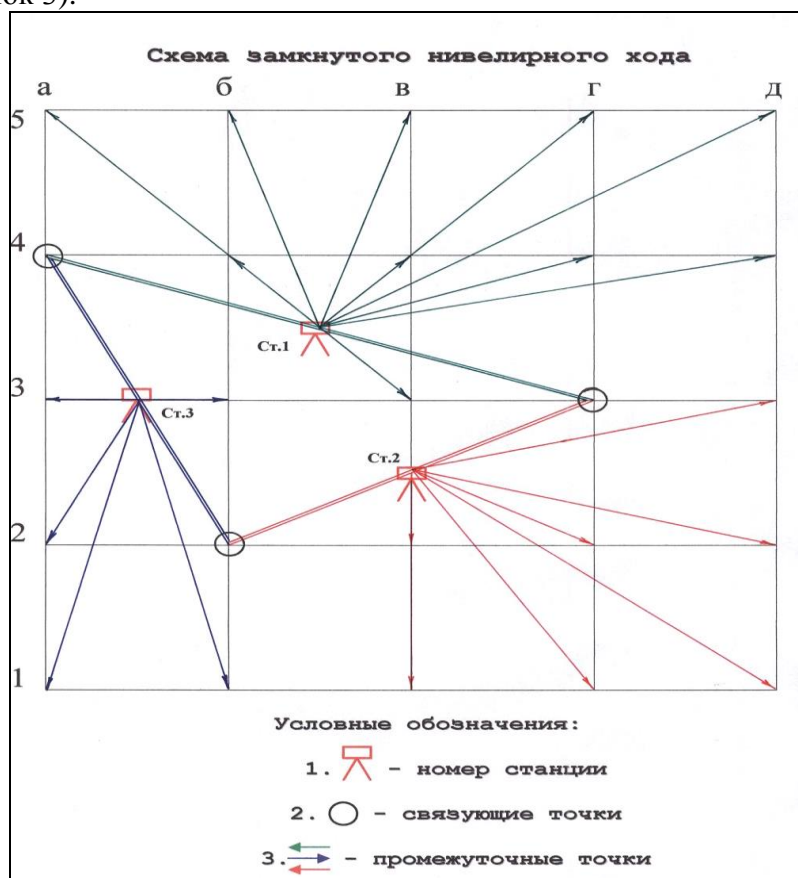


Рисунок 1 – Схема замкнутого нивелирного хода

## Журнал площадного нивелирования

Вариант –

Таблица 1

Номер станции	Пикеты	Отсчеты, мм			Превышения h, мм			Горизонт инструм., Н, м	Абсолют. отметки, Н, м
		Задний, мм (а)	Передний, мм (в)	Промежуточн., мм (с)	Вычислен.	Среднее	Исправл.		
I	Rp5	1621							
		(6341)							
			1024						
	4А		(5744)						
II		1834							
		(6555)							
	5А			1533					
	3Б			1404					
	4Б			1132					
	5Б			1402					
	3В			0556					
	4В			1430					
	5В			0834					
	4Г			1631					
	5Г			2106					
	4Д			2188					
	5Д			2635					
				1305					
			(6024)						
III	3Г	1526							
		(6247)							
	3Д			2092					
	2Д			1738					
	1Д			1551					
	2Г			1168					
	1Г			1743					
	2В			1458					
	1В			2123					
			2108						
			(6827)						
IV	2Б	1128							
		(5269)							
	1Б			1626					
	1А			2178					
	2А			1824					
	3А			1453					
	Rp5		1665						
		(5808)							
Постраничный контроль:	$\Sigma z =$	$\Sigma \Pi =$		$\Sigma h_{\text{выч}} =$	$\Sigma h_{\text{ср}} =$				

Постраничный контроль:  $(\Sigma z - \Sigma \Pi) / 2 = \Sigma h / 2 = \Sigma h_{\text{ср}} \quad f_{\text{h доп}} = \pm 10 \sqrt{n} =$

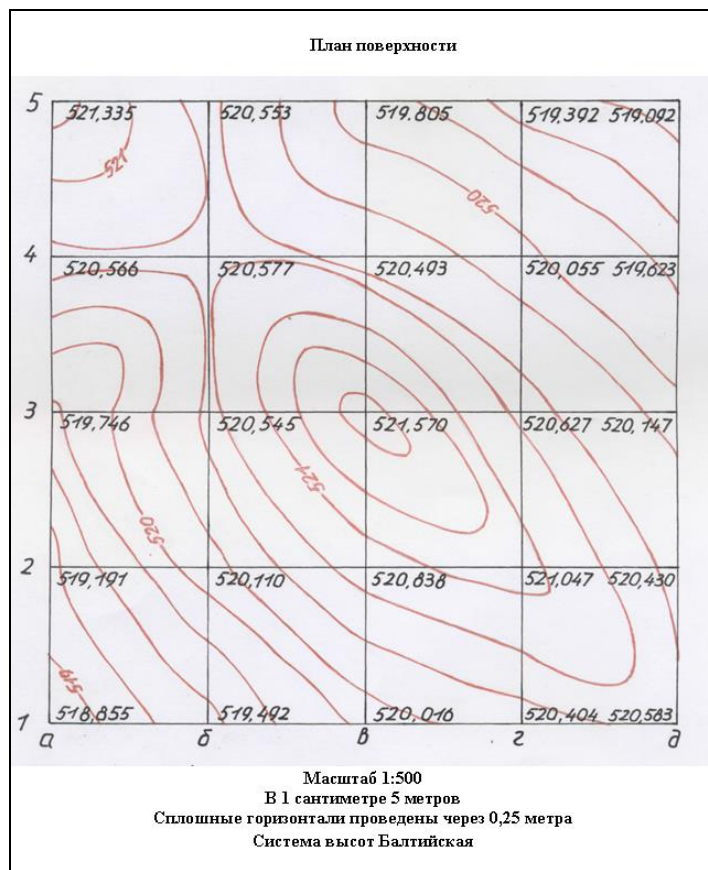


Рисунок 2 – План поверхности

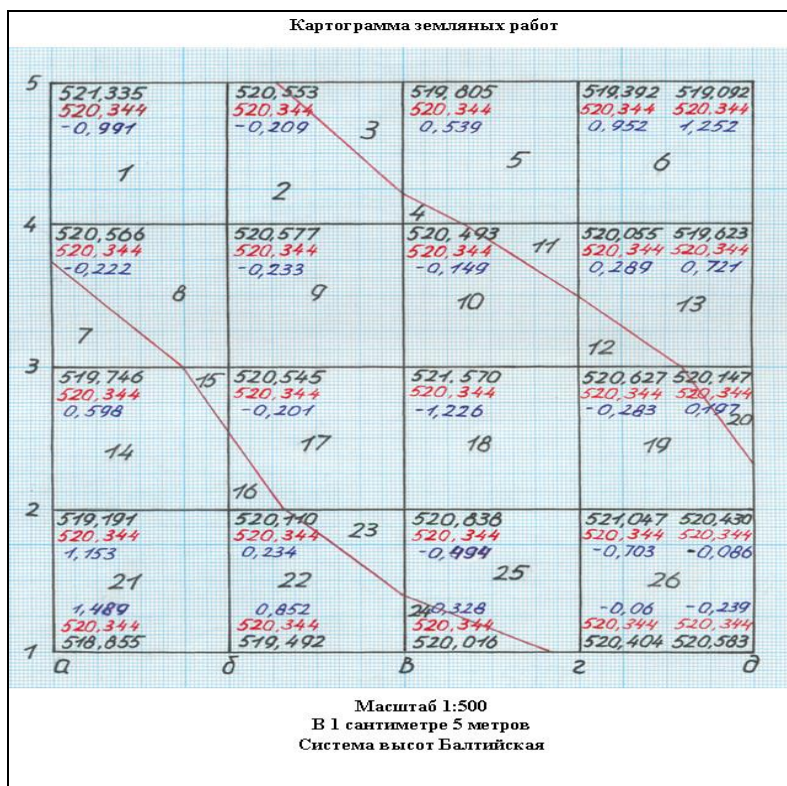


Рисунок 3 – Картограмма земляных работ

Переносят на картограмму проектную отметку планируемой горизонтальной площадки, которую вычисляют по формуле:

$$H_{np} = (\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 4\Sigma H_4) / 4 n,$$

где  $\Sigma H_1$  – сумма отметок вершин, принадлежащих одному квадрату;

$\Sigma H_2$  - сумма отметок вершин, общих для двух квадратов;

$\Sigma H_4$  - сумма отметок вершин, общих для четырех квадратов.

1. Вычисляют рабочие отметки вершин квадратов по формуле:

$$h_{рабi} = H_{np} - H_i$$

Рабочие отметки вершин квадратов переносят на картограмму земляных работ.

2. В квадратах имеющих противоположные знаки рабочих отметок определяют местоположение точек нулевых работ по формуле

$$x_1 = \frac{h_{раб1}}{h_{раб1} + h_{раб2}} d$$

где  $d$  — расстояние между вершинами квадрата, внутри которого расположена точка нулевых работ;

$h_{раб1}$  и  $h_{раб2}$  - рабочие отметки соседних точек квадрата.

$$x_2 = \frac{h_{раб2}}{h_{раб1} + h_{раб2}} d$$

Контроль:  $x_1 + x_2 = d$

Полученные точки нулевых работ после соединения дают линию нулевых работ.

3. Определяем средние рабочие отметки вершин каждой полученной фигуры и заносим в таблицу 2.

4. В эту же таблицу заносим посчитанные площади фигур  $S, м$ .

5. Для каждой фигуры картограммы получаем объемы земляных работ

$$V = S h_{cp}$$

6. Подсчитываем сумму объемов всех насыпей и выемок и находим расхождение в объемах:

$$f_v = \frac{\Sigma V_n - \Sigma V_v}{V_{cp}} 100\%$$

$$V_{cp} = (\Sigma V_v + \Sigma V_n) / 2$$

$$f_v \text{ доп} \leq 5\%$$

### Ведомость объемов земляных работ

Вариант –

Таблица 2

№ фигуры	Насыпь			Выемка		
	ср. рабочая отметка $h_{cp}$	площадь фигуры $S, м^2$	объем $V, м^3$	ср. рабочая отметка $h_{cp}$	площадь фигуры $S, м^2$	объем $V, м^3$

Вопросы:

1. Какой способ нивелирования применяется для планирования участка под горизонтальную площадку.
2. Какие исходные данные необходимы для проведения геометрического нивелирования участка местности?
3. Какой порядок измерений при геометрическом нивелировании?
4. Какой порядок обработки журнала геометрического нивелирования?
5. Как вычислить превышения по черной и красной сторонам реек?
6. Каким образом происходит постраничный контроль журнала нивелирования.
7. Каким образом определяется высотная невязка замкнутого нивелирного хода?
8. Для чего необходима высотная невязка и какие производят сравнения?
9. Каким образом вычисляются отметки связующих точек?
10. Как определить горизонт инструмента?
11. Какой порядок определения отметок промежуточных точек?
12. Какой порядок построения схемы нивелирования?
13. Какой порядок построения плана поверхности?
14. Какой порядок построения картограммы земляных работ?
15. Изложите последовательность вычисления ведомости объемов земляных работ.

## Лабораторная работа № 12

### Изучение способов картографического изображения явлений на картах

**Цель задания:** изучить способы картографического изображения явлений, подчеркнуть их связь с характером размещения явлений по территории. Выявить особенности передачи качественных и количественных характеристик явлений различными способами, обратить внимание на особенности оформления картографических приемов.

#### Указания к выполнению задания

1. Для одного из указанных наборов карт определить способы изображения и дать их краткую характеристику. Изучив легенду и содержание каждой карты, выявить, какие явления показаны на карте, характер их размещения по территории (например: явления, локализованные в пунктах, на линиях, на отдельных площадях, сплошного или рассеянного распространения).

2. Определить картографические способы, используемые для каждого изображенного на карте явления.

3. Установить, какие качественные и количественные характеристики передаются каждым картографическим способом изображения и какие оформительские приемы использованы для них на карте.

**Таблица 1**

**Пример выполнения задания**

Название атласа, карты, страница	Явления, показанные на карте	Характер размещения явлений	Способ изображения явлений, (графические средства)	Характеристика явлений (качественная, количественная)
1	2	3	4	5
Атлас Ростовской области. М., 1973. - Почвенная карта. С. 12.	Генетические типы, подтипы и виды почв	Сплошное распространение	Качественный фон	Генезис почв – качественная характеристика
	Вкрапления почв иных типов внутри основного почвенного массива	Локализованный на площадях	Цветной фон	-//-
Атлас Астраханской области. М., 1968. - Карта животноводства. С. 24.	Размещение поголовья лошадей и верблюдов	Рассеянное распространение	Ареалы. Геометрические значки	Поголовье лошадей и верблюдов в количественном выражении – «вес точки» – 50 голов скота

**Таблица 2**  
**Варианты для выполнения**

№	Название карты	Название атласа
1.	Агроклиматические ресурсы	Географический атлас для учителей. – М.: ГУГК, 1985.
2.	Земельные ресурсы	-//-
3.	Карта растительности	-//-
4.	Лесные ресурсы	-//-
5.	Зерновые культуры	-//-
6.	Почвенная карта	-//-
7.	Водные ресурсы	-//-
8.	Технические культуры, чай цитрусовые	-//-
9.	Геологическая карта	-//-
10.	Карта лесов	Атлас СССР. – М.: ГУГК, 1983.
11.	Карта растительности	-//-
12.	Земельные угодья	-//-
13.	Мелиорация земель	-//-
14.	Размещение важнейших сельскохозяйственных культур	-//-
15.	Климатическое районирование	-//-
16.	Осадки радиационный баланс	-//-
17.	Почвенная карта	-//-
18.	Земельные угодья	Учебный атлас мира. – М.: ГУГК, 1974
19.	Агроклиматические ресурсы	-//-
20.	Земельные ресурсы	-//-
21.	Почвенная карта	-//-
22.	Крутизна склонов	Атлас Иркутской области. – М.: ГУГК, 1962.
23.	Геоботаническая карта	-//-
24.	Сельскохозяйственные угодья	-//-
25.	Почвенная карта юга области	-//-

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие способы изображения применяются для показа объектов, локализованных в пунктах?
2. Какие способы изображения применяются для показа объектов, локализованных на линиях?
3. Какие способы изображения применяются для показа объектов, локализованных на площадях?
4. Какие способы изображения применяются для показа объектов, рассеянных и сплошных?
5. В чем состоят различия способов качественного фона и ареалов?
6. Какие качественные характеристики передаются точечным способом?
7. Какие количественные характеристики передаются знаками движения?
8. Чем отличаются абсолютные и условные шкалы?

### Рекомендуемая литература

1. Берлянт А.М.: Картография. Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
2. Берлянт А.М. Теоретические проблемы картографии: Учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1993. – 116 с.
3. Салищев К.А. Проектирование и составление карт. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 240 с.
4. Салищев К.А. Картография. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1982. – 272 с.
5. Справочник по картографии / Берлянт, Гедымин А.В., Кельнер Ю.Г. и др. – М. Недра, 1988. – 428 с.



## Лабораторная работа № 13

### Выбор способов изображения и оформления эскиза тематической карты

**Цель задания:** получить навыки использования способов изображения явлений при создании карт. Разработать проект красочного (или одноцветного) оформления тематической карты.

#### Указания к выполнению задания.

1. Для одной из указанных тематических карт предложить способы картографического изображения
2. Дать краткое обоснование выбора.
3. Выбрать условные обозначения для передачи содержания карты.
4. Определить специфику оформления тематической карты с учетом выбранных способов изображения и содержания карты.
5. Выполнить образец оформления карты, дать проект общей компоновки – размещение легенды, название карты, рамок, дополнительного содержания (диаграмм, таблиц и т.д.).
6. Способы изображения картографируемых явлений выбираются в соответствии с характером размещения каждого явления на местности и с учетом того, какая характеристика явления должна присутствовать на задаваемой карте. При этом учитывается такая возможность комплексирования различных способов изображения на одной карте.
7. В целях более правильного выбора способов изображения, а также наиболее наглядных и легко совмещаемых на одной карте условных обозначений полезно предварительно ознакомиться с картами близкого содержания в изданных атласах.
8. Для выбранных способов изображения предложить систему условных обозначений и построить легенду карты.
9. На листе чертежной бумаги разместить картографическое изображение территории, определить место легенды, названия и других вспомогательных элементов (использовать основы рис.1). В качестве основы можно использовать контурные карты Иркутской области и Российской Федерации.
10. Выбранные (в пункте 3) условные обозначения представить в виде графической легенды, расположив их по значимости компактно относительно картографического изображения.
11. Оформить картографическое изображение в соответствии с условными обозначениями в легенде карты.
12. Результатом работы служат: система условных обозначений и краткий пояснительный текст.

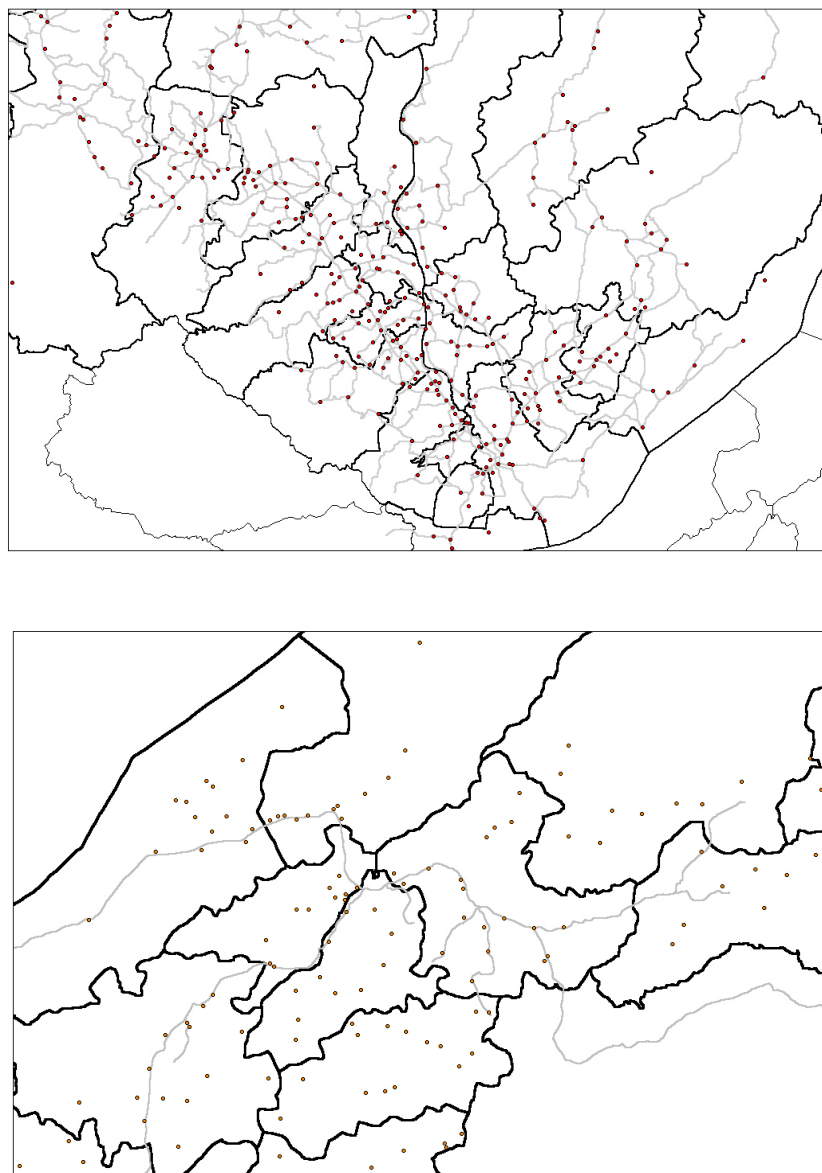
Варианты основ показаны на рисунке 1.

#### Пример выполнения задания

Карта сельского хозяйства: 1) Размещение крупного рогатого скота и свиней: район 1-11000 крупного рогатого скота и 1200 свиней; 2-11 500 и 2 700; 3-3 000 и 1 200; 4-6 500 и 3 900; 5- 2 500 и 4 500; 6-менее 500 и 1 500; менее 500 и 1 200; 8- 34 000 и 4 200; 9-500 и 15 600; 2) Интенсивность животноводства по районам (поголовье скота на 100 га угодий): менее 10, 10-14, 15-19, 20-25; мясо - и молококомбинаты с объемом валовой продукции (в млн. руб.): 10, 10-20, 20-30, 30-40.

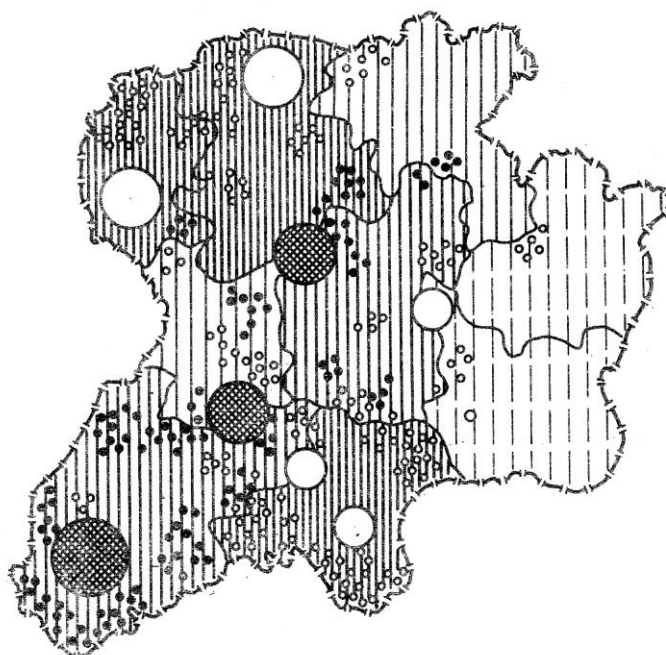
*Пояснительный текст.* Поголовье скота - явление, распространенное на местности неравномерно. При одновременном показе характера размещения на местности такого явления его количественной характеристики наиболее целесообразно использовать точечный способ. Анализ характеристик по районам позволяет установить следующие «веса» точек: 300 голов свиней и 500 голов крупного рогатого скота. Интенсивность животноводства по районам передается картограммой, шкала которой определяется заданными количественными величинами. Сельскохозяйственные комбинаты - строго локализованные на местности, и поэтому для своего изображения требуют значкового способа. Цвет или рисунок значка передает производственное направление комбината (мясное, молочное). Размер-

объем валовой продукции (условная ступенчатая шкала). Выбранные способы изображения хорошо совмещаются на одной схеме, выполненной в черно-белом или цветном варианте (легенда к карте на рис. 2). Результат компоновки и пример оформления тематической карты представлен на рис.2.

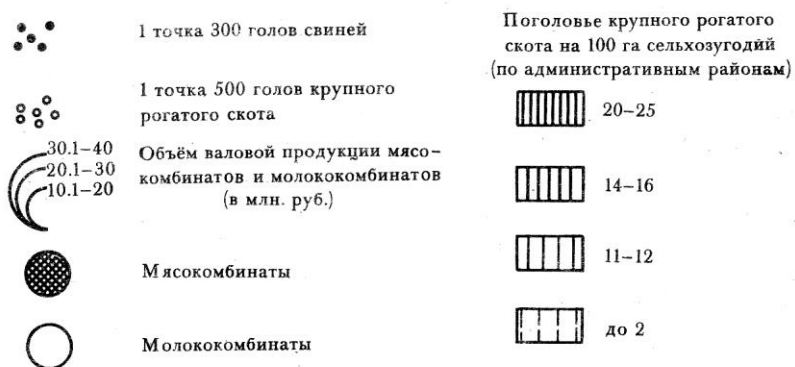


*Рис. 1. Варианты основ*

**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И  
СХЕМА КАРТЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**



**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**



*Рис. 2 Пример компоновки карты*

**Таблица 12**

**Варианты для выполнения**

№	Название карты	Содержание карты
1.	Карта лесов	Районы распространения березы, осины, ели и сосны; лесистость по административным районам (процент лесопокрытой площади к площади района); крупные, средние и мелкие пункты лесоперерабатывающей промышленности (вид продукции: пиломатериалы, фанера, целлюлоза).
2.	Карта промышленности	Промышленные пункты с характеристикой по трем отраслям (машиностроение, химическая, пищевая) и по стоимости валовой продукции, в тыс. рублях (менее 1 тыс.; 1000-2000; 2000-5000; более 5000); уровень промышленного развития административных районов (развитые, недостаточно развитые); грузопотоки между промышленными пунктами.

3.	Карта энергетики	Крупные, средние и мелкие электростанции, различающиеся по источнику энергии (атомные, тепловые, гидростанции). Энерговооруженность районов (количество электроэнергии, в л.с. на одного жителя: менее 20; 20-30; 30-40; более 40); линии электропередачи.
4.	Карта сельского хозяйства	Размещение поголовья крупного рогатого скота и его количественная оценка; животноводческая направленность административных районов (количество голов скота на 100 га с.-х. земель: менее 30, 30-40, 40-50); крупные, средние и мелкие мясо - и молококомбинаты;
5.	Карта сельское хозяйство. Животноводство	Специализации животноводства: КРС – (менее 10, 40-10, более 40), свиньи – (менее 10, 40-10, более 40), овцы – (менее 10, 40-10, более 40); структура стада продуктивного скота в процентах.
6.	Карта сельское хозяйство. Растениеводство	Удельный вес сельскохозяйственных угодий в общей площади районов (в процентах): менее 0,1, 0,1-1, 1-10, 10-20, 20-65,1. Посевные площади сельскохозяйственных культур: пшеница – (0,1-5, 5-20, более 20), пшеница – (0,1-5, 5-20, более 20), ячмень – (0,1-5, 5-20, более 20), овес – (0,1-5, 5-20, более 20), картофель и овощи – (0,1-5, 5-20, более 20).
7.	Карта растительности	Распространение коренной растительности (леса: лиственнично-кедровые, лиственничные, сосновые), сельскохозяйственные земли на месте коренной растительности; распространение кедра.
8.	Зоогеографическая карта	Зоогеографические районы; районы акклиматизации: белки, ондатры, соболя; направление сезонной миграции животных; заповедники и заказники.
9.	Климатическая карта.	Годовые осадки (от 100 до 500 мм. по территории); осадки за теплый период (от 50 до 100 мм.); распределение осадков по сезонам (в % от годовых).
10.	Карта полезных ископаемых	Крупные, средние и прочие месторождения каменного и бурого угля, нефти и газа; основные направления перевозок полезных ископаемых с указанием мощности грузопотоков; нефте- и газопроводы.
11.	Карта населения	Людность городов с количеством жителей: менее 5000, 5000-10 000, 10 000-30 000, 30 000-100 000, более 100 000; плотность населения по административным районам (число человек на 1 км <sup>2</sup> : менее 1; 1-5; 5-10; более 10), железные дороги и автострады (главные, второстепенные).
12.	Карта образования	Размещение высших и средних специальных учебных заведений (университеты, пед. вузы, мед. вузы, технич. вузы, колледжи); число учащихся в общеобразовательных школах в населенных пунктах: менее 500; 500-5000; 5000-10 000; более 10 000; число учителей на 10 000 жителей по административным районам: менее 50, 50-100, более 100.
13.	Гидрологическая карта	Водосборные бассейны рек (четыре); годовой сток (от 25 до 5 л/с с км <sup>2</sup> по территории); внутригодовое распределение стока по сезонам (в % от годового)
14.	Климатическая карта	Климатические районы. Суммарная солнечная радиация (от 1 до 5 ккал/см по территории); преобладающие направления ветров летом и зимой.
15.	Экономическая карта	Промышленные пункты с указанием числа занятых в производстве: менее 500, 500-1000, более 1000; сельскохозяйственные районы со специализацией: животноводство, зерновое хозяйство, плодоводство; добыча полезных ископаемых: уголь, нефть, торф.

16.	Карта здравоохранения	Число врачей на 10 000 жителей по административным районам: менее 5, 5-10, более 10. Число коек в лечебных заведениях по населенным пунктам: менее 100, 100-500, более 500; виды лечебных заведений в населенных пунктах: терапевтические, хирургические, инфекционные, прочие; размещение домов отдыха и санаториев.
17.	Карта транспорта	Железные дороги: электрифицированные и не электрифицированные; удаленность территории от ближайших железных дорог: на 2-4-6-10 км.; безрельсовые дороги, их грузонапряженность: сильная, средняя, слабая; авиалинии.
18.	Пушное хозяйство	Выход пушнины со 100 км <sup>2</sup> (по районам): менее 200, 200-1 000, 1000 -10 000, более 10 000, структура закупок промысловой пушнины (в процентах): белка, лиса, ондатра, соболь, заяц, рысь, прочие.
19.	Экологические условия	Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты: 530-250, 160-70, 30-10, менее 10; Аэровыбросы: более 300, 200-100, 80-10 менее 10.
20.	Карта эродированных земель	Границы эродированных земель. Водная эрозия: слабосмытые, среднесмытые, сильносмытые. Засоленность: слабая, средняя, сильная. Подверженность ветровой эрозии: не подверженные ветровой эрозии, подверженные слабой ветровой эрозии, подверженные средней ветровой эрозии, подверженные сильной ветровой эрозии.
21.	Карта обеспеченности гумусом	Содержание гумуса в почве (в процентах): более 3; 4-5; 6-8; 6-8; менее 3.
22.	Карта обеспеченности калием	Содержание калия в почвах (в процентах): более 3; 4-5; 6-8; 6-8; менее 3.
23.	Карта обеспеченности фтором	Содержание фосфора в почвах (в процентах): более 3; 4-5; 6-8; 6-8; менее 3.
24.	Карта сельскохозяйственных угодий	Площадь с/х угодий (по районам в тыс. га): более 250; 150-250; 50-150 менее 50. Структура /х угодий (в процентах): пашни; залежь; сенокосы; пастбища.
25.	Фенологическая карта	Гидрометеорологические явления (по месяцам): начало ледостава, период с устойчивым снежным покровом, начало ледохода на реках, вегетационный период. Средний многолетний годовой сток рек (л/сек км <sup>2</sup> )

### Вопросы для самоконтроля

1. В чем отличие способа картодиаграммы от способа значков?
2. Какие способы изображения явлений хорошо совмещаются на одной карте?
3. Какие способы изображения рельефа применяются на топографических картах?
4. В чем заключаются способы штрихов и отмывки?
5. Какие количественные характеристики рельефа дает применение способа горизонталей на картах?
6. При картографировании каких явлений применяется качественный фон?
7. При картографировании каких явлений применяется количественный фон?

### Рекомендуемая литература:

1. Берлянт А.М.: Картография. Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
2. Берлянт А.М. Теоретические проблемы картографии: Учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1993. – 116 с.
3. Востокова А.В. Оформление карт. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 200 с.
4. Салищев К.А. Картография. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1982. – 272 с
5. Салищев К.А. Проектирование и составление карт. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 240 с.
6. Справочник по картографии / Берлянт, Гедымин А.В., Кельнер Ю.Г. и др. – М. Недра, 1988. – 428 с.

## Лабораторная работа № 14

### Изучение картографической генерализации на тематических картах

**Цель задания:** изучить основные принципы и проявления картографической генерализации на мелкомасштабных тематических (на примере карт природы).

#### Указания к выполнению задания

1. Сопоставить тематические карты 2-3-х масштабов для одного из районов России и сопредельных государств и отметить различные проявления картографической генерализации.

2. Ознакомится с тремя картами одной и той же тематики, но разных масштабов. Определить назначение (научно- справочная, учебная) и характер использования (настенная, настольная).

3. Изучить содержание и принципы построения легенды карт, выявить основные таксономические подразделения в легендах.

4. Сделать выкопировки с трех анализируемых карт для одного и того же участка территории (см. рис.5), каждая выкопировка сопровождается легендой.

5. Проследить проявления генерализации географической основы (отбор гидрографической сети, обобщение рисунка береговой линии морей и озер, отбор населенных пунктов).

6. Проследить как осуществляется 1-й этап генерализации тематического содержания, связанный с упрощением легенды

(обобщение качественной характеристики явлений, объединение таксономических подразделений, исключение отдельных ступеней классификации, введение сочетаний). Показать на выкопировках примеры генерализации в легендах карт.

7. Изучить особенность 2-го этапа тематического содержания, связанные непосредственно с картографическим изображением. Отметить на выкопировках отдельные проявления картографической генерализации:

- упрощение плановых очертаний площадных и линейных объектов;
- объединение выделов;
- исключение мелких и второстепенных объектов;
- изображение некоторых важных объектов с преувеличением;
- изменение способов изображения (например, переход от качественного фона к значкам, замена значков ареалами и др.)

8. Составить краткое заключение о достоинствах и недостатках генерализации на анализируемых фрагментах карт

Результаты работ представляются в виде выкопировки с трех карт одной и той же тематики, но разных масштабов (в границах трапеций или естественных районов) (рис. 1). На выкопировках цифрами должны быть отмечены различные проявления генерализации.

Таблица 1

#### Варианты для выполнения задания

№	Территория
1	Кольский полуостров
2	Республика Башкотарстан
3	Уральский федеральный округ
4	Свердловская область
5	Крым
6	Молдавия
7	Междуречье р. Ишим и р. Иртыш
8	Республика Бурятия
9	Южная Якутия
10	Полуостров Камчатка

11	О. Сахалин
12	Приморский край
13	Чукотский автономный округ
14	Предкавказье
15	Иркутская область
16	Республика Тыва
17	Крым
18	Карпаты
19	Новосибирская область
20	Красноярский край
21	Краснодарский край
22	Республика Саха-Якутия
23	Южный Федеральный округ
24	Сибирский федеральный округ
25	Центральный федеральный округ

*Примечание.* Для выполнения данной работы использовать следующие материалы: Карты земельных ресурсов, лесных ресурсов, климатические, геологические, гипсометрические, почвенные, растительности, лесов: (карты СССР для высших учебных заведениях в масштабе 1:4 000 000; справочные карты СССР в масштабе 1: 10 000 000; карты СССР из ФГАМ (1964) в масштабе 1: 15 000 000; карты из Атласа СССР (1985) в масштабе 1: 17 000 000; карты СССР из Географического атласа: для учителей средней школы (1980) в масштабе 1: 30 000 000).

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое картографическая генерализация?
2. Укажите принципы классификации тематических карт.
3. Назовите основные факторы генерализации.
4. Укажите типичные проявления генерализации на мелкомасштабных тематических картах.
5. Какие изменения в легенде карт происходят при генерализации?
6. Как влияет генерализация картографической основы на генерализацию тематического содержания?
7. Как влияет генерализация на выбор способов картографического изображения?
8. Где применяется динамическая генерализация?

### **Рекомендуемая литература**

1. Берлянт А.М.: Картография. Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
2. Берлянт А.М., Мусин О.Р., Собчук Т.В. Картографическая генерализация и теория фракталов. – М., 1998. – 136 с.
3. Бугаевский Л. М. Математическая картография: Учебник для вузов. – М., 1998. – 400 с.
4. Картография с основами топографии: Учебное пособие для студентов пед. Ин-тов / Под ред. Г.Ю. Грюнберга. – М.: Просвещение, 1991. – 368 с.
5. Салищев К.А. Картография. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1982. – 272 с.
6. Справочник по картографии / Берлянт, Гедымин А.В., Кельнер Ю.Г. и др. – М. Недра, 1988. – 428 с.

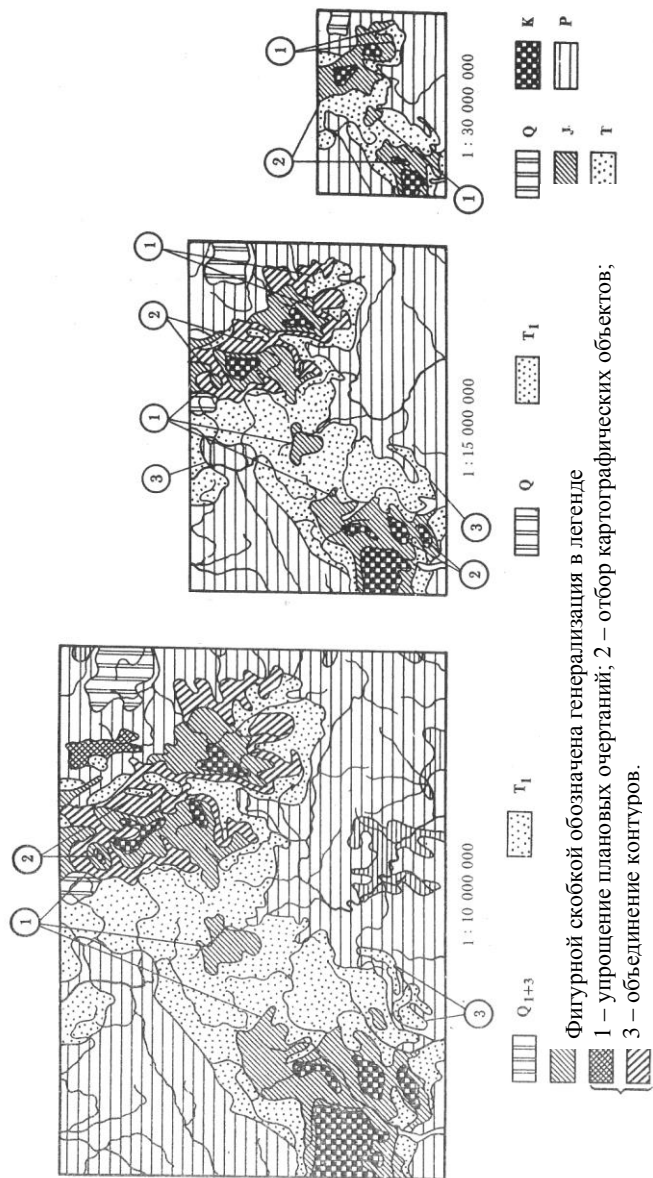


Рис 1. Пример выполнения задания



## Лабораторная работа № 15

### Знакомство с программным средством геоинформационного картографирования – MapInfo Professional 6.5. SCP

**Цель задания:** совершенствовать навыки работы с прикладными программными средствами для компьютерного картографирования. Получить навыки работы с ПС MapInfo. Научиться элементам оцифровки, создавать слои карты, формировать базу данных.

#### Указания к выполнению задания

Подготовка исходных материалов при составлении карты с помощью ГИС-технологий заключается в подготовке исходной цифровой основы будущей карты посредством цифрования картографических материалов или использования готовой базы данных. Цифрование (векторизация) может осуществляться двумя способами: дигитализацией картографических материалов при помощи специальных устройств (дигитайзеров) с получением изображения в векторном виде или путем сканирования материалов, с дальнейшей векторизацией растровых данных, используя специальные программы для оцифровки (Easy Trase, Map Edit, R2V).

Порядок выполнения действий:

1. Запустить Mapinfo, дважды указав на иконку – Mapinfo. Познакомиться с панелями инструментов.
2. Создать (оцифровать) слои карты.
3. Создать полигональные (площадные) объекты.
4. Удалить и сохранить косметические слои.
5. Создать линейный объект.

#### 1. Знакомство с панелями инструментов

Ниже представлены Инструментальные панели MapInfo, представляющие наиболее часто используемые команды, процедуры и инструменты. Стандартные инструментальные панели такие же, как в Windows.

Вы можете изменять размер и положение Инструментальных панелей с помощью мыши так, как это принято в среде Windows. Например, вы можете перемещать панель по экрану, указав на заголовок окна панели. Для того, чтобы прикрепить инструментальную панель к строке меню MapInfo, переместите ее указанным выше способом под строку меню. Кнопки панели выстроятся под строкой меню. Чтобы вернуть инструментальную панель в режим показа в рамке (т.е. сделать «плавающей»), нужно указать мышкой на область инструментальной панели, не содержащую кнопок, переместить инструментальную панель вниз. После этого инструментальная панель приобретет тот вид, который она имела до того момента, когда вы прикрепили ее к меню. Эти же манипуляции Вы можете проделать, используя команду *Настройки > Инструментальные панели*. В появившемся после этого диалоге «Инструментальные панели» вы можете установить флажок. В *рамке* для каждой из инструментальных панелей, которую хотите увидеть и иметь возможность перемещать ее по экрану. Сбросьте флажок в *рамке* для тех панелей, которые вы хотите оставить прикрепленными к строке меню. Этот диалог позволяет показывать - скрывать любую из панелей; для этого предусмотрен флажок *Показ*. Кроме того, вы можете выбрать режимы показа инструментальных панелей - цветными кнопками или большими кнопками, а также сохранять их конфигурацию как стандартную. Для того, чтобы удалить инструментальную панель с экрана, укажите дважды на изображение системного меню в ее верхнем левом углу.

Инструментальная панель *Команды (или Стандартная)*. Стандартная инструментальная панель содержит часто используемые инструменты из разделов меню *Файл, Правка и Окно*.










Эта инструментальная панель содержит также инструменты быстрого доступа к командам *Районы и Справка*.

В панели инструментов «*Операции*», собраны средства выбора объектов на Карте, изменения вида окна Карты и получения информации. Здесь также находятся кнопки ускоренного открытия некоторых окон. В панели инструментов «*Пенал*» собраны инструменты, вызывающие команды для редактирования, оцифровки и рисования

Таблица 1

### Панели инструментов MapInfo

Панель инструментов «Операции»		
	Управление слоями	Открывает диалог « <i>Управление слоями</i> », с помощью которого можно управлять слоями.
	Легенда	Открывает окно « <i>Легенда</i> » для « <i>Карт и Графиков</i> ».
	Выбор в рамке	Включает инструмент « <i>Выбор в рамке</i> » для выбора всех объектов, попавших в прямоугольную рамку.
	Подпись	Включает инструмент « <i>Подпись</i> », с помощью которого подписываются объекты.
	Информация	Включает инструмент « <i>Информация</i> » для получения данных из таблицы, соответствующих выбранному объекту.
	Показать по другому	Открывает диалог « <i>Показать по другому</i> », в котором можно изменить представление в окне Карты.
	Стрелка	Включает инструмент « <i>Стрелка</i> », с помощью которого выбирать отдельные объекты в окне Карты, на макете отчета или выбирать записи в окне Списка.
	Выбор в рамке	Включает инструмент « <i>Выбор в рамке</i> », для выбора всех объектов, попавших в прямоугольную рамку.
	Выбор в круге	Включает инструмент « <i>Выбор в круге</i> », для выбора всех объектов, попавших в круг.
	Выбор в области	Включает инструмент « <i>Выбор в области</i> », для выбора всех объектов, попавших в область
	Выбор в полигоне	Включает инструмент « <i>Выбор в полигоне</i> », для выбора всех объектов, попавших в полигон.
	Линейка	Включает Инструмент « <i>Линейка</i> », с помощью которого можно измерять длины прямых и ломанных линий.
Панель инструментов «Пенал»		
	Символ (булавка)	Включает инструмент « <i>Символ</i> », который позволяет помещать на Карту точечные объекты.
	Линия	Включает инструмент, рисующий прямые линии.
	Полилиния (ломаная)	Включает инструмент « <i>Полилиния</i> », позволяющий создавать ломаные (незамкнутые) линии.
	Дуга	Включает инструмент « <i>Дуга</i> », который позволяет рисовать дуги с угловым размером в четверть эллипса.
	Полигон (многоугольник)	Включает инструмент « <i>Полигон</i> », позволяющий создавать замкнутые области, ограниченные прямыми линиями.
	Эллипс	Включает инструмент « <i>Эллипс</i> », с помощью которого можно рисовать эллипсы и круги.
	Прямоугольник	Включает инструмент « <i>Прямоугольник</i> », позволяющий создавать прямоугольники и квад-

		раты.
	Скругленный прямоугольник	Включает инструмент «Скругленный прямоугольник», позволяющий создавать прямоугольники и квадраты со скругленными углами.
	Текст	Включает инструмент «Текст», с помощью которого на <i>Карты</i> или <i>Отчеты</i> помещаются тексты и подписи.
	Рамка	Включает инструмент рамка, позволяющий разместить на макете <i>Отчета Карты, Графики, Списки</i> и другие окна MapInfo.
	Форма	Включает и выключает режим «Форма». В этом режиме можно перемещать, добавлять и удалять узлы объектов.
	Добавить узел	Включает инструмент «Добавить узел», с помощью которого можно добавлять узлы в режиме <i>Форма</i> .
	Стиль текста	Открывает диалог «Стиль символа», в котором можно выбрать размер, стиль и цвет символа, представляющего точечный объект.
	Стиль линии	Открывает диалог «Стиль линии», в котором можно выбрать стиль, цвет и толщину для линейных объектов.
	Стиль области	Открывает диалог «Стиль области», в котором можно выбрать штриховку, цвет и стиль контура замкнутой области.
	Стиль текста	Открывает диалог «Стиль текста», в котором можно выбрать гарнитуру, размер, стиль, цвет и цвет фона для текстового объекта

## 2. Создание и управление слоями.

Компьютерная карта состоит из слоев. Слои можно представлять себе как прозрачные пленки, лежащие друг на друге. Каждый слой содержит разные виды информации: области, точки, линии, тексты; а все вместе они составляют карту. Для управления слоями предназначен диалог «Управление слоями» (рис.8), который запускается из меню «Операции» (рис.1).

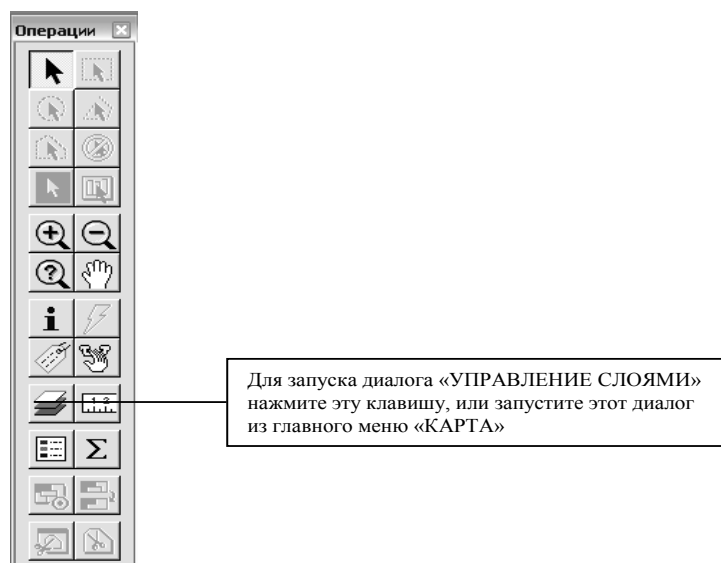


Рис. 1. Кнопки меню «Операции».

Каждое окно Карты содержит косметический слой. Косметический слой можно представить себе как прозрачную пленку. Каждый слой представляет различные коллекции географических объектов. Косметический слой - это пустой слой, лежащий поверх всех прочих

слоев. Он используется для редактирования. В него помещаются подписи, заголовки карт, разные графические объекты. Косметический слой всегда является самым верхним слоем Карты. Его нельзя удалить из окна Карты. Нельзя изменить также и его положение по отношению к остальным слоям.

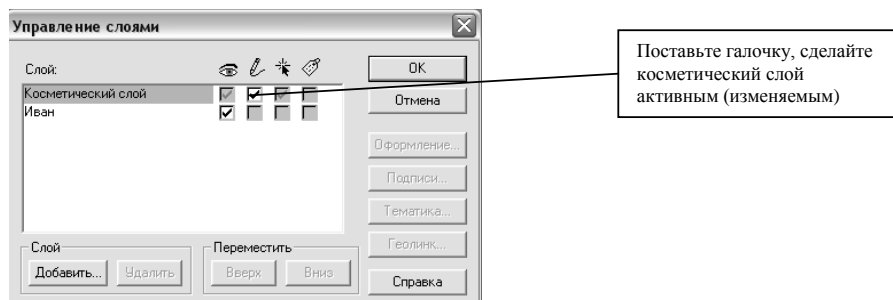


Рис. 2. Диалог «Управление слоями».

Косметический слой может быть либо доступным, либо изменяемым (рис. 2). Другие режимы (подписывание, масштабный эффект, оформление) для косметического слоя не устанавливаются. Выбрать вид штриховки, тип линий, символов и шрифтов для Косметического слоя можно с помощью команд *Стиль...* меню *Настройки* (рис. 4).

Содержимое косметического слоя изменяется при изменении размера изображения в окне. За исключением символов, все объекты и текст на косметическом слое увеличиваются или уменьшаются при изменении размера изображения в окне.

После регистрации узловых точек необходимо включить режим «Узлы» (указание нанесенных узловых точек), нажав shift+S.

### 3. Создание полигонального (площадного) объекта

Создание слоя границы участка выполняется поверх нижнего слоя, которым является растровая подложка с отсканированным изображением плана хозяйства.

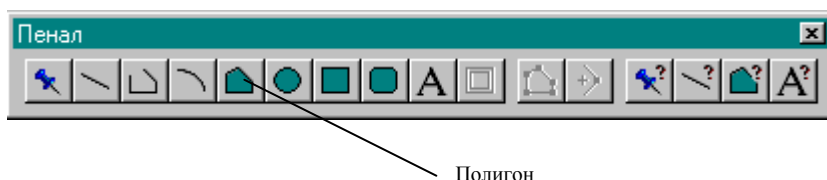


Рис. 3. Пенал

В панели <Пенал> выбираем «Полигон», задаем командой «Стиль полигона» толщину, цвет и форму границы полигонального объекта (рис. 3).

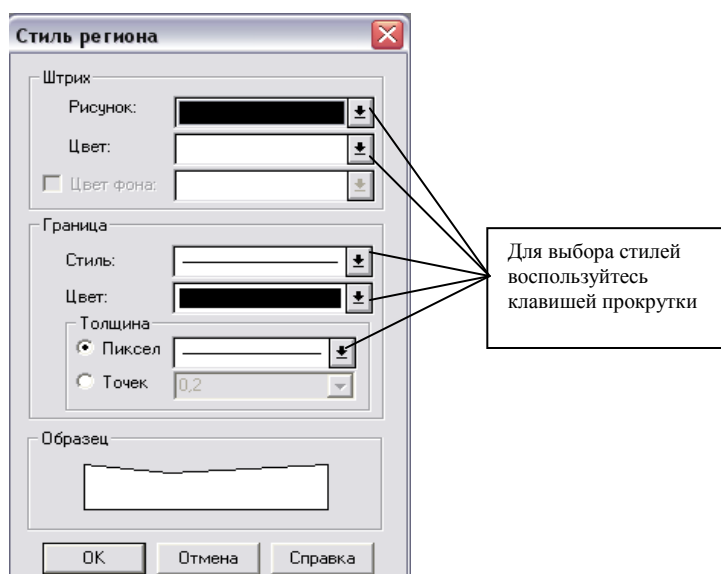


Рис. 4. Выбор стиля линий и штриховок

Слой «Границы», хотя это линейный объект (рис.5), лучше оцифровать, как площадной объект (рис.6), с тем, чтобы можно было в дальнейшем определять общую площадь в пределах контура. Для этого необходимо разбить криволинейную границу хозяйства на последовательную цепь ломаных линий.

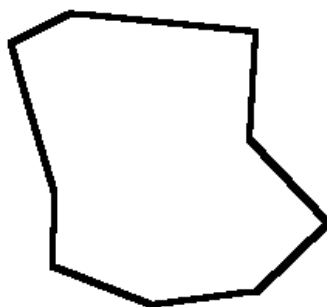


Рис 5. Слой «Границы» создан как линейный объект

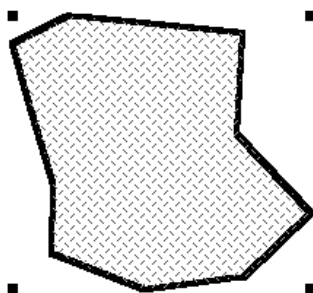


Рис. 6. Слой «Границы» создан как площадной объект

Выбрав в панели программы команду «Полигон», задаем параметры командой «Стиль полигона»: толщину, цвет и форму границы полигона. После этого подводим курсор к поворотной точке границы участка и нажимаем кнопку мыши, не отпуская ее, ведем вдоль границы хозяйства и отпускаем ее в следующей точке излома. При наведении курсора на конечную точку проведенной линии, появляется перекрестие (предварительно должна быть нажата клавиша S (при англ. раскладке клавиатуры)) и при нажатии левой кнопки мыши происходит

замыкание границы. Для оцифровки смежных границ полигонов необходимо, удерживая нажатой клавишу *Shift*, указать левой кнопкой мыши в начальную точку общей границы и затем в последнюю точку, при этом автоматически оцифруется вся смежная граница. Для обхода полигона с противоположной стороны необходимо удерживать клавишу *Ctrl*.

Таким образом, полученный замкнутый полигон представляет собой набор ломаных линий, повторяющих конфигурацию границ хозяйства. Затем в меню «Карта» выбираем команду «Сохранить косметику» и сохраняем созданный слой как «Таблицу», при этом, указав его название – «Граница».

Для получения информации об объекте (площади, периметра и др.) необходимо выделить объект и нажать клавишу F7 (рис. 7).

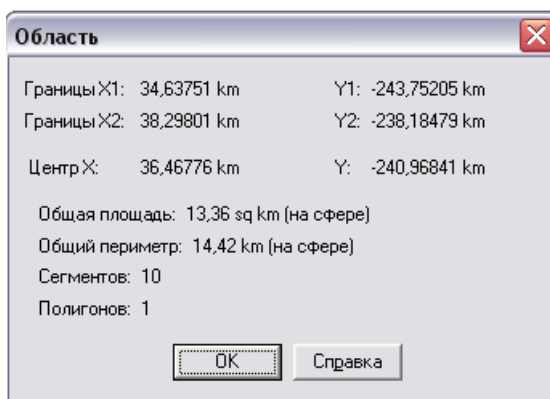


Рис 7. Геоинформация площадного слоя «Границы»

#### 4. Удаление косметических объектов

Чтобы удалить объекты с косметического слоя, нужно выполнить команду «Удалить косметику» из меню «Карта».

#### 5. Сохранение косметических объектов

Косметический слой не сохраняется автоматически при закрытии окна Карты. Если нужно сохранить объекты, нарисованные на Косметическом слое, необходимо сохранить Рабочий Набор. MapInfo при закрытии таблиц или при окончании работ предупреждает о том, что остались не сохраненные косметические объекты, и предлагает их сохранить. Показ этого диалога можно регулировать в диалоге «Настройки > Режимы > «Окна карты».

Если необходимо сохранить содержимое косметического слоя в качестве постоянного слоя, выполнить команду «Сохранить косметику» (рис.8) из меню «Карта» (рис.9). Можно поместить объекты косметического слоя на какой-нибудь уже существующий слой или создать для них новый слой

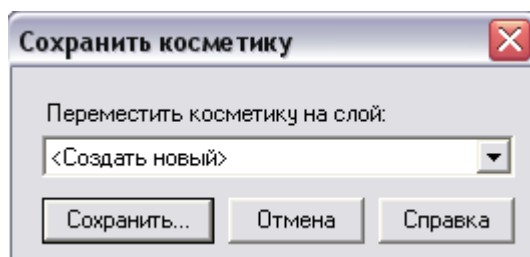


Рис. 8 Диалог «Сохранить косметику»

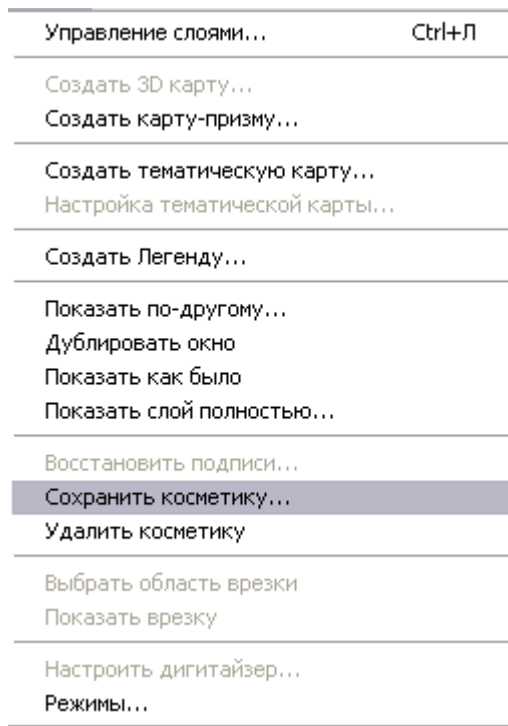


Рис. 9. Меню «Карта»

После этого необходимо указать название сохраняемого косметического слоя (рис.10)

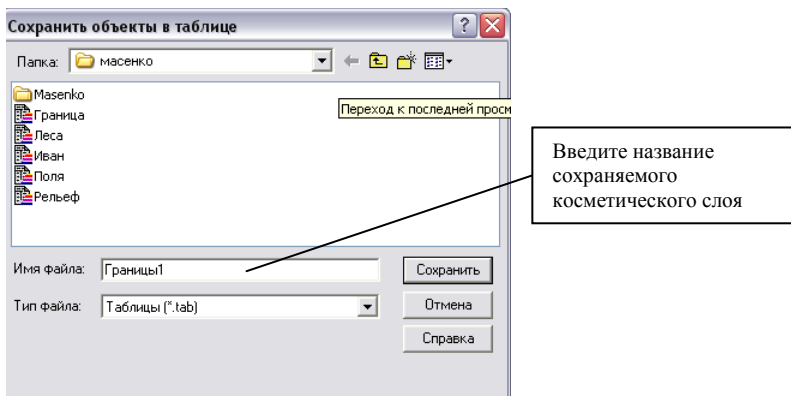


Рис. 10. Сохранение косметического слоя с именем «Границы1»

В диалоге «Управление слоями» появится новый слой «Границы1» (рис.11).

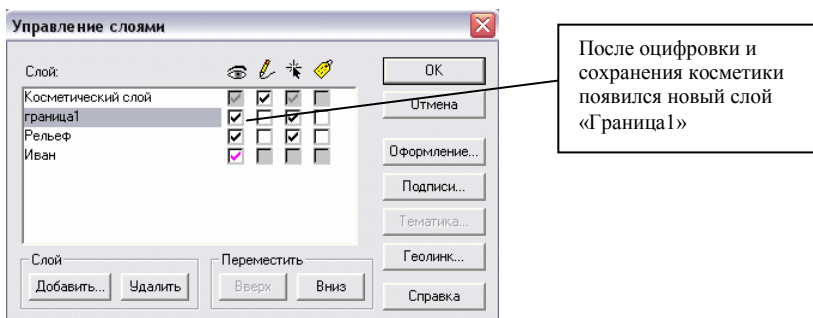


Рис. 11- Диалог «Управление слоями»

## 5. Создание линейного слоя.

В «Пенале» выбираем линейный объект «Линия», затем выбираем команду «Стиль линии», после этого в ней указываем «Цвет» и «Стиль», и какую фигуру будем наносить (рис. 12, 13, 14).

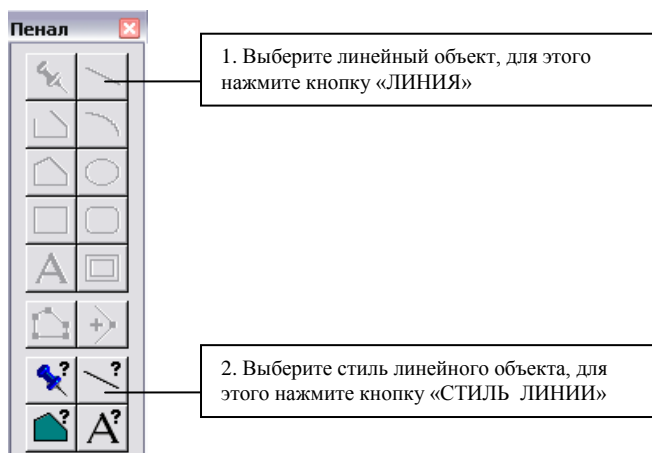


Рис. 12. Набор кнопок «Пенал»

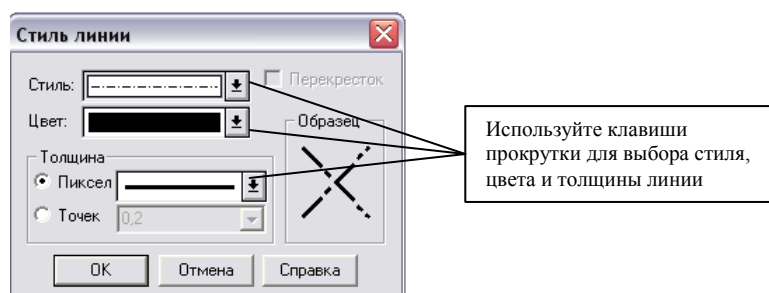


Рис. 13. Диалог «Стиль линий»

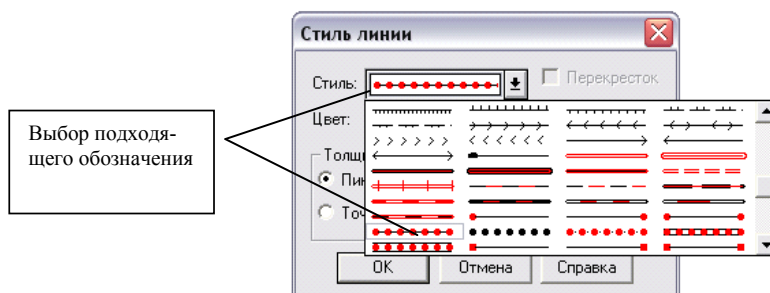


Рис. 14. Диалог «Стиль линии». Выбор стиля линии

После этого нажимаем кнопку «Линия» и указателем мыши указываем, где располагается лесополоса, указывая мышью положение знаков лесополосы. Производим сохранение слоя, как и в выше приведенных примерах, только под уникальным именем.



**Контрольные вопросы по разделу «Геодезия»**

1. Вычисление площадей участков на топокартах по координатам их вершин.
2. Дирекционные углы, румбы и их взаимосвязь.
3. Измерение горизонтальных углов теодолитом способом приёмов.
4. Изображение рельефа горизонталями на топографических картах.
5. Истинный и магнитный азимуты линий. Магнитное склонение.
6. Масштабы: численный, линейный, поперечный.
7. Горизонтالي, высота сечения, заложение ската и его крутизна.
8. Нивелир. Его назначение, устройство и поверки.
9. Определение географических координат точек на топокартах.
10. Определение площадей участков на карте полярным планиметром.
11. Определение площадей участков на топокартах палетками.
12. Определение прямоугольных координат точек на топокартах.
13. Полярный планиметр. Его назначение, устройство и поверки.
14. Поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса – Крюгера.
15. Приборы для измерения длин линий на местности.
16. Разграфка и номенклатура топографических карт.
17. Система высот в геодезии. Абсолютная и относительная отметки.
18. Система географических координат. Линия перемены дат.
19. Система прямоугольных координат,  $6^\circ$  и  $3^\circ$  зоны.
20. Способы определения площадей участков на топографических картах.
21. Теодолит. Его назначение и устройство.
22. Топоплан и топокарта, их отличительные особенности.
23. Форма и размеры Земли. Референц-эллипсоид Красовского.
24. Формы рельефа и их изображение на картах и планах.
25. Виды нивелирования (геометрическое, физическое, барометрическое).
26. Обратная геодезическая задача на плоскости.
27. Полярный планиметр. Его назначение, устройство и поверки.
28. Прямая геодезическая задача на плоскости.
29. Система высот в геодезии. Абсолютная и относительная отметки.
30. Способы определения превышений при геометрическом нивелировании.

## Список рекомендуемой литературы

1. Большаков В.Д. Справочник геодезиста (в двух книгах) / Большаков В.Д. Левчук Г.П. - М.; Недра, 1975. - 1056 с.
2. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. - М.: Астрейя, 1997. – 64 с.
3. Берлянт А.М. Картография и телекоммуникация (аналитический обзор). - М.: Астрейя, 1998. – 70 с.
4. Берлянт А.М. Теоретические проблемы картографии: Учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1993. – 116 с.
5. Берлянт А.М., Востокова А.В., Сваткова Т.Г. Картография: Метод. Указания и задания к практ. занятиям. – 4-е изд., перераб. И доп. – Изд-во Моск. Ун-та, 1983. – 104 с.
6. Берлянт А.М.: Картография. Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
7. Бугаевский Л. М. Математическая картография: Учебник для вузов. – М., 1998. – 400 с.
8. Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. Геоинформационные системы. – М.: Златоуст, 2000. – 212 с.
9. Востокова А.В., Кошель С.М., Ушакова Л.А. Оформление карт. Компьютерный дизайн: Учебник. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 288 с.
10. Геодезия / А.Г. Юнусов и др. – М.: Академический Проект, Гаудеамус, 2011. – 416 с.
11. Геодезия / Е.Б. Ключин и др. – М.: Академия, 2012. – 496 с.
12. Геодезия и картография на современном этапе развития. 1919-1989. - М.: Недра, 1989. - 184 с.
13. Геодезия. Учебник / А.Г. Юнусов и др.-М.:Академический Проект, Трикста, 2015.- 416 с.
14. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Под ред. А.М. Берлянта, А.В. Кошкарева. - М. ГИС Ассоциация, 1999. – 204 с.
15. Девис, Р.Е. Геодезия. Теория и практика. Выпуск 2 / Р.Е. Девис, Ф.с. Фут. - М.: ОНТИ НКТП. Главная редакция геологоразведочной и геодезической литературы, 2003. – 374 с.
16. Дитц, О. Г. Геодезия / О.Г. Дитц. - М.: Издательство геодезической литературы, 2002. – 332 с.
17. Дубинок, Н.К. Землеустройство с основами геодезии. –М.: Колосс., 2003.
18. Дьяков, Б.Н. Основы геодезии и топографии / Б. Н. Дьяков, В. Ф. Ковязин, А.Н. Соловьев ; под ред. Б.Н. Дьякова. - СПб.: Лань, 2011. – 271 с.
19. Жалковский Е.А. и др. Цифровая картография и геоинформатика. Краткий терминологический словарь / Под общей ред. Е.А. Жалковского. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999. – 46 с.
20. Золотова, Е. В. Геодезия с основами кадастра. Учебник / Е.В. Золотова, Р.Н. Скогорева. - М.: Академический Проект, Трикста, 2015. – 416 с.
21. Золотова, Е. В. Градостроительный кадастр с основами геодезии / Е.В. Золотова, Р.Н. Скогорева. - М.: Архитектура-с, 2008. – 176 с.
22. Захаров, А. И. Геодезические приборы: справочник. – М.: Недра, 2017. – 314 с.
23. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 1:500. - М.: Недра, 1985.
24. Инженерная геодезия и геоинформатика. Краткий курс. Учебник. - М.:Лань, 2015.–288 с.
25. Инженерная геодезия/Е.Б. Ключин и др. - М.: Высшая школа, 2000.- 464 с.
26. Киселев, М. И. Геодезия. Учебник / М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев. - М.: Академия, 2014. – 384 с.
27. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия / Ключин Е.Б., Киселев М.И., Михелев Д.Ш. - 4-е изд, испр. - М.:Издательский центр «Академия», 200. - 480 с.
28. Кулешов Д.А. Инженерная геодезия для строителей / Кулешов Д.А., стрельников с.Е. - М: Недра, 1990. - 256с.
29. Курошев, Г. Д. Геодезия и топография / Г.Д. Курошев, Л.Е. смирнов. - М.: Академия, 2008. – 176 с.
30. Куштин, И. Ф. Геодезия / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. - М.: Феникс, 2009. – 912 с.

31. Лебедева О.В. Картографические проекции. – Методическое пособие. Новосибирск: Учебно-методический центр по ГИС и ДЗ. – 2000. – 35 с.
32. Лурье И.К. Основы геоинформационного картографирования: Учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2000. – 143 с.
33. Маслов А.В. Геодезия / Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г.-М.: Колосс, 2006. – 598с.
34. Нестеренок, М. С. Геодезия / М.С. Нестеренок. - М.: Высшая школа, 2012. – 288 с.
35. Неумывакин, Ю.К. Земельно-кадастровые геодезические работы / Неумывакин Ю.К., Перский М. И. – М.: Колосс, 2008. – 184 с.
36. Погуляев, В. В. Комментарий к Федеральному закону от 26 декабря 1995 г. №209-ФЗ "О геодезии и картографии" / В.В. Погуляев. - М.: Юстицинформ, 2009. – 151 с.
37. Поклад Г.Г. Геодезия / Поклад Г.Г., Гриднев С.П. М.: - М.: Академический проспект, 2007.- 592 с.
38. Поклад, Г. Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. - М.: Академический Проект, Парадигма, 2011. – 544 с.
39. Павлов, Ф.Ф. Геодезия / Ф.Ф. Павлов, В.П. Машкевич, Б.Д. Федоров. - М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по угольной промышленности, 2011. - 292 с.
40. Пандул, И. с. История и философия геодезии и маркшейдерии / И.с. Пандул, В.В. Зверевич. - М.: Политехника, 2008. – 336 с.
41. Перфилов, В. Ф. Геодезия / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. - М.: Высшая школа, 2006. – 350 с.
42. Практикум по геодезии: учеб. пособие для вузов / Ю. К. Неумывакин. - М. : Колосс, 2008. – 318 с.
43. Практикум по геодезии: учеб. пособие для вузов по направлению 120300 - Землеустройство и земельный кадастр и спец. 120301 - Землеустройство, 120302 - Земельный кадастр, 120303 - Городской кадастр : рек. учеб.-метод. об-нием / Г. Г. Поклад [и др.] ; под ред. Г. Г. Поклада. - М. : Академический Проект: Трикста, 2011. – 486 с.
44. Раклов В.П. Географические информационные системы в тематической картографии. – М.: ГУЗ, 2003. – 136 с.
45. Раклов В.П., Данилевский О.В. Географические информационные системы (ГИС в картографии). – М.: ГУЗ, 2002. -40 с.
46. Салищев К.А. Картография. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1982. – 272 с.
47. Сваткова Т.Г. Атласная картография: Учебное пособие. – М.:Аспект Пресс, 2002. – 203 с.
48. Справочник по картографии / Берлянт А.М., Гедымин А.В., Кельнер Ю.Г. и др. – М. Недра, 1988. – 428 с.
49. Стороженко А.Ф., Инженерная геодезия / Стороженко А.Ф., Некрасов О.К. - М.: Недра, 1993. - 256 с.
50. Усова, Н. В. Геодезия (для реставраторов) /Н.В. Усова.- М.: Архитектура-с, 2006. – 224 с.
51. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М.: Недра, 1989.-300с.
52. Условные знаки для топографической карты М 1:10 000. М.: «Недра», 1997. – 143 с.
53. Федотов, Г. А. Инженерная геодезия / Г.А. Федотов. - М.: Высшая школа, 2009. – 464 с.
54. Хренов, Л. С. Геодезия / Л.С. Хренов. - М.: Государственное лесо-техническое издательство, 1998. – 511 с.
55. Чмирев, Н.с. Геодезия / Н.С. Чмирев А.В. Порошилов – Екатеринбург: Редакционно-издательский отдел УГЛТУ, 2011 – 55 с.
56. Шилов, П.И. Геодезия / П.И. Шилов. - М.: Госгеолтехиздат, 1988. – 384 с.
57. Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментоведение: Учебник для вузов. – М.: Академический Проект; 2018. – 583 с.