

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине
КАРТОГРАФИЯ С ОСНОВАМИ ТОПОГРАФИИ

Направление подготовки 05.03.02 – География
Направленность (профиль) – Территориальное планирование и
устойчивое развитие региона

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение
2. Оформление лабораторных работ
3. РГР «Работа с топографической картой»
 - Тема. Масштабы топографических карт
 - Тема. Определение координат по топографической карте
 - Тема. Решение основных задач по топографической карте
 - Тема. Изучение рельефа по топографической карте
4. Тема. Основные картографические проекции
 - Работа. Квадратная цилиндрическая проекция для карт мира
 - Работа. Равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора для карт мира
 - Работа. Полярная азимутальная равнопромежуточная проекция Постеля для карт полушарий
 - Работа. Полярная азимутальная равновеликая проекция Ламберта для карт полушарий
 - Работа. Коническая равнопромежуточная проекция Птолемея для карт Российской Федерации
 - Работа. Нормальная (прямая) цилиндрическая прямоугольная проекция для карт Ставропольского края
 - Варианты индивидуальных заданий

Введение

Актуальность учебной дисциплины «Картография с основами топографии», реализуемой в рамках программы бакалавриата обусловлена необходимостью формирования у будущих специалистов теоретических знаний, практических умений и навыков по работе с картографическими материалами, на которых основываются элементы профессиональной деятельности специалистов-географов.

Предлагаемое учебно-методическое пособие является рекомендациями, регламентирующими всю учебную (объем, содержание, формы и методы контроля) работу студентов направлений подготовки «Картография и геоинформатика» по дисциплине «Картоведение» в ходе, как самостоятельной подготовки, так и аудиторных занятий.

Целью пособия является обучение студентов теоретическим и практическим основам картографии и топографии, современным методам и технологиям создания, проектирования и использования общегеографических и тематических карт.

Основные задачи пособия:

- ознакомление студентов со способами построения и преобразования картографического изображения;
- освоение студентами картометрических свойств карты и овладение графическими, графоаналитическими и инструментальными методами решения различных задач по картам.

В государственном стандарте по направлению подготовки 05.03.02 – «География» (бакалавриат) очной формы обучения «Картография с основами топографии» относится к дисциплинам Базовой части. Ее освоение происходит – во 2 семестре.

Профессиональные навыки и умения, приобретенные в результате изучения Картографии с основами топографии, позволят географам знать свойства карты как пространственной модели местности, классификации

картографических произведений, виды, типы карт, принципы классификации картографических проекций, картографические знаковые системы и успешно применять на практике приобретенные знания, умения и навыки по созданию и преобразованию картографических произведений.

Компетенции обучающегося направления подготовки 05.03.02 «География», формируемые в результате изучения дисциплины «Картография с основами топографии», установленные ФГОС ВО и отраженные в программе дисциплины.

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

№ п/п	Содержание компетенции	Шифр
<u>Общепрофессиональные компетенции</u>		<u>ОПК- (№)</u>
1.	Способен применять базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле, естественно-научного и математического циклов при выполнении работ географической направленности	ОПК-1
2.	Способен применять базовые географические подходы и методы при проведении комплексных и отраслевых географических исследований на разных территориальных уровнях	ОПК-3

В результате освоения дисциплины «Картография с основами топографии» студенты направлений подготовки 05.03.02 «География » должны:

ЗНАТЬ	- основные теоретические и методические подходы в области топографии и картографии; - как применять картографический метод в географических исследованиях
УМЕТЬ	- использовать знания в области топографии и картографии;

	- применять картографический метод в географических исследованиях
ВЛАДЕТЬ	- способностью использовать знания в области топографии и картографии; - методикой применения картографического метода в географических исследованиях.

Исходными требованиями настоящих методических указаний является индивидуальная обязательная предварительная подготовка студента к каждому лабораторному занятию. Эти требования сочетают как пассивную, так и активную формы подготовки:

- во-первых, нужно занести себе в рабочую тетрадь задание по очередному занятию (согласно указаниям),
- во-вторых, прочесть соответствующие разделы конспектов лекций,
- в-третьих, проработать соответствующие разделы в указанных к занятиям пособиях;
- в-четвертых, результаты подготовки должны быть оформлены или в виде кратких конспектов, или формул с пояснениями к ним, или в виде графических моделей (смотри приложение).

По каждой лабораторной работе студент отчитывается соответствующими записями в тетради и устно по вопросам, которые приведены в конце каждой темы.

Темы пропущенных занятий студент обязан отработать самостоятельно в кабинете кафедры в свое свободное время, руководствуясь настоящими методическими указаниями. О проделанной работе он должен отчитаться в установленные часы (контроль – К, самостоятельной – С, работы – Р, т.е. СКР). Только отработав пропущенные темы, студент получает право присутствовать на следующих занятиях. Поэтому о всех осложнениях или недоразумениях по этому вопросу следует заблаговременно информировать преподавателя ведущего занятия.

Для выполнения лабораторных работ по картографии каждому студенту необходимо иметь:

- тетрадь в клеточку;
- чертежные принадлежности (простые карандаши марки ТМ или М, линейку, ластик и циркуль);
- цветные карандаши (самый простой набор).

Записи в рабочих тетрадях на лабораторных занятиях, как и в процессе подготовки, ведутся на каждой строчке, четким шрифтом (стандартным или близким к нему) простым карандашом. Графические работы и подписи к ним выполняются только карандашом и по правилам оформления чертежей. Форма записи заданий и сделанной работы должна соответствовать той форме, в которой составлены методические указания.

Каждое лабораторное занятие начинается с проверки теоретической и материальной готовности студентов к выполнению лабораторной работы как индивидуально, так и группы в целом. Для этого дежурные обязаны до начала занятий получить в кабинете кафедры все необходимое для работы, в соответствии с перечнем в разделе: «Оборудование» к каждой теме. Об индивидуальной готовности студента преподаватель судит по наличию на рабочем месте перечисленных в методических указаниях пособий и оборудования. Теоретическая подготовка проверяется в ходе краткого опроса по узловым вопросам предстоящей лабораторной работы и по наличию в рабочих тетрадях соответствующих записей.

Ответы студентов преподаватель оценивает, и группа приступает к самостоятельному выполнению задания, консультируясь у преподавателя, который контролирует выполнение заданий и ведет индивидуальный опрос по ранее выполненным работам. Завершение неоконченных работ происходит в свободное от занятий время, как и сдача выполненных работ - СКР.

Студентам, не проработавшим предварительно соответствующие разделы теоретического курса, преподаватель отмечает в журнале задолженность по теме.

Оформление лабораторных работ

Текст в тетради для лабораторных работ должен иметь как по форме, так и по содержанию разбивку на отдельные блоки, которые облегчают поиск необходимого материала, контроль и полноту его выполнения.

В конце строки записывают слово «Занятие» и ставят его порядковый номер в соответствии с приведенной тематикой. Для наглядности их подчеркивают. Затем, пропустив одну строчку, записывают тему занятия и еще через строчку – цель его выполнения.

Затем обязательно записывают перечень рекомендованного к занятию оборудования.

Методические указания, которые помещены ниже пособий и оборудования переписывать не обязательно, они предназначены облегчить процесс самоподготовки студента к выполнению лабораторных работ, регламентируют перечень знаний и умений по этой теме и прямо ориентированы на контрольные вопросы.

Эти вопросы помещены в конце каждой темы или раздела, что вполне согласуется с понятием – результаты работы.

Затем, с красной строки, записывают слово «Работа» и ее порядковый номер по нарастающей от первого занятия к последнему, затем пишут «Задание». Работ в Занятии, как и Заданий в Работе может быть несколько. Ниже регистрируют результаты измерений, расчетов и т.п.

В качестве примера приведено оформление двух последующих работ:

Задание 1 Определить масштаб школьного глобуса (ход работы и результаты записывают ниже)

Задание 2 Измерить по школьному глобусу расстояние между пунктами:

1. Москва-Владивосток... результат измерений.
2. Лондон - Нью-Йорк... результат измерений.

Часть I. Работа с топографической картой

Глава 1. Общие сведения о географической карте

§1. Математическая основа карт

Геометрическое свойство картографического изображения – размеры и форма участков, занятых географическими объектами, расстояния между отдельными пунктами, направление от одного к другому определяются его математической основой. **Математическая основа** карт включает в себя в качестве составных частей: а) *геодезическую основу*; б) *масштаб* и в) *картографическую проекцию*.

Чтобы уяснить значение каждого из перечисленных компонентов математической основы карт, следует представить себе трансформацию, которую должен претерпеть участок земной поверхности от его истинной, натуральной формы до изображения на плоскости бумаги. При этом следует помнить, что преобразования участков земной поверхности осуществляются при создании карты путём математических расчётов.

Поверхность суши Земли со всеми её неровностями называется *физической, или топографической поверхностью* (рис.1). Она очень сложна и не имеет математического выражения.

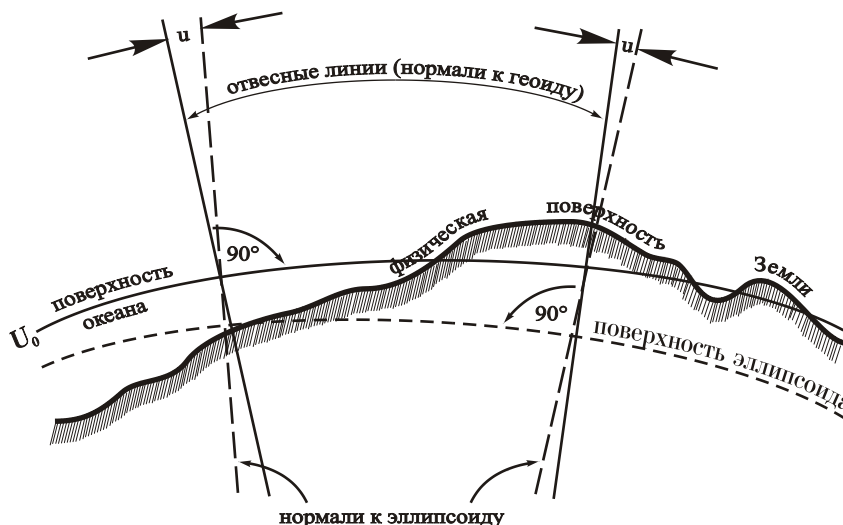


Рис.1.

Поэтому для построения карт приходится проектировать её на более простую, теоретическую (т.е. мысленную) поверхность, которая называется *уровенной* и обозначается индексом U_0 .

Уровенную поверхность представляют как поверхность Мирового океана (U_0), мысленно продолженную под материи при условии, что она в любой точке перпендикулярна отвесной линии.

По сравнению с физической поверхностью её отличает большая сглаженность.

Фигуру Земли, ограниченную уровенной поверхностью, называют *геоидом* (подобный Земле). Сложная форма геоида также не имеет математического выражения, но она близка к эллипсоиду (рис.2). Эллипсоид – тело образованное вращением эллипса вокруг малой оси.

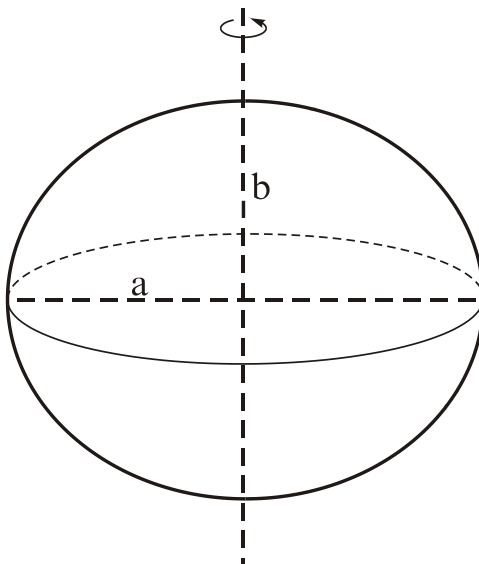


Рис. 2.

В России принят *эллипсоид Красовского* с такими размерами:

- ◆ Большая полуось (в плоскости экватора) $a = 6378245$ м.
- ◆ Малая полуось (совпадает с осью вращения Земли) $b = 6356863$ м.
- ◆ Сжатие (α) – это разность полуосей, отнесённая к большой полуоси

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

Для эллипсоида Красовского $\alpha = 1/298,3$.

Для наглядности, если принять $a=300$ мм, $b=299$ мм и изготовить модель эллипсоида с такими параметрами, то

$$\alpha = (300-299)/300 = 1/300,$$

т.е. эллипсоид с таким сжатием можно принять за шар.

Эллипсоид Красовского (по сжатию) мало отличается от шара, поэтому его называют ещё сфероидом.

На картах больших территорий истинные размеры земной поверхности бывают уменьшенными в миллионы раз. При таком уменьшении различие величин большой и малой полуосей становится на глаз незаметным. Поэтому при построении карт для упрощения расчётов Землю принимают за шар с радиусом 6371,1 км.

Для построения карты точки и линии физической поверхности Земли проектируют (рис.1) нормальными (ортогонально) на поверхность эллипсоида. Затем эту поверхность со спроектированными на неё точками физической поверхности Земли уменьшают в нужное число раз.

Степень уменьшения определяется масштабом будущей карты. Масштаб выражается дробью, числитель которой – единица, а знаменатель – величина, указывающая во сколько раз произведено уменьшение. Более точно можно сформулировать: *масштаб – это число, показывающее во сколько раз линия на карте меньше проекции этой же линии на местности*. Масштаб записывается так, например, 1:25000, означает: в 1 см карты «содержится» (соответствует) 25000 см **проекции** линии местности. Так как такими числами (с большим количеством нулей) пользоваться неудобно, сантиметры в них переводят в метры (или в километры), отчёркивая два нуля (получая метры), или отчёркивая пять нулей (получая километры).

Например, масштаб 1:25000 означает, что сантиметру линии карты соответствует 250 м линии на местности; масштаб 1:500000 означает, что одному сантиметру карты соответствует 5 км на местности.

Число в знаменателе масштаба называют **знаменателем масштаба карты** и обозначается буквой «М». Применительно к приведённому примеру $M_1=250$ м, $M_2=5$ км.

Если длина линии на карте составляет d' см, то на местности (проекция d) это будет

$$d = d' \cdot M. \quad (2)$$

Уменьшенную до нужного размера поверхность эллипсоида требуется далее отобразить на плоскости. Для такого перехода применяют ту или иную картографическую проекцию.

Картографическими проекциями называют математические способы изображения на плоскости поверхности эллипсоида (или шара).

Геодезическую основу карт составляют: земной эллипсоид (с приведенными выше параметрами), начало координат и высот и сеть точек, закрепленных на местности, координаты которых вычислены в единой системе координат (геодезическая сеть).

Таким образом, для того чтобы получить изображение физической поверхности Земли (ее части) на плоскости бумаги, нужно применить все три элемента математической основы и выполнить следующие операции: 1) перенести ее на уровенную поверхность; 2) выполнить уменьшение до нужных размеров и 3) применить картографическую проекцию.

Естественно, что в результате этого изображение физической (сфероидической) поверхности Земли на плоскости (на карте) становится неизбежно деформированным в геометрическом отношении, т.е. искажённым. Особенно заметно искажения проявляются на последней из трёх операций - при применении картографических проекций. Картографические

искажения, однако, могут быть учтены для внесения необходимых поправок при измерениях расстояний, направлений и площадей участков по картам.

Практически то или иное значение элементов математической основы карты используется следующим образом. Точки земной поверхности, будучи спроектированными на эллипсоид Красовского, приобретают определённые географические координаты - широту и долготу. Их величина связана с тем, какие меридианы и параллели пересекаются в данной точке. **Меридианом** точки называют линию пересечения земного эллипсоида плоскостью, проходящей через данную точку (А) и ось суточного вращения Земли (рис.3).

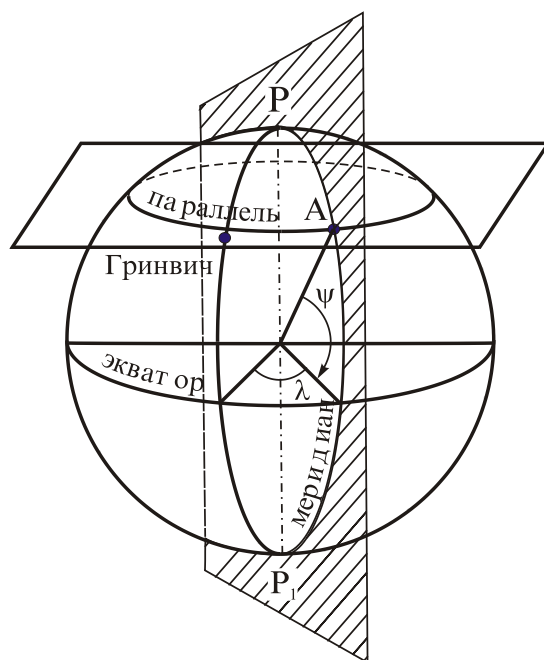


Рис.3.

Параллелью называется линия пересечения земного эллипсоида плоскостью, перпендикулярной оси вращения Земли. Линии меридианов и параллелей на эллипсоиде образуют градусную сеть Земли, а их изображение на картах называют картографической сеткой.

Экватор – параллель, образованная плоскостью, проходящей через центр Земли и перпендикулярной оси вращения Земли.

Полюсами называют точки пересечения оси вращения Земли с поверхностью эллипсоида (PP_1).

Широту точки φ определяют как угол, образованный нормалью (близкой к отвесной линии) в данной точке эллипсоида и плоскостью экватора. Ввиду несовпадения отвесных линий геоида и нормалей эллипсоида возникают ошибки в определении координаты φ , обусловленная углами U (рис.1). Эти углы называют отклонениями отвесных линий, величина их в среднем составляет $3''-4''$.

Долготой точки λ называют двугранный угол между плоскостью Гринвичского (нулевого) меридиана и плоскостью меридиана данной точки.

§2. Виды географических карт

Для удобства хранения, использования карты делят на группы (классифицируют) по разным признакам, главными из которых являются охват изображения территории, назначение, содержание и масштаб.

По охвату территории различают карты мировые, полушарий, материков и океанов, частей материков, в том числе групп стран и отдельных государств, частей государств.

По назначению выделяют карты учебные и справочные. Последние подразделяют в зависимости от характера задач, которые с их помощью решают, на научно-справочные, навигационные, дорожные, военные, туристические и другие.

По содержанию карты принято подразделять на общегеографические и тематические. Название общегеографических карт поясняет, что на них представлена разносторонняя характеристика отображаемой территории.

По масштабу карты делят на три группы: крупномасштабные, имеющие масштаб 1:200000 и крупнее; среднемасштабные - с масштабом мельче 1:200000 и до 1:1000000 и мелкомасштабные, у которых масштаб мельче 1:1000000. Такое деление по масштабу имеют и общегеографические, и тематические карты.

Крупномасштабные общегеографические карты называют **топографическими**, среднемасштабные общегеографические – обзорно-топографическими, а мелкомасштабные общегеографические - обзорными.

Глава 2. Топографическая карта и её использование

§ 3. Свойства топографической карты

Топографические карты - это подробные общегеографические карты, отображающие в первую очередь главную особенность формы Земли - рельеф местности, а также размещение и свойства природных и социально-экономических объектов местности. Топографические карты подразделяются на карты суши и карты шельфа и внутренних водоёмов. На топографических картах суши с большей или меньшей детальностью и точностью, допускаемой масштабом, изображаются рельеф, гидрография, растительный покров, населённые пункты, пути сообщения и другие объекты.

Топографические карты шельфа охватывают выровненную часть подводной окраины материков, прилегающих к берегам суши и имеющую с ней общее геологическое строение.

Топографические карты суши и шельфа используются при решении широкого круга задач в хозяйственной, научной и оборонной областях.

Во многих случаях топографические карты служат основным источником информации о местности. Полевые физико-географические, геологические, геоботанические и другие исследования природной среды, так

же как и социально- и экономико-географические изыскания дают лучшие результаты при всестороннем использовании топографических карт.

Топографические карты широко применяются при проектировании и строительстве населённых пунктов, промышленных, энергетических и гидротехнических сооружений, путей сообщения, при мелиорации (осушение и орошение земель, регулирование стока вод и др.). Они необходимы при земле- и лесоустроительных работах, а также для ведения сельского хозяйства: составление земельного кадастра и др.

Топографическая карта и картографическое изображение на ней - самая целесообразная форма представления информации для создания географических информационных систем (ГИС).

Лист топографической карты включает картографическое изображение (совокупность сведений о местности), отображаемое условными знаками и построенное на математической основе и вспомогательное оснащение. Элементами оснащения карты являются: условные знаки (легенда), название карты, обозначение её масштаба, изображение линий картографической сетки и др.

§ 4. Масштаб. Измерение длин линий на карте

Понятие о масштабе нами дано (§1), а теперь более подробно.

Масштаб указывается под южной рамкой листа карты. Масштабы бывают: численный, именованный, линейный и поперечный.

Численный масштаб выражается дробью, у которой числитель единица, а в знаменателе - число, показывающее во сколько раз линия местности (проекция) уменьшена. Численный масштаб записывается, например, так: 1/10000 или 1:10000.

Чем больше знаменатель, тем больше уменьшение длин, тем мельче изображение объектов на карте, т.е. мельче масштаб карты.

Именованный масштаб – словесное пояснение соотношений длин линий на карте и на местности. Например, численный масштаб карты 1:25000; именованный: «в одном сантиметре 250 метров».

Линейный масштаб изображается в виде линий (рис.1 в приложении 1), разделённых на 2х или 1 см отрезки (основания масштаба); левый крайний отрезок от нуля делится на 20(10) частей. Отрезки вправо от нуля подписываются применительно к масштабу. Линейный масштаб позволяет определять с помощью измерителя значительно точнее длину линии на местности, не производя математических расчётов, как это делается при численном масштабе.

Измерение длины линии на карте с помощью измерителя и линейного масштаба производится следующим образом. Ножки измерителя устанавливают в точках, обозначающих концы данной линии, при этом угол между плоскостью карты и каждой ножкой измерителя должен быть не менее 60° . Не изменяя раствора,

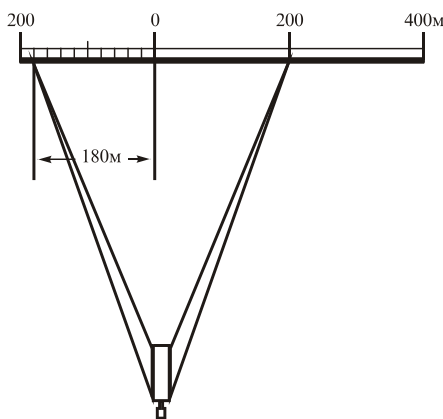


Рис.4.

измеритель переносят на линейный масштаб так, чтобы правая ножка располагалась на оцифрованном отрезке, а левая – на дробном основании.

На рис. 4 представлен случай, когда измеренная длина линии равна 380 м. Для контроля линия измеряется дважды. Расхождение между результатами измерений не должно превышать двойной точности масштаба ($2t$), вычисляемой по формуле

$$t = 0,02 \cdot M, \quad (3)$$

где 0,02 см – минимальная ошибка при измерении линии измерителем (толщина иглы); M – знаменатель масштаба карты.

Линию, длиннее линейного масштаба, измеряют по частям раствором измерителя, кратным длине линейного масштаба. В этом случае разность (Δd) между результатами измерений линии в прямом и обратном направлениях не должна быть больше:

$$\Delta d = 2t\sqrt{n}, \quad (4)$$

где n – число установок измерителя при измерении заданной линии.

Поперечный масштаб. Для повышения точности измерения расстояний применяют поперечный масштаб, который строится в виде параллельных равноотстоящих прямых, разделённых так же, как и линейный масштаб на равные отрезки (рис. 5а). Длина основания (q) чаще всего бывает 2 см.

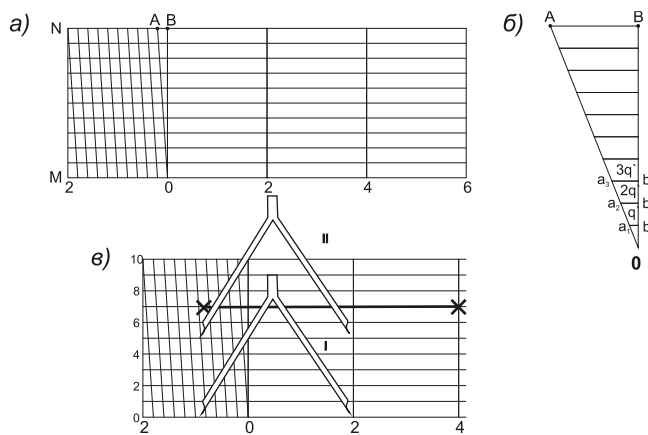


Рис.5.

Крайняя левая часть масштаба по линиям МО и NB делится обычно на 10 равных частей (дробная часть основания), а точки деления соединяются наклонными линиями (трансверсалиями). В результате такого построения отрезки прямых между перпендикуляром ОВ и первой трансверсалью будут различной длины. Самый малый из них $a_1b_1=q'$ является наименьшим делением поперечного масштаба (рис. 5 б). Его величину можно определить на основании свойства подобных треугольников. Количество делений на перпендикулярах ОВ равно 10. Следовательно, отрезок Ob_1 , оставляют $1/10$ перпендикуляра ОВ. Учитывая, что треугольники ОАВ и О a_1b_1 подобны, тогда $a_1b_1=0.1$ АВ. Из этого же условия $a_2b_2 = 0,2$ АВ и т.д. А так как АВ= 0,1q то $a_1b_1 = 0,01q$

Длину измеряемого с помощью поперечного масштаба отрезка (d) можно определить по такому выражению (рис. 5в)

$$d = (n \cdot q + m \cdot 0,1 \cdot q + k \cdot 0,01 \cdot q) \cdot M, \quad (5)$$

где n – количество целых оснований (q);

m – количество полных десятых долей основания (q);

k – количество сотых делений основания (q);

M – знаменатель масштаба;

q – основание поперечного масштаба (1 или 2 см).

Применительно к длине отрезка, обозначенного раствором измерителя, (положение I), если принять масштаб 1:50000 будем иметь: q = 2 см; M = 500 м; n = 1; m = 4; k = 5;

$$d = (1 \cdot 2 + 4 \cdot 0,1 \cdot 2 + 5 \cdot 0,01 \cdot 2) \cdot 500 = 1450 \text{ м.}$$

На практике все получается значительно проще. Измеритель, с установленным по карте раствором, переносят на нижнюю линию масштаба так, чтобы одна его игла совместилась с одним из перпендикуляров справа от нулевой отметки, а другая оказалась в пределах крайнего левого основания (рис. 5в, положение I), затем измеритель перемещают вверх до тех пор, пока левая игла не совпадет с пересечением одной из наклонных линий с горизонтальной прямой (положение II), при этом обе иглы должны быть на одной горизонтальной прямой. Теперь достаточно подсчитать количество оснований (q) – оно равно единице; количество десятых долей основания ($0,1q$), оно равно 4; и количество сотых долей основания ($0,01q$) оно равно 5 и вычислить длину. Например, применительно к численному масштабу 1:50000 основание масштаба (q) равно 2 см, а в масштабе это 1000 м, одно деление дробного основания – 100 метров (в положении II таких 4 деления) плюс 400 м; ножки измерителя находятся на 5 линии, плюс отрезок $5 \cdot 10 = 50$ м. Таким образом, полная длина отрезка равна $1000 \text{ м} + 400 \text{ м} + 50 \text{ м} = 1450 \text{ м}$.

Аналогично определяются длина линии, выделенной жирным тоном, на поперечном масштабе (рис. 5в). Её длина равна $2 \cdot 1000 \text{ м} + 4 \cdot 100 + 7 \cdot 10 \text{ м} = 2470 \text{ м}$.

Выполняя расчетно-графическую работу (приложение 1), студенты вычерчивают линейный и поперечный масштабы и подписывают их применительно к численным (задаваемых преподавателем). Для закрепления навыков и знаний в работе с масштабами каждый студент изображает в табл. 1 (приложение 1) три отрезка разной длины, производит измерение их длин в трех масштабах, а результат записывает в табл.1 приложения.

При измерении длины линий по карте надо помнить, что мы находим горизонтальные проекции их ($\phi 2$), а не истинные значения (наклонные длины).

Связь между ними такова (рис. 6)

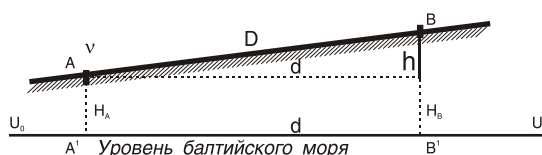


Рис. 6.

$$d = D \cdot \cos v \quad (6)$$

$$h = H_B - H_A \quad (7)$$

$$\operatorname{tg} v = h/d \quad (8)$$

$$v = \arctg h/d \quad (9)$$

$$D = d/\cos v \quad (10)$$

где D – наклонная длина линии на местности (измеряется лентой при съемках);

v – угол наклона местности (линии) к горизонту (измеряется теодолитом при съемках);

H_A, H_B – высоты точек A и B над уровнем Балтийского моря (определяются по карте);

d – горизонтальная проекция (линия $A'B'$) линии AB .

Работая с картой, горизонтальную проекцию (d) линии местности вычисляют по формуле 2, затем вычисляют ее наклонную длину (D) по формуле 10, если будет известен угол наклона (v).

Угол наклона (крутизна ската) можно определить по формуле 9, если местность имеет прямолинейный характер изменения, или вычислить, если местность неровная, как среднеарифметическое по графику «Масштаб заложений», изображенному на карте (рис.7)

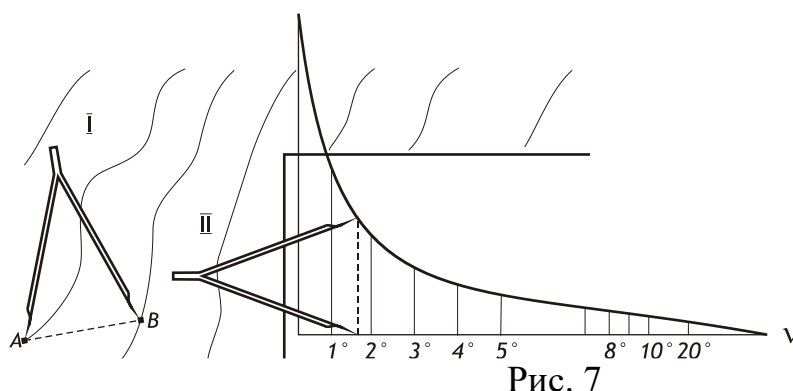


Рис. 7

График "Масштаб заложений" для углов наклона строится по формуле.

$$d = h_0/\operatorname{tg} v, \quad (11)$$

где h_0 – высота сечения рельефа (указывается под линейным масштабом карты), величина постоянная для данной карты;

v – угол наклона; ему придаются значения: $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ \dots 10^\circ$.

Подставляя значение h_0 и v_i в формулу 11, получают $d_1, d_2, d_3 \dots$. Затем проводят горизонтальную линию (ось v), на ней откладывают равные отрезки, соответствующие $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ \dots 10^\circ$; в точках 1, 2, 3 откладывают в масштабе

карты перпендикуляры: $d_1, d_2, d_3 \dots$ концы ординат соединяют кривой линией, получая график «Масштаб заложений» (рис. 7).

Следует помнить, что с помощью такого графика можно определить угол наклона (крутизну) только между двумя ближайшими горизонталями (с разными отметками, превышение между которыми равно h_0 карты).

Пример. Пусть требуется определить крутизну рельефа между точками А и В (рис. 7). Устанавливают ножки измерителя в точках А и В, переносят раствор измерителя на график, таким образом, чтобы одна игла установилась на оси v в точке 1, другая игла располагается в сторону кривой, затем перемещают измеритель по оси v параллельно ординатам графика до тех пор, пока другая точка (игла) не попадет на кривую. Эту точку проектируют на ось v (там находится игла измерителя) и на глаз оценивают положение точки между двумя градусными делениями. На рис. 7 $v = 1^\circ 40'$ (приблизительно).

Если линия на карте пересекает несколько горизонталей, то углы наклона между другими (последующими) точками находятся аналогично, а средний угол наклона линии к горизонту вычисляется:

$$v_{cp} = (v_1 + v_2 + \dots + v_n)/n. \quad (12)$$

Для закрепления знаний по определению углов наклона линии на карте и по установлению зависимости между наклонной длиной линии и ее горизонтальной проекцией студенты приводят в расчетно-графической работе (приложение 1) рисунок (3) и формулы.

§ 5. Условные знаки

Картографическими условными знаками называют применяемые на картах обозначения различных объектов и их характеристик. Условные знаки и их системы образуют особый искусственный язык – язык картографии. Они передают содержание карт, т.е. знания о реальной действительности, заключённые в картах. Картографические знаки обозначают предметы, явления, процессы (нефтяная вышка, линия электропередачи, болото, населённый пункт, рельеф местности, температура воздуха, морские течения и т.д. и т.п.).

Для пользования картой необходимо усвоить значение картографических знаков, их смысловое содержание, т.е. отношение к изображаемым предметам, явлениям и процессам.

Совокупности знаков выполняют на картах более широкие функции. Они показывают сочетания и взаимосвязи объектов, формируют пространственный образ явлений, позволяют устанавливать закономерности их размещения и таким образом дают новые знания сверх суммы информации, заложенной в отдельных условных знаках карты.

Условные знаки подразделяются на масштабные, немасштабные и линейные (рис.8).

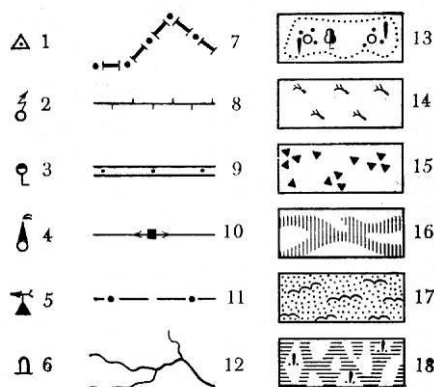


Рис. 8.

Масштабными условными знаками изображаются объекты, горизонтальные размеры которых могут быть выражены в масштабе карты.

Немасштабными (или точечными) условными знаками называют на картах объекты, занимающие на местности очень небольшую площадь, не выражающуюся в масштабе карты, положение которых фиксируется на картах точкой. Рисунок знака имеет или правильную геометрическую форму (кружок, треугольник и т.п.) или схематически, упрощённо воспроизводит внешний вид объекта. Истинное положение объекта на местности определяется одной из точек знака, которая находится: в центре знаков геометрической формы (1, 2 рис. 8), в середине основания у фигур неправильной формы (6 рис. 8); в вершине прямого угла у основания знаков с «подсечкой» (3 рис. 8).

Линейные знаки применяются для изображения на картах предметов местности, которые имеют значительную протяжённость при сравнительно малой ширине, не выражающейся в масштабе карты (пути сообщения, линии связи, границы и т.п.). Линейный знак (9, 10 рис. 8) передаёт расположение объекта на местности с преувеличением его ширины (в масштабе карты), при этом ось знака совпадает с положением на местности оси объекта.

Для дополнительной характеристики применяются *пояснительные* условные знаки:

- а) собственные названия населённых пунктов, рек и др;
- б) сокращённые надписи, перечень которых даётся в таблицах условных знаков (характер производства, материал сооружений и покрытия дорог и др.);
- в) числовые показатели (длина, ширина и грузоподъёмность мостов; высота и толщина деревьев в лесу; ширина и глубина рек и др.).
- г) знаки (порода деревьев в лесу, коллейность железных дорог, направление течения рек и др.).

Для закрепления знаний по изучению условных знаков, а также для приобретения навыков в черчении, студенты вычерчивают несколько условных знаков (рис. 4 в приложении 1).

§6. Определение географических и прямоугольных координат

Особенностью топографических карт является наличие на них двух систем координат (исходя из сущности поперечно-цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера): географической и прямоугольной, что позволяет определять как географические, так и прямоугольные координаты любой точки.

Географическая система координат обозначена на карте граничными линиями: западным и восточным меридианами, южной и северной параллелями.

Рабочее поле карты заполнено сеткой линий, образующих квадраты прямоугольной системы координат (рис. 9).

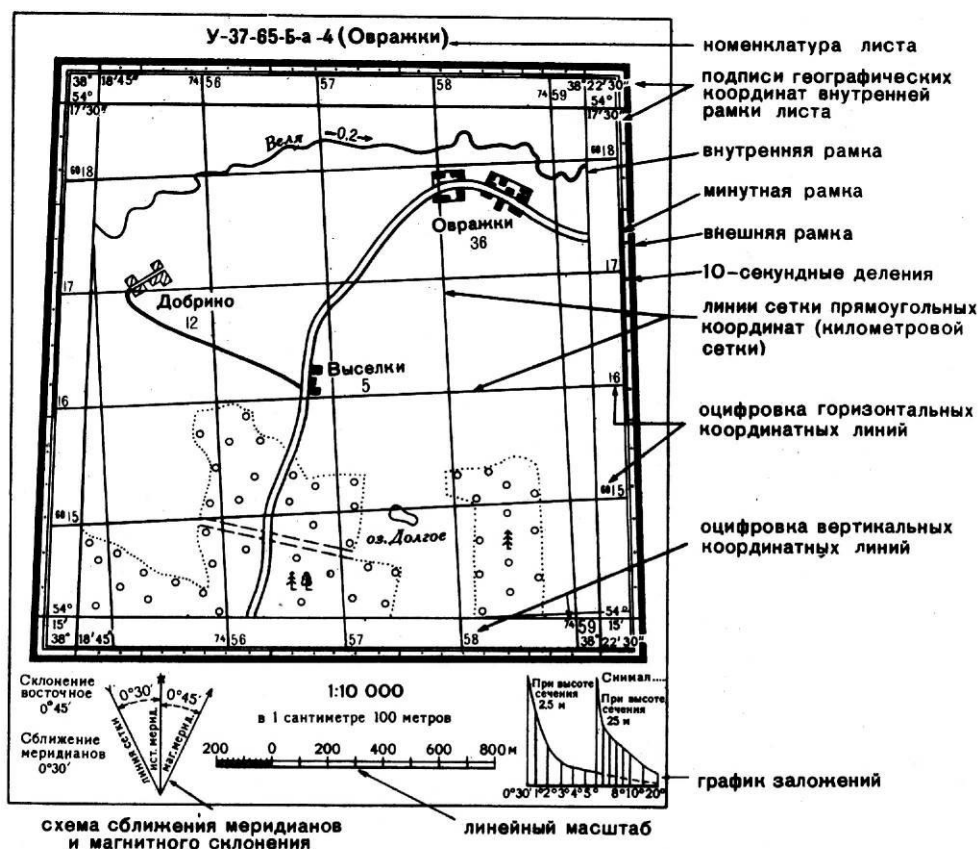


Рис. 9.

Эти линии называются линиями километровой сетки, т.к. они проведены через 1 км, в масштабе карты: горизонтальные — параллельно экватору, вертикальные — параллельно осевому меридиану зоны. Вертикальная линия означает ось X, горизонтальная — ось Y.

1. Определение географических координат точки

Для определения широты φ_A точки А (рис.10)

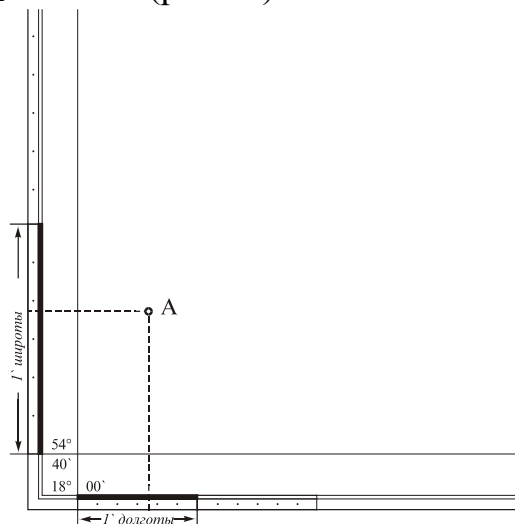


Рис. 10.

проводят через эту точку параллель (т.е. линию, параллельную южной стороне рамки карты). Находят расстояние от этой параллели до южной стороны рамки, оценивая секунды на глаз (37"). Так как широта южной рамки равна $54^\circ 40'$, то искомая широта точки А получится $\varphi_A = 54^\circ 40' 37''$.

Долготу точки А находят аналогично, проведя через точку А истинный меридиан. Для данного примера $\lambda_A = 18^\circ 00' 32''$.

2. Определение прямоугольных координат точки

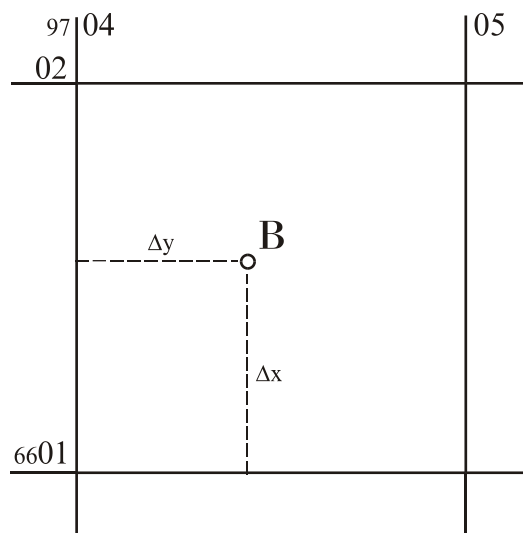


Рис. 11.

Приняв за оси координат линии километровой сетки ($X=6601$, $Y=9.704$), опускают на них из определяемой точки перпендикуляры Δx и Δy (рис.11), длины которых измеряют с помощью поперечного масштаба. Для данного примера:

$$X_B = 6601000 \text{ м} + \Delta x = 6601550 \text{ м}$$

$$Y_B = 9704000 \text{ м} + \Delta y = 9704415 \text{ м}$$

Для закрепления знаний студенты определяют координаты двух точек, задаваемых индивидуально, а результаты записывают в таблицу 2 приложения 1.

§ 7. Ориентирование линии

Под ориентированием линии на местности (карте) понимается ее положение относительно северного направления меридиана, т.е. угол между северным направлением меридиана и направлением данной линии. В качестве углов, определяющих положение линии, служат: азимут, дирекционный угол и румб. Исходными направлениями в геодезии приняты: истинный (географический) меридиан, осевой меридиан зоны и магнитный меридиан.

Истинным азимутом линии в данной точке ее называется горизонтальный угол между северным направлением истинного меридиана в этой точке и направлением линии. Этот угол отсчитывается по ходу часовой стрелки. Истинный азимут обозначается буквой A и изменяется от 0 до 360° (рис.12)

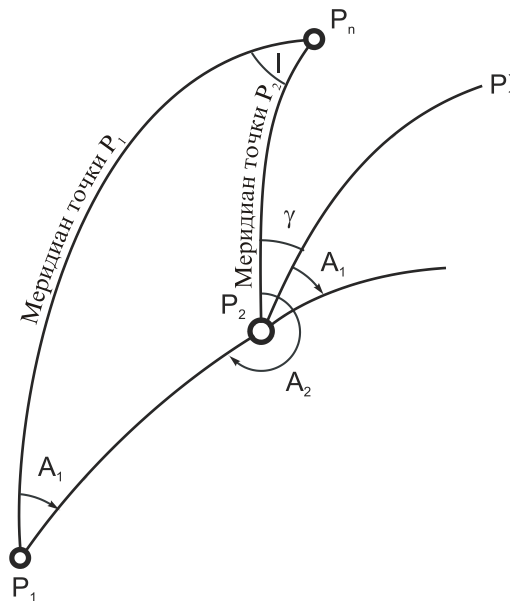


Рис. 12.

Азимут прямого направления P_1P_2 называется прямым, а обратного (P_2P_1) направления – обратным азимутом. Прямой азимут направления P_1P_2 (рис. 12) будет A_1 , а обратный для того же направления – A_2 . Так как меридианы не параллельны между собой, а пересекаются в точке полюса (P_n), то азимут линии в каждой точке ее имеет разное значение. Угол между направлениями двух меридианов в данных двух точках (P_1 и P_2) называется сближением (γ) меридианов. Как видно из рис. 12, зависимость между прямым и обратным азимутом выражается формулой:

$$A_2 = A_1 + 180 + \gamma. \quad (13)$$

На практике иногда вместо азимутов пользуются румбами. Румбом называется острый угол между северным или южным (ближайшим) направлением меридиана и направлением на точку. Румбы обозначаются буквой r с индексами, указывающими четверть, в которой находится линия.

Например: $r_{ЮВ}$ – линия находится в юго-восточной четверти (рис. 13). Связь между румбами и азимутами приведена в таб. 1

Таблица 1

Азимуты	Румбы	Четверть; названия
0-90°	$r_1 = A_1$	1 – СВ
90-180°	$r_2 = 180^\circ - A_2$	2 – ЮВ
180-270°	$r_3 = A_3 - 180^\circ$	3 – ЮЗ
270-360°	$r_4 = 360^\circ - A_4$	4 – СЗ

Дирекционным углом линии на плоскости называется угол между северным направлением осевого меридиана и направлением (P_1P_2) на данный предмет (точку). Дирекционные углы измеряются транспортиром также как и азимуты и изменяются так же как и азимуты; обозначаются буквой α .

Как следует из рис. 14, связь между азимутом и дирекционным углом выражается формулой:

$$A = \alpha + \gamma, \quad (14)$$

где γ – сближение меридианов в т. P_1

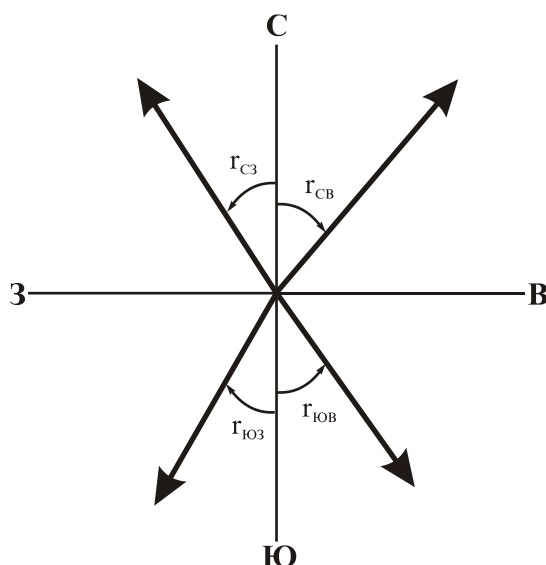


Рис. 13

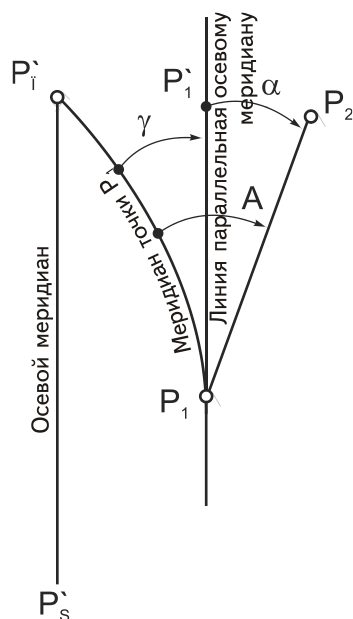


Рис. 14

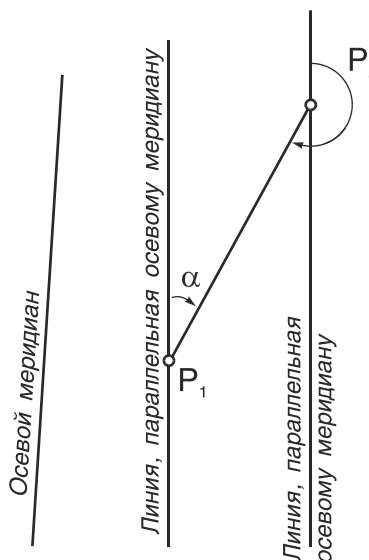


Рис. 15

Прямой и обратный дирекционные углы одной и той же линии отличаются на 180° (рис.15)

Магнитные азимуты. При решении ряда практических задач целесообразно пользоваться магнитными азимутами, т.к. они легко определяются с помощью простых приборов, таких как компас, буссоль, главной частью которых является магнитная стрелка.

Магнитные азимуты (A_M) отсчитываются так же, как и истинные азимуты, – по ходу часовой стрелки от 0 до 360° , но от направления магнитного меридиана.

Зависимость между магнитным азимутом и истинным азимутом такова:

$$A = A_M + \delta. \quad (15)$$

Здесь δ – склонение магнитной стрелки (указывается на карте).

Связь между дирекционным углом и магнитным азимутом определяется из решения двух равенств (ф. 14 и 15), у которых левые части равны, а значит, будут равны и правые, т.е.

$$\begin{aligned} \alpha + \gamma &= A_M + \delta \\ \alpha &= A_M + \delta - \gamma. \end{aligned} \quad (16)$$

Здесь γ и δ с учетом своих знаков.

Для закрепления теоретических знаний студенты измеряют элементы ориентирования линии АВ, заданной преподавателем (табл.2 приложения 1), вычисляют магнитный азимут её и измеряют длину линии АВ. Результаты измерений и расчетов заносят в табл. 3 расчетно-графической работы (приложение 5).

При определении координат, измерении длин линий и элементов ориентирования с помощью транспорта возможны ошибки. Чтобы избежать появления грубых ошибок, все измерения должны производиться дважды. Одним из косвенных способов контроля измерений является решение обратной геодезической задачи, сущность которой заключается в определении дирекционного угла (α) и горизонтального проложения (d) линии по известным координатам её концов (рис.16).

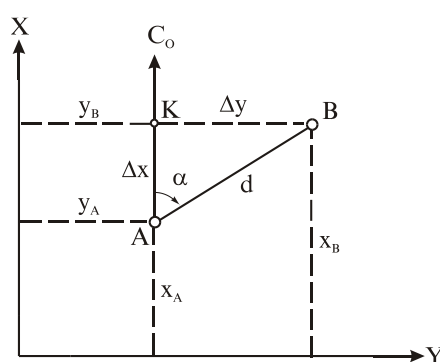


Рис. 16.

Обратная геодезическая задача.

Дано: $X_A Y_A$; $X_B Y_B$. Определить α и d .

В прямоугольном треугольнике АКВ (рис.16) имеем: $KB = \Delta y = Y_B - Y_A$; $AK = \Delta x = X_B - X_A$. Далее запишем

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = (Y_B - Y_A) / (X_B - X_A) = \Delta y_{AB} / \Delta x_{AB} \quad (17)$$

$$\alpha_{AB} = \operatorname{arctg} (\Delta y_{AB} / \Delta x_{AB}) \quad (18)$$

$$d_{AB} = (\Delta y_{AB} / \sin \alpha_{AB}) \quad (19)$$

$$d_{AB} = (\Delta x / \cos \alpha_{AB}) \quad (20)$$

По формуле 18 фактически вычисляется румб (острый угол) линии. Положение линии (четверть) находится в зависимости от знаков у приращений координат (Δx и Δy), которые определяются по табл. 2.

Таблица 2

Четверть, Название румба	Знак у приращения координат	
	Δx	Δy
I СВ	+	+
II ЮВ	–	+
III ЮЗ	–	–
IV СЗ	+	–

Определив четверть, в которой находится искомая линия АВ по зависимости между румбом и дирекционным углом (табл.1), вычисляют её дирекционный угол.

Решение обратной геодезической задачи целесообразно выполнять по формуляру (табл. 4 в приложении 1). Контролем правильности расчётов является: d_{AB} , вычисленное по формуле 19 и d_{AB} , вычисленное по формуле 20 должны быть одинаковыми или отличаться не более чем на 2 см.

По определённым координатам точек А и В (табл. 2 в приложении 1.) студенты вычисляют расстояние между точками и дирекционный угол линии (табл. 4 в приложении 1), сравнивают вычисленные значения (α_{AB} и β_{AB}) с измеренными (табл. 3 в приложения 1) и составляют табл. 5 в приложении 1. Если расхождение в длине линии составляет не более 1 мм (в масштабе карты), а расхождение в дирекционном угле не более одного градуса (для школьного транспортира), можно считать, что прямоугольные координаты точек А и В определены удовлетворительно. В противном случае координаты точек А и В определяются заново.

Оценка точности произведённых измерений в расчётно-графической работе заключается в сравнении результатов (табл. 5 в приложении 1.).

§ 8. Определение отметок

На топографических картах рельеф местности изображается горизонталями. **Горизонталь – это плавная замкнутая кривая линия, соединяющая на карте (плане) точки с одинаковыми отметками.** Горизонтали подписываются кратно принятому сечению (h_0). Подписывается, как правило, каждая пятая горизонталь, которая изображается утолщённой.

Из формулировки горизонтали можно заключить, что отметка точки, лежащей на горизонтали будет равна отметке этой горизонтали. Пусть требуется определить отметку точки С, расположенной между смежными горизонталями с отметками H_1 и H_2 (рис. 17).

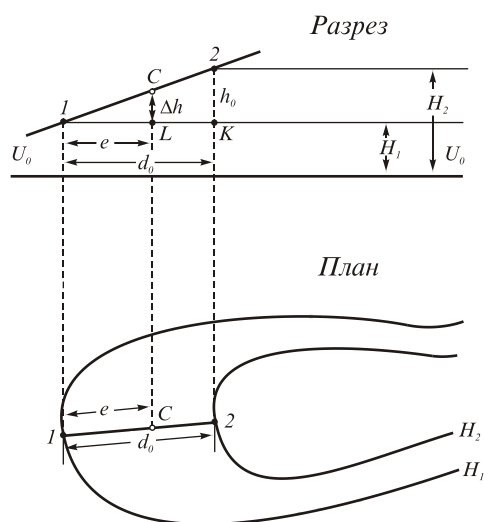


Рис. 17.

Проводят через точку С прямую, нормальную к горизонталям (кратчайшее расстояние) и измеряют в миллиметрах отрезки d_0 и e . Искомая отметка, как видно из разреза (рис.17), равна:

$$H_C = H_1 + \Delta h \quad (21)$$

где Δh – превышение точки С над точкой 1.

Из подобия треугольников 1К2 и 1LC можно записать:

$$\Delta h/h_0 = e/d_0 \quad (22)$$

$$\Delta h = (e/d_0)h_0$$

где h_0 – высота сечения рельефа или разность отметок горизонталей в точках 1 и 2.

Подставив вычисленное значение Δh (ф. 22) в формулу 21, получают отметку точки С.

Отметки таких точек приходится вычислять, как правило, при построении профиля местности по заданному направлению.

§ 9. Построение профиля

Профиль местности – это вертикальный разрез рельефа местности, построенный в двух масштабах: горизонтальном и вертикальном.

Построение профилей по картам необходимо при разнообразных исследованиях природных условий территории для решения научных и практических задач. Например, с помощью профиля можно установить, имеется ли взаимная видимость между двумя точками местности. Построением профилей по ряду направлений, исходящих из данной точки, можно нанести на карту участки местности, невидимые с этой точки (так называемые поля невидимости) и др.

Пусть требуется построить профиль местности на карте масштаба 1:10000 по линии BD (рис. 18а)

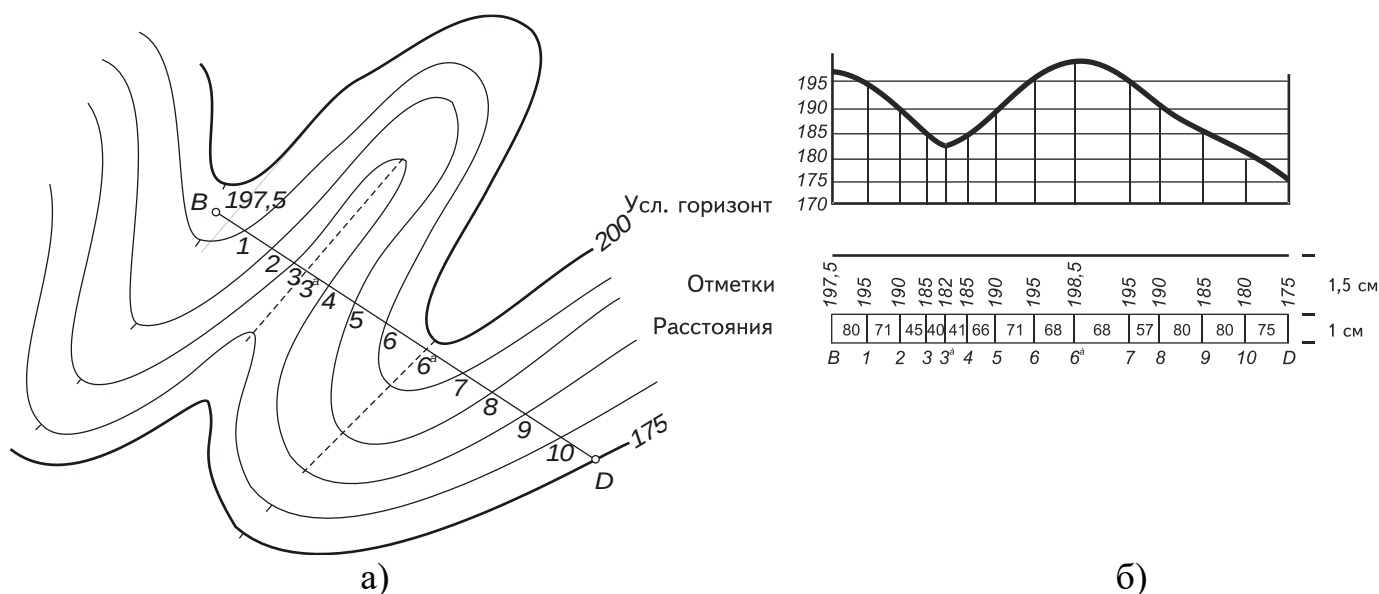


Рис. 18

Точки пересечения линии BD с горизонталями нумеруют; фиксируют на карте по линии BD точки перегиба местности (характерные точки), присваивая им номера (3а, 6а) и вычисляя их отметки как и т. В аналитически (§ 8).

На листе миллиметровой бумаги строят графы расстояний и отметок (рис.18б). В графу расстояний в масштабе карты (измерителем, по линейному масштабу) переносят длины соответствующих интервалов (расстояние между точками пересечения линии BD со всеми горизонталями, а также с характерными линиями рельефа – тальвегом и водоразделом). В графу отметок записывают высоты соответствующих точек (В,1,2...9,10 D). Над всеми перенесёнными точками от линии условного горизонта восстанавливают перпендикуляры и на них в масштабе (в 10 и более раз крупнее горизонтального) откладывают отрезки, равные разности отметки точки и отметки условного горизонта.

Концы перпендикуляров соединяют плавной кривой линией.

Студенты, выполняя расчётно-графическую работу, строят профиль по линии АВ (обозначенной ранее), составляя при этом таблицу 6 (приложение 1) с элементами линии: заложением, превышением (сечением), уклоном и др.

В расчётно-графической работе они иллюстрируют пример определения отметки точки аналитическим способом.

В таблице 6 (приложение 1) превышения (h_0) находятся как разность отметок в точках А,1,2...; заложения (d_0) находится с помощью измерителя и линейного масштаба; уклон вычисляется по формуле (рис.19):

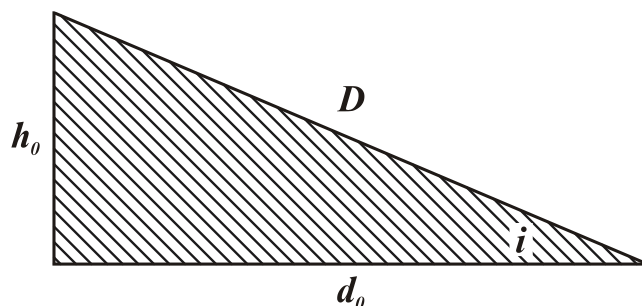


Рис.19

$$i = h_0 / d_0 \quad (23)$$

здесь h_0 – высота сечения рельефа;

d_0 – заложение горизонталей.

В общем виде уклон линии находится по выражению:

$$i = h/d \quad (23')$$

здесь h – превышение одной точки над другой;

d – горизонтальная проекция между точками.

Угол наклона находится по формуле 9(23) или по графику «Масштаб заложений».

Наклонная длина (D) находится по формуле (рис. 19):

$$D = \sqrt{h_0^2 + d_0^2} \quad (24)$$

В общем виде по формуле

$$D = \sqrt{h^2 + d^2} \quad (24')$$

§ 10. Измерение площадей

Площадь участков местности требуется знать для решения многих инженерно-технических и планово-экономических задач. Измерения площадей участков местности по топографическим картам (планам) производится графическим, аналитическим и механическим способами.

При измерении площади участка по карте находится его проекция (s) на горизонтальную плоскость, а для нахождения фактической площади на физической поверхности Земли (S) необходимо ее вычислить по формуле:

$$S = s / \cos v_{\text{ср}}, \quad (25)$$

где $v_{\text{ср}}$ – средний угол наклона площади участка Земли по отношению к горизонтальной плоскости (плоскости проекции).

Рассмотрим сущность графического способа. Если участок Земли, изображенный на карте, имеет форму многоугольника, то его площадь разбивают на простые геометрические фигуры (рис. 20) – треугольники, квадраты и определяют площадь каждой, а окончательную площадь находят как сумму площадей простых фигур.

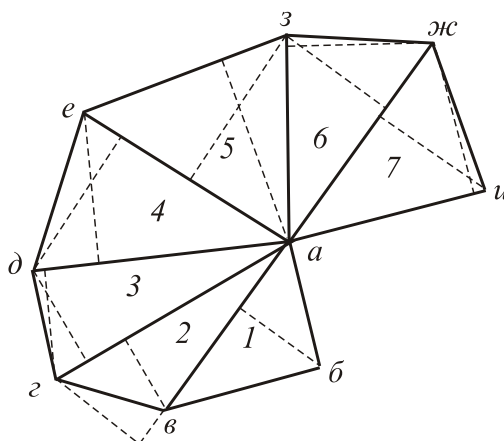


Рис. 20

Измерение площадей участков, имеющих сложную, неправильную конфигурацию, чаще производят с помощью палеток и планиметров, что дает наиболее точные результаты.

Сеточная палетка (рис.21) представляют собой прозрачную пластину (из пластика, органического стекла или кальки) с награвированной или начерченной сеткой квадратов.

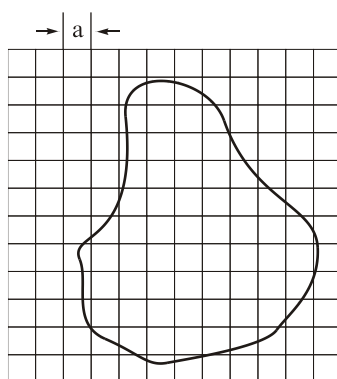


Рис. 21

Палетку накладывают на измеряемый участок и по ней подсчитывают количество полных квадратов (N) и количество неполных квадратов (n) по контуру фигуры. Считая, что из двух неполных квадратов образуется один полный (ввиду малых размеров квадрата), общее количество полных квадратов по всей фигуре будет:

$$N+n/2$$

Размеры ячейки принимают 0,2x0,2 см или 0,5x0,5 см ($a \times a$).

Вычисляют площадь ячейки (s_0) исходя из масштаба карты. Площадь (S) участка будет равна:

$$S=(N+n/2)s_0. \quad (26)$$

Для контроля измерений положение палетки меняют и действия по измерению площади повторяют аналогично. Относительное расхождение между двумя определениями площади фигуры не должно быть более 1:50.

Оно вычисляется следующим образом:

$$f_{\text{отн}} = (S_1-S_2)/S_{\text{ср}} \leq 1/50, \quad (27)$$

где S_1 – первое определение площади;

S_2 – второе определение площади;

$S_{\text{ср}}$ – среднее значение площади из двух определений.

§ 11. Разграфка и номенклатура топографических карт

Разграфкой называется разделение многолистной карты на отдельные листы. Обозначение отдельных листов такой карты по определенной системе называется *номенклатурой*.

За основу номенклатуры карт в России положена международная разграфка листов карты масштаба 1:1000000. Листы карты этого масштаба ограничены меридианами и параллелями и имеют размеры по широте 4° (ряды) и по долготе 6° (колонны). Ряды обозначаются заглавными буквами латинского алфавита, от А до U к северу и югу от экватора, а колонны нумеруются арабскими цифрами от 1 до 60. Номера колонн считаются от меридиана с долготой 180° с запада на восток (рис. 22).

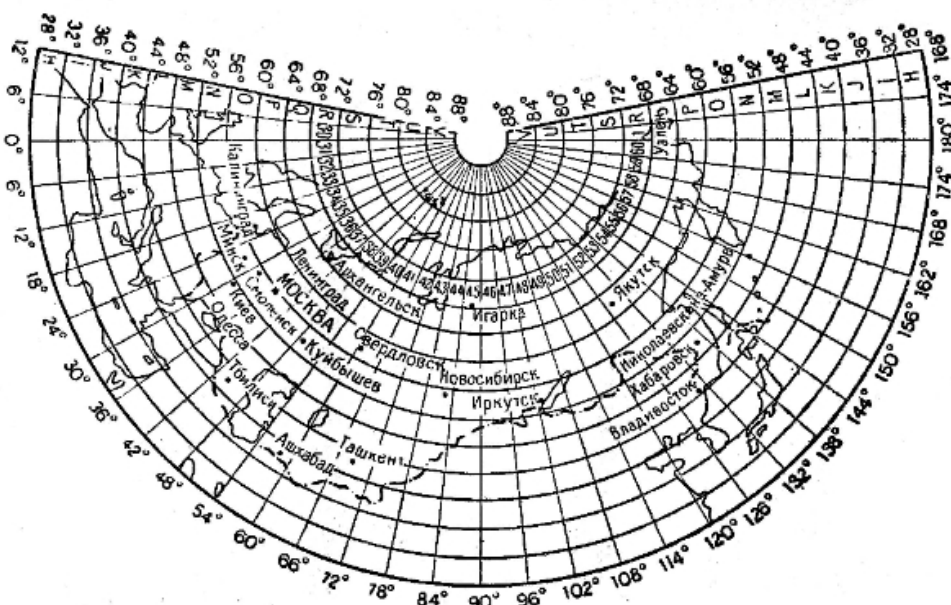


Рис.22

Например, лист карты масштаба 1:1000000, на которой находится Москва, имеет номенклатуру N-37. Центральные меридианы карт масштаба 1:1000000 совпадают с осевыми меридианами шестиградусных зон координат Гаусса-Крюгера. Связь между номерами колонн и координатных зон определяется формулой:

$$N=Q-30, \quad (28)$$

где Q – номер колонны карты масштаба 1:1000000;

N – номер зоны координат Гаусса-Крюгера.

Долготы центральных меридианов листов миллионной карты вычисляется по формуле:

$$L=6^{\circ} \cdot Q - 183. \quad (29)$$

Разграфка топографических карт более крупных масштабов установлена с соблюдением следующих условий:

- границами карт служат меридианы и параллели;

- размеры листов карты должны быть удобными для создания и практического использования;
- лист карты масштаба 1:1000000 должен делиться на целое число карт более крупного масштаба;
- номенклатура листов карт, включает номенклатуру карты масштаба 1:1000000, а для карт масштаба 1:50000 и крупнее – и номенклатуру листа карты масштаба 1:100000.

В России принят следующий ряд масштабов топографических карт: 1:1000000; 1:500000; 1:300000; 1:200000; 1:100000; 1:50000; 1:25000; 1:10000; топографических планов: 1:5000; 1:2000; 1:1000; 1:500.

Таким образом, одному листу миллионной карты соответствуют:

- 4 листа карты масштаба 1:500000, обозначаемые буквами А, Б, В и Г; номенклатура этих листов имеет вид, например N-37-A;
- 9 листов карты масштаба 1:300000, обозначаемых римскими цифрами I, II.... IX; номенклатура листов этой карты пишется в виде I-N-37;
- 36 листов карты масштаба 1:200000, обозначаемых также римскими цифрами; запись номенклатуры листов такая N-37-I;
- 144 листа карты масштаба 1: 100000, обозначаемых арабскими цифрами от 1 до 144, номенклатура запишется, например, N-37-144.

Одному листу карты масштаба 1:100 000 соответствует 4 листа масштаба 1:50 000. Каждый лист обозначается буквами А, Б, В и Г. Номенклатура листа карты масштаба 1:50 000 запишется как: N-37-144-A.

Одному листу карты 1:50000 соответствует 4 листа карты масштаба 1:25000, обозначаемые строчными буквами а, б, в, г, номенклатура запишется, например: N-37-144-A-а.

Одному листу карты масштаба 1:25000 соответствует 4 листа карты масштаба 1:10000, обозначается арабскими цифрами 1, 2, 3, 4, номенклатура запишется, например: N- 37-144-A-а-4.

Одному листу карты масштаба 1:100000 соответствует 256 листов плана масштаба 1:5000, листы которых обозначаются арабскими цифрами от 1 до 256, заключенными в скобках, номенклатура запишется, например: N-37-144-(256).

Одному листу плана масштаба 1:5000 соответствуют 9 листов плана масштаба 1:2000, каждый лист которого обозначается строчными буквами русского алфавита: а, б, в, г, д, е, ж, з, и, заключенными в скобки, номенклатура запишется, например: N-37-144-(256-и).

Сводные данные о номенклатуре карт и планов, размерах их рамок и километровой сетке даются в табл. 3.

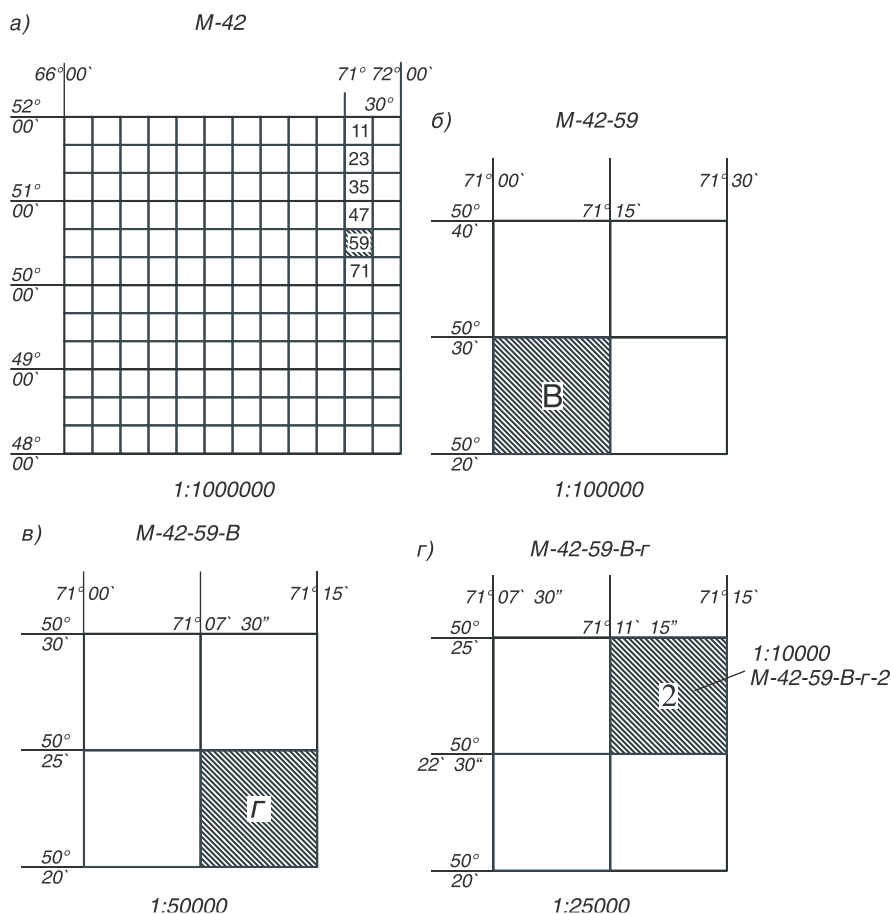
Таблица 3

Масштабы	Колич. листов в одном листе карты	Размеры рамок	Размеры сторон Километр. сетки	Номенклатура листов
----------	-----------------------------------	---------------	--------------------------------------	---------------------

	масштаба					
	1:1000000 или 1:100000	По широте	По долготе	На карт е	На местн ости	
1. В отношении карты масштаба 1:1000000						
1:1000000	1	4°	6°	-	-	N-37
1:500000	4	2°	3°	-	-	N-37-Г
1:300000	9	1°20′	2°	-	-	I-N-37
1:200000	36	40′	1°	5см	10км	N-37-36
1:100000	144	20′	30′	2см	2км	N-37-144
2. В отношении карты масштаба 1:100000						
1:50000	4	10′	15′	2см	2км	N-37-144-Г
1:25000	16	5′	7′30″	1см	1км	N-37-144-Г-г
1:10000	64	2′30″	3′45″	10см	1км	N-37-144-Г-г-4
1:5000	256	1′15″	1′52″,5	10см	0,5 км	N-37-144-256
1:2000	2304	25″	37″5	-	-	37-144-(256-и)

Пример: Определить номенклатуру листа карты масштаба 1:10000, в пределах которого находится пункт триангуляции, с такими значениями географических координат: широта 50° 24′, долгота 71° 14′ (рис. 23)

Рис. 23



Значение широты северной параллели, ограничивающей искомый лист масштаба 1:1000000 **равно** ближайшему к $50^{\circ} 24'$ большему числу градусов, кратно 4 **т.е.** 52° . Делением 52° на 4 получается номер ряда, равный 13; ему соответствует буква М латинского алфавита.

Значение долготы восточного меридиана равно ближайшему к $71^{\circ} 14'$ большему числу градусов, кратному 6, **т.е.** 72° . Прибавляя к нему 180° и деля сумму на 6, получается номер колонны:

$$Q = 72^{\circ} + 180^{\circ} = 252^{\circ} : 6 = 42.$$

Таким образом, лист карты масштаба 1:1000000, в пределах которого находится заданный пункт триангуляции, имеет номенклатуру М-42 (рис. 23а).

Определение номенклатуры листов масштабов 1:100000; 1:50000, 1:25000 и 1:10000 показано соответственно на рис. 23 б, в и г.

Пример. Определить географические координаты углов листа карты: К-48-14-(125). Определяем широты параллелей и долготы меридианов, ограничивающих лист карты К-48 масштаба 1:100000. Так как буква К – одиннадцатая в латинском алфавите, то широта северной параллели равна $11 \times 4^{\circ} = 44^{\circ}$, а южной $44^{\circ} - 4^{\circ} = 40^{\circ}$. Долгота восточного меридиана листа К-48 равна $6 \times 48^{\circ} - 180^{\circ} = 108^{\circ}$, а западного $108^{\circ} - 6^{\circ} = 102^{\circ}$. Деля лист К-48 на 144 части (рис. 24а), находим, что лист карты К-48-14 ограничен параллелями и широтами, равными $43^{\circ} 20'$ и $43^{\circ} 40'$, и меридианами с долготами, равными $102^{\circ} 30'$ и $103^{\circ} 00'$.

Деля лист карты К-48-14 на 256 частей (рис. 24б), находим, что лист карты К-48-14-(125) ограничен параллелями с широтами $43^{\circ} 28' 45''$ и $43^{\circ} 30' 00''$ и меридианами с долготами $102^{\circ} 52' 30''$ и $102^{\circ} 54' 22,5''$.

При выполнении расчетно-графической работы по этой теме (§11) студенты решают два примера с индивидуальными заданиями: по определению номенклатуры карты предложенного масштаба и географических координат углов карты заданного масштаба.

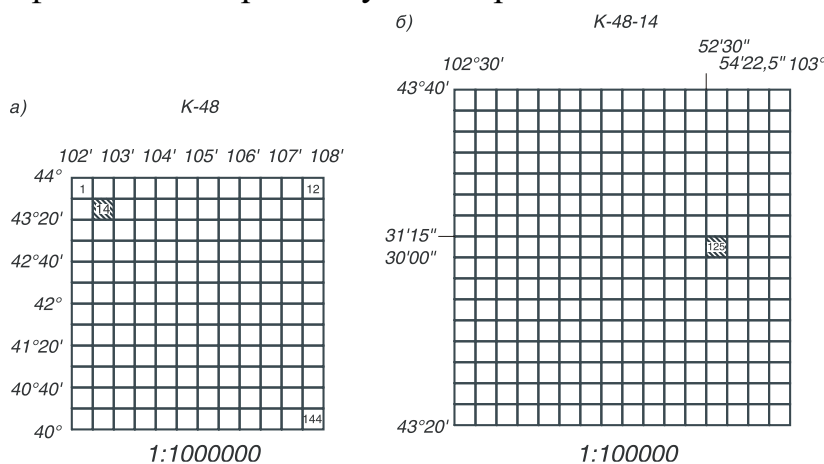


Рис. 24

§ 12. Вычисление координат точки и нанесение ее на карту

Завершая выполнение расчетно-графической работы по теме «Работа с топографической картой», студенты должны осознать, что топографическая карта открывает глубокие возможности для получения разнообразной информации как количественного, так и качественного свойства.

Вместе с тем студенты должны задать себе вопрос: «А как же создается такой ценный документ, как карта?»

Топографическая карта создается на основе полевых съемок, конечным результатом которых является вычисление координат и высот характерных точек рельефа и ситуации.

Таким примером в расчетно-графической работе является вычисление координат точки (решая прямую геодезическую задачу) и нанесение её на карту.

Прямая геодезическая задача

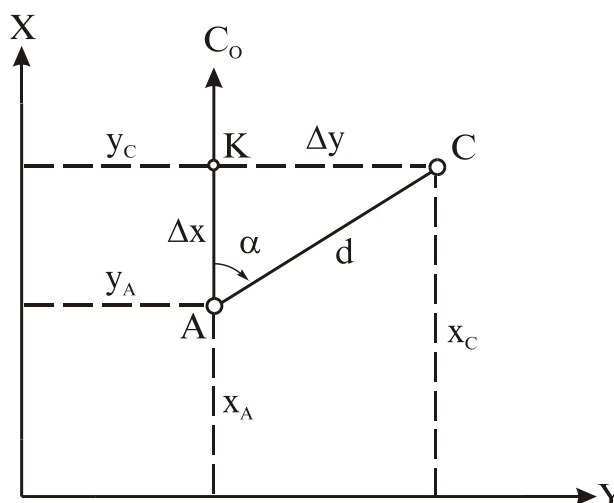


Рис. 25

Прямая геодезическая задача заключается в нахождении координат одной точки (С) в зависимости от координат другой точки (А), а также расстояния (d) между ними и дирекционного угла (α) линии, соединяющей эти точки (рис. 25).

Дано X_A Y_A ; d, α . Определить X_C Y_C .

Из прямоугольного треугольника АКС можно записать

$$X_C = X_A + \Delta x \quad (30)$$

$$Y_C = Y_A + \Delta y \quad (31)$$

В прямоугольном треугольнике АКС катеты Δx и Δy можно выразить через гипотенузу (d) и угол (α)

$$\Delta x = d \cdot \cos \alpha \quad (32)$$

$$\Delta y = d \cdot \sin \alpha \quad (33)$$

Подставив значения 32 и 33 в 30 и 31 соответственно, получим:

$$X_C = X_A + d \cdot \cos \alpha \quad (34)$$

$$Y_C = Y_A + d \cdot \sin \alpha \quad (35)$$

То есть, словесно формулы 34 и 35 можно записать так: *координата следующей точки, равна координате предыдущей точки плюс приращение координат между этими точками.*

Выполняя расчетно-графическую работу, принимают в ней координаты точки А как в табл. 2 приложения, расстояние до точки С равным АВ (табл. 4 в приложении 1), дирекционный угол линии АС принимают на 10° больше дирекционного угла линии АВ (табл. 4 в приложении 1).

Подставив, таким образом, конкретные значения в формулы 34 и 35, получают координаты точки С. Вычисления ведут по форме (табл. 7 в приложении 1).

Научившись определять по карте прямоугольные координаты точки и вычислять координаты точек, студенты закрепляют знания построением «Фрагмента» карты, с которой работали на занятиях. Для этого на формате А-4 они строят координатную сетку в масштабе карты, окантовывая ее рамкой; подписывают координатную сетку и составляют таблицу координат трех точек (рис. 15 в приложении 1). По данным этой таблицы точки наносят на «фрагмент» карты следующим образом. Пусть координаты точки С получились такими: $X_C = 6068208,40$ м, $Y_C = 310458,12$ м.

По значению абсциссы Х (беря только километры) находят горизонтальную линию к северу, относительно точки С; по значению ординат Y аналогичным образом определяют вертикальную координатную линию к востоку относительно искомой точки, и таким образом устанавливают нужный квадрат километровой сетки (рис. 26).

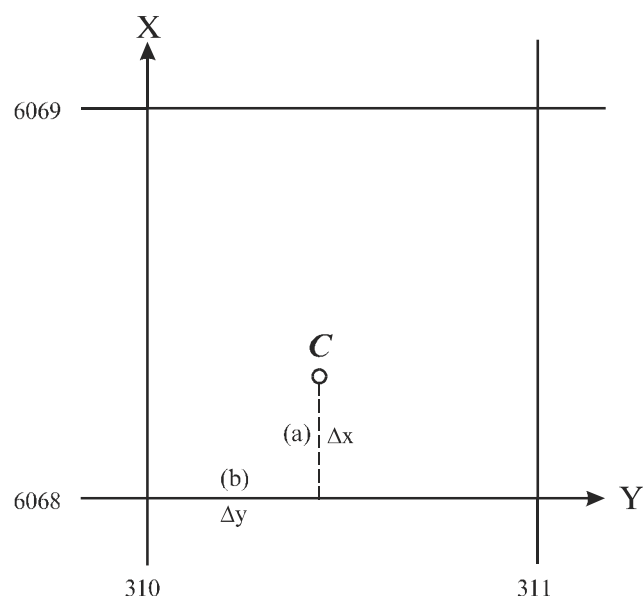


Рис. 26

После этого вычисляют разность между координатами точки С и координатами юго-западного угла квадрата.

$$\Delta x = 6068208,4 - 6068000 = 208,4 \text{ м}$$

$$\Delta y = 310458,12 - 310000 = 458,12 \text{ м}$$

По линейному масштабу измерителем набирают отрезок равный 458 м (Δy) и откладывают его от юго-западного угла квадрата по оси Y. Аналогично набирают измерителем отрезок Δx и с помощью прямоугольного треугольника восстанавливают перпендикуляр (из конца отрезка Δy) и измерителем откладывают по нему длину Δx . После этого фиксируют положение точки С и подписывают ее (делая накол иглой измерителя и обводя его кружком, диаметром 1 мм).

Точку по координатам можно нанести с помощью прямоугольного треугольника. Для этого надо сначала вычислить значения Δx (а) и Δy (b) в масштабе карты в сантиметрах и его долях по формулам:

$$a = \Delta x / M \quad (36)$$

$$b = \Delta y / M, \quad (37)$$

где М – знаменатель масштаба карты; а затем отложить по оси Y отрезок «b» и под 90° отложить отрезок «а». Точку С фиксируют и подписывают.

После того, как точки будут нанесены на карту, необходимо проверить правильность выполнения работы. Для этого измеряют в масштабе карты расстояния между точками А и С, А и В, сравнивают их с расстояниями между этими же точками (табл. 4, 7 в приложении 1). Если расхождение не превышает половины миллиметра в масштабе карты, то работу можно считать выполненной верно. В противном случае, все расчеты по вычислению Δx и Δy , а так же графические построения повторяют.

Расчетно-графическую работу студенты выполняют на листах формата А-4 (приложение 1.).

Аккуратно оформив и скрепив листы работы, студент сдает ее на проверку преподавателю. После этого назначается «защита» работы, во время которой устанавливаются знания и самостоятельность выполнения ее студентом.

Литература

Основная:

1. Курошев Г.Д., Смирнов Л.Е. Геодезия и топография. – М.: Изд-во Академия, 2009. – 176 с.
2. Практикум по геодезии / Под ред. Г.Г. Подклада. – М.: Академический проект, 2012 – 464 с.
3. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии. – М.: Академический проект, 2013.

Дополнительная:

1. Багратуни Г.В., Ганышин В.Н., Данилевич Б.Б. и др., Инженерная геодезия. Учебник для ВУЗов /под ред. Г.В. Багратуни, М., Недра 1984 - 344 с.
2. Елисеев А.А., Методические указания по выполнению лабораторных и расчётно-графических работ по «Инженерной геодезии» для строительных специальностей, Ставрополь 1985 - 72 с.
3. Картография с основами топографии. Практикум: учеб. пособие для вузов / Е.А. Чурилова, Н.Н. Колосова. – М.: Дрофа, 2004. – 128 с.
4. Скогарева Р.Н., Геодезия с основами геоинформатики. Учебное пособие, М. «Высшая школа» 1999 - 205 с.

Интернет-ресурсы:

www.geoprofi.ru – электронный журнал по геодезии, картографии и навигации

По итогам этого раздела оформляется РГР «Работа с топографической картой»

Приложение 1

**Министерство образования и науки РФ
Северо-Кавказский федеральный университет**

Институт математики и естественных наук
Кафедра социально-экономической географии, геоинформатики и туризма

Работа с топографической картой
(Расчётно-графическая работа)

Выполнил студент

(Группа, специальность)

(Ф.И.О.)

Проверил:

(Ф.И.О. преподавателя)

Ставрополь 20__ г.

Цель и задачи работы

Цель: научить студентов работать с топографической картой и решать по ней наиболее распространенные задачи.

Задача: освоить масштабы карт, определение координат точек, построение профиля местности.

Порядок выполнения РГР:

1. Построить линейный и поперечный масштабы (рис. 1, 2); с помощью этих масштабов измерить длины отрезков (табл. 1); показать зависимость между наклонной длиной линии на местности и проекцией (рис. 3).
2. Изучить условные знаки и вычертить 16-18 их наименований (рис. 4).
3. Определить географические и прямоугольные координаты точек А и В, обозначенных на карте, результаты измерений записать в табл. 2.
4. Замерить по карте элементы ориентирования линии АВ; результаты записать в табл. 3. Решить обратную геодезическую задачу по прямоугольным координатам (табл. 4) и сравнить значения α_{AB} и d_{AB} со значениями табл. 3.
5. Решить прямую геодезическую задачу (табл. 7, рис. 10), определить координаты точки С относительно координаты точки А.
6. Построить фрагмент карты: нанести на карту по координатам точки А, В, С (рис. 15).
7. Построить профиль местности по линии АВ (рис. 9).
8. Измерить площади контуров различными способами (рис. 11, табл. *).
9. Определить номенклатуру карты (рис. 13, 14).

СКР:

1. Определить аналитическим способом отметку характерной точки рельефа. Вычислить превышение между двумя точками, уклон, угол наклона (рис. 7, 8, табл. 6).
2. Нанести на карту точки А, В, С по прямоугольным координатам (рис. 15).

Масштабы:

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1) Численный масштаб М | 1:10000 (в 1см – 100м.) |
| 2) Линейный масштаб М | 1: 25000 (в 1см – 250м.) |



рис.1.

3) Поперечный масштаб М 1:50000 (в 1 см – 500м.)

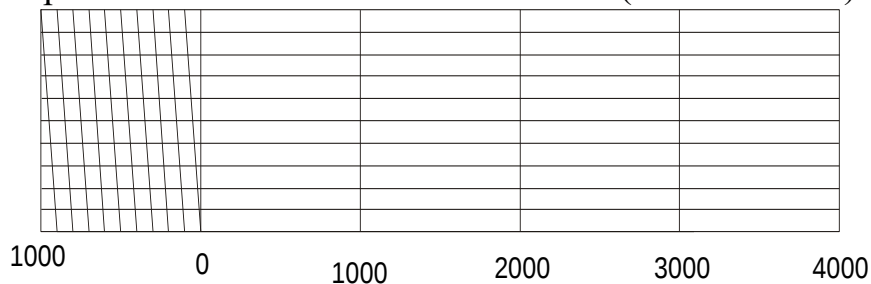


рис.2.

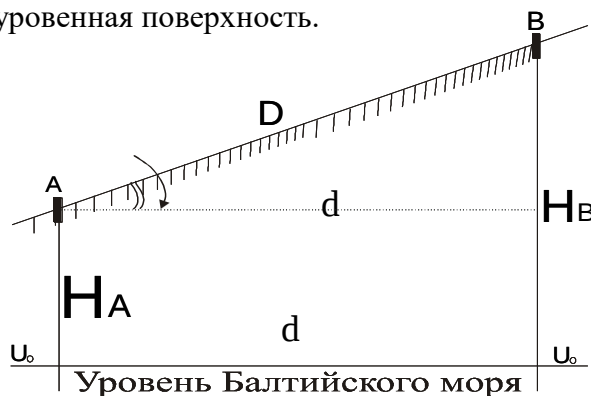
4) Измерение длин отрезков

таблица №1

Изображение отрезка	Длина отрезка (в масштабах)		
	Численном м	Линейном м	Поперечном м
	199	475	940
	265	680	1345
	150	385	780

5) Линия на местности, закреплённая точками А и В.

Элементы линии: D – наклонная длина, d – проекция (проложение), α – угол наклона местности к горизонту, H_A , H_B – высоты точек над уровнем Балтийского моря, U_0 – уровенная поверхность.



$$d = D \cdot \cos \alpha \quad h = H_A - H_B$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{d} \quad \alpha = \arctg \frac{h}{d}$$

рис. 3.

Условные знаки:

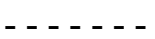
	- Жилые и нежилые строения
	- Отдельно расположенные дворы
	- Кварталы с преобладанием огнестойких строений
	- Заводские и фабричные трубы
	- Памятники, монументы, братские могилы
	- Церкви
	- Ветряные мельницы
	- Часовни
	- Линии связи
	- Двухпутные железные дороги
	- Станции
	- Путевые посты, разгрузочно-погрузочные площадки
	- Грунтовые дороги
	- Полевые и лесные дороги

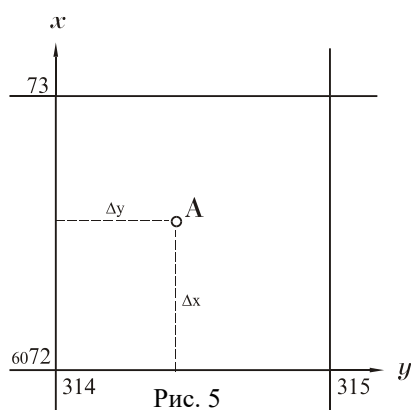
рис. 4.

Определение координат точек А и В.

Таблица №2

Название точек	Географические координаты		Прямоугольные координаты	
	φ	Λ	X (м)	Y (м)
А (134.0)	54°44′23″	18°07′05″	6072152,5	314442,5
В (170.1)	54°43′12″	18°05′29″	6070016,25	312612,5

Вычисление:



$$\begin{aligned}
 1) \quad \Delta X &= 0,61 \cdot 250 = 152,5 \text{ м} \\
 \Delta Y &= 1,77 \cdot 250 = 442,5 \text{ м} \\
 X &= 6072000 + \Delta X = 6072152,5 \text{ м} \\
 Y &= 314000 + \Delta Y = 314442,5 \text{ м}
 \end{aligned}$$

Элементы ориентирования линии АВ

Таблица 3

Название линии	Расстояние между точками d (м)	Дирекционный угол (α)	Истинный азимут (A)	Склонение магнитной стрелки (δ)	Сближение меридианов (γ)	Магнитный азимут (A _м)
АВ	2812,5	220°	217°36'	6°12'	-2°24'	211°24'

Обратная геодезическая задача:

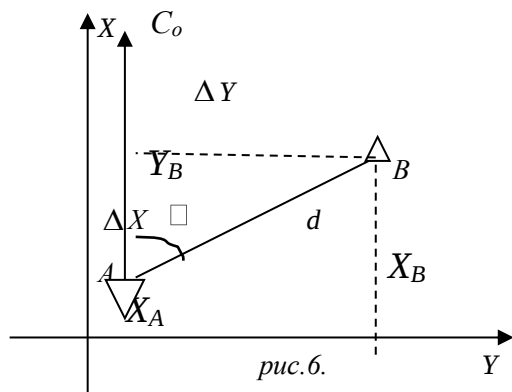
Дано: $\Delta Y = Y_B - Y_A$ $\Delta X = X_B - X_A$

$X_A \ Y_A$

$X_B \ Y_B$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

Найти: $\square\square, d$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad d = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}$$

Сравнение табл. 5

методы	Значения	D м	Относит. ошибка
графическ.	220°	2812,5	$\frac{0,2}{2812} = \frac{1}{5600} < \frac{1}{100}$
аналитич.	220° 35'	2812,71	
расхожд.	0° 35'	0,2	

Решение обратной геодезической задачи:

таблица 4

№ действ.	Обозначения, ф-лы.	Значения	
1	Y_B	312612 м	
3	Y_A	314442 м	
5	$\Delta Y = Y_B - Y_A$	-1830,0 м	
10	$\sin \alpha$	0,65062	
12	$d_{AB} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}$	2812,71 м	
2	X_B	6070016 м	
4	X_A	6072152 м	
6	$\Delta X = X_B - X_A$	-2136,0 м	
11	$\cos \alpha$	0,75941 м	
13	$d_{AB} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}$	2812,71 м	
7	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$	0,85674	
8	r	40°, 59	40° 35' 24"
9	α_{AB}	220° 35' 24"	
14	α_{cp}	2812,71 м	

Таблица элементов по линии АВ

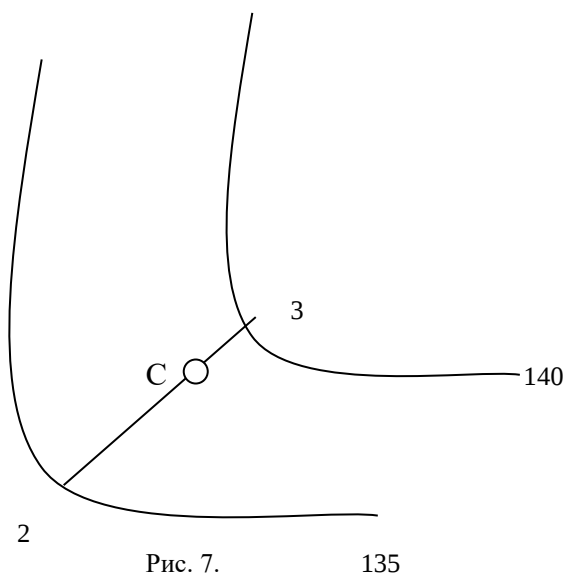
Таблица 6

№ точек	Отметки точек (H) м	Превышение (h ₀) м	Заложение (d ₀) м	Уклон (I)	Угол наклона (v) 0 '□□□□□ "	Наклонная длина (D) м
1	134.0					
		+1	25	+0.04	+2°17'	25.01
2	135.0					
		+5	75	+0.07	+4°00'	75.17
3	140.0					
		0	170	0	0°	170
4	140.0					
		-5	107.5	-0.05	-2°40'	107.62
5	135.0					
		-5	60	-0.08	-4°45'	60.2
6	130.0					

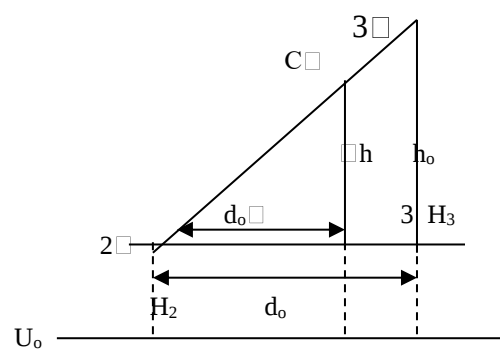
$$h_0 = H_2 - H_1; \quad H_3 - H_2 \dots$$

Определение отметки точки С аналитическим способом:

План



Разрез:



$$h_0 = H_3 - H_2 \quad H_c = H_2 + \square h$$

Из подобия треугольников:

$$\frac{\Delta h}{h_o} = \frac{d_o}{d_o} \quad \Delta h = \frac{d'_o}{d_o} * h_o$$

Профиль местности по линии АВ

M_Г 1:25000

M_В 1:1000

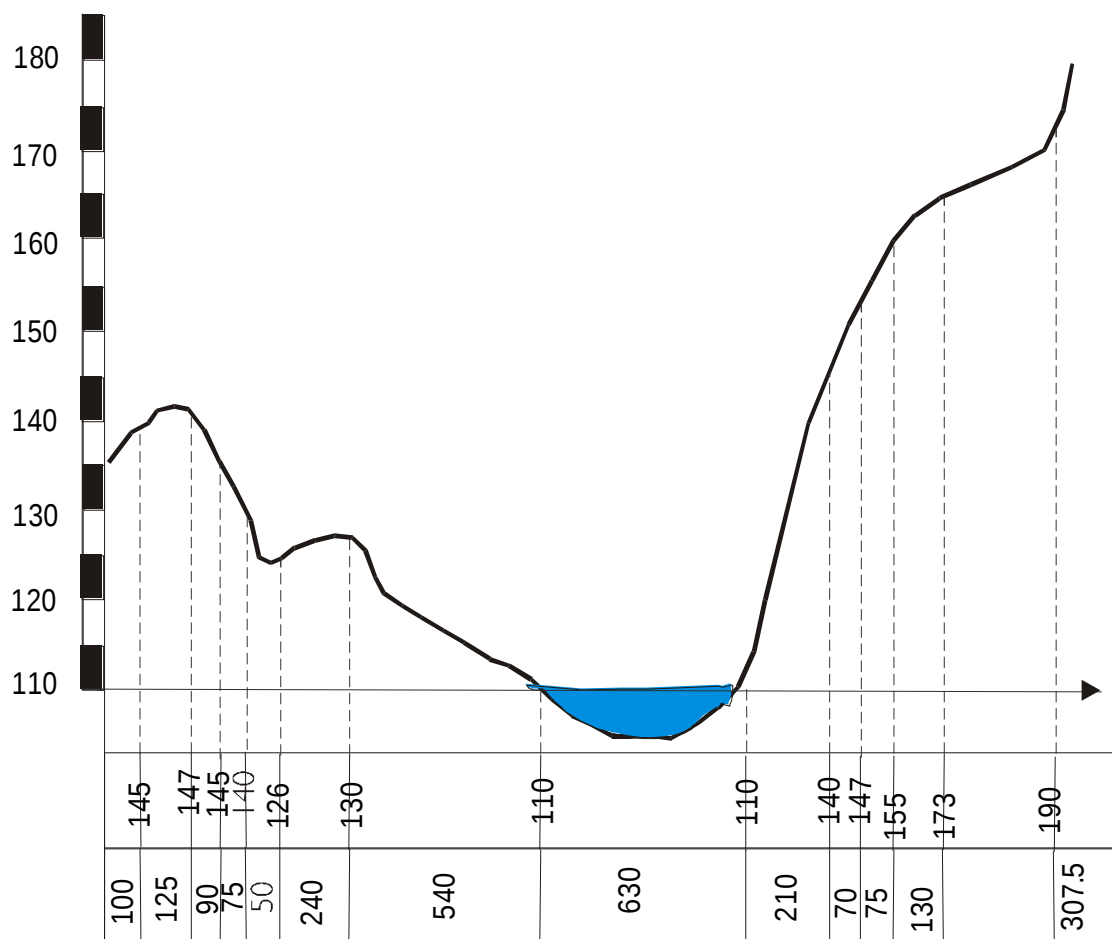
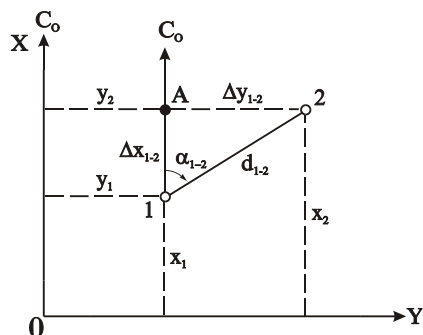


Рис. 9.

Прямая геодезическая задача:



Дано: $X_1; Y_1; d_{1-2}; \alpha_{1-2}$.

Найти: X_2 и Y_2

Из прямоугольного треугольника 1A2:

$$\Delta X_{1-2} = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2}$$

$$\Delta Y_{1-2} = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2}$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2}$$

Рис.10.

Для решения задачи принять: X_A, Y_A из таблицы №2; $\alpha_{AC} = \alpha_{AB} + 10^\circ$;

α_{AB} и

$d_{AB} = d_{AC}$ - принять из таблицы №4.

Вычисление координат

Таблица 7.

№	Горизонтальное проложение (d) м	Дирекционный угол (α) 0 ' "	Приращения координат		Координаты точек	
			ΔX	ΔY	X	Y
A					6072152,5	314442,5
	2812.17	230°35'24"	-1785,69	-2173,16	6070368,81	312269,39
C						

Разграфка и номенклатура карт.

Определить номенклатуру листа карты масштаба 1:25 000, на которой находится пункт триангуляции ($\square$) с координатами: $\varphi = 54^\circ 18' 35''$, $\lambda = 38^\circ 55' 30''$.

Порядок работы.

1. Определяем широту ближайшей параллели севернее пункта триангуляции, кратную 4° (Это будет 56°).
2. Вычисляем номер ряда, в котором расположен пункт: $56^\circ / 4^\circ = 14$ -й ряд. Этому ряду соответствует буква латинского алфавита – N.
3. Определяем долготу ближайшего меридиана, проходящего восточнее пункта, кратную 6° (Это будет 42°).
4. Вычисляем номер колонны, в которой находится пункт:
 $(42^\circ + 180^\circ) / 6 = 37$
5. Запишем номенклатуру листа карты масштаба 1:1 000 000, в которой находится пункт:

N-37

6. Выполнить рисунок трапеции, в которой находится пункт триангуляции (рис. 13а) и подписать меридианы и параллели. Определение номенклатуры листов карт более крупных масштабов получают следующим обр.

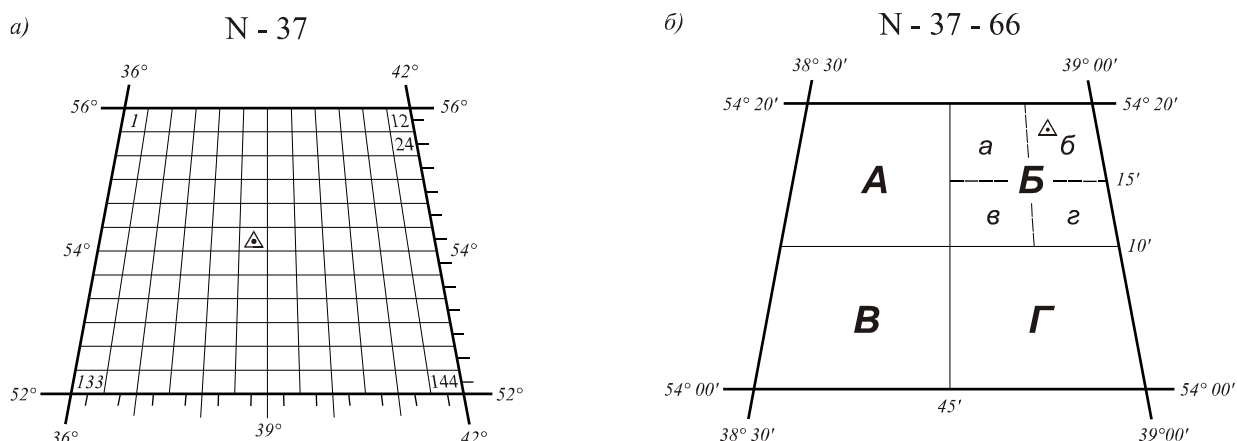


Рис. 13

- 1) Лист карты масштаба 1 : 1000000 делится на 144 части листа (12 x 12). После деления каждый такой лист обозначается цифрами от 1 до 144, и имеет размеры $6^{\circ} : 12 = 30^{\square}$, $4^{\circ} : 12 = 20^{\square}$, то есть $30^{\square} \times 20^{\square}$. Масштаб такого листа карты будет 1 : 100000, а номенклатура N – 37 – 66.
- 2) Лист карты масштаба 1 : 100000 делится на 4 части (2 x 2), каждая часть (рис. 13 б) обозначается буквами А, Б, В и Г, $30^{\square} : 2 = 15^{\square}$, $20^{\square} : 2 = 10^{\square}$. После деления каждый такой лист имеет размеры $15^{\square} \times 10^{\square}$. Масштаб такого листа будет 1:50000, а номенклатура N – 37 – 66-Б. (рис. 13 б)
- 3) Лист карты масштаба 1:50000 делится на 4 части (2 x 2), то есть $15^{\square} : 2 = 7^{\square} 30^{\square \square}$, $10^{\square} : 2 = 5^{\square}$, каждая часть получает размеры: $7^{\square} 30^{\square \square} \times 5^{\square}$. Каждый такой лист обозначается буквами а, б, в и г. Масштаб будет 1:25000. Номенклатура такого листа запишется: N – 37 – 66 – Б - б.
- 4) Лист карты масштаба 1:25000 делится на 4 части (2 x 2), т.е. $7^{\square} 30^{\square \square} : 2 = 3^{\square} 45^{\square \square}$, $5^{\square} : 2 = 2^{\square} 30^{\square \square}$, каждая часть будет иметь размеры $3^{\square} 45^{\square \square} \times 2^{\square} 30^{\square \square}$, а листы обозначаются цифрами 1,2,3 и 4. Масштаб будет 1:10000, а номенклатура запишется: N – 37 – 66- Б – б – 2.

Подписать меридианы и параллели для листа М 1:25000, например номенклатуры N – 37 – 66 - Б – б. (рис. 14)

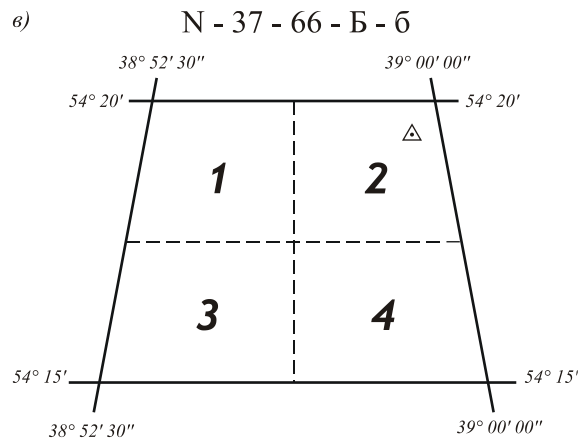


Рис.14

Выполняя эту завершающую часть расчетно-графической работы студенты делают рисунки трапеции по каждому последующему масштабу. Они самостоятельно определяют номенклатуру листа карты масштаба 1:10 000 и указывают треугольником (Δ) положение пункта триангуляции на этом листе.

Основные картографические проекции

Цель: Ознакомиться на практике (в результате выполнения лабораторных заданий) с законами изображения сфероидальной поверхности Земли на плоскости, т.е. решая ряд практических задач, необходимых для расчетов картографических сеток, познать и закрепить теорию картографических проекций.

Организационные формы занятий: фронтальная, групповая, индивидуальная (разбор конкретных ситуаций)

Вопросы для обсуждения:

1. В чем сущность понятия картографическая проекция?
2. Какова роль вспомогательной поверхности или картинной плоскости?
Есть ли разница между ними?
3. Какую форму имеют меридианы и параллели и промежутки между ними в нормальных цилиндрических, азимутальных и конических проекциях?
4. Может ли эта форма меняться и от чего это зависит?
5. Укажите причину формирования искажений у квадратной цилиндрической проекции.
6. Укажите причину формирования искажений у равнопромежуточной азимутальной проекции Постеля.
7. За счет чего достигается равновеликость в проекции равновеликой азимутальной Ламберта? Присущи ли для нее искажения?
8. Сравните квадратную и равноугольную цилиндрические проекции. Что у них общего и чем они различаются? За счет чего получены различия?
9. Что собой представляют эллипсы искажений? Какова их роль на

картографических сетках. Что иллюстрируют ортодромы, изображенные на построенных картографических сетках?

Методические рекомендации.

1. Мысленно представить объемную модель проектирования глобуса (шар) заданного масштаба на вспомогательную поверхность, предложенной формы (геометрическая фигура трансформируется в плоскость), т.е. расшифровать название проекции.

2. Попытаться изобразить ее графически, сформулировать внешние признаки заданной проекции и наметить ее элементы (вид меридианов, параллелей и промежутков между ними, спроектированных на вспомогательную поверхность). Очень важно подчеркнуть, что происходит с этими элементами.

3. Описать с помощью математических формул представленный процесс проектирования градусной сетки глобуса на вспомогательную поверхность.

4. По формулам вычислить все элементы, необходимые для построения данной сетки.

5. Определить характер распределения возникших искажений и объяснить причины их возникновения.

6. Стремиться упростить решение математических задач за счет их решения по системе матричных блоков (таблиц).

7. Построить математически смоделированную картографическую сетку и перенести на нее географические контуры с выбранного (указанного) источника.

8. Оформить работу как графическое построение, т.е. карту, с оцифровкой меридианов, параллелей и построением рамки с учетом компоновки.

Оборудование:

1. Школьные географические атласы.
2. Контурные карты.
3. Глобусы.
4. Чертежные принадлежности, ластик.
5. Калькулятор.

Работа № 10. Рассчитать и построить картографическую сетку в нормальной (прямой) квадратной цилиндрической проекции, вычертить на ней географические контуры, материков и океанов, эллипсы искажений (на экваторе, 60-х параллелях и полюсах) и перенести ортодромию с глобуса по линии м. Горн – м. Доброй Надежды.

Условия построения:

1. Главный масштаб 1: 212000000
2. Густота меридианов и параллелей – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 15^\circ$

В качестве примера выполнения подобных работ рассмотрим, следуя методическим указаниям, выполнение работы № 9. Этому должен предшествовать этап детального и самостоятельного изучения учебного материала для данной проекции по рекомендованным пособиям. Лабораторная работа, в первую очередь, служит для закрепления теоретического материала.

Итак, проекция – это способ построения картографической сетки будущей карты, как изображение градусной сетки глобуса. В этом построении участвует цилиндр, отсюда проекция цилиндрическая. Его боковая поверхность служит экраном, на который проектируются большие и малые круги, соответственно меридианы и параллели глобуса. Но главное в том, что цилиндр трансформируется (разворачивается) в плоскость в отличие от глобуса (шара).

Продольная ось такого цилиндра должна совпадать с полярной осью

глобуса. Отсюда и название проекции – нормальная или прямая. Цилиндр и глобус соприкасаются между собой по линии экватора, который при проектировании на стенки цилиндра сохранит свою длину. А параллели – малые круги на глобусе, чтобы попасть на стенки цилиндра все должны растянуться до длины экватора, как и точка полюса. Меридианы на глобусе – большие круги, которые, пересекаясь в точке полюса, делятся пополам, Поэтому, следуя за параллелями при проектировании на стенки цилиндра, они изобразятся полумеридианами, сохранив свои размеры. А это значит, что на стенках цилиндра меридианы остались большими кругами, а параллели стали большими кругами, но только по размерам, так как их форма изменилась. На стенках цилиндра они станут прямыми параллельными друг другу и перпендикулярными между собой. Приобретая в процессе проектирования одинаковую длину, они будут делить (по условиям построения) друг друга на равные отрезки, т.е. картографическая сетка будет состоять из квадратов в отличие от сферических трапеций на глобусе, отсюда и ее название – квадратная. Разрезав цилиндр по образующей, мы легко превращаем его в плоскость. С глобусом этого сделать нельзя, чтобы не нарушить его свойства: цельность, однозначность и конечность.

Расчет и построение

1. Рассчитать радиус глобуса в заданном масштабе т.к. уже этот элемент тела Земли дает представление о размерах проектируемой фигуры и значительно упрощает определение других элементов, т.к. входит составной частью в производные формулы:

$$R^1 = \frac{R}{M}; \text{ где } R - \text{ радиус Земли, для равновеликого шара } - 6371116 \text{ м.}$$

Эта фигура вполне устраивает наши расчеты.

2. Рассчитать величину большого круга глобуса в заданном масштабе (следует помнить, что такую же длину приобретут все параллели в процессе

проектирования на стенки цилиндра):

$$2\pi R^1 =$$

3. Рассчитать величину полу меридианов глобуса в заданном масштабе (следует помнить, что они при проектировании на стенки цилиндра сохраняют свою длину):

$$\frac{2\pi R^1}{2} = \pi R^1 =$$

4. Рассчитать величину промежутков между меридианами и параллелями в заданном масштабе на стенках цилиндра (картографическая сетка) исходя из их равенства по условию построения (квадраты):

$$x = y = \frac{2\pi R^1}{360^\circ} \cdot \Delta\varphi(\Delta\lambda) =$$

Полученных результатов достаточно, чтобы построить картографическую сетку в нормальной (прямой) квадратной цилиндрической проекции для карты мира. И, далее по заданию, вычертив меридианы и параллели, отступить на 5 мм и вычертить рамку карты, разместив в ней оцифровку долгот и широт цифрами до 2 мм высотой. Начало оцифровки - экватор и средний (нулевой) меридиан и далее через одну цифру.

Работа № 11. Рассчитать и построить картографическую сетку в нормальной (прямой) равноугольной цилиндрической проекции Меркатора, вычертить на ней географические контуры материков и океанов, эллипсы искажений и перенести ортодромию с глобуса по линии м. Горн - м. Доброй Надежды.

Условия построения.

1. Главный масштаб 1:212000000.

2. Густота меридианов и параллелей – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 15^\circ$

Самостоятельно сделать обоснование в соответствии с общими методическими указаниями, примером рассмотрения задания в работе №9 и сформулировать вопросы с пояснениями к приведенным формулам.

Следует помнить, что равноугольные свойства этой картографической сетки заключаются в пропорциональном растяжении отрезков меридианов (промежуткам между параллелями) т.е. отрезки меридианов испытывают при проектировании такое же растяжение, как и ограничивающие их параллели. Это условие использовано Меркатором для получения равных величин искажений как по параллелям, так по меридианам. Математически это записывается как $m = n$, что обеспечивает сетке равноугольные свойства, т.е. сохранение форм географических объектов.

Расчет и построение:

1. Рассчитать радиус глобуса в заданном масштабе: $R^1 = \frac{R}{M}$.
2. Рассчитать величину большого круга глобуса в заданном масштабе (длину параллелей картографической сетки): $2\pi R^1 =$.
3. Рассчитать величину отрезка параллели (промежутка между меридианами): $y = \frac{2\pi R^1}{360^\circ} \cdot \Delta\lambda =$.
4. Рассчитать величину отрезка меридиана (расстояния от экватора до параллели с заданной широтой): $x = R^1 \cdot k =$,
где k – коэффициент растяжения отрезков меридианов, для достижения $m = n$.

Вспомогательные величины k для вычисления заданных отрезков меридианов (промежутков между параллелями) в проекции Меркатора приведены ниже:

φ	k	φ	k	φ	k
0	0,000	30	0,549	60	1.317
5	0.087	35	0.653	65	1.506
10	0.175	40	0.763	70	1.735
15	0.265	45	0.881	75	2.028
20	0.356	50	1.011	80	2.436
25	0.451	55	1.154	85	3.131

Вычисления по вопросу № 4 удобно выполнить в виде таблицы:

широта заданной параллели	0°	15°	30°	45°	60°	75°	80°
R^1							
k							
x (в мм)							

Примечания: 1. 80°-приполярные области в нарушение заданных промежутков (15°) следует ограничить 80-ми параллелями для уменьшения размеров картографической сетки по широте (другие мотивы попытаться объяснить).

2. Произведение в первой колонке равно нулю означает, что посередине страницы вычерчивают экватор- начало отсчета широты размером $2\pi R^1$, а затем, считая каждый раз от экватора на расстоянии x параллели с заданной широтой, равные по длине экватору (уметь объяснить почему).

3. Систему построенных горизонтальных линий (параллели) – достаточно две последние от экватора делят меридианами на отрезки равные – y .

4. Строят рамку подобно работе № 10 и разносят в ней оцифровку меридианов и параллелей.

5. Следят за компоновкой, т.е. чтобы построенная сетка равномерно заполняя избранное пространство (страницу тетради).

6. Над рамкой стандартным шрифтом пишут название работы и под рамкой масштаб построения.

Работа №12. Рассчитать и построить картографическую сетку для карты полушарий в нормальной (полярной) равнопромежуточной азимутальной проекции Постеля, вычертить на ней географические контуры материков и океанов, эллипсы искажений и перенести ортодромию с глобуса по линии м. Горн – м. Доброй Надежды.

Условия построения:

1. Главный масштаб 1: 160000000.
2. Густота меридианов и параллелей – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 15^\circ$

Вспомогательная поверхность в виде геометрической плоскости соприкасается с проектируемым глобусом в точке полюса. Вид вспомогательной поверхности определил название проекции – азимутальная, а место их соприкосновения – определяет ее разновидность как нормальная или полярная. В этом случае полюс изображается точкой, из которой меридианы расходятся как радиальные лучи, т.е. прямые линии на равном расстоянии друг от друга. Параллели с глобуса на плоскость проектируют как дуги концентрических окружностей, описанные из одного центра-полюса, т.е. для их построения нужно знать радиусы. Для полного достижения внешнего сходства с сеткой глобуса они должны быть на равных расстояниях друг от друга. Это значит, что меридианы будут делить параллели на равные отрезки, а параллели точно также делят меридианы – отсюда и свойства картографической сетки отражены в названии проекции.

Расчет и построение

1. Рассчитать радиус глобуса в заданном масштабе: $R^1 = \frac{R}{M}$

2. Рассчитать величины радиусов для изображения параллелей по формуле: $\rho = 2\pi R^1 \frac{90^\circ - \varphi}{360^\circ}$ где ρ – радиус параллели, широта которой φ , т.е.

в соответствии с заданной густотой $\varphi = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ и 90° , если переписать форму таким образом $\rho = \frac{2\pi R^1}{360^\circ} \cdot (90^\circ - \varphi) =$, то получается что отношение $\frac{2\pi R^1}{360^\circ}$ соответствует длине дуги большого круга (меридиана) в один градус, а выражение $(90^\circ - \varphi)$ соответствует отрезку меридиана от полюса ($\varphi = 90^\circ$) до заданной параллели. Из этого следует, чтобы достичь равнопромежуточных свойств сетки между параллелями необходимо за величину радиуса для их построения взять отрезок меридиана от заданной параллели до полюса. Расчеты представить в виде таблицы, в которой приведенной формула решается поэтапно и проще, чем для каждой параллели.

φ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	широта заданной параллели
$2\pi R^1$								длина большого круга
$90^\circ - \varphi$								расстояния от полюса до параллели φ
$\frac{90^\circ - \varphi}{360^\circ}$								какая часть от большого круга
ρ (мм)								искомые радиусы

3. Определить способ построения меридианов, которые делили бы параллели на равные промежутки.

Для этого достаточно любую параллель разделить по транспортиру на заданные промежутки – $\Delta\lambda = 15^\circ$

Колонка с широтой в 90° в результате будет иметь ноль. Это значит, что полюс изображается точкой. Последовательно отложив рассчитанные значения ρ – будем иметь радиусы для изображения параллелей. А, разделив одну из параллелей по транспортиру на 15° углы, можем построить меридианы в виде прямых радиальных лучей из точки полюса. Отступив от последней параллели – экватора на 5 мм проводим еще одну окружность, которая и будет

рамкой карты. В ее пределах разнести оцифровку меридианов (до 2 мм). И далее по заданию.

Работа № 13. Рассчитать и построить картографическую сетку для карты полушарий в нормальной (прямой) равновеликой азимутальной проекции Ламберта, вычертить на ней географические контуры материков и океанов, эллипсы искажений и перенести с глобуса ортодромию по линии м. Горн – м. Доброй Надежды.

Условия построения:

1. Главный масштаб 1:160000000.
2. Густота меридианов и параллелей – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 15^\circ$.

Самостоятельно сделать обоснование в соответствии с общими методическими указаниями, примером рассмотрения задания в работе № 10 и сформулировать вопросы с пояснениями к настоящему заданию.

Полная аналогия настоящего задания по сравнению с предыдущим нарушается. Вторым вопросом, который в отличие от равнопромежуточных свойств картографической сетки построенной в проекции Постеля, должен обеспечить картографической сетке в проекции Ламберта – равновеликие свойства.

Второй вопрос, т.е. величины радиусов для изображения параллелей в проекции Ламберта рассчитывают по следующей формуле:

$$\rho = 2R^1 \cdot \sin \frac{90^\circ - \varphi}{2};$$
 В этой формуле все ее члены известны и для построения параллели изображающей экватор ($\varphi = 0^\circ$) величина $2R^1$ соответствует диаметру глобуса в заданном масштабе, а все выражение описывает прямоугольный равнобедренный треугольник, у которого катеты являются хордами дуг меридианов в 90° , а применительно к треугольнику, у которого катеты полярный и экваториальный радиусы глобуса (шара) – это гипотенуза. Именно тот факт, что хорда дуги меридиана является гипотенузой

прямоугольного треугольника и использовал Ламберт для достижения равновеликости опираясь на известную теорему Пифагора, из которой следует, что гипотенуза равна хорде дуги в 90° описывает окружность, площадь круга которой равна площади половины шара. Если площадь половины шара:

$$\frac{S_{ш}}{2} = \frac{4\pi R^2}{2} = 2\pi R^2,$$

а $S_{кр} = \pi \rho^2$, где $\rho = R\sqrt{2}$, то

$$S_{кр} = \pi(R\sqrt{2})^2 = 2\pi R^2,$$

что и следовало доказать.

На этом основании можно утверждать, что подобными свойствами будут обладать все хорды, необходимые нам для построения параллелей, в соответствии с заданной густотой. Решение этого вопроса также удобно представить в виде таблицы:

φ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	широта заданной параллели
$2R^1$								диаметр глобуса
$90^\circ - \varphi$								дуга меридиана
$\frac{90^\circ - \varphi}{2}$								половина угла
$\sin \frac{90^\circ - \varphi}{2}$								функция прилежащего угла
ρ (мм)								радиус для построения параллели

и далее как в работе № 11.

Работа №14. Рассчитать и построить картографическую сетку для карты России в нормальной равнопромежуточной конической проекции Птолемея, вычертить на ней контур границ России, эллипсы искажений

и перенести с глобуса ортодромию по линии Ставрополь – Москва.

Условия построения:

1. Главный масштаб 1:50000000
2. Густота меридианов и параллелей – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 10^\circ$
3. Параллель касания – $\varphi_0 = 50^\circ$ с. ш.
4. Осевой меридиан – 100° или 90° в. д.

Задание предусматривает, что конус, продольная ось которого совпадает с полярной осью глобуса, соприкасается с поверхностью глобуса по параллели $= 50^\circ$ с. ш. Эта линия будет спроектирована на поверхность конуса без искажений (линия нулевых искажений). Остальные параллели будут спроектированы с растяжением. Полюс глобуса, переходя в вершину конуса, потянет за собой приполярные отрезки меридианов, что приходится на акваторию Северного Ледовитого океана и поэтому северной рамкой карты эта область может быть обрезана. Растяжение меридианов сопровождается их сближением, которое необходимо учитывать при построении сетки. Перечисленные особенности построения и обеспечат равнопромежуточные свойства сетки, т.е. меридианы делят параллели на равные отрезки, а параллели делят меридианы также на равные отрезки, за исключением увеличенного приполярного отрезка.

Вид картографической сетки и роль конуса определить самостоятельно.

Расчет и построение.

1. Рассчитать радиус глобуса в заданном масштабе – $R^1 = \frac{R}{M}$
2. Рассчитать величину угла между меридианами с учетом сближения меридианов, т.е. угол между линиями, изображающими меридианы на конусе – δ .

$$\delta = \Delta\lambda \cdot \sin\varphi_0$$

Это значит, что угол между меридианами на глобусе (по заданию 10°) изобразится на конусе меньшим углом, но меридианы сохраняют оцифровку,

которая была на конусе.

3. Рассчитать величину радиуса для изображения параллели касания.

$$\rho_0 = R^1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_0$$

Из приведенного в приложении рисунка видно, что эта величина соответствует расстоянию от вершины конуса до параллели касания. Самостоятельно доказать это.

4. Рассчитать величину радиусов для изображения других параллелей в соответствии с заданной густотой и протяженностью территории России по

широте $\rho = \rho_0 + \frac{2\pi R^1 (\varphi_0 - \varphi)}{360^\circ}$ где φ_0 – широта параллели касания и φ –

широта параллели, для которой рассчитывается радиус – ρ . Из приведенного выражения видно, что отношение $2\pi R^1$ к 360° соответствует длине дуги меридиана в один градус. Разность $(\varphi_0 - \varphi)$ соответствует разности широты параллели касания (50° с. ш.) и широты параллели лежащей к северу или к югу от неё, т.е. величина кратная заданной густоте параллелей – $\Delta\varphi = 10^\circ$. В итоге радиусы для изображения необходимых параллелей будут отличаться на величину дуги меридиана в 10° , что и обеспечивает равнопромежуточные свойства сетки по широте (между параллелями) как и по долготе (между меридианами) из-за равенства углов между меридианами. Поэтому проще

рассчитать величину отрезка меридиана в 10° ($\ell_{10^\circ} = \frac{2\pi R^1}{360^\circ} \cdot 10^\circ$) и на эту величину последовательно увеличивать или уменьшать радиус параллели касания – ρ_0 .

$$\text{Например: } \rho_{60^\circ} = \rho_0 - \ell_{10^\circ},$$

$$\text{затем } \rho_{70^\circ} = \rho_{60^\circ} - \ell_{10^\circ} \text{ или}$$

$$\rho_{40^\circ} = \rho_0 + \ell_{10^\circ} \text{ и тд.}$$

5. Построение меридианов картографической сетки

Для этого относительно осевого меридиана, который проводят через точку изображающую полюс (вершина конуса) по транспортиру отметить рассчитанные углы – в количестве соответствующем протяженности территории России по долготе и провести через них прямые линии, как радиальные лучи из точки полюса.

Следует помнить, что оцифровку меридианы сохраняют ту, что была на глобусе, а не кратную рассчитанную величине (δ).

Построение картографической сетки начинают с изображения осевого меридиана. Это прямая линия, которая делит избранное для построения пространство (лист чертежной бумаги, страницу в тетради) по вертикали на две части. Левая должна быть на 1 см больше правой. В начале этой линии (на некотором расстоянии от края избранного листа) ставят точку. Она соответствует полюсу. Симметрично, влево и вправо от этой линии по транспортиру откладывают рассчитанные углы между меридианами. Это значит, что на изображенный осевой меридиан, долгота которого известна, положили снятый с глобуса конус спроектированной линии, соответствующей осевому меридиану.

В других случаях, разворачиваемый в плоскости конус не разместится в избранном пространстве. Через полученные отметки в пределах всей страницы строят прямые линии – меридианы, не доводя их до точки полюса на 2-3 см. Именно эта часть сгущения меридианов и будет находиться за северной рамкой карты. На осевом меридиане, считая от полюса, откладывают расстояние равное ρ_0 и этим радиусом, из точки полюса в пределах всей страницы строят параллель касания ($\varphi_0 = 50^\circ$ с. ш.). Затем, на этой же линии осевого меридиана делают отметки для построения остальных параллелей, откладывая отрезки, равные ℓ_{10° . Так получают величины радиусов для изображения параллелей с широтами 60° , 70° и 80° к северу от параллели касания ($\varphi_0 = 50^\circ$ с.ш.) и 40° , 30° – к югу от неё. Из того же центра (полюса) строят намеченные параллели в пределах всей страницы. Следует обратить внимание, что после параллели с широтой 80° остается до полюса расстояние,

которое примерно в два раза больше откладываемых. Оно образовалось за счет растяжения приполярных отрезков меридианов, когда полюс спроектировался в вершину конуса.

Полученное изображение картографической сетки, это только часть конуса, попавшая на страницу, но и она больше чем территория России. Нужную территорию необходимо ограничить системой прямых взаимно-перпендикулярных линий, образующих рамку карты. Этот процесс называется компоновкой карты.

Для построения восточной границы найдите точку, в которой пересекаются меридиан в 160° в. д. и параллель 50° с. ш. и проведите через нее вертикальную линию.

Для построения западной границы найдите точку, в которой пересекаются меридиан в 30° в. д. и параллель 40° с. ш. и проведите через нее вертикальную линию.

Для построения южной границы найдите точку, в которой пересекаются меридиан в 60° в. д. и параллель 30° с. ш. и проведите через нее горизонтальную линию.

Для построения северной границы найдите точку, в которой пересекаются меридиан в 180° в. д. и параллель 80° с. ш. и проведите через нее горизонтальную линию.

Поиск перечисленных точек выполняют по карте России настенной или в Географическом атласе.

Затем все изображение сетки за пределами построения границ удаляют и, отступив везде на 5 мм, строят рамку карты, в которой разносят оцифровку меридианов и параллелей, подписывая широты у концов параллелей на западе и востоке, а долготы – у концов меридианов на севере и юге рамки карты. Над рамкой помещают название работы и под рамкой – её масштаб.

Работа № 15. Рассчитать и построить картографическую сетку для карты Ставропольского края в нормальной прямоугольной цилиндрической

проекции, вычертить на ней контур границ края и указать величины искажений на крайних удалениях от параллели сечения.

Условия построения.

1. Главный масштаб 1:2500000
2. Густота меридианов и параллелей – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 1^\circ$
3. Параллель сечения – $\Delta\varphi_0 = 45^\circ$ с. ш.

В построении используют цилиндр, продольная ось которого совпадает с полярной осью глобуса, но главное, этот цилиндр пересекает поверхность глобуса (для карты Ставропольского края) вдоль параллели 45° с. ш. Это значит, что она изображается на поверхности цилиндра без искажения (линия нулевых искажений). Параллели лежащие к северу от 45° при проектировании будут увеличены до ее размеров, а лежащие к югу соответственно уменьшены до ее размеров. Величины сжатия и растяжения незначительные (рассчитать) т.к. протяженность края по широте считая к северу и к югу от 45° с. ш. параллели немногим более 1° . Именно поэтому параллель в 45° с. ш. и выбрана как срединная и качестве параллели сечения. Значит все параллели будут иметь одну длину, а это малые круги.

Меридианы при проектировании на стенки Цилиндра сохраняют свою длину и являются большими кругами.

Внешний вид сетки отраженный в названии проекции – прямоугольная, объясняется тем, что отрезки меридианов и параллелей в один градус, как соответственно части больших и малых кругов образуют при пересечении их изображающих прямых линий - прямоугольник, вытянутый по широте.

Расчет и построение

1. Рассчитать радиус глобуса в заданном масштабе: $R^1 = \frac{R}{M}$

2. Рассчитать величину отрезка меридиана (промежутка между

параллелями): $x = \frac{2\pi R^1}{360^\circ} \cdot \Delta\varphi =$

3. Рассчитать величину отрезка параллели (промежутка между

меридианами): $y = \frac{2\pi R^1 \cdot \cos\varphi_0}{360^\circ} \cdot \Delta\lambda =$

4. Определить по карте протяженность Ставропольского края с юга на север (по широте) не как разность широт его крайних точек, а кратную заданной густоте параллелей (один градус) и ее частей в минутах.

5. Определить по карте протяженность Ставропольского края с запада на восток (по долготе) не как разность долгот его крайних точек, а кратную заданной густоте меридианов (один градус) и ее частей в минутах.

Этими действиями определяют количество целых промежутков соответственно между параллелями и меридианами их частей, достаточных чтобы «накрыть» территорию края рассчитываемой сеткой, согласно размерам.

Результаты определений записывают последовательно. Например: $40^\circ + 1^\circ + 1^\circ + 20^\circ$, а под ними их величины, согласно рассчитанным значениям x или y . Согласно полученным результатам строят систему прямых взаимно перпендикулярных линий (частей параллелей и меридианов), которые образуют картографическую сетку в заданной проекции, соответствующую размерам изображаемой территории. Отступив от полученной сетки на 5 мм, строят рамку будущей карты с оцифровкой меридианов и параллелей.

Особенности построения данной сетки заключаются в том, что, рассчитав величины x и y , т.е. размеры одной ячейки картографической сетки, подсчитывают, сколько их (целых или частей) нужно, чтобы изобразить заданную территорию по широте и долготе.

Другие варианты построения картографических сеток рассмотрены на примере карты России, когда из поверхности конуса берется только его часть,

соответствующая заданной территории, или на примере карт мира, где используется вся протяженность цилиндра, соприкасающаяся с глобусом по экватору.

Задание на дом: Выполнить расчеты (без построения) картографических сеток для ряда карт в соответствии с вариантами индивидуальных заданий, номер которого соответствует порядковому номеру фамилии студента в списке преподавателя.

Варианты индивидуальных заданий:

№ пп	карта мира (работа № 9)	карта сев. полушария (работа № 12)	карта России (работа № 13)
1	2	3	4
1.	1:205000000	1:205000000	1:58500000
2.	1:210000000	1:200000000	1:59000000
3.	1:205000000	1:195000000	1:59500000
4.	1:220000000	1:190000000	1:60000000
5.	1:225000000	1:185000000	1:60500000
6.	1:230000000	1:180000000	1:61000000
7.	1:235000000	1:175000000	1:61500000
8.	1:240000000	1:170000000	1:62000000
9.	1:245000000	1:165000000	1:62500000
10.	1:250000000	1:160000000	1:63000000
11.	1:255000000	1:155000000	1:63500000
12.	1:260000000	1:150000000	1:64000000
13.	1:265000000	1:145000000	1:64500000
14.	1:270000000	1:140000000	1:65000000
15.	1:275000000	1:135000000	1:65500000
16.	1:280000000	1:130000000	1:66000000
17.	1:285000000	1:125000000	1:66500000
18.	1:290000000	1:120000000	1:67000000
19.	1:295000000	1:125000000	1:67500000
20.	1:300000000	1:110000000	1:68000000
	$\Delta\varphi=\Delta\lambda=20^\circ$	$\Delta\varphi=\Delta\lambda=30^\circ$	$\Delta\varphi=\Delta\lambda=15^\circ$

при $\varphi_0 = 60^\circ$ с.ш.

Методические рекомендации.

1. Сформулировать задание.
2. Определить вид сетки.
3. Обосновать этапы расчетов.
4. Выполнить расчеты.

Работа №16. Завершить работу с картографическими сетками, оформить их как карты на заданную территорию и наглядно показать их математические свойства.

Методические рекомендации:

Это итоговая работа, в ходе которой необходимо:

- построить на глобусе ортодрому по заданному направлению;
- перенести ее на построенную картографическую сетку;
- рассчитать значения m и n для каждой сетки;
- построить эллипсы искажений;
- выполнить анализ и описание построенных сеток по единому плану, по

которому рассматриваются проекции на лекциях, для этого кратко:

1. Описать принципы построения, т.е. расшифровать полное название проекции.
2. Описать вид меридианов, параллелей и промежутков между ними.
3. Описать, желательно с конкретными величинами, характер распределения искажений, отметив положительные и отрицательные их черты.
4. Отметить назначение рассматриваемой проекции.
5. Указать конкретное применение.

Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

Основная литература:

1. Куксов В.С. Основы геодезии, картографии и космоаэро съемки – М.: Изд-во Академия, 2012.

2. Раклов В.П. Картография и ГИС. – М.: Академический проект, 2011. – 214 с.

3. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии. – М.: Академический проект, 2013

Дополнительная литература:

4. Картоведение / Под ред. А.М. Берлянта – М.: Аспект-Пресс, 2003. – 477 с.

5. Комиссарова Т.С. Картография с основами топографии: учеб. для вузов. – М.: Просвещение, 2001 – 181 с.

Дополнительная литература:

6. Картография с основами топографии. Практикум: учеб. пособие для вузов / Е.А. Чурилова, Н.Н. Колосова. – М.: Дрофа, 2004. – 128 с.

7. Плишкина О.В. Практикум по картографии: Методическое пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 272 с.

Интренет-ресурсы:

www.geotop.ru – каталог ресурсов картографо-геодезической отрасли

www.geoblog.rgo.ru/blog/kartografia-gis/566.html – материалы по созданию картографических проекций с помощью ГИС

Методические указания по выполнению курсовых работ учебным планом курсовых работ по дисциплине «Картография с основами топографии» не предусмотрено.