

ГБПОУ «Пермский нефтяной колледж»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**для обучающихся по выполнению практических работ
по дисциплине (МДК)**

МДК.02.02 Подготовка математической основы карт

специальности

05.02.01 Картография

Рассмотрено на заседании
Цикловой методической комиссии
Протокол
№ 01 от 10 сентября 2021 г.

Автор(ы):

преподаватель ГБПОУ «ПНК»
Вяткина Любовь Викторовна

СОДЕРЖАНИЕ

1	Пояснительная записка	3
2	Содержание практических занятий	5
	Практическая работа № 1 «Определение географических и прямоугольных координат»	5
	Практическая работа № 2 «Решение задач на топографической карте»	7
	Практическая работа № 3 «Разграфка и номенклатура топографических карт»	9
	Практическая работа № 4 «Определение частных масштабов длин и расчет искажений длин в двух частях карты»	11
	Практическая работа № 5 «Расчет искажений площадей, форм, углов в заданных точках»	16
	Практическая работа № 6 «Определение картографических проекций»	18
	Практическая работа № 7 «Вычисление и графическое построение картографической сетки нормальной цилиндрической проекции»	22
	Практическая работа № 8 «Вычисление и графическое построение картографической сетки нормальной конической проекции»	24
	Практическая работа № 9 «Вычисление и графическое построение картографической сетки полярной азимутальной проекции»	27
3	Список источников и литературы	29

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических занятий обучающимися по МДК 02.02 Подготовка математической основы карт предназначены для обучающихся по специальности 05.02.01 Картография.

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в выполнении практических работ по МДК 02.02 Подготовка математической основы карт.

Настоящие методические указания содержат работы, которые позволят обучающимся закрепить теоретические знания, сформировать необходимые умения и навыки деятельности по 05.02.01 Картография, направлены на формирование следующих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 2. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения.

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 2.2 Строить геодезическую и математическую основы карт.

В результате выполнения практических занятий по МДК 02.02 Подготовка математической основы карт обучающиеся должны:

уметь:

- Пользоваться основными понятиями картографии.
- Определять виды, типы картографических произведений, их математическую основу.

знать:

- Математическая основа карт.

- Геодезическая основа топографических карт.
- Элементы математической основы карт.
- Классификация картографических проекций, их свойства и применение.

Описание каждого практического занятия содержит: раздел, тему, количество часов, цели работы, теоретическую часть, порядок выполнения работы, критерии оценки за практическую работу, учебно-методическое и информационное обеспечение.

На выполнение практических занятий по МДК 02.02 Подготовка математической основы карт отводится 32 часа.

Содержание практических занятий

Практическая работа №1 «Определение географических и прямоугольных координат»

Раздел: Математическая основа карт.

Тема: Координатные сетки. Пространственные и прямоугольные системы координат.

Количество часов: 2 часа.

Цели: научиться определять координаты по топографической карте.

Теоретическая часть:

Географическая широта φ точки - это угол между направлением отвесной линии, проходящей через заданную точку, и плоскостью экватора.

Географическая долгота λ точки - это двугранный угол между плоскостью меридиана, проходящего через заданную точку и плоскостью начального (Гринвичского) меридиана.

Для определения географических координат точки на карте построена минутная рамка. Ее стороны разделены на чередующиеся белые и черные отрезки, каждая равна одной минуте. Каждый минутный отрезок размечен точками по 10 секунд каждая.

Прямоугольными координатами называются линейные величины абсцисса и ордината, определяющие относительное положение заданной точки на плоскости. В равноугольной проекции Гаусса - Крюгера абсцисса точки (координата x) - это расстояние от экватора до заданной точки в метрах, ордината точки (координата y) - это расстояние от осевого меридиана зоны до заданной точки.

Таким образом, в геодезии в отличие от системы координат, принятой в математике, ось абсцисс расположена вертикально и параллельна осевому меридиану зоны, а ось ординат - горизонтально и параллельна линии экватора. Чтобы ординаты были всегда положительными, точка O начала координат в геодезии имеет координаты $(0; 500 \text{ км})$. Поэтому ординаты объектов, расположенные к западу от осевого меридиана, имеют $y < 500 \text{ км}$, а к востоку $y > 500 \text{ км}$. Если объект имеет прямоугольные координаты $(6065610, 4307260)$, то это значит, что $x = 6065 \text{ км } 610 \text{ м}$ - это расстояние точки до экватора, $y = (4)307 \text{ км } 260 \text{ м}$, где 4 - это номер зоны в проекции Гаусса-Крюгера, а 312 км 345 м - это расстояние от осевого меридиана зоны к западу. На картах большинства масштабов координатные оси изображаются через каждый километр на местности. Поэтому координатная сетка на топографической карте называется километровой и представляет собой сетку квадратов, подписанных как по оси абсцисс, так и по оси ординат. Расстояние между линиями координатной сетки зависят от масштаба карты. Любой объект легко найти на карте, если указать последние две цифры квадратов, на пересечении которых расположен объект.

Порядок выполнения работы:

1. Определить географические координаты точки по топографической карте.
2. Определить прямоугольные координаты точки по топографической карте.

Определение географических координат точки по топографической карте

Чтобы определить широту и долготу заданной точки, необходимо опустить перпендикуляры соответственно на западный меридиан и южную параллель карты. Затем к начальным значениям широты и долготы юго-западного угла рамки, подписанным на карте, прибавить число минут и секунд, подсчитанных от начальных значений φ и λ до опущенных перпендикуляров (рис. 1).

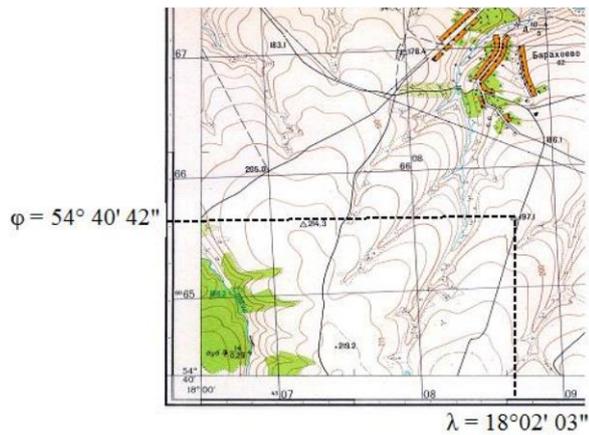


Рис.1. Определение географических координат

Пример. По учебной карте определить географические координаты пункта триангуляции 197,1 (рис.1). Опустим перпендикуляры на западный меридиан (т.е. проведем параллель через заданную точку) и южную параллель (т.е. проведем меридиан через заданную точку). Широта юго-западного угла рамки равна $54^{\circ}40'$, долгота - $18^{\circ}00'$. Число полных минут (чередующихся черных и белых полос) до опущенного перпендикуляра на меридиан составляет 0, а секунд (число точек) - 4 и на глаз определяем десятые (2). Отметим, что $1' = 60''$ (секунд), т.е. одна секундная точка на карте равна $10''$. Тогда искомая широта равна $\varphi = 54^{\circ}40' + 0' + 4,2 \cdot 10'' = 54^{\circ}40'42''$. До опущенного на параллель перпендикуляра подсчитываем число полных минут (черная и белая полосы) - 2, секунд - 0 точек и оцениваем на глаз десятые (3), вычисляем долготу: $\lambda = 18^{\circ}00' + 2' + 0,3 \cdot 10'' = 18^{\circ}02'03''$.

Определение прямоугольных координат точки по топографической карте

Для определения прямоугольных координат точки пользуются измерителем и поперечным масштабом. Чтобы найти абсциссу точки, измерителем берут раствор по перпендикуляру от точки до ближайшей нижней (южной) километровой линии и по поперечному масштабу находят это расстояние в метрах. Расстояние от ближайшей южной километровой линии, подписанной 6065, до указанной точки получилось равным 570 м (рис. 2). Эта величина приписывается справа к подписи километровой линии. В результате абсцисса точки с отметкой 214,3 будет равна $x = 6065570$ м = 6065 км 570 м. Для нахождения ординаты с помощью поперечного масштаба измеряют расстояние в метрах по перпендикуляру от точки до ближайшей левой (западной) километровой линии (это расстояние равно 240 м) и его величину приписывают справа к подписи ближайшей левой (западной) километровой линии (в данном случае это цифра 4307). Тогда ордината точки с высотой 214,3 будет $y = 4307240$ м, т.е. (4 – номер зоны) - 307 км 240 м. Запишем прямоугольные координаты точки: (6065570, 4307240).

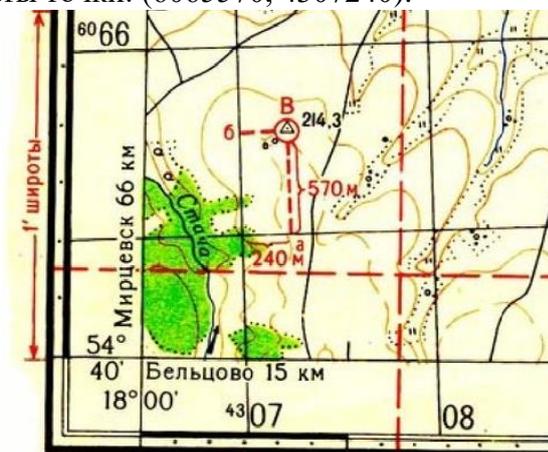


Рис. 2. Определение прямоугольных координат

Критерии оценки за практическую работу:

Оценка «5» - правильное выполнение не менее 90% заданий практической работы.

Оценка «4» - правильное выполнение 80-89% заданий практической работы.

Оценка «3» - правильное выполнение 70-79% заданий практической работы.

Оценка «2» - правильное выполнение менее 70% заданий практической работы.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1. Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 215 с.

Практическая работа №2 «Решение задач по топографической карте»

Раздел: Математическая основа карт.

Тема: Элементы математической основы карт. Масштабы карт. Точность масштаба.

Количество часов: 4 часа.

Цели: формирование умений работы с различными видами масштабов; формирование умений определять расстояния по картам с помощью масштаба.

Теоретическая часть:

Масштабом карты называется отношение длины линии на карте к горизонтальной проекции соответствующей линии на местности. Масштаб - это величина, показывающая во сколько раз длина на местности (земной поверхности) уменьшена при переносе ее на карту.

Масштаб указывают под южной рамкой карты и выражают отношениями чисел (численный масштаб), словесно (именованный масштаб) и графически (линейный масштаб).

Численный масштаб записывается в виде дроби, в числителе которой единица, а в знаменателе - число, выражающее степень уменьшения горизонтальных проекций линий местности при изображении их на карте. Всегда дается в сантиметрах (см). Например: 1 : 1 000 000 - 1 см на карте соответствует 1000 000 см на местности.

Именованный масштаб указывается в виде подписи, какое расстояние на местности соответствует 1 см на карте. Например: в 1 см 1 км.

Линейный масштаб дается в виде линейки, разделенной на равные отрезки (соответствующие 1 см) с подписями, означающими расстояние на местности. Применяется для измерений расстояний непосредственно на карте.

Для более точных измерений длин линий на планах применяют поперечный масштаб. Поперечный масштаб – графический способ измерения, основанный на пропорциональности отрезков параллельных прямых, пересекающих стороны угла. Обычно поперечный масштаб гравировается на специальных металлических линейках, называемых масштабными линейками (рис. 8).

Графической точностью масштаба называют отрезок линии на местности, соответствующий 0,1 мм на плане. 0,1 мм (0,01 см) - это минимальный отрезок, который человек может различить невооруженным глазом.

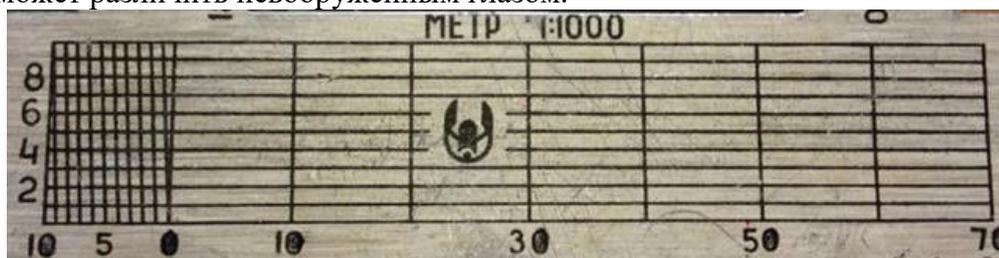


Рис. 8. Поперечный масштаб

Порядок выполнения работы:

1. Перевести линейный масштаб в численный масштаб.

2. Определить с помощью численного масштаба расстояние по прямой между пунктами на карте.
3. Построить поперечный масштаб по численному масштабу

Перевод линейного масштаба в численный масштаб

Для перевода линейного масштаба в численный нужно перевести метры в сантиметры и записать ответ в виде правильной дроби. Пример: дан линейный масштаб в 1 см - 100 м, требуется перейти к численному. Для этого достаточно метры перевести в сантиметры и ответ записать в виде дроби: 1:10 000.

Определение с помощью численного масштаба расстояния по прямой между пунктами на карте

По учебной карте У - 34 - 37 - В (Снов) определить с помощью численного масштаба расстояние по прямой между пунктом триангуляции (квадрат 74-15) и церковью (квадрат 66-10). Карта имеет масштаб 1:50 000. Измеряем с помощью измерителя и линейки на карте расстояние между двумя этими пунктами (9,9 см) и умножаем его на знаменатель масштаба: $9,9 \text{ см} \cdot 50\,000 \text{ см} = 495\,000 \text{ см} = 4\,950 \text{ м} = 4 \text{ км } 950 \text{ м}$.

Построение поперечного масштаба по численному масштабу

Дано: основание масштаба 2 см; 10 делений - число делений в основании; 10 делений - число делений по вертикали.

Проводят прямую линию длиной 10 см. На прямой линии (КЕ) откладывают несколько раз отрезок по 2 см. Получают точки К, М, N, Д, F, E. В полученных точках К, М, N, Д, F, E восстанавливают перпендикуляры высотой. Отмечают точки Р, Соединяют точки Р и Т прямой параллельной линии КЕ. Первое нижнее основание масштаба КМ и верхнее основание РТ делят на десять равных частей.

Соединяют полученные точки в такой последовательности: а) крайнюю точку (Р) верхнего основания соединяют с первой точкой (т.1) нижнего основания КЕ, проводят прямую линию; б) последующие точки соединяют прямыми, параллельными прямой (линию и параллельные ей называют трансверсалиями); в) расстояние по вертикали КР делят на десять равных частей; г) из каждой полученной точки на КР проводят прямые параллельные нижней прямой КЕ.

Выполняют оцифровку поперечного масштаба: 1. На прямой линии КЕ деления подписывают так же, как и при построении линейного масштаба. 2. На вертикальной прямой КР нижняя точка принимается за нуль, каждое наименьшее деление равно 0.01 от основания масштаба, т.е. в данном случае одно наименьшее деление соответствует 0.2 м (рис. 3).

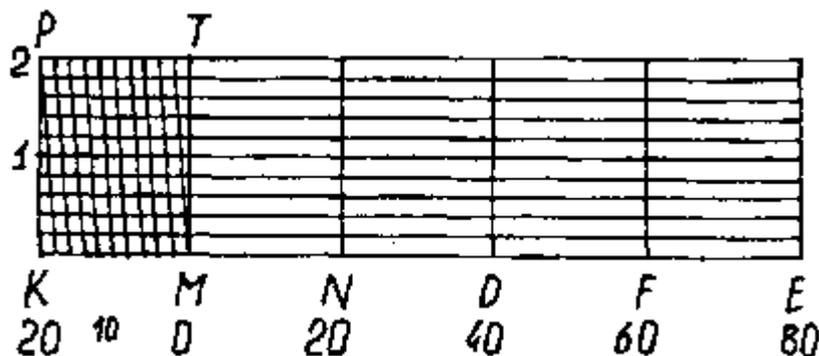


Рис. 3. Построение поперечного масштаба

Критерии оценки за практическую работу:

- Оценка «5» - правильное выполнение не менее 90% заданий практической работы.
- Оценка «4» - правильное выполнение 80-89% заданий практической работы.

Оценка «3» - правильное выполнение 70-79% заданий практической работы.

Оценка «2» - правильное выполнение менее 70% заданий практической работы.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1.Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 215 с.

Практическая работа №3 «Разграфка и номенклатура топографических карт»

Раздел: Математическая основа карт.

Тема: Номенклатура и разграфка.

Количество часов: 2 часа.

Цели: Научиться определять номенклатуру листов карт разных масштабов для заданных территорий, научиться определять географические координаты углов листа карты по заданной номенклатуре.

Теоретическая часть:

Топографические карты для обширных территорий составляются на отдельных листах, которые ограничены отрезками параллелей и меридианов. Размеры каждого листа по широте и долготе зависят от масштаба карт.

Деление карт на листы называется разграфкой.

Каждый лист такой карты ориентирован относительно сторон света: верхняя сторона рамки - север, нижняя - юг, левая - запад, правая - восток.

Серии государственных топографических и тематических карт, включающие тысячи листов, имеют в каждой стране стандартную разграфку. В России в основу разграфки топографических карт положена карта масштаба 1 : 1 000 000, любой лист которой представляет собой трапецию, которая ограничена меридианами и параллелями, проведенными соответственно через 6^0 и 4^0 (рис. 4).

Параллели, проведенные через 4^0 , образуют ряды, обозначаемые заглавными буквами латинского алфавита, начиная от экватора к северу и югу (А, В, С, D, E, F, G и т.д.).

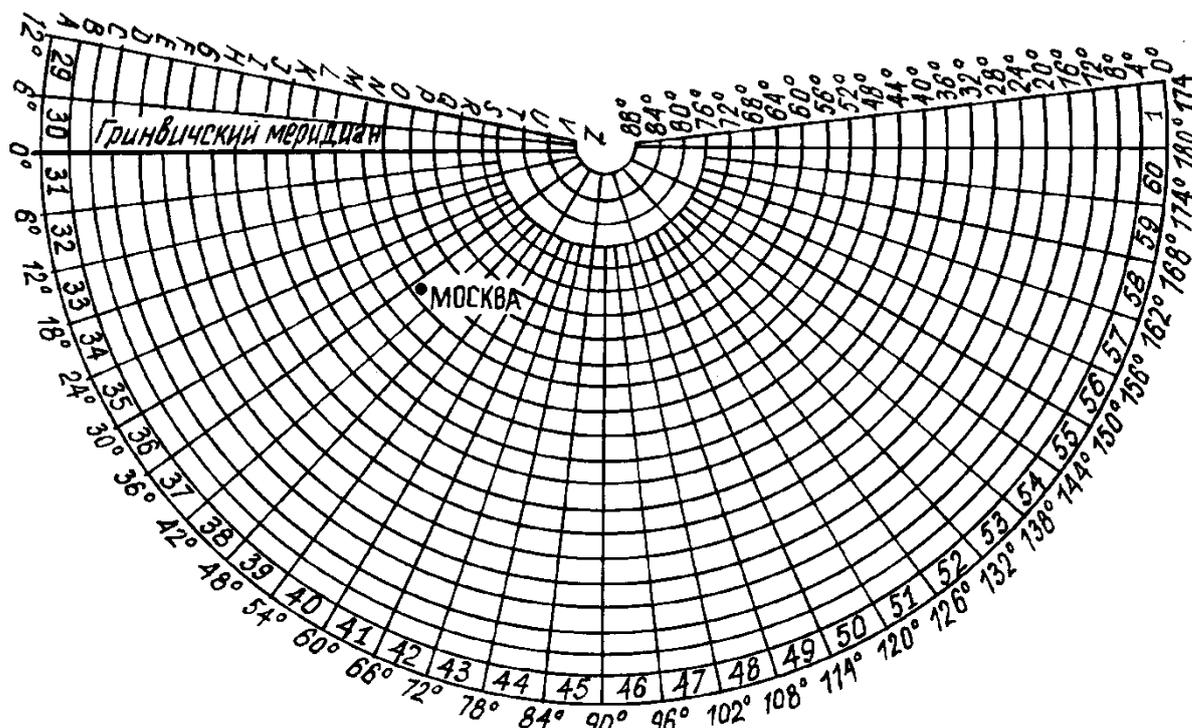


Рис. 4. Лист карты масштаба 1 : 1 000 000

Меридианы, проведенные через 6^0 по долготе, образуют колонны. Их обозначают арабскими цифрами, начиная от 180^0 с запада на восток (1, 2, 3, 4, 5, 6 и т.д.). Таким образом, первая к востоку от Гринвичского меридиана колонна имеет номер 31, вторая 32 и т.д.

Разграфку карт более крупных масштабов (1:500 000), (1:200 000, 1:100 000 и т.д.) получают, деля лист миллионной карты на части (табл. 1).

Таблица 1. Размеры листов топографических карт.

Масштаб	Число листов в миллионной карте	Размеры листов		Номенклатура
		По широте	По долготе	
1:1 000 000	1	4°	6°	N-37
1: 500 000	4	2°	3°	N-37-Г
1: 200 000	36	40′	1°	N-37-XXXVI
1:100 000	144	20′	30′	N-37-144
1: 50 000	4	10′	15′	N-37-144-Г
1: 25 000	4	5′	7′30″	N-37-144-Г-г
1: 10 000	4	2′30″	3′45″	N-37-144-Г-г-4
1: 5 000	256	1′15″	1′52,5″	N-37-144 (256)
1: 2 000	9	25″	37,5″	N-37-144 (256-и)

В одном листе миллионной карты содержится:

- четыре листа карты масштаба 1:500 000, которые обозначаются А, Б, В, Г;
- 36 листов карты масштаба 1:200 000, которые обозначаются римскими цифрами от I до XXXVI;
- 144 листа карты масштаба 1:100 000, которые обозначаются арабскими цифрами от 1 до 144.

Разграфку карт более крупных масштабов получают, деля лист карты масштаба 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000.

С разграфкой непосредственно связана номенклатура - система обозначения отдельных листов в многолистных сериях карт (т.е. каждый лист карты имеет свое обозначение - номенклатуру). Для топографических карт установлена единая государственная система номенклатуры, которая начинается с миллионной карты и далее последовательно наращивается (табл.1).

При обозначении номенклатуры листа миллионной карты первой пишется буква пояса, а затем через черточку - номер колонны. *Например:* N-36, M-30, Q-2, R-5 и т.д.

Порядок выполнения работы:

1. Определить номенклатуру смежных листов карты.
2. Определить географические координаты углов листа карты.

Определение номенклатуры смежных листов карты

Пусть требуется определить номенклатуры листов карт масштаба 1:100 000, примыкающих к листу 0-41-1.

	0-41-1	

Для решения этой задачи нужно составить схему расположения смежных листов карт масштаба 1:1 000 000.

P-40	P-41	P-42
0-40	0-41	0-42
N-40	N-41	N-42

Далее определяем номенклатуры смежных листов карт масштаба 1:100 000 зная, что лист карты масштаба 1:1 000 000 содержит 144 листа карты масштаба 1:100 000.

Р-40-144	Р-41-133	Р-41-134
0-40-12	0-41-1	0-41-2
0-40-24	0-41-13	0-41-14

Определение географических координат углов листа карты

По номенклатуре N-35-41-А определить географические координаты углов рамки листа карты. Рассматриваем номенклатуру листа, в которой (N-35) - это номенклатура листа карты масштаба 1:1000000, 41 - номер листа карты масштаба 1:100000, А - номер листа карты масштаба 1:50000. По номенклатуре N - 35 определяем координаты углов трапеции листа масштаба 1:1000000: $\varphi_{с. ш.} = 56^\circ$, $\varphi_{ю. ш.} = 52^\circ$, $\lambda_{в. д.} = 30^\circ$, $\lambda_{з. д.} = 24^\circ$. Листы карты масштаба 1:100 000 расположены по 12 в ряд (рис. 5). Поэтому 41 лист карты находится в 4-м ряду от северной рамки и в 5-м от западной рамки миллионного листа.

Рис. 5. Номенклатура карты масштаба 1:100 000

Размеры листа масштаба 1:100 000 по широте $20'$ («'» - минута) и по долготе $30'$, тогда координаты углов трапеции листа масштаба 1:100 000 будут равны: $\varphi_{с. ш.} = 54^\circ 40' + 20' = 55^\circ 00'$ с. ш.; $\varphi_{ю. ш.} = 56^\circ - (4 \cdot 20') = 54^\circ 40'$ с. ш.; $\lambda_{в. д.} = 24^\circ + (5 \cdot 30') = 26^\circ 30'$ в. д., $\lambda_{з. д.} = 26^\circ 30' - 30' = 26^\circ 00'$ в. д. Лист масштаба 1:50 000 расположен в северо-западном углу карты масштаба 1:100 000. Его северная и западная рамки совпадают с соответствующими рамками листа карты масштаба 1:100 000 и имеют ту же широту и долготу. По размерам листа карты масштаба 1:50 000 ($10'$ по широте и $15'$ по долготу) определяем координаты листа карты с номенклатурой N-35-41-А $\varphi_{с. ш.} = 55^\circ 00'$ с. ш.; $\varphi_{ю. ш.} = 55^\circ 00' - 10' = 54^\circ 50'$ с. ш., $\lambda_{в. д.} = 26^\circ 00' + 15' = 26^\circ 15'$ в. д., $\lambda_{з. д.} = 26^\circ 00'$ в. д.

Критерии оценки за практическую работу:

Верное определение номенклатуры смежных листов карты – 2 балла.

Верное определение географических координат углов листа карты – 3 балла.

Баллы переводятся по шкале в пятибалльную систему.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1. Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 215 с.

Практическая работа №4 «Определение частных масштабов длин и расчет искажений длин в двух частях карты»

Раздел: Теория искажений на картах.

Тема: Основные виды искажений на картах. Линии нулевых искажений.

Количество часов: 4 часа.

Цели: изучить способы определения размеров искажений на картах, научиться понимать характер распределения искажений в картографических проекциях.

Теоретическая часть:

Масштаб постоянен только на планах, охватывающих небольшие участки территории. На географических картах он меняется от места к месту и даже в одной точке — по разным направлениям. Поэтому различают главный и частный масштабы карт.

Главный масштаб показывает, во сколько раз линейные размеры на карте уменьшены по отношению к эллипсоиду или шару. Этот масштаб подписывают на карте, но необходимо иметь в виду, что он справедлив лишь для отдельных линий и точек, где искажения отсутствуют.

Частный масштаб отражает соотношения размеров объектов на карте и эллипсоиде (шаре) в данной точке. Он может быть больше или меньше главного. Частный масштаб длин показывает отношение длины бесконечно малого отрезка на карте к длине бесконечно малого отрезка на поверхности эллипсоида или шара, а частный масштаб площадей передает аналогичные соотношения бесконечно малых площадей на карте и на эллипсоиде или шаре.

В общем случае, чем мельче масштаб картографического изображения и чем обширнее территория, тем сильнее сказываются различия между главным и частным масштабами.

Карте присущи искажения длин, площадей, углов и форм.

Искажения длин на карте выражаются в том, что масштаб длин на карте изменяется при переходе от одной точки к другой, а также при изменении напряжения в данной точке, вследствие чего линейные размеры искажаются.

Искажения площадей – масштаб площадей в различных местах карты различен. Вследствие этого нарушаются соотношения площадей различных географических объектов.

Искажения углов – углы между направлениями на карте не равны соответствующим углам на поверхности и, следовательно, не равны соответствующим углам на местности. Искажение углов приводит к нарушению форм самих объектов.

Искажения форм – фигуры объектов на карте не подобны фигурам соответствующих географических объектов на местности.

Все виды искажений связаны друг с другом. Изменение одного из них влечет изменение других.

Порядок выполнения работы:

На карте отметить места для расчета искажений – это два фрагмента картографической сетки, расположенные в разных участках карты. Узловые точки (место пересечения параллелей и меридианов) необходимо обозначить буквами ABCD (в северной части карты) и A₁ B₁ C₁ D₁ (в южной части карты).

При определении частных масштабов длин необходимо заполнить таблицу 2.

Таблица 2. Частные масштабы длин и расчет искажений длин в двух частях карты.

№ п/п	Наименование отрезков	Длина отрезков на карте l (мм)	Натуральная величина отрезков L (м)	Частные масштабы длин	Средний частный масштаб
1	AB			1:	1:
2	CD			1:	
3	BC			1:	
4	AD			1:	
5	A ₁ B ₁			1:	1:
6	C ₁ D ₁			1:	
7	B ₁ C ₁			1:	
8	A ₁ D ₁			1:	

Для этого необходимо измерить линейкой длину каждого отрезка на карте и записать значение l (мм) в таблицу 2. Чтобы рассчитать натуральную величину этих отрезков, использовать таблицу 3. Отрезки АВ, CD, А1 В1, С1 D1 – это отрезки меридианов, ограниченные параллелями определенных широт. В таблице 3 найти колонку «Длина дуги меридиана в 1° по широте», определить между какими широтами находятся нужные отрезки и рассчитать их натуральные величины L (м) (сумма значений в 1° по широте). Отрезки ВС, AD, В1 С1 и А1 D1 – это отрезки параллелей. Найти в таблице колонку «Длина дуги параллели в 1° по долготе» определить, на какой широте находится нужный отрезок и через сколько градусов проведены меридианы. Найти, сколько метров в 1° по долготе будет на этой широте, и умножить на количество градусов между проведенными на карте меридианами. Полученные результаты также записать в соответствующую колонку таблицы 2.

Разделив натуральную величину отрезка (L) на его длину на карте (l), определить частные масштабы длин, которые необходимо записать в виде дроби численного масштаба (в сантиметрах).

Найти среднее арифметическое из знаменателей частных масштабов и записать средний частный масштаб. Сравнив полученные значения с главным масштабом карты, сделать вывод об искажении длины. Сделать вывод.

Пример вывода: в северной части карты (название) средний частный масштаб оказался (крупнее/мельче) главного масштаба, и длина в этом месте на карте (уменьшилась/увеличилась) на ... км в 1 см карты. В южной части карты ... (аналогичный вывод). Таким образом, искажение длины в (южной/северной) части карты (больше/меньше), чем искажение длины в (северной/южной) части карты.

Таблица 3. Длина дуги в 1° параллелей и меридианов на эллипсоиде Красовского

Широтам в градусах	Длина дуги параллели в 1° по долготе, м	Широта в градусах	Длина дуги меридиана в 1° по широте, м
0	111 321	-	-
1	111 305	0 – 1	110 576
2	111 254	1 – 2	110 577
3	111 170	2 – 3	110 579
4	111 052	3 – 4	110 580
5	110 901	4 – 5	110 583
6	110 716	5 – 6	110 587
7	110 497	6 – 7	110 590
8	110 245	7 – 8	110 596
9	109 960	8 – 9	110 600
10	109 641	9 – 10	110 607
11	109 289	10 – 11	110 613
12	108 904	11 – 12	110 620
13	108 487	12 – 13	110 629
14	108 036	13 – 14	110 636
15	107 552	14 – 15	110 646
16	107 036	15 – 16	110 656
17	106 488	16 – 17	110 666
18	105 907	17 – 18	110 676
19	105 294	18 – 19	110 689
20	104 649	19 – 20	110 700

Продолжение таблицы 3.

Широтам в градусах	Длина дуги параллели в 1° по долготе, м	Широта в градусах	Длина дуги меридиана в 1° по широте, м
21	103 972	20 – 21	110 712
22	103 264	21 – 22	110 726
23	102 524	22 – 23	110 739
24	101 753	23 – 24	110 753
25	100 952	24 – 25	110 767
26	100 119	25 – 26	110 783
27	99 257	26 – 27	110 797
28	98 364	27 – 28	110 814
29	97 441	28 – 29	110 829
30	96 488	29 – 30	110 846
31	95 506	30 – 31	110 863
32	94 495	31 – 32	110 880
33	93 455	32 – 33	110 898
34	92 386	33 – 34	110 915
35	91 290	34 – 35	110 934
36	90 165	35 – 36	110 951
37	89 013	36 – 37	110 971
38	87 834	37 – 38	110 989
39	86 628	38 – 39	111 007
40	85 395	39 – 40	111 027
41	84 137	40 – 41	111 047
42	82 852	41 – 42	111 065
43	81 542	42 – 43	111 085
44	80 208	43 – 44	111 104
45	78 848	44 – 45	111 124
46	77 465	45 – 46	111 144
47	76 057	46 – 47	111 163
48	74 627	47 – 48	111 182
49	73 173	48 – 49	111 202
50	71 697	49 – 50	111 221

Продолжение таблицы 3.

Широтам в градусах	Длина дуги параллели в 1° по долготе, м	Широта в градусах	Длина дуги меридиана в 1° по широте, м
51	70 199	50 – 51	111 241
52	68 679	51 – 52	111 260
53	67 138	52 – 53	111 278
54	65 577	53 – 54	111 298
55	63 995	54 – 55	111 316
56	62 394	55 – 56	111 335
57	60 773	56 – 57	111 353
58	59 134	57 – 58	111 370
59	57 476	58 – 59	111 388
60	55 801	59 – 60	111 406
61	54 108	60 – 61	111 423
62	52 399	61 – 62	111 439
63	50 674	62 – 63	111 455
64	48 933	63 – 64	111 472
65	47 176	64 – 65	111 487
66	45 405	65 – 66	111 502
67	43 621	66 – 67	111 516
68	41 822	67 – 68	111 531
69	40 011	68 - 69	111 544
70	38 187	69 – 70	111 558
71	36 352	70 – 71	111 570
72	34 505	71 – 72	111 582
73	32 647	72 – 73	111 594
74	30 780	73 – 74	111 605
75	28 902	74 – 75	111 615
76	27 016	75 – 76	111 625
77	25 122	76 – 77	111 634
78	23 219	77 – 78	111 643
79	21 810	78 – 79	111 651
80	19 394	79 – 80	111 658

Продолжение таблицы 3.

Широтам в градусах	Длина дуги параллели в 1° по долготе, м	Широта в градусах	Длина дуги меридиана в 1° по широте, м
81	17 472	80 – 81	111 665
82	15 544	81 – 82	111 671
83	13 612	82 – 83	111 677
84	11 675	83 – 84	111 681
85	9 735	84 – 85	111 686
86	7 791	85 – 86	111 689
87	5 846	86 – 87	111 691
88	3 898	87 – 88	111 694
89	1 949	88 – 89	111 695
90	0 000	89 - 90	111 695

Критерии оценки за практическую работу:

Оценка «5» - правильное выполнение не менее 90% заданий практической работы.

Оценка «4» - правильное выполнение 80-89% заданий практической работы.

Оценка «3» - правильное выполнение 70-79% заданий практической работы.

Оценка «2» - правильное выполнение менее 70% заданий практической работы.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1.Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 215 с.

Практическая работа №5 «Расчет искажений площадей, форм, углов в заданных точках»

Раздел: Теория искажений на картах.

Тема: Основные виды искажений на картах. Линии нулевых искажений.

Количество часов: 4 часа.

Цели: изучить способы определения размеров искажений на картах, научиться понимать характер распределения искажений в картографических проекциях.

Теоретическая часть:

Масштаб постоянен только на планах, охватывающих небольшие участки территории. На географических картах он меняется от места к месту и даже в одной точке — по разным направлениям. Поэтому различают главный и частный масштабы карт.

Главный масштаб показывает, во сколько раз линейные размеры на карте уменьшены по отношению к эллипсоиду или шару. Этот масштаб подписывают на карте, но необходимо иметь в виду, что он справедлив лишь для отдельных линий и точек, где искажения отсутствуют.

Частный масштаб отражает соотношения размеров объектов на карте и эллипсоиде (шаре) в данной точке. Он может быть больше или меньше главного. Частный масштаб длин показывает отношение длины бесконечно малого отрезка на карте к длине бесконечно малого отрезка на поверхности эллипсоида или шара, а частный масштаб площадей передает аналогичные соотношения бесконечно малых площадей на карте и на эллипсоиде или шаре.

В общем случае, чем мельче масштаб картографического изображения и чем обширнее территория, тем сильнее сказываются различия между главным и частным масштабами.

Карте присущи искажения длин, площадей, углов и форм.

Искажения длин на карте выражаются в том, что масштаб длин на карте изменяется при переходе от одной точки к другой, а также при изменении напряжения в данной точке, вследствие чего линейные размеры искажаются.

Искажения площадей – масштаб площадей в различных местах карты различен. Вследствие этого нарушаются соотношения площадей различных географических объектов.

Искажения углов – углы между направлениями на карте не равны соответствующим углам на поверхности и, следовательно, не равны соответствующим углам на местности. Искажение углов приводит к нарушению форм самих объектов.

Искажения форм – фигуры объектов на карте не подобны фигурам соответствующих географических объектов на местности.

Все виды искажений связаны друг с другом. Изменение одного из них влечет изменение других.

Порядок выполнения работы:

По следующим формулам рассчитать:

А) искажение площадей (p) в точка А и А₁:

$$p = m \cdot n \cdot \cos e,$$

где m – частный масштаб по меридиану в долях главного масштаба;

n – частный масштаб по параллели в долях главного масштаба.

$e = |\theta - 90^\circ|$, где e – отклонение угла θ от 90° .

Θ – величина угла на карте между меридианом и параллелью.

$$m = \frac{l_{AB}}{L_{AB}} \times M, \quad n = \frac{l_{AD}}{L_{AD}} \times M$$

, где M – знаменатель главного масштаба

Для вычисления m и n необходимо перевести величины l и L в одни единицы измерения. Результат вычислений округлить до тысячных.

Б) искажение форм (k) в точках А и А₁

$k = a/b$, где a – наибольший масштаб; b – наименьший масштаб.

$$\begin{cases} a + b = \sqrt{m^2 + n^2 + 2p} \\ a - b = \sqrt{m^2 + n^2 - 2p} \end{cases}$$

Решив систему уравнений, определить значение наибольшего масштаба a и наименьшего масштаба b.

В) искажение углов (w) в точках А и А₁

$$\sin \frac{\omega}{2} = \frac{a - b}{a + b}$$

$$\omega = 2 \arcsin \frac{a - b}{a + b}$$

Результаты всех вычислений занести в таблицу 4.

Таблица 4. Результаты вычислений

Точка	m	n	e	p	k	w	a	b
А								
А ₁								

Значения p , k , m , n , a , b являются безразмерными величинами, их выражают в долях главного масштаба или в процентах. Отклонение этих коэффициентов от единицы или от 100% показывает степень преувеличения или преуменьшения относительно главного масштаба. Значения e, w измеряют в градусах.

Сделать выводы о характере искажений на карте, сравнив искажения в различных местах карты.

Искажения площади нет, если $p=1$; чем больше отклонение от 1, тем больше искажение площади. Если $p<1$, то площадь преуменьшена. Если $p>1$, то площадь преувеличена.

Искажения форм нет, если $k=1$. Если $1<k<2$, то форма искажена незначительно, если $k>2$, то искажение формы значительное.

Искажения угла нет, если $w=0^\circ$. Если $0^\circ < w < 10^\circ$, то искажение угла незначительное. Если $w > 10^\circ$, то искажение угла значительное.

В выводе необходимо сравнить искажение площадей, форм и углов в разных участках карты.

Пример вывода:

а) искажение площади в северной части карты (т.А) $p_1 = 0,978$, значит площадь объекта в этой точке на карте преуменьшена, искажение площади в южной части карты (т.А₁) $p_2 = 1,04$, значит площадь объекта в этой точке на карте преувеличена. Находим отклонение от 1 в т.А. $1 - 0,978 = 0,022$ и в т.А₁ $1,043 - 1 = 0,043$. Так как $0,043 > 0,022$ – это значит, что в точке А₁ искажение площади больше, чем в точке А.

б) искажение формы в т. А $k_1 = 1,25$, а искажение формы в точке А₁ $k_2 = 1,001$. Искажение формы в т.А больше искажения формы в т.А₁ (или форма объектов в т.А искажена больше, чем форма объектов в т. А₁).

в) искажение углов в т.А больше искажения углов в т.А₁.

Критерии оценки за практическую работу:

Оценка «5» - правильное выполнение не менее 90% заданий практической работы.

Оценка «4» - правильное выполнение 80-89% заданий практической работы.

Оценка «3» - правильное выполнение 70-79% заданий практической работы.

Оценка «2» - правильное выполнение менее 70% заданий практической работы.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1.Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 215 с.

Практическая работа №6 «Определение картографических проекций»

Раздел: Основные группы и классы картографических проекций.

Тема: Классификация картографических проекций по ориентировке картографической сетки.

Количество часов: 4 часа.

Цели: изучить наиболее распространенные картографические проекции и уметь их распознавать по виду сетки параллелей и меридианов.

Теоретическая часть:

Картографическая проекция – это математически определенный способ изображения поверхности эллипсоида на плоскости, устанавливающий аналитическую зависимость между географическими координатами точек земного эллипсоида и прямоугольными координатами тех же точек на плоскости. Картографические проекции обычно различают: 1) по характеру искажений; 2) по виду вспомогательной геометрической поверхности, применяемой при переходе от поверхности эллипсоида к плоскости (или по виду нормальной сетки); 3) по ориентировке этой поверхности по отношению к элементам земного эллипсоида (земной оси, экватору, полюсам).

По характеру искажений проекции делятся на равноугольные, равновеликие и произвольные.

По виду вспомогательной геометрической поверхности различают цилиндрические, конические и азимутальные проекции.

По ориентировке вспомогательной геометрической поверхности различают нормальные, поперечные и косые проекции.

Порядок выполнения работы:

С помощью таблиц-определителей установить проекцию изучаемой карты (табл. 5, 6, 7, 8).

Таблицы-определители организованы по единому принципу: в заголовках столбцов формулируются условия, необходимо выбрать те из них, которые соответствуют изучаемой карте. Результаты работы должны быть представлены в виде таблицы, в которой приведен пример выполнения задания (табл. 9).

Таблица 5. Характеристика проекций картографических сеток мировых карт

Форма рамки или вид всей сетки	Изображение меридианов и параллелей	Изменение промежутков между параллелями по прямому меридиану с удалением от экватора	Название проекции
Сетка и рамка - прямоугольник, полюс в рамке карты не изображается	Прямые линии	Сильно увеличиваются: между параллелями 60° и 80° приблизительно в три раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	Нормальная равноугольная цилиндрическая Меркатора
		Увеличиваются: между параллелями 60° и 80° приблизительно в 2,6 раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	Нормальная цилиндрическая Урмаева 1945 г.
		Увеличиваются: между параллелями 60° и 80° приблизительно в 1,8 раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	Нормальная цилиндрическая Урмаева 1948 г.
		Увеличиваются: между параллелями 60° и 80° почти в 1,5 раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	Нормальная цилиндрическая Голла (БСАМ)
Рамка – прямоугольник, полюс в рамке карты не изображается	Параллели – прямые линии, меридианы – кривые линии	Увеличиваются: между параллелями 70° и 80° почти в 1,5 раза больше, чем между экватором и параллелью 10°	Псевдоцилиндрическая ЦНИИГАиК
		Увеличиваются: между параллелями 60° и 80° почти в 1,5 раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	Псевдоцилиндрическая Урмаева
	Параллели – дуги эксцентрических окружностей, меридианы – кривые линии	Сохраняются равными	Поликоническая ЦНИИГАиК
		Увеличиваются: между параллелями 60° и 80° почти в 1,2 раза больше, чем между экватором и параллелью 20°	Поликоническая ЦНИИГАиК (для БСЭ)
Параллели и меридианы – дуги окружностей	Увеличиваются: между параллелями 70° и 80° приблизительно в 2,3 раза больше, чем между экватором и параллелью 10°	Круговая Гринтера	
Сетка и рамка – эллипс, полюс изображается -	Параллели – прямые линии, меридианы – кривые	Уменьшаются: между полюсом и параллелью 80° расстояние в 2,5 раза меньше, чем между экватором и параллелью 10°	Равновеликая псевдоцилиндрическая Мольвейде

Продолжение таблицы 5.

точкой	Параллели и меридианы – кривые линии	Уменьшаются: приполярный промежуток составляет приблизительно 0,7 приэкваториального	Произвольная равновеликая Антова-Гаммера
Сетка с разрывами, полюс изображается несколькими точками	Параллели – прямые линии, меридианы – кривые линии	Уменьшаются: между полюсом и параллелью 80° расстояние в 2,5 раза меньше, чем между экватором параллелью 10°	Равновеликая псевдоцилиндрическая Мольвейде-Гуда с разрывами
Сетка с разрывами, полюс изображается рядом прямых линий		Уменьшаются: между полюсом и параллелью 80° примерно в 6 раз меньше, чем между экватором и параллелью 10°	Равновеликая псевдоцилиндрическая синусоидальная БСАМ с разрывами

Таблица 6. Характеристика проекций картографических сеток восточного и западного полушарий

Изменение промежутков по среднему меридиану и экватору от центра полушария к его краям	Изображение параллелей	Название проекции
Уменьшаются от 1 приблизительно до 0,7	Кривые линии, увеличивающие кривизну с удалением от среднего меридиана к крайним	Равновеликая экваториальная азимутальная Ламберта
Уменьшаются от 1 приблизительно до 0,8		Экваториальная азимутальная Гинзбурга
Равны		Экваториальная азимутальная равнопромежуточная Постеля
Увеличиваются от 1 приблизительно до 2	Дуги окружностей	Равноугольная экваториальная стереографическая азимутальная
Сильно уменьшаются	Прямые линии	Экваториальная ортографическая азимутальная

Таблица 7. Характеристика проекций картографических сеток карт Азии, Северной Америки и Африки

Изменение промежутков между параллелями по среднему (прямому) меридиану от центра материка к северу и к югу	Изображение параллелей	Изменение промежутков между соседними параллелями с удалением от среднего меридиана к западу и востоку	Изображение экватора	Название проекции
Уменьшаются	Кривые линии, увеличивающие кривизну с удалением от среднего меридиана к западу и к востоку	Увеличиваются	Кривая линия	Равновеликая горизонтальная азимутальная Ламберта
			Прямая линия	Равновеликая экваториальная азимутальная Ламберта
Равны	Дуги концентрических окружностей	Остаются постоянными	Кривая линия	Равновеликая псевдодоконическая Бонна
	Прямые линии		Прямая линия	Равновеликая псевдоцилиндрическая синусоидальная Сансона

Таблица 8. Характеристика проекций картографических сеток карт России и СНГ

Изображение меридианов и параллелей	Изменение промежутков между параллелями по прямому меридиану	Дополнительные сведения о проекции	Название проекции
Параллели – дуги концентрических окружностей, меридианы – прямые линии	Увеличиваются от средней широты России к северу и к югу	Точка Северного полюса может быть получена в пересечении меридианов	Равноугольная нормальная коническая Ламберта – Гаусса
	Равны	Точка пересечения меридианов отстоит от дуги с широтой в 90° примерно на величину 3°	Нормальная коническая равнопромежуточная Красовского
	Равны	Точка пересечения меридианов отстоит от дуги с широтой в 90° примерно на величину 6°	Нормальная коническая равнопромежуточная Каврайского
Параллели и меридианы – кривые линии	Увеличиваются к северу между полюсом и параллелью 80° в 1,3 раза больше, чем между параллелями 40° и 50°	Прямой меридиан – 100° восточной долготы. Сетка зрительно передает шарообразность Земли	Косая перспективно-цилиндрическая Соловьева
	Равны	Прямой меридиан – 120° восточной долготы. Остальные – кривые. Многие меняют направление выпуклости	Косая цилиндрическая равнопромежуточная ЦНИИГАиК
	Практически равны	Прямой меридиан – 90° восточной долготы	Косая азимутальная ЦНИИГАиК
	Незначительно уменьшаются от средней широты России к северу и к югу	Прямой меридиан – 100° восточной долготы. Остальные – кривые, многие меняют направление выпуклости	Косая перспективно-цилиндрическая ЦНИИГАиК
Параллели – дуги эксцентрических окружностей, меридианы – кривые линии	Уменьшаются от юга к северу. Между полюсом и параллелью 80° составляют 0,9 величины расстояния между параллелями 40° и 50°	Прямой меридиан – 90° восточной долготы	Видоизмененная поликоническая Салмановой

Таблица 9. Форма представления результатов определения картографических проекций (пример выполнения задания)

№ карты	Изображаемая территория	Форма рамки карты	Изображение параллелей и меридианов	Как изменяются промежутки между параллелями по среднему меридиану	Дополнительные признаки (изображение экватора, дополнительные указания о проекции)	Вид проекции по характеру искажений	Название проекции
1	СССР	Прямоугольная	Параллели – дуги концентрических окружностей, меридианы – прямые линии	Равны	Точка пересечения меридианов отстоит от дуги с широтой 90° примерно на величину 6°	Равнопромежуточная	Нормальная коническая равнопромежуточная проекция Каврайского
...							

Критерии оценки за практическую работу:

Максимальный балл - 12			
«2»	«3»	«4»	«5»
0-3 баллов	4-7 баллов	8-9 баллов	10-12 баллов

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1.Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 215 с.

Практическая работа № 7 «Вычисление и графическое построение картографической сетки нормальной цилиндрической проекции»

Раздел: Основные группы и классы картографических проекций.

Тема: Классификация картографических проекций по ориентировке картографической сетки.

Количество часов: 4 часа.

Цели: Изучить аналитические способы построения картографических сеток нормальных цилиндрических проекций, уметь строить их по уравнениям картографических проекций и научиться переносить элементы картографического изображения по трапециям картографической сетки.

Порядок выполнения работы:

Заполнить расчетный лист и вычертить макет картографической сетки; перенести по координатам контур географического объекта. Сдать преподавателю расчетный лист с вычислениями и чертеж.

При построении картографических сеток земной эллипсоид заменим шаром, что для карт мелких масштабов не принципиально. В вычислениях следует учитывать, что значение радиуса земного шара:

$R = 6\,371\,120$ м используется в проекциях, произвольных по характеру искажений;

$R/ = 6\,378\,245$ м используется в проекциях, равноугольных по характеру искажений;

$R// = 6\,371\,116$ м используется в проекциях, равновеликих по характеру искажений;

$R/// = 6\,367\,558$ м используется в проекциях, равнопромежуточных по меридианам.

Число $\pi = 3,1416$.

При вычислениях важно помнить о необходимости перевода длин в одни единицы измерения (например, значений радиуса Земли R из метров в сантиметры).

В нормальных цилиндрических проекциях меридианы изображаются равноотстоящими друг от друга параллельными прямыми, а параллели – прямыми линиями, перпендикулярными меридианам. Для построения картографической сетки лист ватмана формата А4 развернуть горизонтально, в центре листа будущей карты прочерчиваются две взаимно перпендикулярные линии – средний меридиан и экватор (рис. 6).

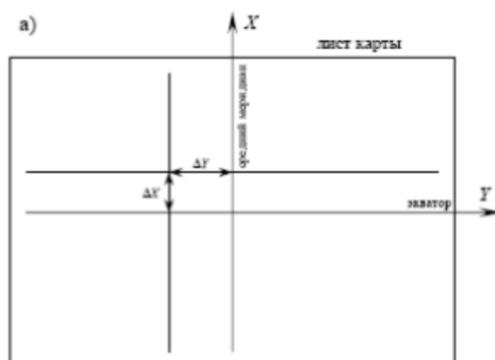


Рис. 6. Построение картографической сетки цилиндрической проекции

Расстояние между соседними меридианами Δy – величина постоянная, а промежутки между параллелями по меридиану Δx определяют характер, величину и распределение искажений, присущие данной цилиндрической проекции.

На основе параметров проекции (табл. 10) заполнить расчетный лист (табл. 11); на листе ватмана формата А4 по результатам вычислений вычертить картографическую сетку проекции; на расстоянии 0,5 см вычертить градусную рамку, внутри которой на выходах сетки линий параллелей и меридианов подписать их значения; показать на карте контур заданной территории (рис. 7):

1. Африки с о.Мадагаскар
2. Австралии с о.Тасмания
3. Южной Америки с о.Огненная Земля

Уравнения нормальной цилиндрической проекции

Равнопромежуточная по меридианам проекция на касательном цилиндре

$$X = \frac{\pi R''' \varphi}{180^\circ M}, \quad Y = \frac{\pi R''' \lambda}{180^\circ M}$$

ΔY , см – расстояние между двумя соседними меридианами;

ΔX , см – изменения расстояний между двумя соседними параллелями.

Таблица 10. Параметры для расчета нормальной равнопромежуточной цилиндрической проекции на касательном цилиндре

$R = 6\,367\,558$ м; масштаб 1: 150 000 000; $\varphi_0 = 0^\circ$, $\lambda_{cp} = 0^\circ$, густота сетки 15° по широте и долготу. $\Delta y =$			
Крайние параллели		Крайние меридианы	
Северная 90° с.ш.	Южная 90° ю.ш.	Западный 165° з.д.	Восточный 165° в.д.

Таблица 11. Расчетный лист результатов вычисления картографической сетки нормальной цилиндрической проекции

Широта φ°	X, см	ΔX , см
90		-
75		
60		
45		
30		
15		
0		
- 15		
- 30		
- 45		
- 60		
- 75		
- 90		-



Рис. 7. Макет картографической сетки нормальных цилиндрических проекций с указанием необходимых размеров в оформлении рамки

Критерии оценки за практическую работу:

- Оценка «5» - правильное выполнение не менее 90% заданий практической работы.
- Оценка «4» - правильное выполнение 80-89% заданий практической работы.
- Оценка «3» - правильное выполнение 70-79% заданий практической работы.
- Оценка «2» - правильное выполнение менее 70% заданий практической работы.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1.Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 215 с.

Практическая работа №8 «Вычисление и графическое построение картографической сетки нормальной конической проекции»

Раздел: Основные группы и классы картографических проекций.

Тема: Классификация картографических проекций по ориентировке картографической сетки.

Количество часов: 4 часа.

Цели: Изучить аналитические способы построения картографических сеток нормальных конических проекций, уметь строить их по уравнениям картографических проекций и научиться переносить элементы картографического изображения по трапециям картографической сетки.

Порядок выполнения работы:

Заполнить расчетный лист и вычертить макет картографической сетки; перенести по координатам контур географического объекта. Сдать преподавателю расчетный лист с вычислениями и чертеж.

При построении картографических сеток земной эллипсоид заменим шаром, что для карт мелких масштабов не принципиально. В вычислениях следует учитывать, что значение радиуса земного шара:

$R = 6\,371\,120$ м используется в проекциях, произвольных по характеру искажений;
 $R' = 6\,378\,245$ м используется в проекциях, равноугольных по характеру искажений;
 $R'' = 6\,371\,116$ м используется в проекциях, равновеликих по характеру искажений;
 $R''' = 6\,367\,558$ м используется в проекциях, равнопромежуточных по меридианам.
 Число $\pi = 3,1416$.

При вычислениях важно помнить о необходимости перевода длин в одни единицы измерения (например, значений радиуса Земли R из метров в сантиметры).

В нормальных конических проекциях параллели – дуги концентрических окружностей, меридианы – прямые линии, расходящиеся из вершины конуса. Построение картографической сетки следует начинать с проведения в центре листа будущей карты вертикальной линии – среднего меридиана. На ней чуть ниже середины (0,5 – 1 см) отмечается засечка – точка пересечения среднего меридиана с параллелью касания φ_0 конусом земного шара. От найденной точки по направлению к ближайшему полюсу вдоль линии меридиана в масштабе карты откладывается расстояние ρ_0 – радиус дуги окружности, изображающей параллель касания φ_0 (рис. 8).

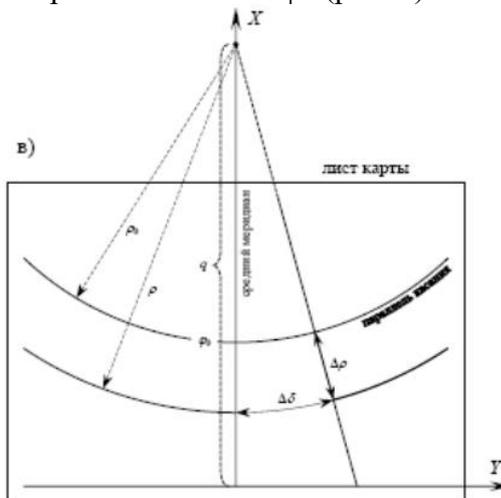


Рис. 8. Построение картографической сетки конической проекции

На основе параметров проекции (табл. 12) заполнить расчетный лист (табл. 13); на листе ватмана формата А4 по результатам вычислений вычертить картографическую сетку заданной проекции; на расстоянии 0,5 см вычертить градусную рамку, внутри которой на выходах сетки линий параллелей и меридианов подписать их значения; показать на карте контур Российской Федерации с о.Сахалин.

Уравнения нормальной конической проекции

Нормальная коническая равновеликая проекция на касательном конусе

$$\rho = \frac{R''}{M} \sqrt{\frac{2}{\alpha} (C - \sin \varphi)}, \delta = \alpha \lambda,$$

где постоянные конической проекции α и C :

$$\alpha = \sin \varphi_0, C = \frac{\alpha \rho_0^2 M^2}{2R''^2} + \sin \varphi_0,$$

а ρ_0 находится как

$$\rho_0 = \frac{R'' \operatorname{ctg} \varphi_0}{M}.$$

Таблица 12. Параметры для расчета нормальной конической равновеликой проекции на касательном конусе

$R = 6\,378\,245 \text{ м}; \text{ масштаб } 1: 60\,000\,000; \varphi_0 = 60^\circ \text{с.ш.},$ $\lambda_{\text{ср}} = 100^\circ \text{в.д.}, \text{ густота сетки } 10^\circ \text{ по широте и долготе.}$ $\delta = 10 \sin \varphi_0 =$			
Крайние параллели		Крайние меридианы	
Северная 80° с.ш.	Южная 40° с.ш.	Западный 10° в.д.	Восточный 170° з.д.

Таблица 13. Расчетный лист результатов вычисления картографической сетки нормальной конической проекции

Широта φ°	ρ , см	$\Delta \rho$, см
80		-
70		
60		
50		
40		
		-

Критерии оценки за практическую работу:

Оценка «5» - правильное выполнение не менее 90% заданий практической работы.

Оценка «4» - правильное выполнение 80-89% заданий практической работы.

Оценка «3» - правильное выполнение 70-79% заданий практической работы.

Оценка «2» - правильное выполнение менее 70% заданий практической работы.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1. Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 215 с.

Практическая работа №9 «Вычисление и графическое построение картографической сетки полярной азимутальной проекции»

Раздел: Основные группы и классы картографических проекций.

Тема: Классификация картографических проекций по ориентировке картографической сетки.

Количество часов: 4 часа.

Цели: Изучить аналитические способы построения картографических сеток нормальных азимутальных проекций, уметь строить их по уравнениям картографических проекций и научиться переносить элементы картографического изображения по трапециям картографической сетки.

Порядок выполнения работы:

Заполнить расчетный лист и вычертить макет картографической сетки; перенести по координатам контур географического объекта. Сдать преподавателю расчетный лист с вычислениями и чертеж.

При построении картографических сеток земной эллипсоид заменим шаром, что для карт мелких масштабов не принципиально. В вычислениях следует учитывать, что значение радиуса земного шара:

$R = 6\,371\,120$ м используется в проекциях, произвольных по характеру искажений;

$R' = 6\,378\,245$ м используется в проекциях, равноугольных по характеру искажений;

$R'' = 6\,371\,116$ м используется в проекциях, равновеликих по характеру искажений;

$R''' = 6\,367\,558$ м используется в проекциях, равнопромежуточных по меридианам.

Число $\pi = 3,1416$.

При вычислениях важно помнить о необходимости перевода длин в одни единицы измерения (например, значений радиуса Земли R из метров в сантиметры).

В полярных (нормальных) азимутальных проекциях параллели – концентрические окружности с центром в точке полюса, меридианы – прямые линии, радиально расходящиеся из полюса. Построение картографической сетки начинается с прочерчивания в центре листа будущей карты двух взаимно перпендикулярных направлений – меридианов $0^\circ - 180^\circ$ и $90^\circ - 270^\circ$ (рис. 9).

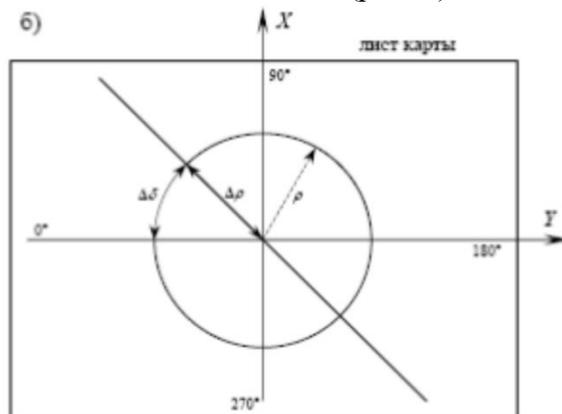


Рис. 9. Построение картографической сетки азимутальной проекции

Углы между меридианами на карте $\Delta\delta$ равны $\Delta\lambda$ – заданной густоте сетки меридианов. Изменение радиусов окружностей $\Delta\rho$, изображающих параллели, определяют характер, величину и распределение искажений, присущих данной азимутальной проекции.

На основе параметров (табл. 14) заполнить расчетный лист (табл. 15); на листе ватмана формата А4 по результатам вычислений вычертить картографическую сетку заданной проекции; на расстоянии 0,5 см вычертить градусную рамку, внутри которой на выходах сетки линий параллелей и меридианов подписать их значения; показать на карте контур Антарктиды.

Уравнения нормальной азимутальной проекции

Нормальная азимутальная равнопромежуточная по меридианам проекция Постеля на касательной плоскости. Полярные координаты:

$$\rho = \frac{\pi R^m z}{180^\circ M}, \delta = \lambda,$$

где M – масштаб карты; δ – угол сближения меридианов; z – полярное расстояние, определяемое по формуле

$$z = 90^\circ - \varphi$$

Таблица 14. Параметры для расчета полярной азимутальной равнопромежуточной по меридианам проекции Постеля на касательной плоскости

$R = 6\,367\,558$ м; масштаб 1: 50 000 000; $\varphi_0 = 90^\circ$ ю.ш., $\lambda = 10^\circ$, густота сетки 10° по широте и долготе. $\delta = \lambda$			
Крайние параллели		Крайние меридианы	
Северная 50° ю.ш.	Южная 90° ю.ш.	Западный 180° з.д.	Восточный 180° в.д.

Таблица 15. Расчетный лист результатов вычисления картографической сетки полярной (нормальной) азимутальной проекции

Широта φ°	ρ , см	$\Delta\rho$, см
90	0, 0	-
80		
70		
60		
50		
		-

Критерии оценки за практическую работу:

Оценка «5» - правильное выполнение не менее 90% заданий практической работы.

Оценка «4» - правильное выполнение 80-89% заданий практической работы.

Оценка «3» - правильное выполнение 70-79% заданий практической работы.

Оценка «2» - правильное выполнение менее 70% заданий практической работы.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1. Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 215 с.

Список источников и литературы

1. Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 215 с.
2. Хинкис Г.Л., Зайченко В.Л. Словарь терминов, употребляемых в геодезической, картографической и кадастровой деятельности (термины и словосочетания) – М.: ООО «Издательство «Перспектив», 2019.
3. Раклов В.П., Родоманская С.А. Общая картография с основами геоинформационного картографирования: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Изд-во «Академический проспект», 2020. – 285 с. – ISBN 978-5-8291-2485-4.