

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 14.07.2025 08:44:45
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fec3ad1bf35f08

УП: 05.03.02
География РРиГИТ
2025.plx

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:
Руководитель ООП
 **Е.Р. Хохлова**

«19» мая 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Топография

Закреплена за кафедрой:	Туризма и природопользования
Направление подготовки:	05.03.02 География
Направленность (профиль):	Региональное развитие и геоинформационные технологии
Квалификация:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Семестр:	1

Программу составил(и):

без уч. степ., старший преподаватель, Мидоренко Дмитрий Адольфович

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Формирование у студентов основных понятий и представлений о предмете и методах топографии и геодезии, а также об основных принципах составления и работы с топографическими картами и геодезическими приборами.

Задачи :

Изучение теоретических основ дисциплины для решения задач на топографических картах и планах.

Приобретение навыков работы с топографическими и геодезическими приборами и инструментами.

На основе полученных знаний овладеть навыками выполнения основных видов топографических съемок, камеральной обработки результатов полевых измерений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Цифровая картография и геоинформатика

ГИС в географии

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	216
в том числе:	
самостоятельная работа	121
часов на контроль	27

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-3.1: Использует знания базовых методов отраслевых и комплексных географических исследований

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	1

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Сем.	Часов	Примечание
---	-----------------------------	-------------	------	-------	------------

	Раздел 1. Определение и история геодезии и топографии				
1.1	Определения и задачи дисциплин. История геодезии и топографии	Лек	1	3	
1.2	История геодезии и топографии	Ср	1	9	
	Раздел 2. Физико-математические основы дисциплины				
2.1	Фигура Земли и земной эллипсоид. Системы координат в геодезии и топографии. Геодезические проекции.	Лек	1	6	
2.2	Системы координат в геодезии и топографии. Геодезические проекции	Ср	1	7	
	Раздел 3. Топографические карты и планы				
3.1	Определение и элементы топографических карт	Пр	1	2	
3.2	Условные знаки топографических карт и планов	Пр	1	2	
3.3	Масштаб топографических карт и планов	Пр	1	2	
3.4	Ориентирование в топографии	Лек	1	3	
3.5	Ориентирование в топографии	Пр	1	3	
3.6	Измерение длин линий на топографических картах	Пр	1	2	
3.7	Измерение площадей на топографических картах	Пр	1	3	
3.8	Топографические карты и планы	Ср	1	26	
	Раздел 4. Рельеф на топографических картах и планах				
4.1	Отображение рельефа земной поверхности	Лек	1	3	
4.2	Отображение рельефа земной поверхности	Пр	1	4	
4.3	Формы рельефа на картах и планах	Лек	1	3	
4.4	Формы рельефа на картах и планах	Пр	1	5	
4.5	Рельеф на топографических картах и планах	Ср	1	28	
	Раздел 5. Модуль I				
5.1	Модуль I	Экзамен	1	7	
	Раздел 6. Основы аэрогеодезии				
6.1	Основы аэрогеодезии и топографическое дешифрирование	Лек	1	3	
6.2	Основы аэрогеодезии и топографическое дешифрирование	Пр	1	5	

6.3	Основы аэрогеодезии	Ср	1	18	
	Раздел 7. Геодезические приборы и инструменты				
7.1	Общие части приборов и инструментов	Лек	1	2	
7.2	Измерение расстояний на местности	Лек	1	2	
7.3	Измерение горизонтальных углов и превышений	Лек	1	3	
7.4	Геодезические приборы и инструменты	Ср	1	16	
	Раздел 8. Топографическая съёмка местности				
8.1	Планово-высотное обоснование местности	Лек	1	3	
8.2	Виды съёмочных работ	Лек	1	3	
8.3	Тахеометрическая съёмка местности	Пр	1	6	
8.4	Топографическая съёмка местности	Ср	1	17	
	Раздел 9. Модуль II				
9.1	Модуль II	Экзамен	1	7	
	Раздел 10. Экзамен				
10.1	Экзамен	Экзамен	1	13	

Список образовательных технологий

1	Проектная технология
2	Информационные (цифровые) технологии
3	Занятия с применением затрудняющих условий

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Контрольные вопросы:

1. Аэрофототопография. Виды аэрофотосъёмки.
2. Внешнее оформление листов топографических карт и планов. Рамки карт.
3. Дирекционные углы. Передача дирекционных углов.
4. Фигура Земли. Основная поверхность и геоид.
5. Измерение расстояний на местности.
6. Истинные (географические) азимуты. Румбы. Сближение меридианов.
7. История развития топографии и геодезии.
8. История развития топографии и геодезии в России.
9. Магнитный азимут. Склонение магнитной стрелки.

10. Масштаб топографических карт и планов. Формы выражения масштабов. Масштаб площадей.
11. Мировые геодезические системы отсчёта. Национальные системы отсчёта.
12. Номенклатура и разграфка топографических карт.
13. Номенклатура топографических планов.
14. Определение и классификации координатных систем, применяемых в топографии.
15. Определение и структура дисциплин геодезии и топографии.
16. Определения топографической карты и плана. Элементы топографической карты.
17. Производство межевых и лесоустроительных работ.
18. Рельеф и его основные формы. Высоты точек.
19. Система геодезических координат.
20. Система плоских прямоугольных координат UTM-UPS.
21. Система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.
22. Системы глобального позиционирования. Система NAVSTAR, система ГЛОНАСС.
23. Способы измерения расстояний на топографических картах и планах.
24. Способы изображения рельефа на топографических картах и планах.
25. Горизонтالي. Метод линейной интерполяции.
26. Способы определения площадей на топографических картах и планах.
27. Определение картографических проекций.
28. Топографическое дешифрирование.
29. Условные знаки топографических карт и планов.
30. Эллипсоид вращения и его основные характеристики.

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

См. Приложение

8.3. Требования к рейтинг-контролю

См. приложение

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рекомендуемая литература

Основная

Шифр	Литература
Л.1.1	Куршов, Топография, Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022, ISBN: 978-5-16-011029-5, URL: https://znanium.com/catalog/document?id=431320
Л.1.2	Мидоренко А. В., Курганов, Системы глобального позиционирования и основы GPS - навигации, Тверь: Тверской государственный университет, 2005, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/00429ucheb.pdf
Л.1.3	Кузнецов, Основы геодезии и топография местности, Вологда: Инфра-Инженерия, 2020, ISBN: 978-5-9729-0514-0, URL: https://znanium.com/catalog/document?id=361688
Л.1.4	Корягина, Корягин, Топография и картография, Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2024, ISBN: 978-5-16-017522-5, URL: https://znanium.ru/catalog/document?id=439620

Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
---	--

2	Google Chrome
3	OpenOffice
4	Многофункциональный редактор ONLYOFFICE

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
2	ЭБС «ЮРАИТ»
3	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
4	ЭБС IPRbooks
5	ЭБС «Лань»
6	ЭБС BOOK.ru

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
6-201	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, экран, проектор
6-111	компьютеры, сканер

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

См. приложение

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Планируемый образовательный результат и формулировка задания	Критерии оценивания и шкала оценивания
Компетенция: ОПК-3 - способен применять базовые географические подходы и методы при проведении комплексных и отраслевых географических исследований на разных территориальных уровнях Индикатор: ОПК-3.1: использует знания базовых методов отраслевых и комплексных географических исследований Письменное ситуационное задание Измерить на топографической карте прямой и обратный географический азимут, и дирекционные углы направления и вычислить значение магнитного азимута. По известным значениям истинного азимута, склонения магнитной стрелки и сближения меридианов составить схему взаимного расположения углов направления. Вычислить дирекционный угол, магнитный азимут и румб направления	Оценивается: умение определять по топографическим картам и планам углы направлений 2 балла – практические задачи с определением углов направления на топографических картах и планах решены правильно. Студент может аргументированно доказать правильность определения. 1 балл – практические задачи с определением углов направления на топографических картах и планах решены правильно, но ответы не аргументированы. 0 баллов – решение неверно.
Компетенция: ОПК-3 - способен применять базовые географические подходы и методы при проведении комплексных и отраслевых географических исследований на разных территориальных уровнях Индикатор: : ОПК-3.1: использует знания базовых методов отраслевых и комплексных географических исследований Письменное ситуационное задание Определить горизонтальное проложение линии, если известны длина линии местности и угол наклона. Определить именованный масштаб для заданного численного масштаба карты. Определить численный масштаб для заданного именованного масштаба карты. Определить предельную точность масштаба карты и графическую точность карты.	Оценивается: умение решать по топографическим картам и планам основные практические задачи с использованием различных форм выражения масштаба. 2 балла – практические задачи с использованием различных форм выражения масштаба на топографических картах и планах решены правильно. Студент может аргументированно доказать правильность определения. 1 балл – практические задачи с использованием различных форм выражения масштаба на топографических картах и планах решены правильно, но ответы не аргументированы. 0 баллов – решение неверно.

Компетенция: ОПК-3: использует знания базовых методов отраслевых и комплексных географических исследований Индикатор: : ОПК-3.1: использует знания базовых методов отраслевых и комплексных географических исследований Письменное ситуационное задание На местности имеется замкнутый полигон, на котором проведено планово-высотное обоснование местности и выполнена тахеометрическая съёмка местности. Заполните журнал тахеометрической съёмки, рассчитав углы наклона, превышения и абсолютные отметки высот пикетов Нп.	Оценивается: умение оформлять результаты инструментальных топографических съёмок местности 2 балла – практические задачи с результаты инструментальных топографических съёмок местности оформлены правильно. Студент может аргументированно доказать правильность определения. 1 балл – практические задачи с результаты инструментальных топографических съёмок местности оформлены правильно, но ответы не аргументированы. 0 баллов – решение неверно
--	--

Приложение №2

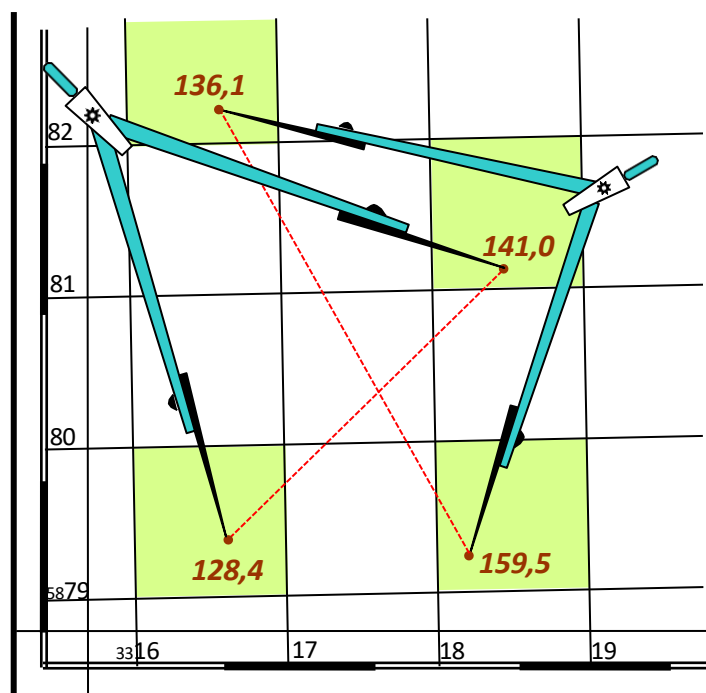
Модули	Темы	Виды работ	Баллы
I модуль	Определение и история геодезии и топографии. Физико-математические основы дисциплины. Топографические карты и планы Рельеф на топографических картах и планах	Лабораторные занятия	20
		Тесты	5
		Контрольная работа	5
Итого I модуль:			30
II модуль	Основы аэрогеодезии. Геодезические приборы и инструменты Топографическая съёмка местности	Лабораторные занятия	20
		Тесты	5
		Контрольная работа	5
Итого II модуль:			30
Итого за два модуля:			60
Экзамен			40
Всего:			100

Министерство науки и высшего образования РФ Тверской
государственный университет Кафедра туризма и
природопользования

Д.А. Мидоренко

ТОПОГРАФИЯ

Топографические карты и планы



ТВЕРЬ 2020

УДК 910.26 ББК
20я73
М-57

Рецензент:

д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «АДО и Ф» ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» В.И. Гельдиев

Мидоренко, Д.А.

М-57 Топография. Топографические карты и планы: учеб. пособие. – Тверь: Тверской государственный университет, 2020. – 80 с.

Первая часть учебного пособия предназначена для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по курсам «Топография» и «Основы геодезии и топографии» и включает в себя задания по теме «Топографические карты и планы».

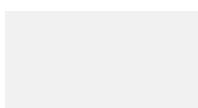
Пособие раскрывает общие теоретические вопросы топографии, знакомит с основными принципами работы с топографическими геоизображениями, методикой решения задач в области геодезии, топографии и картометрии.

Для студентов I курса факультета географии и геоэкологии, обучающихся по направлениям подготовки «География» и «Экология и природопользование», а также студентов IV курса биологического факультета, обучающихся по направлению подготовки «Лесное дело».

ISBN 978-5-7609-1557-3

© Мидоренко Д.А., 2020

© Тверской государственный
университет, 2020



Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ.....	3
I. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ.....	6
1. Место топографических карт и планов в системе географических карт	
6	
Инструменты для работы с топографическими картами и планами	8
2. Элементы топографической карты	12
3. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов	17
Самостоятельная работа № 1.....	22
4. Условные знаки топографических карт и планов	26
Самостоятельная работа № 2.....	29
5. Масштаб топографических карт и планов.....	32
Самостоятельная работа № 3.....	35
6. Измерение расстояний по топографическим картам и планам	37
Лабораторная работа № 1	40
7. Определение планового положения точек на топографических картах	
43	
Лабораторная работа № 2	46
8. Измерение площадей на топографических картах и планах	47
Лабораторная работа № 3	49
9. Ориентирование топографических карт	51
Лабораторная работа № 4	56

10. Рельеф на топографических картах и планах	61
Самостоятельная работа № 4.....	63
Лабораторная работа № 5	67
<i>Приложение. Номенклатуры листов топографических карт масштабов 1:1</i>	
<i>000 000 – 1:100 000 на территорию Тверской области</i>	
.....	70
II. СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ.....	74
III. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	79

*«География только тогда выходит из
младенческого состояния, когда ос-
новою ей служит Топография ...»*



Алексей Андреевич Тилло (1839 - 1899) – выдающийся Российский географ, картограф и геодезист, видный деятель Русского географического общества, член-корреспондент Петербургской и Парижской академий наук

1. Место топографических карт и планов в системе географических карт

География – наука, изучающая географическую оболочку Земли, её пространственно-временную структуру и динамику, взаимодействие, распределение географических сфер и отдельных объектов.

Главной особенностью географии, выделяющей её из ряда наук о Земле, является пространственная организация исследований и поиск пространственного порядка. Вследствие такой направленности географы используют особый язык, отражающий их представления о пространстве, – язык карт.

Карта, – по определению известного русского учёного-географа и картографа Н.Н. Баранского, – "*Альфа и Омега географии*", язык пространственного мышления и модель географических данных.

В понимании географов **карта** – это отражение некоторого набора данных или абстрактных характеристик, приуроченных к земной поверхности или связанных с ней, в определенном масштабе и на плоской основе.

Области применения карт огромны и не ограничиваются только географическими исследованиями. Чтобы не потеряться во множестве географических карт, необходима их классификация, т. е. распределение карт на группы, классы или виды.

Карты могут различаться по многим признакам, но наиболее существенны классификации, определяющие содержание и характер географических карт.

Топографические карты

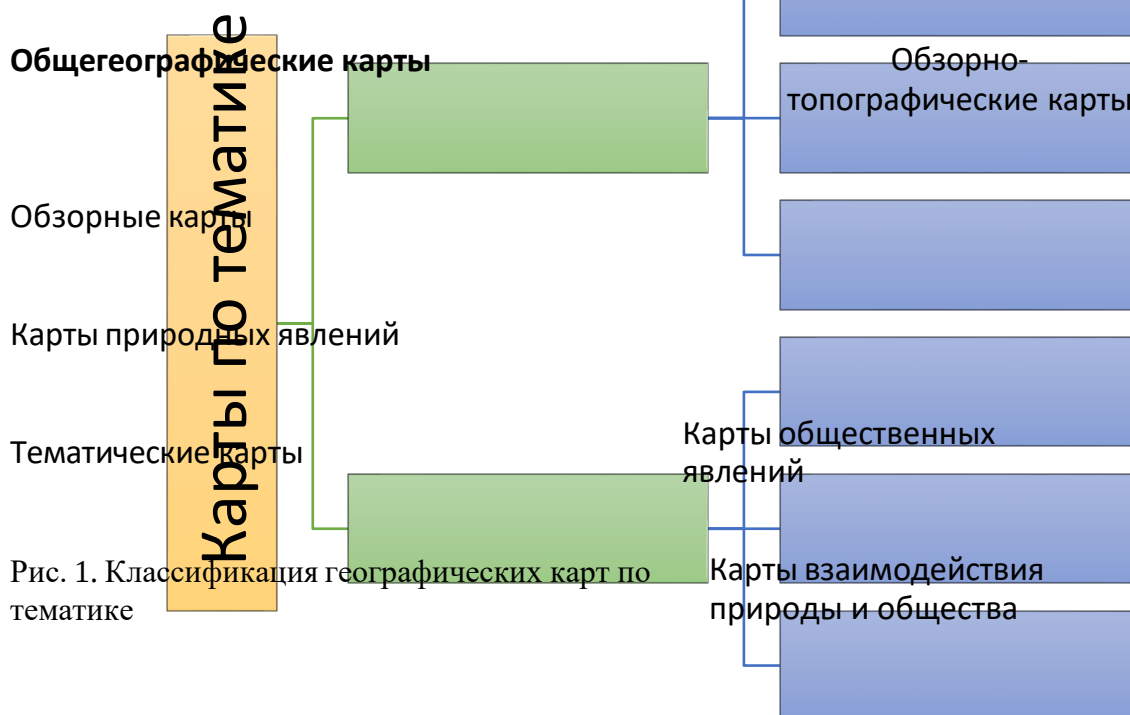


Рис. 1. Классификация географических карт по тематике

На рисунке 1 представлена одна из таких схем распределения карт – классификация географических карт по их *тематике*. В качестве классификационного признака в ней использован *предмет содержания* карт.

При делении карт по тематике прежде всего различают собственно карты *тематические* и *общегеографические* карты.

Карты земной поверхности с расположенными на ней объектами – поверхностными водами, растительным покровом, населенными пунктами и путями сообщения, административными и государственными границами и т. д., принято называть **общегеографическими**.

В число общегеографических входят *топографические карты* – наиболее подробные изображения объектов и предметов местности.

Отобразить значительные территории земной поверхности на плоской основе без каких-либо искажений не представляется возможным, поэтому топографической карте дают следующее определение:

Топографическая карта – построенное в картографической проекции (с учётом кривизны земной поверхности), уменьшенное, подробное изображение поверхности Земли, показывающее расположенные на ней объекты и предметы местности в определённой системе условных знаков.

Топографические карты являются многоцелевыми и многоотраслевыми картографическими произведениями, отображающими внешний облик местности на летний период времени.

При картографировании небольших по площади (до 20 км²) участков местности поверхность Земли можно принять за плоскость и не учитывать её кривизну. В таких случаях для отображения поверхности Земли используют *топографические планы*.

Топографический план – крупномасштабное картографическое изображение на плоскости в ортогональной (прямоугольной) проекции ограниченного участка местности, в пределах которого не учитывается кривизна земной поверхности.

Инструменты для работы с топографическими картами и планами

При решении широкого круга задач, связанных с топографическими картами и планами, используются разнообразные чертёжные приборы и инструменты: карандаши, линейки, треугольники, транспортиры, циркули.

Карандаши

Карандаш представляет собой инструмент в виде стержня, изготовленного из пишущего материала (графита) и вложенного в деревянную оправу, лучшим материалом для которой считается древесина можжевельника, кедра, липы, пихты или ольхи.

Для черчения, разграфки и выполнения других видов топографо-геодезических работ лучше всего пользоваться **твёрдыми чертёжными карандашами**. Они различаются по твёрдости грифеля, которая, указываясь на карандаше и обозначается заглавными буквами **Т** (твёрдый) для отечественных производителей и **Н** (англ. *hardness* – твёрдость) для карандашей зарубежных фирм. Твёрдость грифеля обозначают цифрой; чем она больше, тем твёрже карандаш: Т, 2Т, 3Т, 5Т и т. д (рис. 2).

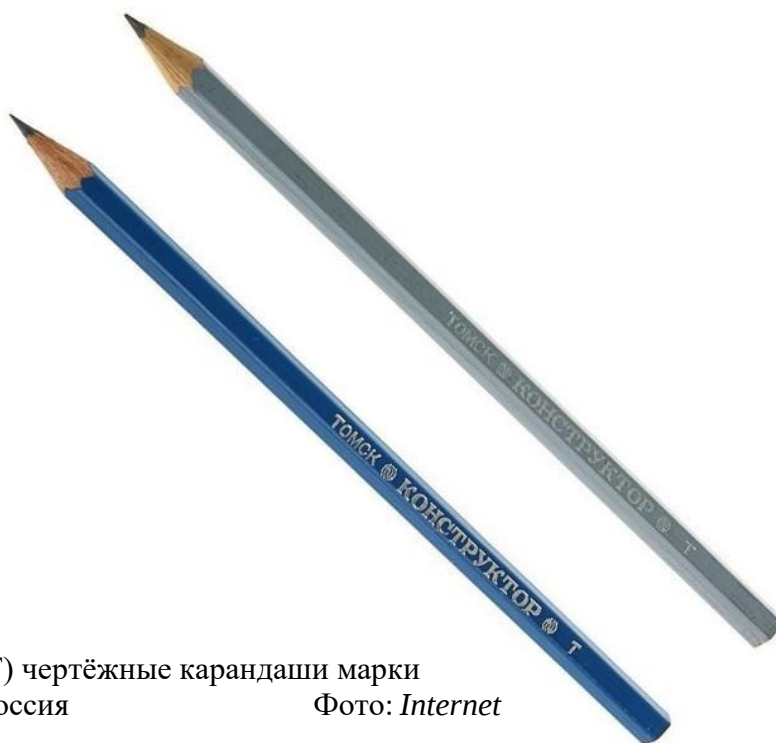


Рис. 2. Твёрдые (Т) чертёжные карандаши марки «Конструктор», Россия

Фото: Internet

Из отечественных марок предпочтительнее всего «Конструктор» и «Сибирский кедр», лучше зарубежные производители имеют марку «*Koh-I-Noor Hardtmuth*», «*Faber-Castell*», «*Staedtler*».

Для работы лучше выбирать карандаши шестигранной формы, так как круглые карандаши легко скатываются со стола и при падении у них ломается грифель, что влияет на качество топографо-геодезических работ.

Чаще всего современные карандаши продаются уже заточенными, однако, в процессе работы требуется их повторная правка и заточка. Для этих

целей лучше использовать специальные машинки для заточки или остро отточенный перочинный нож.

Линейки и треугольники

Линейка – средство измерения, с нанесёнными штрихами (делениями) на прямой стороне, кратными единице измерения длины в метрической системе – сантиметрам, миллиметрам или долям миллиметра (рис. 3).

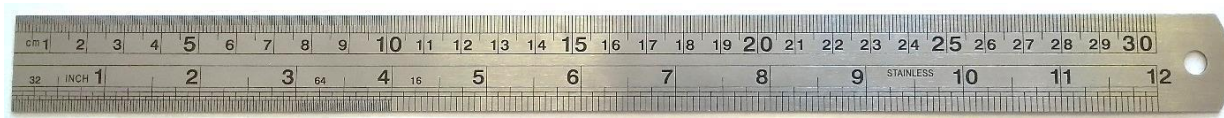


Рис. 3. Высокоточная линейка из нержавеющей стали с ценой деления 0,5 мм метрической шкалы и дюймовой шкалы

Фото автора

Линейки могут изготавливаться из дерева, стали или пластмассы.

Чертёжные линейки, используемые в геодезии и топографии, служат для построения линий, геометрических фигур и откладывания отрезков. К чертёжным линейкам предъявляют ряд требований: нижняя поверхность линейки должна быть плоской, рабочие грани линейки должны быть прямыми и не иметь зазубрин и выступов.

Для работы с листами топографических карт и планов лучше использовать линейки длиной не менее 50 см (рис. 4).



Рис. 4. Стандартная деревянная линейка длиной 50 см

Фото: Internet

Треугольник – разновидность линейки, чертёжный инструмент для построения углов. Также как линейки, треугольники изготавливаются из дерева, пластмассы или металла.

Наиболее удобны и практичны в работе треугольники с прорезом. К треугольникам предъявляют те же требования, что и к линейкам.

Для выполнения топографо-геодезических работ лучше всего подходит треугольник с одним прямым углом (90°).

Совместное использование линейки и треугольника позволяет строить углы и проводить параллельные линии.

Циркули

Наиболее широкое применение в геодезии и топографии находят два вида циркулей: *циркули-измерители* и *микроизмерители*.

Циркуль-измеритель (рис. 5а) или разметочный циркуль служит для разметки, измерения расстояний и откладывания отрезков длиной от 1,0 до 120 – 130 мм.

Ножки циркуля-измерителя крепятся к шарнирной головке с направляющей планкой и ручкой. На нижних концах ножек фиксируются сменные иглы.

К циркулям-измерителям предъявляют следующие требования: ножки циркуля при разведении должны иметь свободный и плавный ход; концы игл должны плотно подходить к друг другу и быть одинаковой длины.

В процессе работы циркуль-измеритель следует держать одной рукой только за ручку и располагать в плоскости, перпендикулярной плоскости топографической карты или плана.

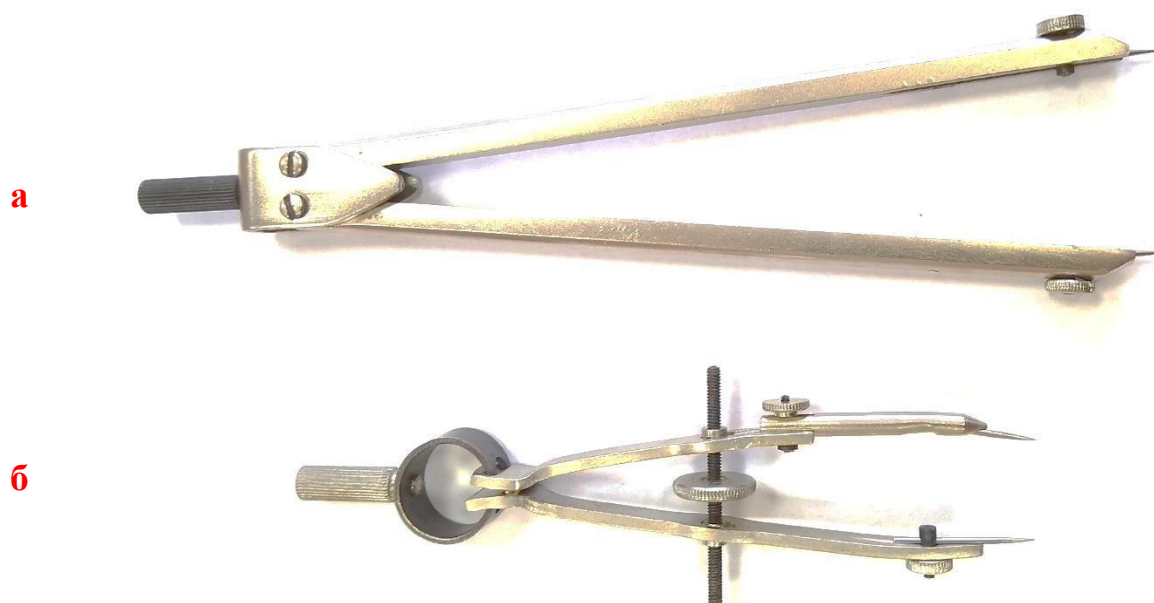


Рис. 5. Циркуль измеритель (а) и микроизмеритель (б)

Фото автора

Микроизмеритель (рис. 5б) или пружинный циркуль подходит для откладывания и измерения малых отрезков от 0,5 до 30 мм.

Микроизмеритель имеет винт, соединяющий короткие ножки. Рас- твор циркуля задаётся вращением специальной гайки, насаженной на микрометрический винт. Круглая пружина в основании инструмента надёжно фиксирует ножки измерителя, минимизируя ошибки измерения.

При работе с циркулем-измерителем и микроизмерителем необходимо следить за тем, чтобы иголки лишь слегка накалывали топографическую карту или план и не оставляли в бумаге сквозных отверстий.

Транспортиры

Транспортир представляет собой инструмент для построения и измерения углов. Он состоит из линейки и угломерной шкалы, разделённой на градусы.

Транспортиры изготавливают из пластмассы или металла.

В зависимости от модели транспортира (рис. 6) угломерная шкала изменяется от 0° до 180° (полукруговой транспортир) и от 0° до 360° (круговой транспортир).

В геодезии и топографии используют обе модели транспортиров.

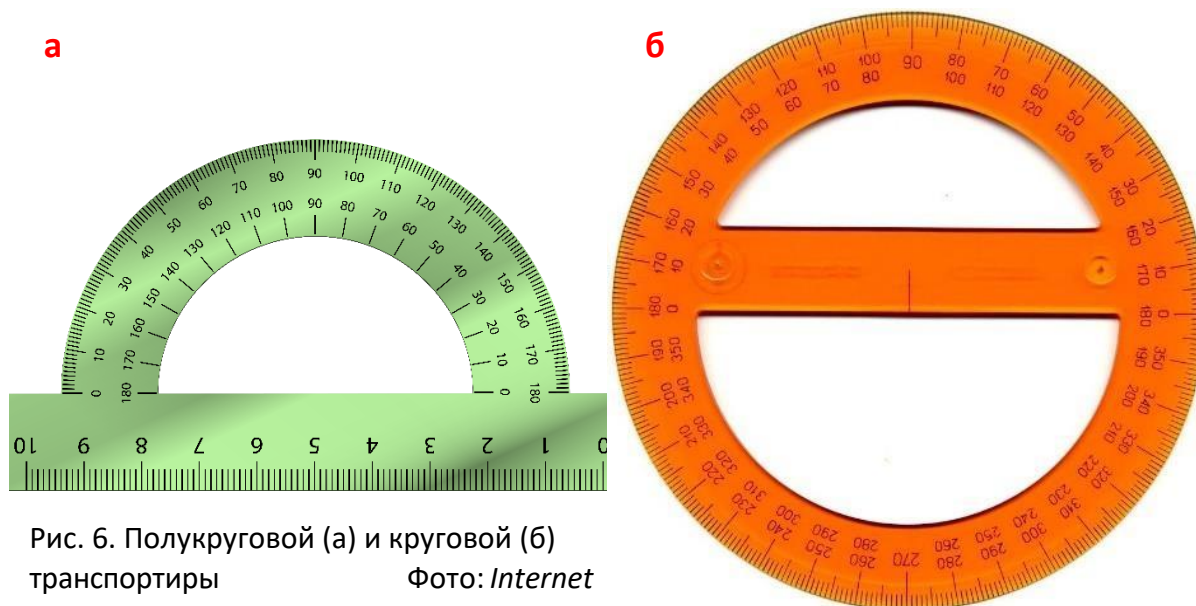


Рис. 6. Полукруговой (а) и круговой (б) транспортеры
Фото: Internet

Помимо обычных, для высокоточного построения и измерения углов на топографических картах и планах применяют **геодезические транспортеры** (рис. 7). Такие транспортеры относятся к полукруговым и имеют цену деления 30'.

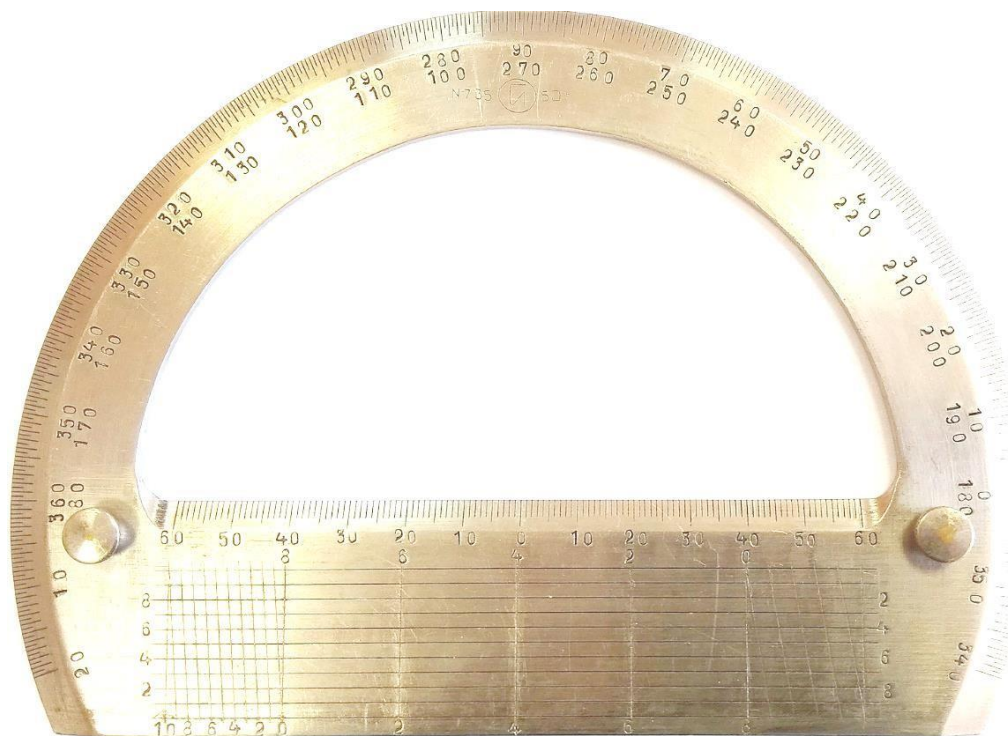


Рис. 7. Высокоточный геодезический транспортер ТГ-А с ценой деления 30' Фото автора

При работе с любым транспортером необходимо помнить, что рабочим краем угломерной шкалы является только её внешняя часть, и только по ней можно производить все отсчёты.

2. Элементы топографической карты

Все топографические карты создаются по общим принципам и законам, в стандартных масштабах, единых для каждого масштаба условных знаках и по утверждённым правилам оформления.

Поэтому все топографические карты имеют общие части, называемые *элементами топографической карты* (рис. 8).

Элементы топографической карты – её составные части, включающие математическую основу, само картографическое изображение и вспомогательное оснащение.

Математическая основа – совокупность математических элементов построения топографической карты, являющихся базой для формирования картографического изображения.



Рис. 8. Элементы топографической карты

Математическую основу составляют: *геодезическая основа, проекция и связанные с ней координатные сетки, масштаб.*

Геодезическая основа топографических карт – пункты государственной геодезической сети (рис. 9), обеспечивающие переход от топографической поверхности Земли к математической поверхности эллипсоида и



Рис. 9. Пункт государственной геодезической сети

Фото: Wikipedia

правильное положение элементов содержания карты относительно координатных сеток.

Проекция топографических карт – математический способ изображения криволинейной поверхности эллипсоида на плоской основе. При создании топографических карт в Российской Федерации применяется равноугольная проекция эллипсоида на плоскости (проекция Гаусса-Крюгера).

Координатные сетки – сетки меридианов и параллелей, полярных, прямоугольных и иных систем координат.

На топографических картах представлены *географическая* (меридианы и параллели) и *прямоугольная* (абсциссы и ординаты) сетки.

Каждый лист топографической карты с севера и юга ограничен параллелями, а с запада и востока – меридианами.

Эти линии географической сетки, непосредственно ограничивающие картографическое изображение, называются *внутренней рамкой* (рис. 10).

На выходах этих линий в углах внутренней рамки указывают соответствующие значения широт и долгот (на рисунке 10 – $54^{\circ}42'30''$ и $18^{\circ}08'45''$).

По форме внутренняя рамка представляет собой *трапецию*.

Для более точного определения географических координат точек на карте используется *минутная рамка*.

Минутные интервалы отмечены чередующимися чёрными и белыми шашками.

Для получения более точных значений географических координат каждая минута дополнительно разбита на шесть равных частей, отмеченных точками, расстояние между которыми равно 10".

Эту шкалу делений обычно называют *секундной рамкой*.



Рис. 10. Рамки листа топографической карты

Внешняя рамка топографической карты выполняет в основном декоративную функцию. В её разрывах выписывают обозначения (номенклатуру) четырёх смежных (соседних) листов карт того же масштаба.

Каждый лист топографической карты имеет также и прямоугольную сетку, представляющую собой систему взаимоперпендикулярных горизонтальных и вертикальных линий, проведённых параллельно осям прямоугольных координат (абсцисс и ординат).

Выходы линий прямоугольной сетки в целых километрах вписаны между внутренней и минутной рамками топографической карты и служат для определения прямоугольных координат точек (X, Y) с метровой точностью. Полные подписи размещены только в углах трапеции листа топографической карты (на рисунке 10 – 6068 и 4311); у всех остальных – только две последние цифры (на рисунке 10 – 67 и 12).

Прямоугольная сетка построена таким образом, что вне зависимости от масштаба топографической карты, все её квадраты имеют одинаковую площадь, равную 1 км². Вследствие этого прямоугольную сетку часто называют *километровой*.

Масштаб топографической карты показывает степень уменьшения, отношение отрезка на плоскости к соответствующему ему отрезку на местности.

Картографическое изображение – совокупность сведений об объектах и явлениях, их размещении, свойствах, взаимосвязях и динамике.

Все элементы содержания (**социально-экономические** и **природные и природно-антропогенные**) группируются по классам (геодезические сети,

растительность естественная и искусственная) и передаются на топографической карте посредством *системы условных знаков* – специальных графических символов, обозначающих вид объектов, их местоположение, форму, размеры, качественные и количественные характеристики.

Вспомогательное оснащение – вспомогательные элементы, облегчающие чтение и работу с топографической картой.

Легенда – таблица используемых условных обозначений с необходимыми пояснениями.

Для топографических карт составляются специальные таблицы стандартизированных условных знаков, обязательных к применению на всех картах соответствующего масштаба. Они содержат пояснения к условным знакам, указания по их применению и размеры знаков.

Таблицы условных топографических знаков издаются в виде отдельных брошюр. Например, "Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10 000" или "Условные знаки для топографических планов масштабов 1:500, 1:1 000, 1:2 000 и 1:5 000".

Картометрические графики – дополнительные графические построения для измерения по картам углов, расстояний, крутизны скатов, площадей, координат точек.

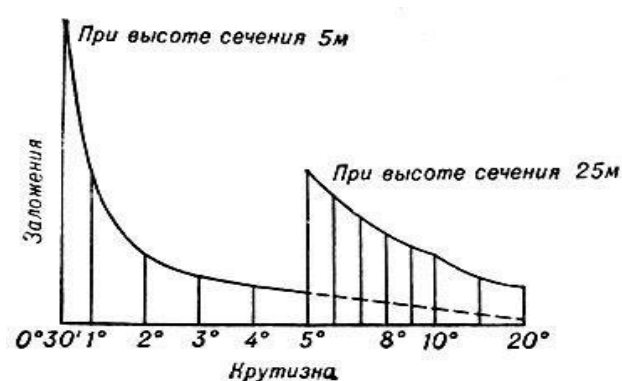


Рис. 11. График заложений

На топографических картах ниже южной рамки помещён картометрический *график заложений* для определения крутизны скатов (рис. 11).

Справочные данные – название или номенклатура карты, выходные данные и дополнительная информация, позволяющая судить о достоверности картографического изображения.

Выше северной стороны внешней рамки указывают *номенклатуру* листа – своеобразный "АДРЕС" карты, системное обозначение отдельных листов топографических карт и планов.

Номенклатура может быть дополнена названием наиболее крупного населённого пункта, находящегося в пределах данного листа карты или

Склонение на 1985 г. восточное $8^{\circ}03'$ (1-34). Среднее сближение меридианов восточное $0^{\circ}38'$ (0-11). При прикладывании буссоли (компас) к вертикальным линиям координатной сетки среднее отклонение магнитной стрелки восточное $7^{\circ}25'$ (1-23). Годовое изменение склонения западное $0^{\circ}01'$ (0-00). Поправка в дирекционный угол при переходе к магнитному азимуту минус (1-23). Примечание. В скобках показаны деления угломера (одно деление угломера $\approx 3,6'$).

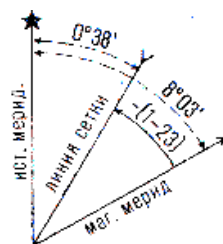


Рис. 12. Пример справочных данных топографической карты

плана. Также указывается и политико-административная принадлежность территории.

Ниже южной стороны внешней рамки помещают:

- *в текстовой и графической форме сведения о среднем склонении магнитной стрелки и сближении меридианов (рис. 12);*
- *численный, именованный и линейный масштабы;*
- *сведения о высоте сечения рельефа и принятой системе высот;*
- *год проведения съёмки и/или обновления;*
- *сведения об издании карты.*

3. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов

Для удобства работы топографические карты издаются отдельными листами ограниченного формата. Каждый лист карты, в свою очередь, для облегчения поиска имеет системное обозначение.

Деление топографических карт и планов на отдельные листы, ограниченные линиями сетки (географической или квадратной) называется **разграфкой**.

Обозначение отдельных листов топографических карт и планов по определённой системе, указывающей их взаимное расположение, называется **номенклатурой**.

Разграфка и номенклатуры топографических карт и планов позволяют решать следующие основные задачи:

- *подбор соседних листов карт, если задана номенклатура одного из них;*
- *определение номенклатуры и масштаба листа карты, если известны координаты объекта на нём;*
- *определение географических координат вершин трапеции листа карты, если задана его номенклатура.*

Номенклатуры топографических карт и планов представляет в общем виде иерархическую структуру – номенклатура листа содержит в себе номенклатуры листов более мелких масштабов данного масштабного ряда.

В основе этой структуры – государственная буквенно-цифровая система.

Номенклатура топографических карт

За начало отсчёта разграфки для образования номенклатуры топографических карт Российской Федерации принят лист – "Международной миллионной карты мира" ("Карты 1/М") – обзорно-топографической карты Земли в масштабе 1:1 000 000, созданной по единым техническим условиям, принятым международным соглашением под эгидой ООН.

От экватора к полюсам поверхность земного эллипсоида делят параллелями на **ряды** через 4° . Ряды обозначают заглавными латинскими буквами от **A** до **V** (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V – всего **22** ряда), начиная от экватора.

Кроме того, поверхность земного эллипсоида делят меридианами, проведёнными через 6° , на **60 колонн**. Каждая колонна пронумерована арабскими цифрами от **1** до **60** с запада на восток, начиная от меридиана 180° . Западному полушарию соответствуют колонны с 1-й по 30-ю, а восточному полушарию – с 31-й по 60-ю. Гринвичский меридиан разделяет 30-ю и 31-ю колонны (рис. 13).

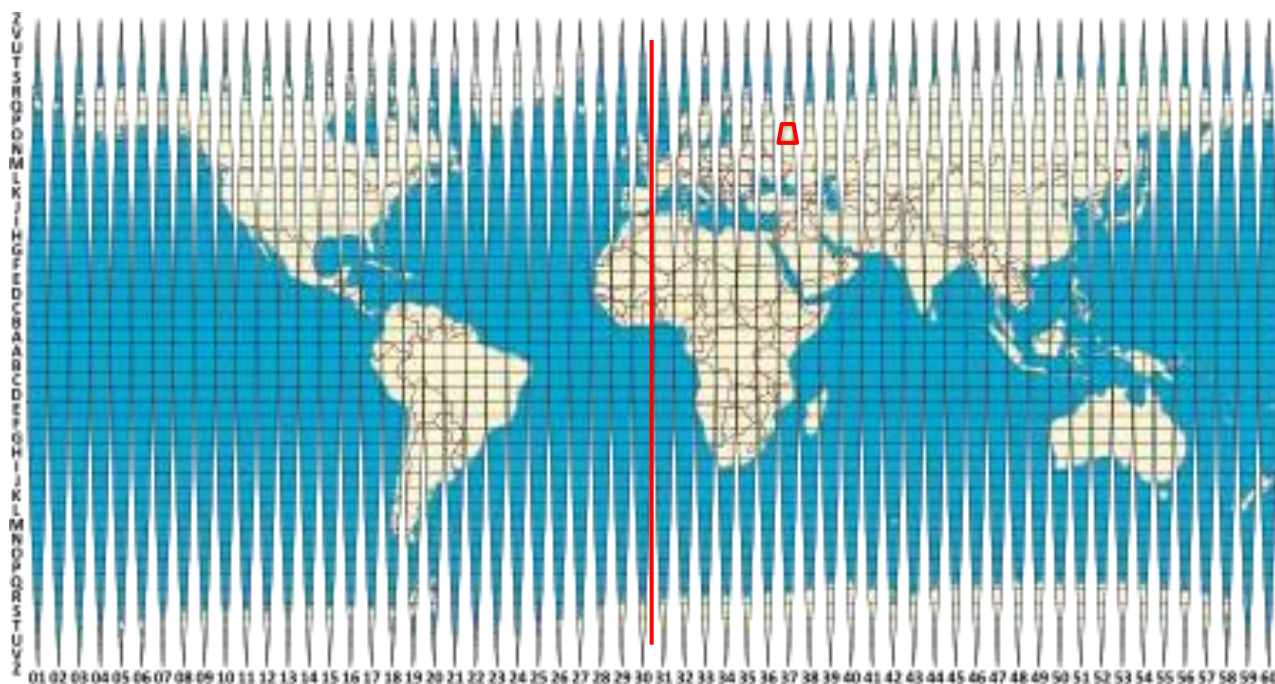


Рис. 13. Разграфка листов топографических карт масштаба 1:1 000 000 с выделенными Гринвичским меридианом и листом топографической карты N-37

Например, на территорию Российской Федерации приходится 11 рядов и 29 колонн, а для полного покрытия необходимо **217** листов топографических карт масштаба 1:1 000 000; на территорию Тверской области – всего **3** листа. Дальнейшая разграфка для получения листов более крупных масштабов осуществляется на основе географической сетки.

В результате все листы топографических карт вне зависимости от масштаба ограничены меридианами и параллелями и по форме внутренней рамки представляют собой *трапеции*.

Рассмотрим формирование номенклатур топографических карт на примере листа **N-37** (рис. 14).

Номенклатура листа топографической карты масштаба **1:1 000 000** складывается из литеры ряда и номера колонны (**N-37**).

Помимо номенклатуры, указывается название важнейшего населённого пункта, находящегося в пределах листа карты (**Москва**).

Размер листа карты данного масштаба – по широте 4°, по долготе 6° (таблица 1).

Листы топографической карты масштаба **1:500 000** получают делением листа карты 1:1 000 000 на четыре части и обозначают их заглавными буквами русскими буквами **А, Б, В и Г (N-37-Б)**.

Размер листа карты по широте 2°, по долготе 3°.

Листы карты масштаба **1:300 000** образуют делением листа карты 1:1 000 000 на девять частей и обозначают их римскими цифрами от **I** до **IX**, помещаемыми *перед* номенклатурой миллионного листа (**VII-N-37**).

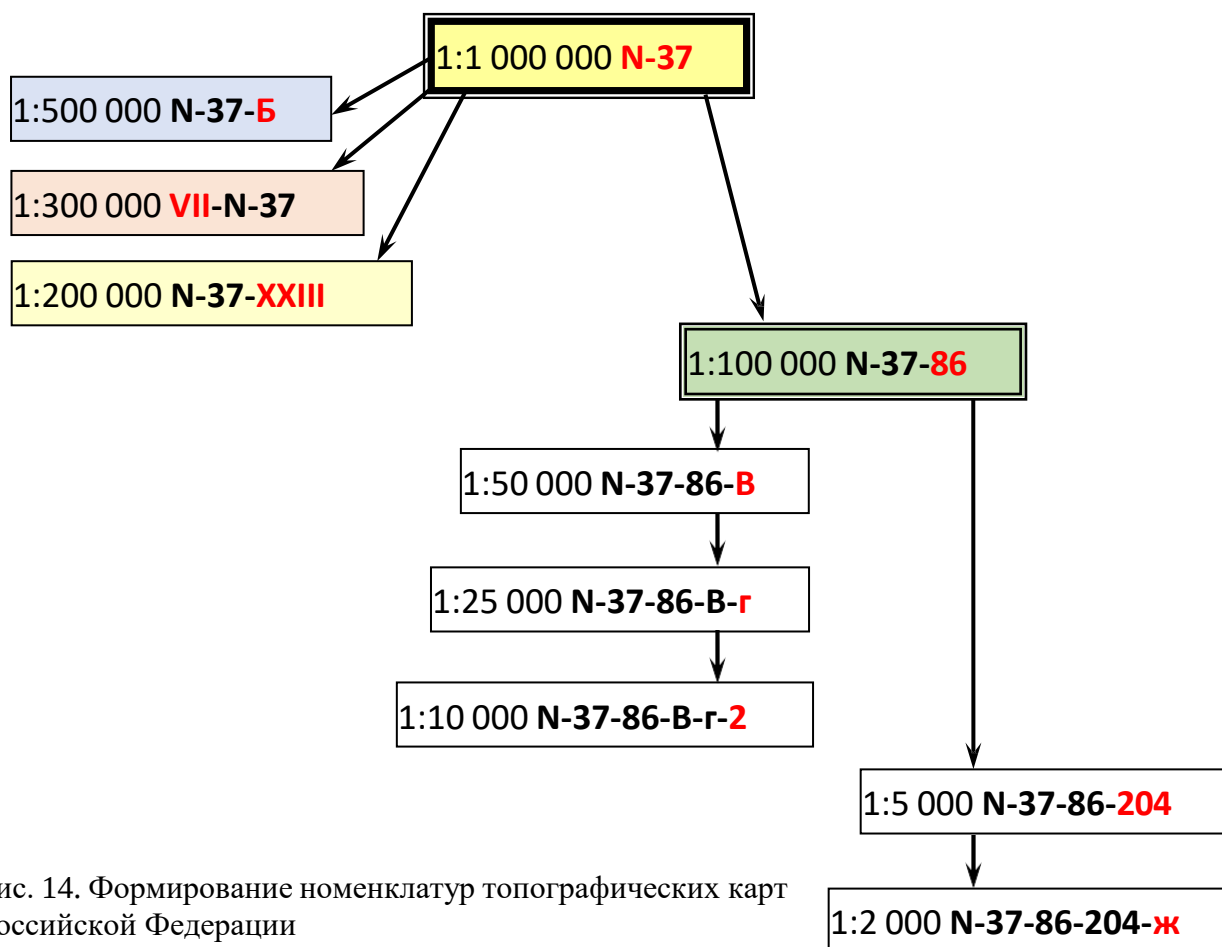


Рис. 14. Формирование номенклатур топографических карт Российской Федерации

Размер листа топографической карты по широте $1^{\circ} 20'$, по долготе 2° . Листы топографической карты масштаба **1:200 000** получают делением листа карты 1:1 000 000 на 36 частей и обозначают их римскими цифрами от **I** до **XXXVI** (N-37-**XXIII**).

Размер листа карты по широте $40'$, по долготе 1° .

Листы топографической карты масштаба **1:100 000** получают делением листа карты 1:1 000 000 на 144 части. Номенклатуру листа обозначают арабскими цифрами от **1** до **144** (N-37-**86**).

Размер листа карты по широте $20'$, по долготе $30'$.

Номенклатуры карт более крупных масштабов формируются на основе номенклатуры листа топографической карты масштаба 1:100 000.

Листы топографической карты масштаба **1:50 000** получают делением листа карты 1:100 000 на четыре части. Номенклатуру листа обозначают заглавными буквами русскими буквами **А, Б, В** и **Г**, прибавленными к номенклатуре листа карты масштаба 1:100 000 (N-37-86-**В**).

Размер листа карты по широте $10'$, по долготе $15'$.

Листы топографической карты масштаба **1:25 000** получают делением листа карты 1:50 000 на четыре части. Номенклатуру листа обозначают строчными буквами русскими буквами **а, б, в** и **г**, прибавленными к номенклатуре листа карты масштаба 1:50 000 (N-37-86-В-**г**).

Размер листа карты по широте $5'$, по долготе $7' 30''$.

Листы топографической карты масштаба **1:10 000** получают делением листа карты 1:25 000 на четыре части и обозначают их арабскими цифрами от **1** до **4**, прибавленными к номенклатуре листа карты 1:25 000 (N-37-86-B- **г-2**).

Размер листа карты по широте 2' 30" по долготе 3' 45'.

Листы топографической карты масштаба **1:5 000** получают делением листа карты 1:100 000 на 256 частей. Номенклатуру листа обозначают арабскими цифрами от **1** до **256**, прибавленными к номенклатуре листа карты масштаба 1:100 000 (N-37-86-**204**).

Размер листа карты по широте 1' 15" по долготе 1' 52,5".

Листы топографической карты масштаба **1:2 000** получают делением листа карты 1:5 000 на 9 частей и обозначают строчными русскими буквами от **а** до **и**, прибавленными к номенклатуре листа карты масштаба 1:5 000 (N-37-86-204-**ж**).

Размер листа карты по широте 25" по долготе 37,5".

Таблица 1

Масштаб топографической карты	Размеры листа карты:		Номенклатура листа
	по широте	по долготе	
1:1 000 000	4°	6°	N-37
1:500 000	2°	3°	N-37-B
1:300 000	1° 20'	2°	VII-N-37
1:200 000	40'	1°	N-37-XXIII
1:100 000	20'	30'	N-37-86
1:50 000	10'	15'	N-37-86-B
1:25 000	5'	7' 30"	N-37-86-B-г
1:10 000	2' 30"	3' 45"	N-37-86-B-г-2
1:5 000	1' 15"	1' 52,5"	N-37-86-204
1:2 000	25"	37,5"	N-37-86-204-ж

Размеры листов топографических карт и их номенклатура

Номенклатура топографических планов

В отличие от топографических карт, топографические планы строятся не в картографической, а в ортогональной (прямоугольной) проекции без учёта кривизны земной поверхности. Поэтому при делении листов топографических планов применяют *квадратную* сетку.

Как и в номенклатуре топографических карт, в номенклатуре планов может указываться название важнейшего населённого пункта, находящегося в пределах листа.

За основу системы разграфки и для образования номенклатур топографических планов принимают лист плана масштаба **1:5 000** с размерами внутренней рамки 40 × 40 см.

Листы топографического плана масштаба **1:5 000** обозначают арабскими цифрами в произвольной нумерации, например, **15** (рис. 15).

Листы топографического плана масштаба **1:2 000** получают делением листа плана масштаба 1:5 000 на четыре части и обозначают их заглавными буквами русского алфавита **А, Б, В**

и **Г**, прибавленными к номенклатуре листа плана масштаба 1:5 000 (**15-В**).

Листы топографического плана масштаба **1:1 000** получают делением листа плана масштаба 1:2 000 на четыре части и обозначают их римскими цифрами от **I** до **IV**, прибавленными к номенклатуре листа плана масштаба 1:2 000

(**15-В-III**).

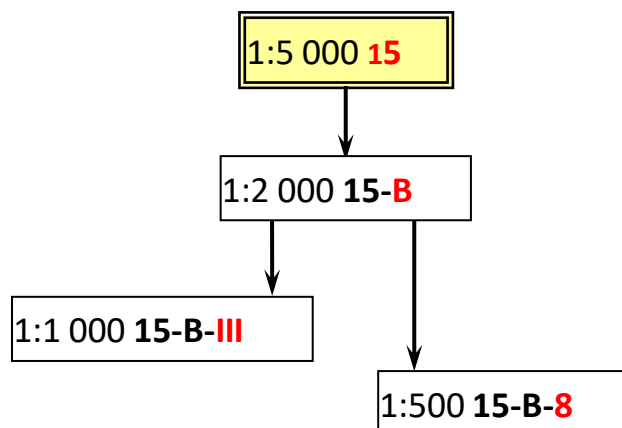


Рис. 15. Формирование номенклатур то-

Листы топографического пографических планов

плана масштаба **1:500** получают делением листа плана масштаба 1:2 000 на 16 частей. Номенклатуру листа обозначают арабскими цифрами от **1** до **16**, прибавленными к номенклатуре листа плана масштаба 1:2 000 (**15-В-8**).

Самостоятельная работа № 1

Материалы и инструменты: Линейка, треугольник, калькулятор, простой карандаш, ручка, ластик.

Цель работы: Умение решать основные практические задачи с использованием разграфки и номенклатур топографических карт.

Задача 1. Определить географические координаты вершин трапеции топографической карты по известной номенклатуре её листа.

Методические указания. Задана номенклатура О-36-101-Б.

Общий ход решения представляет собой последовательное определение номенклатур листов топографических карт масштабов 1:1 000 000, 1:100 000 и 1:50 000.

Координаты вершин трапеции листа топографической карты масштаба 1:1 000 000 О-36

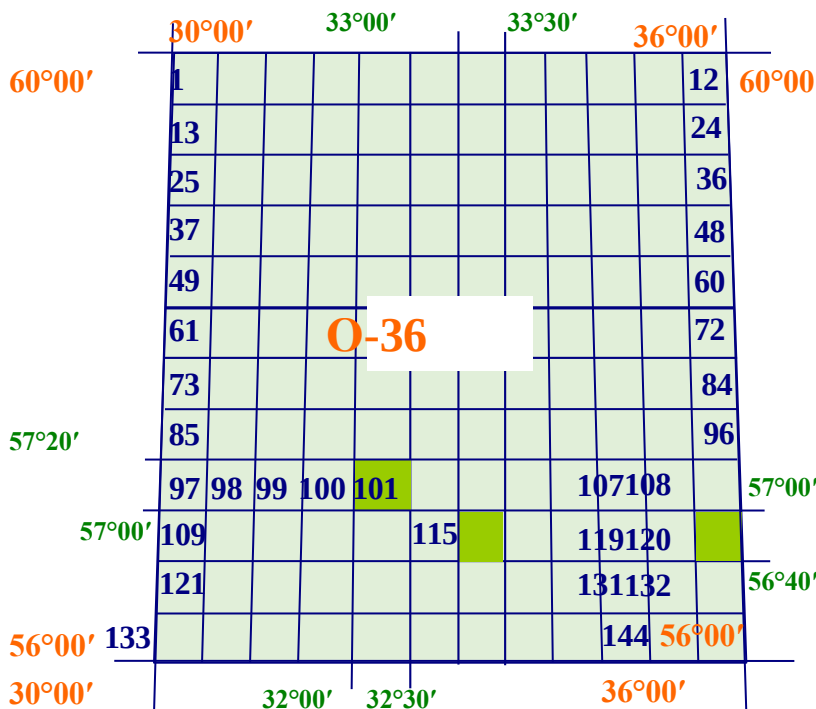


Рис. 16. Определение номенклатур листов топографических карт масштаба 1:100 000

рассчитывают следующим образом: О – ряд с номером 15, тогда ширина северной рамки равна $15 \cdot 4^\circ = 60^\circ$, южной рамки – $60^\circ - 4^\circ = 56^\circ$. Долгота восточной рамки равна $(36^\circ - 30^\circ) \cdot 6 = 36^\circ$, западной рамки – $36^\circ - 6^\circ = 30^\circ$.

Координаты вершин трапеции карты масштаба 1:100 000 О-36-101 получают делением листа О-36 на 144 части (рис. 16).

Так как размер листа топографической карты масштаба

1:100 000 20' по широте и 30' по долготе, можно определить, что ширина северной рамки равна $56^\circ + (4 \cdot 20') = 57^\circ 20'$, ширина южной – $57^\circ 20' - 20' = 57^\circ 00'$. Долгота восточной рамки равна $30^\circ + (5 \cdot 30') = 32^\circ 30'$, западной рамки – $32^\circ 30' - 30' = 32^\circ 00'$.

Для получения координат вершин трапеции О-36-101-Б масштаба 1:50 000 лист О-36-101 делят на четыре части (рис. 17).

Искомый лист карты ограничен с севера параллелью с широтой $57^\circ 20'$, с востока меридианом с долготой $32^\circ 30'$.

Размер листа топографической карты масштаба 1:50 000 – 10' по широте и 15' по долготе. Исходя из этого, вычисляют широту южной рамки – $(57^{\circ} 00' + 57^{\circ} 20')/2 = 57^{\circ} 10'$ и долготу западной рамки – $(32^{\circ} 00' + 32^{\circ} 30')/2 = 32^{\circ} 15'$.

Ответ: Географические координаты вершин трапеции топографической карты **О-36-101-Б** масштаба

1:50 000 равны: СЗ – $57^{\circ} 20'$ с. ш., $57^{\circ} 20'$

$32^{\circ} 15'$ в. д.; СВ – 57°

$20'$ с. ш., $32^{\circ} 30'$ в. д.; ЮЗ – 57°

$10'$ с. ш., $32^{\circ} 15'$ в. д.; ЮВ – 57°

$10'$ с. ш., $32^{\circ} 30'$ в. д.

Решение задачи необходимо сопровождать графическими пояснениями (схема деления листа карты масштаба 1: 1

000 000 на трапеции масштаба 1:100 000 и схема деления листа

карты масштаба 1:100 000 на листы масштаба 1:50 000).

Задача 2. Определить номенклатуру восьми смежных листов топографических карт масштаба 1: 50 000.

Методические указания. Задана номенклатура О-36-120-Б.

Как и в предыдущей задаче, ход решения представляет собой последовательное определение номенклатур листов топографических карт масштабов 1:1 000 000, 1:100 000 и 1:50 000.

Для решения необходимо построить графическую схему деления листа масштаба 1:1000 000 на трапеции масштаба 1:100 000, аналогично заданию № 1 (рис. 16).

Схема позволит выяснить как расположен лист топографической карты масштаба 1:100 000, включающий заданную номенклатуру листа масштаба 1:50 000, относительно границ ряда и колонны, а также определить смежные листы карт этого масштаба.

Из схемы очевидно, что лист карты находится на границе листов топографических карт масштаба 1:1 000 000 **О-36** и **О-37**, кроме того, параллель $57^{\circ}00'$ является границей между рядами карт масштаба 1:100 000 **О-36-108** и **О-36-120** и **О-37-97** и **О-37-109**.

Для перехода к заданной номенклатуре листа топографической карты **О-36-120-Б** строится схема смежных листов карт масштаба 1:50 000 (рис. 18), по которой и устанавливаются искомые номенклатуры всех восьми граничных листов данного масштаба.

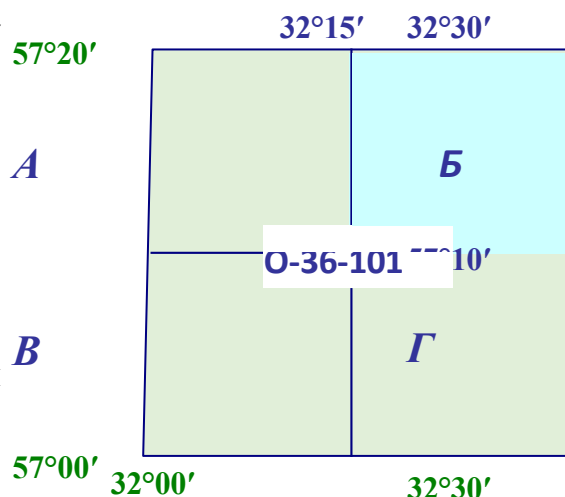
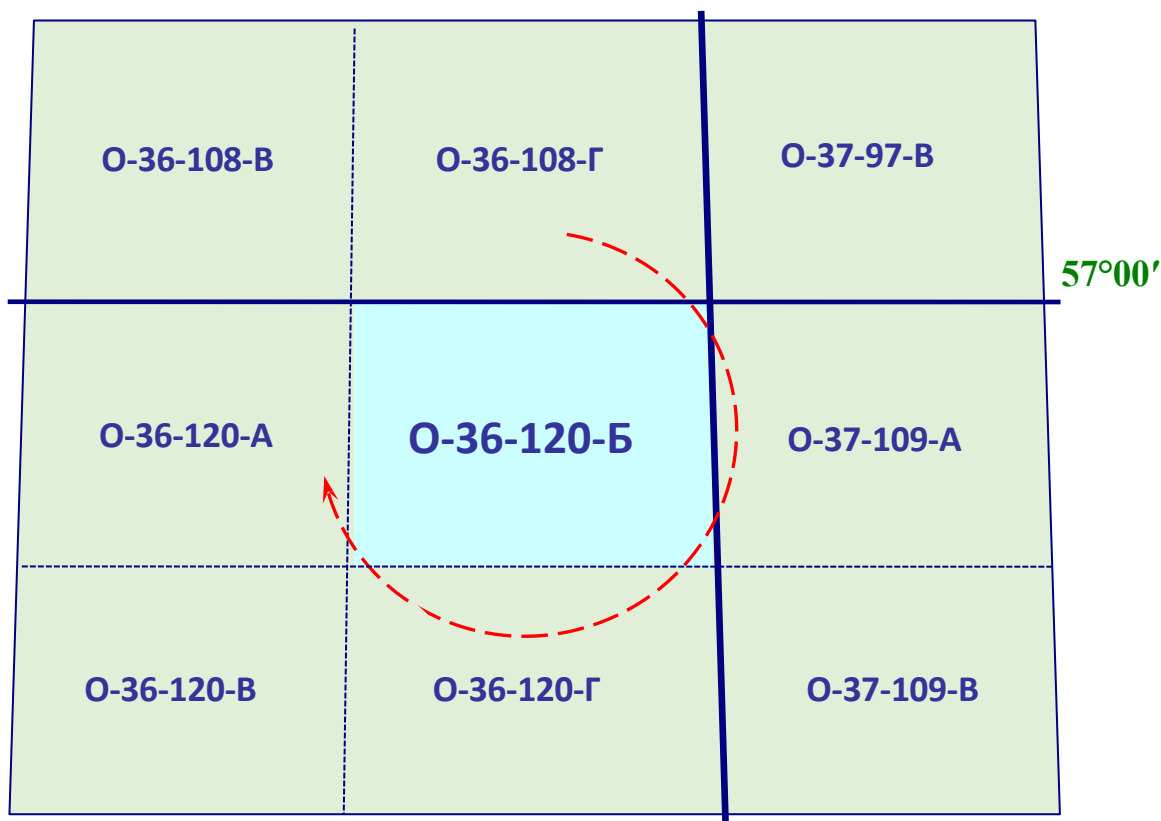


Рис. 17. Определение номенклатуры листа топографической карты масштаба 1:50 000

Ответ: Номенклатуры восьми смежных листов топографической карты О-36-120-Б масштаба 1:50 000: О-36-108-Г, О-37-97-В, О-37-109-А, О-37-109-В, О-36-120-Г, О-36-120-В, О-36-120-А и О-36-108-В.



36°00'

Рис. 18. Определение номенклатуры восьми смежных листов топографической карты масштаба 1:50 000

Задача 3. Определить номенклатуру листа карты масштаба 1:50 000, на которой находится точечный объект с известными географическими координатами.

Методические указания. Пусть задана точка с координатами $56^{\circ} 53' 44''$ северной широты и $33^{\circ} 19' 14''$ восточной долготы (Верхневолжский Бейшлот у п. Селище, Тверская область).

Общий ход решения представляет собой последовательное определение номенклатур листов топографических карт масштабов 1:1 000 000, 1:100 000 и 1:50 000 в пределах которых расположен объект.

По градусным значениям широты (56°) и долготы (33°) устанавливают номера зоны и колонны для получения номенклатуры листа топографической карты масштаба 1:1 000 000.

Размер листа карты масштаба 1:1 000 000 – 4° по широте и 6° по долготы. Так как $56^{\circ}/4^{\circ} = 14$, то объект расположен в 15-ом ряду, ограниченном 56° и 60° параллелями, что соответствует литере ряда О (см. Приложение).

Номер колонны – $33^{\circ}/6^{\circ} = 5,5$. То есть это шестая по счёту колонна от Гринвичского меридиана (восточная долгота координаты), но разграфка ведётся от меридиана 180° , поэтому номер колонны будет равен **36** (6 колонн восточного полушария + 30 колонн западного полушария). Таким образом, искомая номенклатура листа топографической карты масштаба 1:1 000 000 – **О-36**.

Далее определяют номенклатуру листа топографической карты масштаба 1:100 000, в границах которого расположен объект. Для этого лист топографической карты миллионного масштаба делят на 144 части, аналогично задаче № 1 (рис. 16). На схеме видно, что объект с известными координатами находится в пределах между $56^{\circ} 40'$ и $57^{\circ} 00'$ по широте и $33^{\circ} 00'$ и $33^{\circ} 30'$ по долготе, что соответствует листу топографической карты сто- тысячного масштаба с номером **115**.

Таким образом, искомая номенклатура листа топографической карты масштаба 1:100 000 – **О-36-115**.

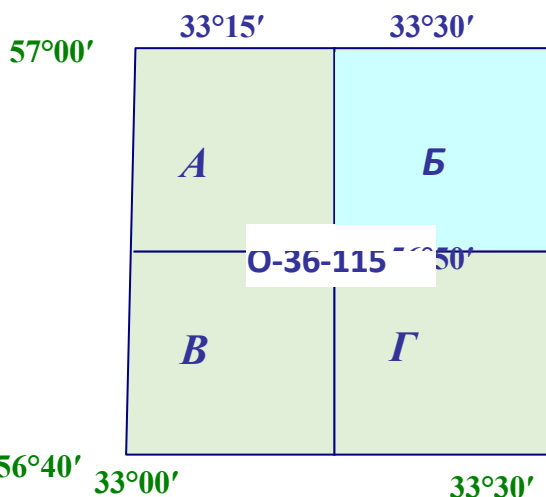
Номенклатуру листа топографической карты масштаба 1:50 000 устанавливают делением листа топографической карты масштаба 1:100 000 О-36-115 на четыре части (рис. 19).

Расположение объекта в пределах между $56^{\circ} 50'$ и $57^{\circ} 00'$ по широте и $33^{\circ} 15'$ и $33^{\circ} 30'$ по

долготе, соответствует листу топографической карты пятидеся- тысячного масштаба с литерой

Б, следовательно, номенклатура листа топографической карты масштаба 1:50 000 – **О-36-115-Б**.

Ответ: Номенклатура листа топографической карты масштаба 1:50 000, на которой находится точечный объект с координатами $56^{\circ} 53' 44''$ се- верной широты и $33^{\circ} 19' 14''$ восточной долготы – **О-36-115-Б**.



4. Условные знаки топографических карт и планов

Топографические карты и планы являются источниками информации о совокупности объектов местности и рельефе и формируют в глазах пользователей *образ местности* как комплекс взаимосвязанных объектов, воспринимаемых на карте через элементы её содержания.

На топографических картах нет главных и второстепенных элементов содержания и все элементы передаются посредством *системы условных топографических знаков*.

Условные топографические знаки – специальные графические символы, представляющие объекты, их свойства и отношения в форме удобной для пространственной локализации (расположения).

Основные функции условных топографических знаков:

– *указывают вид объектов (дорога, колодец, болото) и некоторые количественные и качественные характеристики (материал покрытия и ширина проезжей части, глубина колодца, проходимость/непроходимость болота);*

– *определяют пространственное положение объектов и предметов, их плановые размеры и форму.*

Система условных знаков топографических карт и планов основана на следующих основных принципах:

– *каждому условному знаку всегда соответствует определённый объект земной поверхности;*

– *условный знак должен быть уникален;*

– *на разномасштабных топографических картах и планах условные знаки аналогичных объектов по возможности должны иметь общий вид и отличаться только размерами;*

– *число условных знаков на топографических картах и планах мелких масштабов должно быть меньше, чем на топографических картах и планах крупных масштабов.*

Условные знаки топографических карт и планов подразделяются на три основные группы: *внемасштабные, масштабные и пояснительные.*

Внемасштабные топографические знаки – условные топографические знаки, показывающие объекты, площади которых не выражаются в масштабе карты или плана. Внемасштабные знаки локализуются в месте, где данный объект расположен, и передают его количественную и/или качественную характеристики.

Условные внемасштабные знаки включают в себя *главную точку*, указывающую действительное местоположение объекта на топографической карте или плане.

В зависимости от формы внемасштабных знаков различают четыре основных положения главной точки (таблица 2).

Таблица 2

Положение глав- ной точки	Вид немасштабных знаков		
Геометрический центр фигуры	 <i>астр.</i>	 <i>уг.</i>	<i>мол.</i> 
Середина основания знака		<i>кирп.</i> 	
Вершина прямого угла у основания знака			 174,8
Геометрический центр основной фигуры	 <i>кл.</i>		

Положение главной точки условных немасштабных знаков

К немасштабным знакам можно отнести и **линейные топографические знаки**, применяющиеся для изображения железных, шоссейных и грунтовых дорог; рек, ручьёв и каналов, и других элементов содержания, показываемых на топографических картах и планах в одну или несколько линий, ширина которых *не выражается* в данном масштабе карты.

Действительное местоположение линейных знаков определяется *осью* (серединой) условного знака.

Масштабные топографические знаки – условные топографические знаки, применяющиеся для обозначения объектов, выражающихся в масштабе карты и передающих их очертания и размеры.

Масштабные знаки состоят из *контура* (границы площади) и его *заполнения* – заполняющих условных знаков (рис. 20).

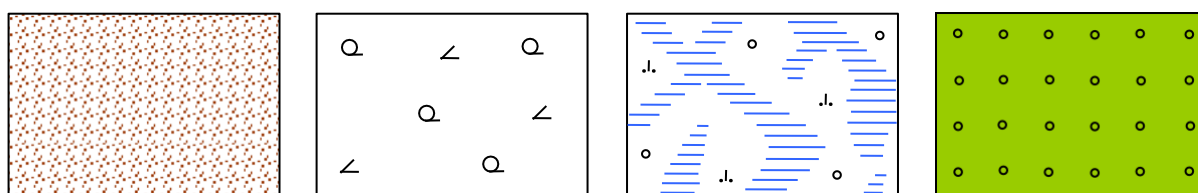


Рис. 20. Примеры масштабных условных знаков

Пояснительные топографические знаки – условные топографические знаки, применяющиеся для дополнительной количественной и/или качественной характеристики объектов и выделения на топографических картах и планах их отдельных разновидностей.

Они применяются только в сочетании с немасштабными и масштабными условными знаками.



Рис. 21. Пример пояснительных топографических знаков

К пояснительным знакам (рис. 21) можно отнести фигурки хвойного и лиственного дерева (указание преобладающих пород деревьев), различные стрелки (указание направления течения водотока, глубины болота), линии подчёркивания названий (указание нежилого населённого пункта) и т. д.

Кроме того, для пояснения изображаемых объектов и указания количественных и/или качественных характеристик условные знаки на топографических картах и планах обычно сопровождают *надписи*.

К надписям относят:

- собственные названия объектов (**Торопец**, *Большая Коша*);
- пояснительные надписи (*пруд*, стадион);
- буквенно-цифровые характеристики (10(13) А, 0.28 СС).

Для расширения информационных возможностей надписей применяют специальные топографические шрифты.

В таблицах условных топографических знаков для удобства их использования все знаки объединяются по элементам содержания в классы.

Самостоятельная работа № 2

Материалы и инструменты: Топографическая карта масштаба 1:10 000, таблица условных знаков для топографических карт масштаба 1:10 000, линейка, треугольник, ручка, простой карандаш, цветные карандаши.

Цель работы: Ознакомление с видами и классами условных знаков, структурой построения таблиц условных топографических знаков и техникой чтения условных топографических знаков.

Задача 1. Из таблицы «Условные знаки для топографических карт масштаба 1:10 000» выбрать и изобразить по **пять** немасштабных условных знаков, различающихся по положению главной точки, для каждой указанной группы (таблица 2):

- геометрический центр фигуры;*
- середина основания знака;*
- вершина прямого угла у основания знака;*
- геометрический центр основной фигуры.*

Методические указания. Все условные знаки вычерчивают строго с соблюдением размеров, указанных в таблице условных знаков. Для каждого условного знака указывают его полное название по таблице и раскрывают область его применения.

Задача 2. Используя «Условные знаки для топографических карт масштаба 1:10 000» выполнить текстовое описание участка местности в квадрате топографической карты масштаба 1:10 000.

Методические указания. Для указания местонахождения и облегчения поиска объектов на топографических картах используют прямоугольную (километровую) сетку и подписи её выходов между внутренней и внешней рамками карты.

Пересечения линий сетки образуют *квадраты*, нумерация которых складывается из *последних двух цифр* подписей абсцисс (67) и ординат (11) этой сетки.

Таким образом, интересующий участок местности расположен в квадрате километровой сетки 6711 (рис. 22).

Описание участка местности, заключённого в данном квадрате, выполняется строго в соответствии с таблицей условных знаков для топографических карт масштаба 1:10 000. В текст включают все объекты и предметы местности, **полностью** или **частично** попавшие в данный квадрат.

В соответствии с основными функциями условных топографических знаков определяют пространственное положение объектов и предметов, указывают их вид и связанные с ними количественные и качественные характеристики. В качестве плана описания можно воспользоваться структурой таблицы условных знаков для топографических карт масштаба 1:10 000.

Пример описания участка местности. На северо-востоке квадрата 6711 расположена южная часть посёлка сельского типа Михалино с числом домов 33, с жилыми и нежилыми неогнестойкими строениями, фруктовыми садами, пашнями и огородами. Восточной и южной границами населённого пункта является полевая дорога.

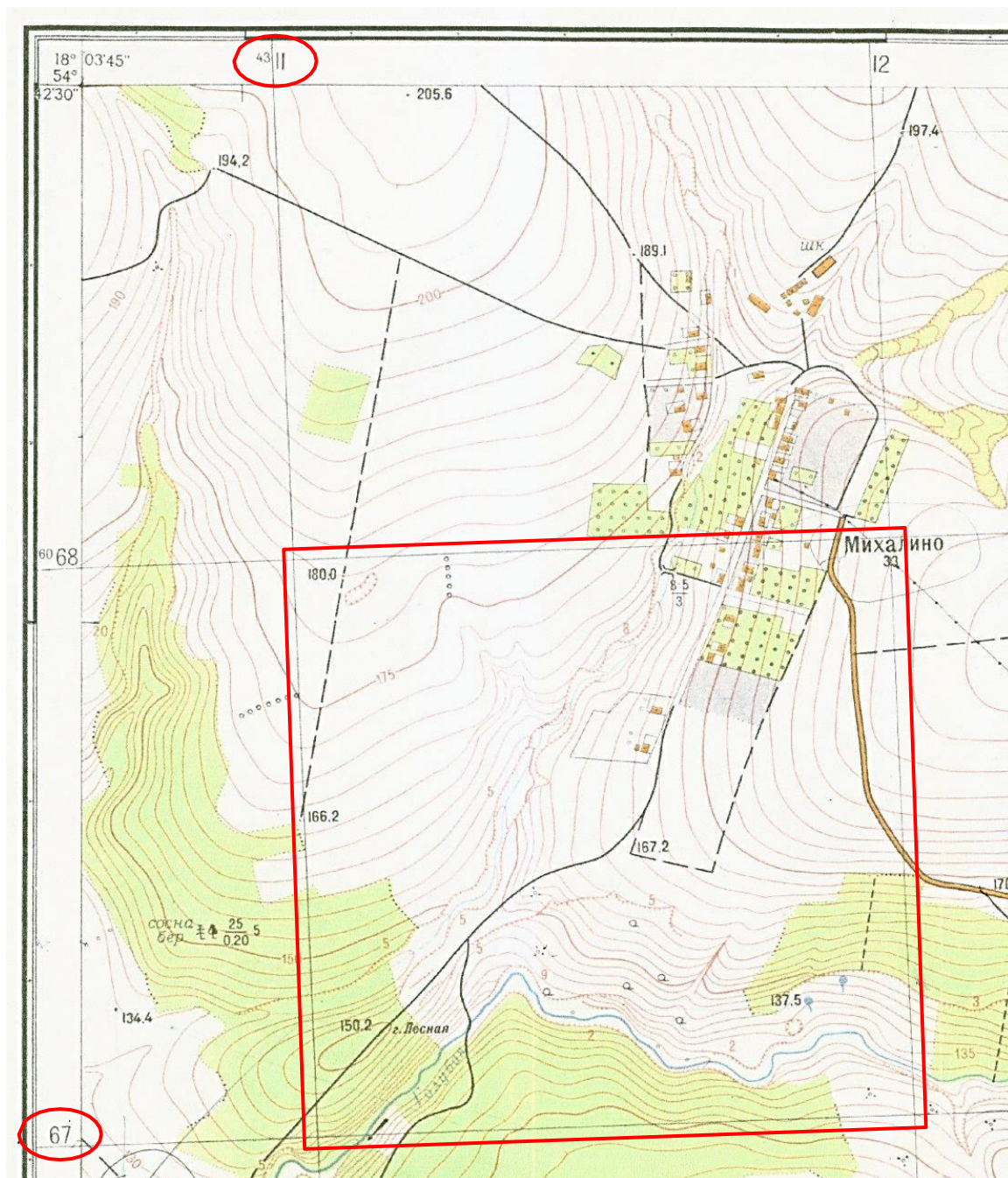


Рис. 22. Фрагмент листа топографической карты масштаба 1:10 000 с квадратом 6711

С юго-востока к н. п. Михалино подходит линия связи.

Улучшенная грунтовая дорога с шириной проезжей части 6 м идёт с востока, поворачивает на север, принимая справа полевую дорогу, и заканчивается в населённом пункте. С юго-запада на северо-восток, пересекая г.

Лысую, к Михалино подходит грунтовая дорога. Ещё одна грунтовая дорога идёт с юга, пересекает в брод р. Голубую и присоединяется к первой. На северо-западе квадрата находится полевая дорога.

В южной части квадрата 6711 с востока на юго-запад протекает река Голубая. На юго-западе берёт начало безымянный ручей, текущий на север к Михалино, где через него перекинут деревянный мост длиной 8 м, шириной проезжей части 5 м и грузоподъёмностью 3 т. Кроме того, на юго-востоке расположены два источника.

Максимальная отметка высот на участке местности – 180,0 м – расположена на северо-востоке на пересечении одноимённой горизонтали и правой дороги, минимальная отметка высоты – 137,5 м – источник на юго-западе. Также в квадрате есть отметки высот 166,2 м, 167,2 м и г. Лысая на юго-западе с отметкой 150,2 м.

По правому берегу р. Голубой наблюдаются овраг или промоина шириной от 3 до 10 м и обрывы в долине реки высотой 2 м, 5 м и 9 м. В долине безымянного ручья находятся обрывы высотой 5 м и 8 м. На северо-западе и юго-востоке есть две ямы.

Левый берег р. Голубой занят сосново-берёзовым лесом с высотой деревьев 20 м, толщиной 0,30 м и расстоянием между деревьями 6 м. На юго-востоке в районе г. Лысой находится сосново-берёзовый лес с высотой деревьев 25 м, толщиной 0,20 м и расстоянием между деревьями 5 м. На востоке квадрата имеется участок елового леса с высотой деревьев 20 м, толщиной 0,20 м и расстоянием между деревьями 6 м. С севера на юг еловый лес пересекает просека шириной до 5 м.

Участок по правому берегу р. Голубой между еловым лесом и г. Лысой представляет собой редколесье с отдельными кустами и группами кустов. На северо-востоке есть узкая полоса леса.

5. Масштаб топографических карт и планов

В топографии наиболее часто применяют ортогональное (прямоугольное) проектирование, суть которого заключается в переносе точек земной поверхности на горизонтальную плоскость по отвесным линиям.

Предположим, что на местности есть некая линия AB . Из начальной и конечной точек этой линии опустим перпендикуляры на воображаемую горизонтальную плоскость. В результате пересечения проектирующих линий и плоскости получим ортогональную проекцию ab линии местности AB (Рис. 23).

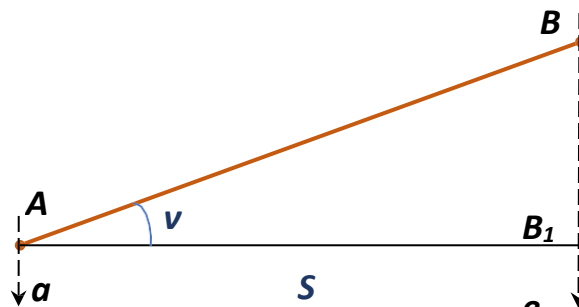


Рис. 23. Горизонтальное проложение

Длина ортогональной проекции

ab линии местности AB на горизонтальную плоскость и называется *горизонтальным проложением* S этой линии.

Длина горизонтального проложения линии *всегда меньше* (или равна) соответствующей линии местности.

Угол ν между линией местности AB и её ортогональной проекцией на горизонтальную плоскость ($AB_1 = ab$) называют *углом наклона*. Из прямоугольного треугольника AB_1B горизонтальное проложение линии местности определяется как:

$$S = |AB| \cdot \cos \nu \quad (1)$$

Понятие горизонтального проложения используется при выражении *масштаба* топографических карт.

Масштаб – степень уменьшения, отношение отрезка на карте (плане) к горизонтальному проложению соответствующего ему отрезка на местности.

Масштаб топографических карт является одним из важнейших критериев их картографической классификации (рис. 24).

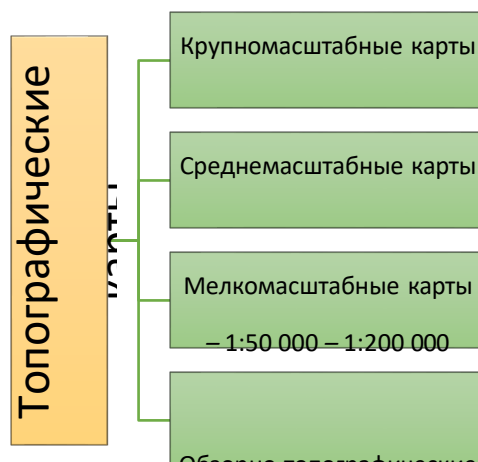


Рис. 24. Классификация топографических карт по масштабу

Формы выражения масштаба

1. *Численный масштаб*. Дробь вида $1:M$, где числитель всегда единица какой-либо меры на карте (чаще всего один сантиметр в метрической системе), знаменатель – число M , показывающее количество таких же единиц в горизонтальном проложении этого отрезка на местности.

Например, масштаб $1:25\,000$ означает (рис. 25), что отрезку на карте длиной 1 сантиметр соот-

ветствует горизонтальное проложение линии длиной 25 000 сантиметров (или 250 метров) на местности, то есть длина линии уменьшена в 25 000 раз.



$1 : 25\,000\,000$ — численный

в 1 см 250 км — именованный

2. *Именованный масштаб*. Рис. 25. Формы выражения масштаба

Масштаб, выраженный в словесной форме. Например, «В 1 сантиметре 250 метров» соответствует численному масштабу $1:25\,000$.

3. *Линейный масштаб* – график в виде прямой, разделённой на равные части с подписанными значениями соразмерных им длин линий местности. Отрезок, делящий график на равные части, называется *основанием масштаба*. Обычно основание масштаба равно 1 или 2 см. Первый слева от нуля отрезок дополнительно разбит на 10 частей, наименьшая часть называется *ценой деления* (рис. 26).

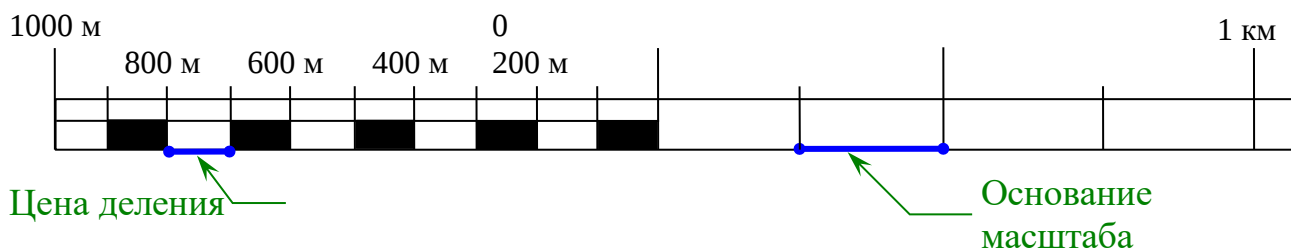


Рис. 26. Элементы линейного масштаба

Цена деления составляет $1/10$ часть основания линейного масштаба. Например, если основание масштаба равно 250 метрам, то цена деления – 25 метров.

Линейный масштаб позволяет *напрямую* определять измеренные по карте расстояния, не прибегая к вычислениям.

Масштаб площадей

Масштаб площади – отношение площади фигуры на топографической карте или плане к площади горизонтальной проекции соответствующего участка местности.

Масштаб площади равен квадрату масштаба длин.

Например, если численный масштаб карты или плана 1:25 000, то масштаб площади – $1:25\,000^2 = 1:625\,000\,000$, или в 1 см² на карте 0,0625 км² на местности.

Кроме традиционных метрических единиц (см², м², км²) в российской геодезии, топографии и лесоустройстве площади объектов принято выражать в *гектарах*.

Гектар (га) – мера площади, равная квадрату со стороной 100 м: 1 га = 100 м · 100 м = 10 000 м² = 0,01 км².

Точность масштабов карт и планов

Точность масштаба – наименьшая длина горизонтального проложения линии местности, меньше которой на карте или плане нельзя различить неворужённым глазом.

Различают два вида точности масштаба: *предельную* и *графическую*.

Предельная точность масштаба – длина горизонтального проложения линии местности, соответствующая на карте отрезку в 0,01 см.

Графическая точность – допустимая ошибка в положении объекта на карте, равная 0,02 см.

Самостоятельная работа № 3

Материалы и инструменты: Линейка, треугольник, простой карандаш, циркуль-измеритель.

Цель работы: Умение решать основные практические задачи с использованием различных форм выражения масштаба на топографических картах и планах.

Задача 1. Определить горизонтальное проложение линии, если известны длина линии местности и угол наклона.

Методические указания. Заданы длина линии местности **АБ**, равная 1846 м и угол наклона ν , равный $3^{\circ}16'$.

Используя формулу 1, рассчитывают горизонтальное проложение линии:

$$S = 1846 \text{ м} \cdot \cos 3^{\circ}16' = 1846 \cdot 0,9984 = 1843,00 \text{ м.}$$

Ответ: $S = 1843,00 \text{ м.}$

Задача 2. Определить именованный масштаб для заданного численного масштаба карты.

Методические указания. Задан численный масштаб карты 1:200 000. Это означает, что 1 сантиметру на карте соответствует горизонтальное проложение линии длиной 200 000 сантиметров на местности.

Сантиметры переводят в метры $200\,000 \text{ см}/100 = 2\,000 \text{ м}$, а затем в километры $2\,000 \text{ м}/1000 = 2 \text{ км}$.

Ответ: Именованный масштаб карты: «В 1 сантиметре 2 километра».

Задача 3. Определить численный масштаб для заданного именованного масштаба карты.

Методические указания. Задан именованный масштаб карты «В 1 сантиметре 250 метров». Число метров во второй части масштаба переводят в сантиметры $250 \text{ м} \cdot 100 = 25\,000 \text{ см}$.

Ответ: Численный масштаб карты: 1:25 000.

Задача 4. Определить предельную точность масштаба карты и графическую точность карты.

Методические указания. Задан численный масштаб карты 1:50 000, т. е. 1 сантиметру на карте соответствует горизонтальное проложение линии длиной 50 000 сантиметров или 500 метров на местности.

Предельная точность масштаба карты $500 \text{ м}/100 = 5 \text{ метров}$. Графическая точность карты $500 \text{ м}/200 = 2,5 \text{ метра}$.

Ответ: Предельная точность масштаба карты – 5 метров, графическая точность – 2,5 метра.

Задача 5. Определить численный масштаб карты по измеренному на ней отрезку, если известно горизонтальное проложение соответствующего ему отрезка на местности.

Методические указания. Задан отрезок на карте длиной 18,7 см и горизонтальное проложение соответствующего ему отрезка на местности 1870 м.

Согласно определению масштаба:

$$\text{Масштаб} = \frac{\text{Длина отрезка на карте или плане}}{\text{Длина горизонтального проложения линии местности}}$$

Следовательно, численный масштаб карты равен: $18,7 \text{ см} / 1870 \text{ м} \cdot 100$
 $= 18,7 \text{ см} / 187\,000 \text{ см} = 1:10\,000$.

Ответ: Численный масштаб карты: 1:10 000.

Задача 6. Определить масштаб площади карты в км² и гектарах, если известен численный масштаб.

Методические указания. Задан численный масштаб карты 1:200 000.

Масштаб площади равен квадрату масштаба длин.

Следовательно, $1:200\,000^2 = 1:40\,000\,000\,000$, или в 1 см² на карте 4 км² на местности.

Так как 1 га = 0,01 км², то $4 \text{ км}^2 / 0,01 \text{ км}^2 = 400 \text{ га}$.

Ответ: Масштаб площади карты: в 1 см² на карте 4 км² или 400 га на местности.

Задача 7. Рассчитать основание линейного масштаба, цену деления и вычертить линейный масштаб карты, если известен её численный масштаб.

Методические указания. Задан численный масштаб карты 1:50 000.

При расчёте основания линейного масштаба, необходимо чтобы его величина соответствовала 1, 10, 100 метрам или целым километрам. Цена деления должна составлять 1/10 часть основания масштаба. Если для масштаба 1:50 000 его основание равно 500 метрам, то цена деления: $500 \text{ м} / 10 = 50 \text{ метров}$.

При построении линейного масштаба проводят горизонтальную прямую и на ней циркулем-измерителем или по линейке откладывают отрезки, равные основанию масштаба.

Первый слева отрезок делят циркулем-измерителем или по линейке на 10 равных частей в соответствии с рассчитанной ценой деления. Из всех точек, полученных на прямой в результате деления, восстанавливают перпендикуляры длиной 1 – 2 мм.

Построенный таким образом линейный масштаб подписывают в соответствии с выбранными значениями основания и цены деления.

Ответ: Основание масштаба – 500 метров, цена деления – 50 метров.

6. Измерение расстояний по топографическим картам и планам

В практике топографо-геодезических работ нередко требуется определить по картам или планам длины природных и антропогенных объектов, отображаемых с помощью линейных условных знаков.

Для этого чаще всего применяются инструментальные методы.

Определение длин прямолинейных отрезков

Наиболее простой способ определения длин прямолинейных отрезков на топографических картах или планах – с помощью циркуля-измерителя и линейного масштаба.

Отсчёт длин берётся по линейному масштабу (рис. 27): одна иглонка циркуля-измерителя устанавливается на ноль или на значение вправо от нуля, кратное основанию масштаба, так чтобы вторая иглонка оказалась на первом слева от нуля отрезке, имеющем дополнительную шкалу с ценой деления.

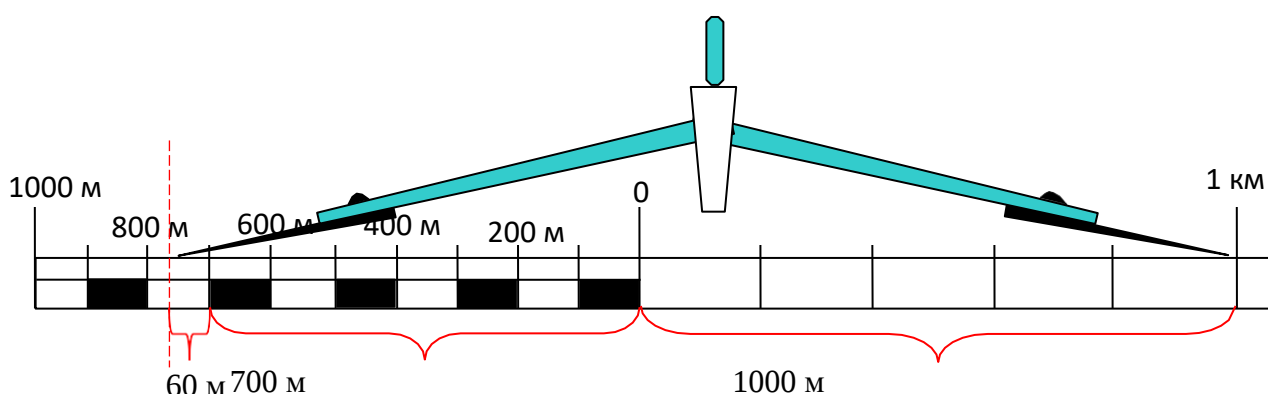


Рис. 27. Принцип определения длины прямолинейного отрезка с помощью линейного масштаба топографической карты

Основание масштаба на рисунке 29 равно 200 м, цена деления масштаба – 20 м. Правая иглонка циркуля-измерителя установлена на целом значении основания масштаба ($200 \cdot 5 = 1\,000$ м), так что левая иглонка указывает на некоторое значение дополнительной шкалы.

Целое число стометровых делений равно семи – $7 \cdot 100\text{ м} = 700\text{ м}$. Левая иглонка удалена от седьмого деления приблизительно на $0,6 - 0,6 \cdot 100\text{ м} = 60\text{ м}$. Таким образом, отсчёт по дополнительной шкале равен: $700\text{ м} + 60\text{ м} = 760\text{ м}$.

Искомое расстояние получается, как сумма отсчётов по обеим ножкам циркуля-измерителя: $1\,000\text{ м}$ (отсчёт по правой иглонке) + 760 м (отсчёт по левой иглонке) = $1\,760\text{ м}$ (1 км 760 м).

В случае если измеряемый по топографической карте отрезок больше длины линейного масштаба, то поступают следующим образом (рис. 28).

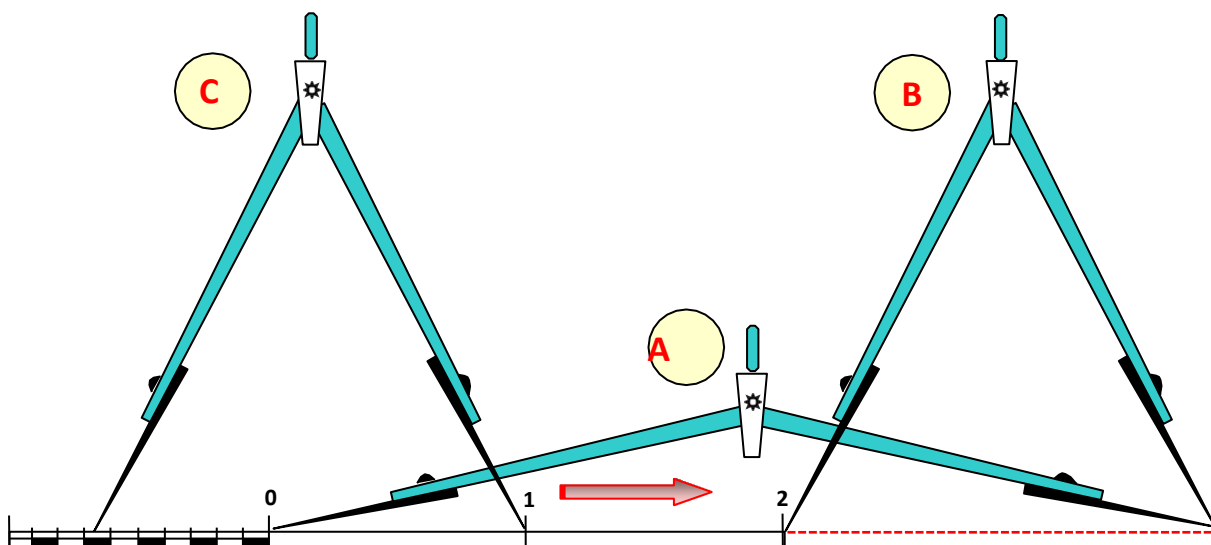


Рис. 28. Принцип определения длины большого отрезка с помощью линейного масштаба топографической карты

Левая иголка циркуля-измерителя устанавливается на ноль линейного масштаба, а правая иголка фиксируется на прямой линии – продолжении масштабной шкалы (положение циркуля-измерителя **А**).

Затем левая иголка переносится вправо и фиксируется на каком-либо целом значении основания линейного масштаба (положение циркуля-измерителя **В**).

По левой иголке снимается первый отсчёт – 2 км. Далее измерения проводятся обычным путём (положение циркуля-измерителя **С**).

Второй отсчёт в данном случае равен 1 км 670 м. Конечный результат определяется как сумма двух отсчётов: 2 км + 1 км 670 м = 3 км 670 м.

Определение длин извилистых линий

При определении длин извилистых линий (водотоков, контуров, дорог разных классов, границ и т. д.) на топографических картах и планах также можно использовать циркуль-измеритель.

Для измерения применяют малые растворы, обычно 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм. Чем плавней линия, тем большим раствором измерителя можно воспользоваться, и наоборот.

Перед началом работ определяют точную цену раствора циркуля-измерителя. Для этого на топографической карте измеряют отрезок известной длины – сторону квадрата прямоугольной (километровой) сетки.

Цена раствора (d) рассчитывается по формуле:

$$d = S/n, \quad (2)$$

где S – известная длина, n – количество "шагов" циркуля-измерителя.

Извилистую линию "проходят" от начальной до конечной точки, поворачивая все её повороты, и считают при этом количество сделанных "шагов".

Длина извилистой линии равна числу "шагов", умноженному на выбранный раствор циркуля-измерителя.

Для повышения точности работ измерения проводят дважды: в прямом и обратном направлениях, и затем находят среднее арифметическое.

Конечный результат выражают в метрах или километрах, используя масштаб карты или плана.

Кроме измерителя можно воспользоваться и механическим способом определения длин извилистых линий с помощью специального инструмента, называемого **курвиметром** (рис. 29).

Основной его частью является зубчатое колёсико, движение которого передаётся стрелкам, на двустороннем циферблате.

Одна сторона имеет метрическую сантиметровую разбивку (от 0 до 100), другая – дюймовую (от 0 до 39,4). Спаренные стрелки указывают расстояние, пройденное колёсиком в сантиметрах или дюймах.

Перед началом работы стрелку устанавливают на ноль или снимают отсчёт (l_1) с точностью до **0,1** см.

В процессе измерения курвиметр держат за ручку строго вертикально, плавно без рывков перемещая колёсико по линии, повторяя все её повороты от начальной до конечной точки, в направлении на себя.

Снимают по стрелке второй отсчёт (l_2).

Разность второго и первого отсчётов ($l_2 - l_1$) и будет представлять собой конечный результат измерений.

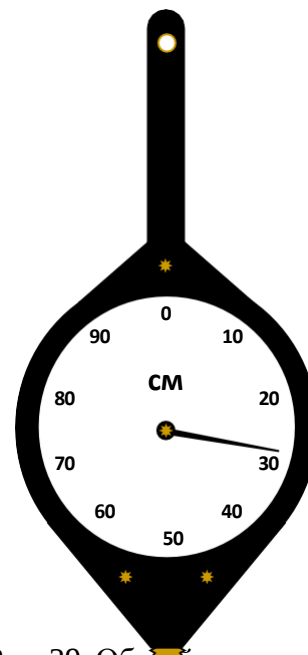


Рис. 29. Общий вид курвиметра

Лабораторная работа № 1

Материалы и инструменты: Топографическая карта, курвиметр, циркуль-измеритель и микроизмеритель, линейка, треугольник, простой карандаш.

Цель работы: Умение определять по топографическим картам длины прямолинейных отрезков и извилистых линий.

Задача 1. Используя циркуль-измеритель и линейный масштаб карты определить кратчайшее расстояние между двумя точками.

Методические указания. На топографической карте в квадратах прямоугольной сетки заданы две точки – отметки высот – 128,4 м и 141,0 м.

Определяют расположение квадратов на карте и местоположение отметок высот в каждом квадрате. Отметка высоты 128,4 находится в квадрате 7916; отметка высоты 141,0 – в квадрате 8118.

Иголки циркуля-измерителя устанавливают точно в главные точки условных знаков (рис. 30). Полученный **раствор** переносят на линейный масштаб карты и определяют искомое расстояние.

Ответ: Расстояние между двумя точками по прямой равно 2 550 м или 2 км 550 м.

Рис. 30. Установка циркуля-измерителя для измерения кратчайшего расстояния между двумя точками

мой равно 2 550 м или 2 км 550 м.

Задача

2. Используя

циркуль-измеритель и курвиметр измерить длину криволинейного отрезка.

Методические указания. На топографической карте в квадратах километровой сетки заданы две точки (мост и брод), ограничивающие извилистую линию (128,4 Быстрый).

Определяют расположение квадратов на карте и местоположение начальной и конечной точек криволинейного отрезка в каждом квадрате. Условный знак "мост" находится в квадрате 7706, условный знак "брод" – в квадрате 7617.

Циркуль-измерителю или микроизмерителю задают малый раствор, измеряют сторону квадрата прямоугольной (километровой) сетки (положение циркуля-измерителя **А**) и рассчитывают точную цену раствора (d) по формуле 2.

Циркуль-измеритель или микроизмеритель устанавливают на криволинейный отрезок (рис. 31), длину которого необходимо определить таким образом, чтобы одна из иглонок попала точно в центр условного знака, принятого за начало отрезка (брод) и проводят прямое измерение (положение циркуля-измерителя **В**).

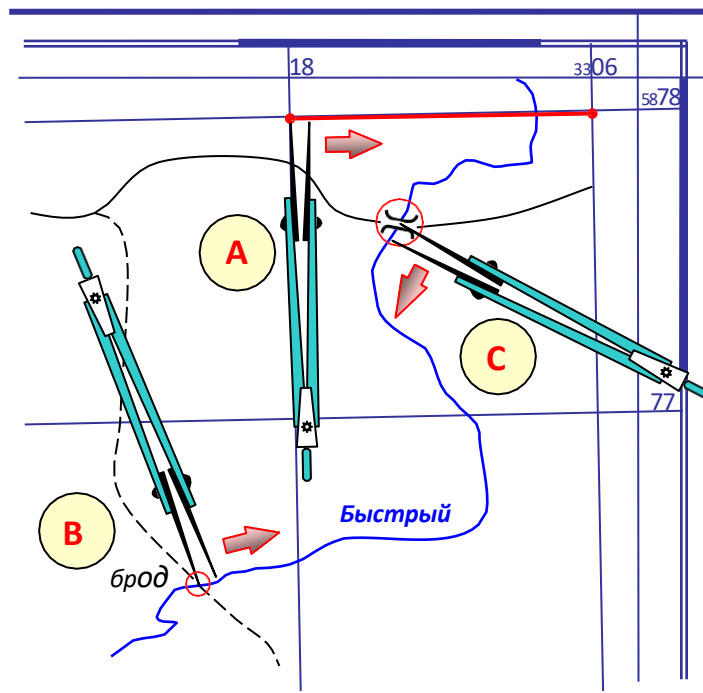


Рис. 31. Установки циркуля-измерителя для измерения длины криволинейного отрезка

Затем, не меняя раствора, инструмент устанавливают так, чтобы одна из иглонок попала точно в центр условного знака, принятого за конец отрезка (мост) и проводят обратное измерение (положение циркуля-измерителя **С**).

Длину отрезка (L_i) находят как среднее арифметическое из прямого и обратного измерений.

Определение длины криволинейного отрезка повторяют курвиметром в одном направлении (рис. 32), перемещая прибор от начальной точки (брод) к конечной точке (мост).

Рассчитывают среднее арифметическое из результатов измерения циркулем-измерителем и курвиметром (L_{CP}), и находят ошибки измерений (Δi) по формуле:

$$\Delta i = L_i - L_{CP}, \quad (3)$$

где L_i – длина измеренного отрезка одним из способов, L_{CP} – среднее арифметическое из результатов измерений обоими способами.

Рис. 32. Установка курвиметра для измерения длины криволинейного отрезка



Результаты работы оформляют в виде таблицы:

Способ измерения	Раствор измерителя, d , мм	Количество «шагов», n	Длина измеренного отрезка, L_i , км	Среднее арифметическое двух способов, L_{CP}	Ошибки измерений, Δi
Прямое измерение					
Обратное измерение					
Курвиметр	Разность отсчётов по стрелке ($l_2 - l_1$), см				

7. Определение планового положения точек на топографических картах

Для целей проектирования, проведения топографических съёмок, дополнительных графических построений и решения широкого круга географических, геоэкологических и лесоустроительных задач нередко требуется знание точного местоположения объектов и предметов местности.

Определение планового положения точек – географических и прямоугольных координат на топографических картах связано с наличием координатных сеток и подписями её выходов (см. Элементы топографической карты).

Важно помнить, что координаты внесштабных условных знаков всегда определяются для их *главных точек*.

Определение географических координат (φ, λ)

На топографической карте задана точка – ветряная мельница. Необходимо определить географические координаты объекта местности.

Форма условного знака указывает на то, что его главной точкой будет *вершина прямого угла у основания знака*.

Для определения географических координат необходимо воспользоваться сеткой меридианов и параллелей (*внутренней рамкой*), ограничивающих картографическое изображение, а также *минутной и секундной рамками* топографической карты.

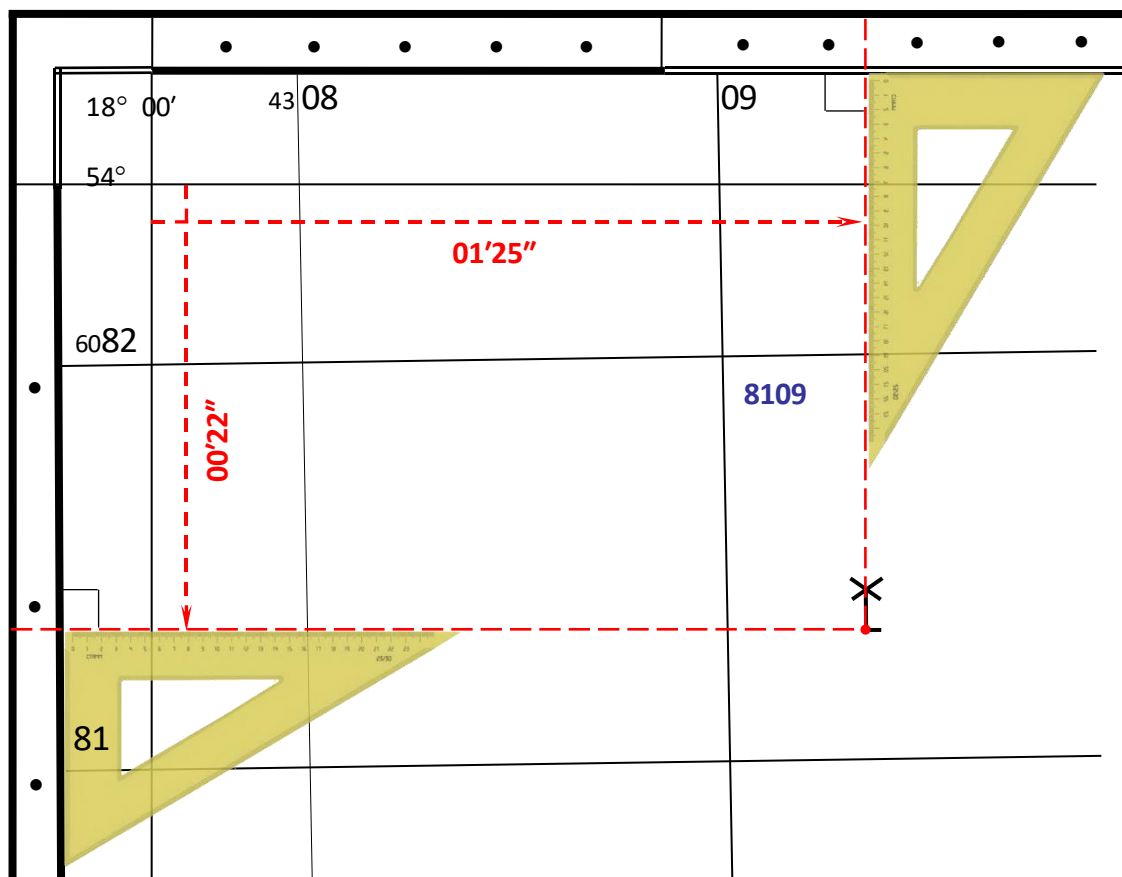


Рис. 33. Определение географических (φ, λ) координат точки

С помощью линейки и треугольника опускают перпендикуляры на ближайшие стороны внутренней рамки карт – северную параллель и восточный меридиан.

Через главную точку немасштабного условного знака, расположенного в квадрате 8109, проводят две линии, обозначающие меридиан и параллель данной точки (рис. 33).

Широту точки (φ) получают из значения ближайшей (северной) широты рамки листа ($54^{\circ}50'$) минус число минут и секунд от северо-восточного угла до обозначения параллели данной точки:

$$\varphi = 54^{\circ}50'00'' - 00'22'' = 54^{\circ}49'38''.$$

Долготу точки (λ), в свою очередь, получают из значения ближайшей (восточной) долготы рамки листа ($18^{\circ}00'$) плюс число минут и секунд от северо-восточного угла до обозначения меридиана данной точки:

$$\lambda = 18^{\circ}00'00'' + 01'25'' = 18^{\circ}01'25''.$$

Определение прямоугольных координат (X, Y)

На топографической карте задана точка – астрономический пункт. Необходимо определить прямоугольные координаты данного объекта местности.

Форма условного знака указывает на то, что его главной точкой будет *геометрический центр фигуры*.

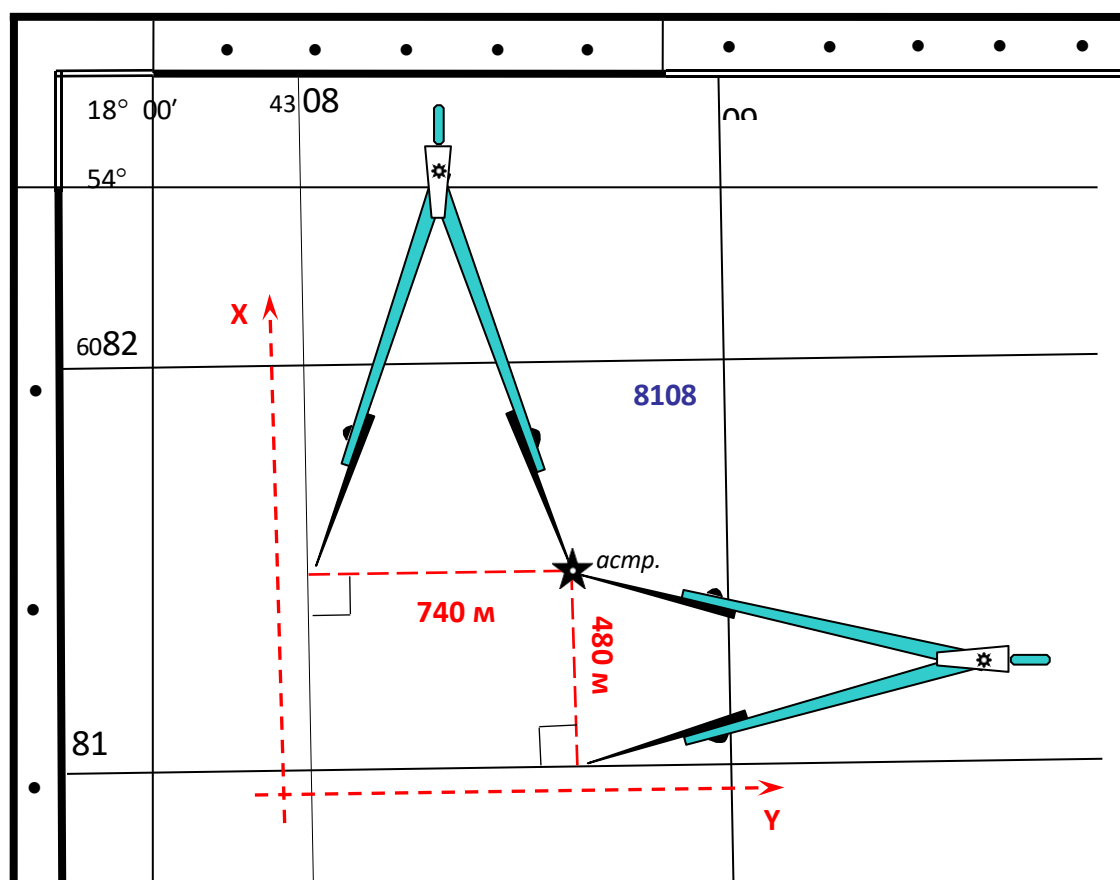


Рис. 34. Определение прямоугольных (X, Y) координат точки

При определении прямоугольных координат опираются на прямо- угольную (километровую) сетку топографической карты.

С помощью линейки и треугольника через главную точку внемас- штабного условного знака, расположенного в квадрате 8108 (рис. 34), опус- кают перпендикуляры на ближайшую левую вертикальную линию прямо- угольной сетки (ось абсцисс) и ближайшую нижнюю горизонтальную ли- нию прямоугольной сетки (ось ординат).

С помощью циркуля-измерителя или микроизмерителя и линейного масштаба определяют величины отрезков от главной точки условного знака до линий прямоугольной сетки (см. Измерение расстояний по топографиче- ским картам и планам).

Абсциссу (X) точки рассчитывают как сумму числового значения, подписанного у выхода нижней линии прямоугольной сетки (6081000 м), и длины отрезка, измеренного по перпендикуляру, от главной точки услов- ного знака (480 м):

$$X = 6081000 + 480 = 6061480 \text{ м.}$$

Ординату (Y) точки, в свою очередь, рассчитывают как сумму число- вого значения, подписанного у выхода левой линии прямоугольной сетки (4308000 м), и длины отрезка, измеренного по перпендикуляру, от главной точки условного знака (740 м):

$$Y = 4308000 + 740 = 4308740 \text{ м.}$$

Лабораторная работа № 2

Материалы и инструменты: Топографическая карта, циркуль-измеритель или микроизмеритель, треугольник, линейка, простой карандаш, ластик.

Цель работы: Умение определять на топографических картах плановое положение точек.

Задача 1. Определить географические и прямоугольные координаты точек на топографической карте.

Методические указания. На топографической карте задано несколько точек. Определяют расположение квадратов километровой сетки на карте и местоположение каждого условного знака в них.

Если необходимо, для внесмасштабных условных знаков определяют положение главных точек.

Аккуратно опускают перпендикуляры до линий сетки и последовательно определяют географические (φ , λ) и прямоугольные (X , Y) координаты каждой точки.

Результаты работы оформляют в виде таблицы:

Номер квадрата	Условный топографический знак	Положение главной точки	φ	λ	X	Y

По окончании работы все вспомогательные линии на топографической карте стирают.

8. Измерение площадей на топографических картах и планах

Приблизительную площадь объекта на топографической карте всегда можно установить, используя прямоугольную (километровую) сетку, под- считав целое число квадратов сетки, заключённых внутри контура.

Для получения более точных результатов площади объектов на топографических картах и планах определяют *графическим* и *механическим* способами.

Графический способ употребляется в случаях, когда исходные данные берутся с плана или топографической карты (в виде координат точек) или по результатам измерений линий и углов.

Площадь полигонального участка (многоугольника) можно определить по частям, разделив его на ряд элементарных геометрических фигур. Чаще всего используют треугольники, по форме близкие к равносторонним треугольникам (то есть их высоты приблизительно равны их основаниям).

В качестве элементарных геометрических фигур можно также использовать прямоугольники и трапеции.

Механический способ подразумевает использование специальных приборов (полярных и линейных планиметров) или приспособлений (палеток).

Наиболее простым механическим способом определения площадей горизонтальных проекций участков местности на топографических картах и планах является способ *палеток*.

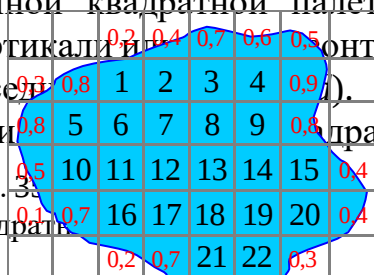
Палетка представляет собой какую-либо прозрачную основу с нанесённой на неё геометрической сеткой, в качестве которой может быть использована квадратная, квадратная точечная или линейная (параллельная) регулярные сетки.

Перед началом измерительных работ определяются параметры палетки. Для квадратной палетки задаётся длина стороны квадрата (a). Для то-

чечной квадратной палетки – расстояние между соседними точками по вертикали и по горизонтали (a). Для линейной палетки – расстояние между соседними точками по одной из осей.

При измерении площади участка с помощью квадратной палетки (рис. 35) её накладывают на объект, площадь которого необходимо установить, и подсчитывают число целых (полных) квадратов, оказавшихся внутри контура. За-

тем подсчитывают число неполных квадратов, определяя их доли "на глаз". На рисунке 35 число полных квадратов равно 22, сумма долей неполных квадратов: $0,2 + 0,4 + 0,7 + 0,6 + 0,5 + 0,9 + 0,8 + 0,4 + 0,4 + 0,3 + 0,7 + 0,2 + 0,7 + 0,1 + 0,5 + 0,8 + 0,3 + 0,8 = 9,3$.



Общее число квадратов (n) – $22 + 9,3 = 31,3$. Площадь объекта вычисляют по формуле:

$$P = a^2 n, \quad (4)$$

где a – сторона квадрата, n – общее количество квадратов.

Точечная квадратная палетка представляет собой регулярную сеть точек, расположенных в вершинах смежных квадратов.

Точечная квадратная палетка, так же, как и квадратная, накладывается на объект, площадь которого необходимо определить (рис. 36). Подсчитывают количество точек, попавших внутрь контура. Если точка попала на линию контура, то её доля равна $\frac{1}{2}$.

На рисунке 36 число целых точек равно 24, число точек, попавших на контур – 5.

Общее число точек (n) – $24 + (5 \cdot \frac{1}{2}) = 26,5$.

Площадь объекта вычисляют по формуле:

$$P = a^2 n, \quad (5)$$

где a – расстояние между соседними точками по вертикали или по горизонтали, n – общее количество точек.

Линейная палетка представляет собой систему прямых параллельных линий, проходящих через равное расстояние.

Палетка накладывается на объект, площадь которого необходимо определить (рис. 37). По циркулю-измерителю и поперечно определяют длины (l) всех отрезков, заключённых внутри контура.

Рис. 37. Принцип работы с линейной палеткой

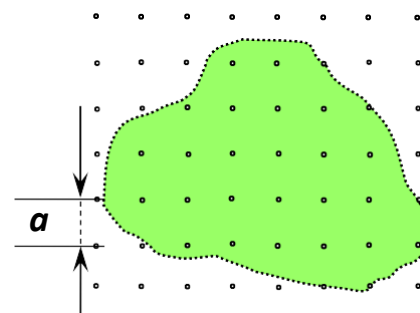


Рис. 36. Принцип работы с точечной палеткой

тем длины этих отрезков суммируют. Площадь объекта вычисляют по формуле:

$$P = d \sum l, \quad (6)$$

где d – расстояние между линиями палетки, $\sum l$ – сумма длин отрезков, заключённых внутри контура.

Лабораторная работа № 3

Материалы и инструменты: Топографическая карта, прозрачная основа, циркуль-измеритель или микроизмеритель, треугольник, линейка, простой карандаш.

Цель работы: Умение определять по топографическим картам и планам площади объектов, ограниченных извилистыми контурами.

Задача 1. Определить площадь объекта методом палеток: квадратной, точечной квадратной и линейной.

Методические указания. На топографической карте отображён площадной объект, ограниченный плавными контурами (лесной массив).

Результаты работы оформляют в виде таблицы:

Способы измерений	Результаты измерений		Площадь контура, га	Среднее арифметическое трёх способов, P_{CP} , га	Ошибка измерений, $\Delta i = P_i - P_{CP}$
Квадратная палетка	Длина стороны квадрата a , см	Общее число квадратов, n			
Точечная палетка	Расстояние между точками a , см	Общее число точек, n			
Линейная палетка	Расстояние между линиями d , см	Суммарная длина линий L , км			

Перед началом работ определяют параметры палеток исходя из приблизительной площади и формы измеряемого объекта.

Если ориентировочная площадь объекта на карте всего несколько квадратных километров, то палетки изготавливают таким образом, чтобы они полностью накрывали объект по контуру (рис. 35 – 37). Квадратную, точечную и линейную палетки последовательно накладывают на измеряемый объект и, используя формулы 4 – 6, рассчитывают его площадь.

При измерении больших площадей (десятки квадратных километров) палетки вычерчивают по размеру ячейки прямоугольной (километровой) сетки.

В этом случае площадь объекта определяют в два этапа.

Сначала подсчитывают целое число квадратов прямоугольной (километровой) сетки оказавшихся внутри контура. Затем с помощью палеток определяют площади неполных квадратов.

9. Ориентирование топографических карт

При изображении линий местности на топографических картах и планах, а также при проведении различных топографо-геодезических работ на местности возникает необходимость ориентирования линий относительно *сторон света* или *сторон горизонта*: севера (North), юга (South), запада (West) и востока (East).

В настоящее время **север** является основным, базовым направлением. Стороны света обозначают начальными буквами их названий: север – С (N), юг – Ю (S), запад – З (W) и восток – В (E).

Кроме того, истинный меридиан и параллель данной точки образуют четыре четверти горизонта: северо-восток – СВ (NE), северо-запад – СЗ (NW), юго-восток – ЮВ (SE) и юго-запад – ЮЗ (SW).

Ориентированием линии называют определение её направления относительно другого направления, принятого как исходное (начальное).

В топографии исходными направлениями являются:

- *географический (истинный) меридиан*;
- *магнитный меридиан*;
- *осевой меридиан зоны (или параллельное ему направление)*. Направление географического меридиана получают из астрономических наблюдений.

Направление магнитного меридиана определяет положение магнитной стрелки компаса или буссоли. Магнитная ось стрелки в каждой точке земной поверхности совпадает с направлением магнитного меридиана данной точки. В пределах каждой зоны осевой меридиан, принятый за ось абсцисс (X), считают начальным для всех линий данной зоны.

Так как все географические меридианы сходятся в точке северного географического полюса, на который указывает Полярная звезда, схематический рисунок истинного меридиана – *линия с пятиконечной звездой на вершине*. Стандартным рисунком для магнитного меридиана выбрана *линия со стреловидным окончанием*, напоминающая стрелку компаса.

Исходными направлениями для ориентирования топографических карт являются линии *географического* и *магнитного* меридианов.

Линию пересечения плоскости астрономического или геодезического меридиана с горизонтальной плоскостью называют **направлением географического меридиана**.

Линию пересечения отвесной плоскости, проходящей через полюсы магнитной стрелки, с горизонтальной плоскостью называют **направлением магнитного меридиана**.

Так как положения географического и магнитного полюсов не совпадают (и не совпадают между собой сетки географических и магнитных меридианов), то в каждой точке между направлениями географического и магнитного меридианов всегда образуется горизонтальный угол (рис. 38). Угол между истинным и магнитным меридианами, проходящими через данную точку, называется **склонением магнитной стрелки** (δ). Различают восточное положительное ($+\delta$) и западное отрицательное ($-\delta$) склонения. Направления линий местности и их отображения на топографических картах и планах характеризуют величинами *географических азимутов, магнитных азимутов и дирекционных углов.*

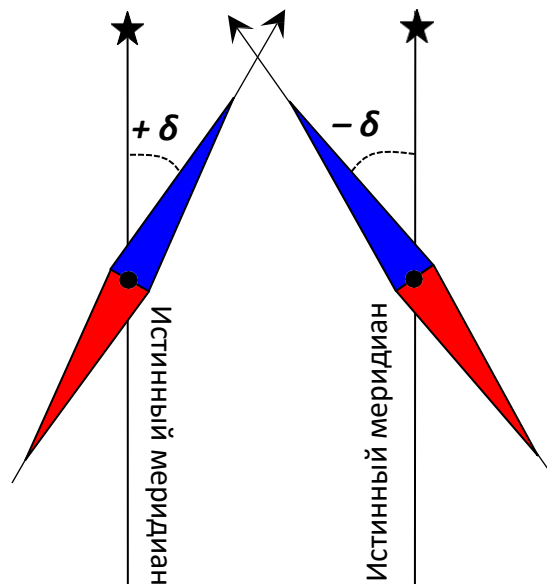


Рис. 38. Склонение магнитной стрелки

Азимут – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии. По абсолютному значению азимуты изменяются от 0° до 360° .

Географический (истинный) азимут (A) отсчитывается от северного направления географического меридиана, по ходу часовой стрелки до направления данной линии.

Магнитный азимут (A_M) – отсчитывается от северного направления магнитного меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии (рис. 39).

Учитывая величину склонения магнитной стрелки, значение магнитного азимута можно вычислить по формуле:

$$A_M = A - (\pm\delta). \quad (7)$$

В различных точках земной поверхности географические меридианы не параллельны между собой, так как они все сходятся в точках северного и южного географических полюсов.

Рис. 39. Географический азимут, магнитный азимут и сближение меридианов

Угол между осевым меридианом зоны (линией, параллельной оси абсцисс) и истинным меридианом данной точки, называется **сближением меридианов** (γ).

Различают восточное положительное ($+\gamma$) и западное отрицательное ($-\gamma$) сближения.

Вследствие изменения направления линии различают *прямой* и *обратный* азимуты, отличающиеся друг от друга на величину 180° (рис. 40).

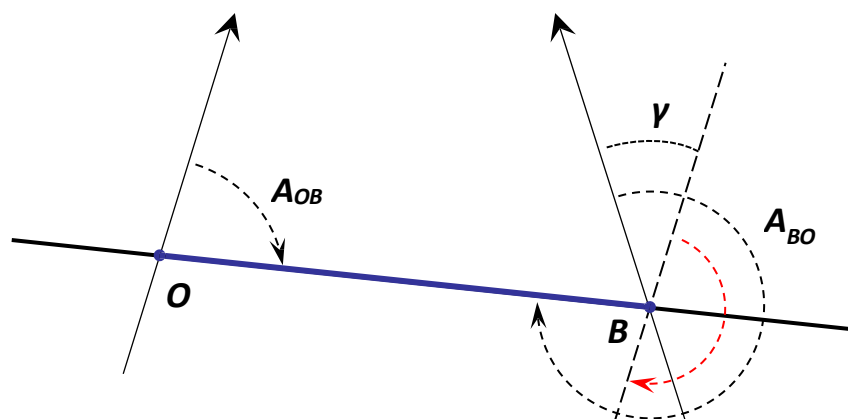


Рис. 40. Прямой и обратный истинные азимуты

С учётом величины сближения меридианов, между прямым и обратным географическими азимутами существует следующая зависимость:

$$A_{OBR} = A_{ПР} \pm 180^\circ + \gamma. \quad (8)$$

Знаком минус пользуются, в том случае, если $A_{ПР}$ больше 180° .

Дирекционный угол – угол между северным направлением координатной линии, параллельной осевому меридиану зоны, и направлением на точку наблюдения. Угол между вертикальной координатной линией сетки и направлением на точку наблюдения.

Линия сетки изображается сплошной линией со значком перевернутой стрелки на вершине.

В отличие от географического азимута прямой и обратный дирекционные углы линии (рис. 41) отличаются между собой только на 180° :

$$\alpha_{OBR} = \alpha_{ПР} \pm 180^\circ. \quad (9)$$

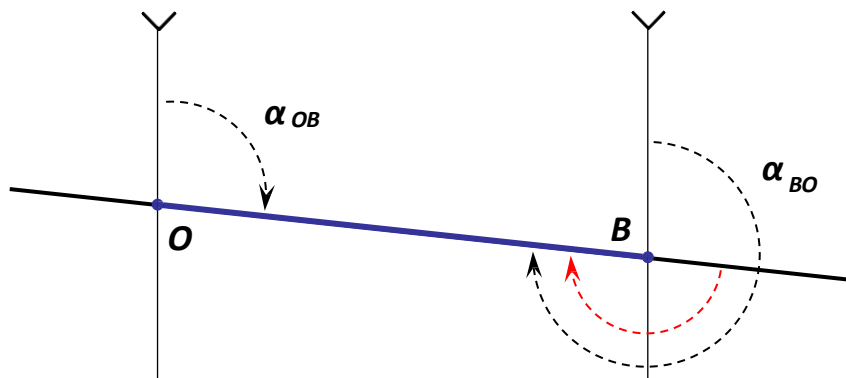


Рис. 41. Прямой и обратный дирекционные углы

Дирекционный угол направления находят из следующих зависимостей:

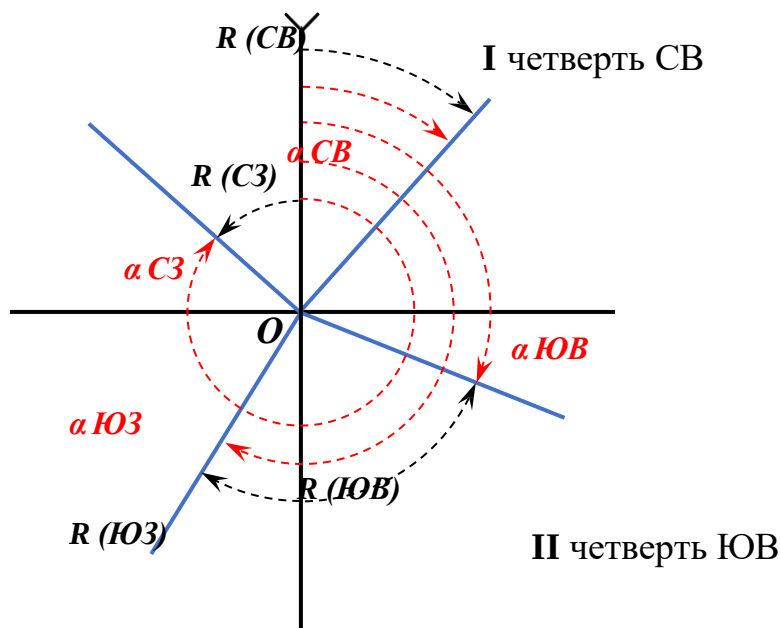
$$\alpha = A - (\pm \gamma) \text{ или } \alpha = A_M + (\delta - \gamma). \quad (10)$$

Помимо вышеперечисленных углов, в топографии и геодезии используются *румбы*.

Румб (R) – угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана до направления заданной линии в пределах от 0° до 90° .

Каждый румб характеризуется величиной угла и указанием четверти горизонта, в которой находится данная линия: I – СВ; II – ЮВ; III – ЮЗ; IV – СЗ (рис. 42).

IV четверть СЗ



III четверть ЮЗ

Рис. 42. Румбы и дирекционные углы

Существуют следующие зависимости между румбами и дирекционными углами:

Таблица 3

Четверть	Значение дирекционного угла	Название румба	Связь между румбами и дирекционными углами
1	$0^{\circ} - 90^{\circ}$	СВ	$R = \alpha$
2	$90^{\circ} - 180^{\circ}$	ЮВ	$R = 180^{\circ} - \alpha$
3	$180^{\circ} - 270^{\circ}$	ЮЗ	$R = \alpha - 180^{\circ}$
4	$270^{\circ} - 360^{\circ}$	СЗ	$R = 360^{\circ} - \alpha$

Зависимости между румбами и дирекционными углами

Лабораторная работа № 4

Материалы и инструменты: Топографическая карта, полукруговой или круговой транспортир, линейка, треугольник, простой карандаш.

Цель работы: Умение измерять по топографическим картам географические азимуты и дирекционные углы; вычислять значения азимутов и дирекционных углов с учётом поправок на склонение магнитной стрелки и сближение меридианов.

Задача 1. Измерить на топографической карте прямой и обратный географический азимут, дирекционные углы направления (прямой и обратный) и вычислить значение магнитного азимута.

Результаты работы оформить в виде таблицы:

Линия	Географический азимут		Дирекционный угол		Магнитный азимут, A_M	δ	γ
	$A_{ПР}$	$A_{ОБР}$	$A_{ПР}$	$A_{ОБР}$			
ОВ							

Методические указания. На топографической карте в квадратах прямоугольной сетки заданы две точки – отметки высот – 270,5 м и 252,9 м.

Определяют расположение квадратов на карте и местоположение отметок высот в каждом из них. Найденные отметки аккуратно соединяют между собой.

Для удобства обозначим отметку высоты 270,5 м как точку **О**, а отметку высоты 252,9 м как точку **В**.

Перед началом измерений находят значения угла сближения меридианов (γ) со своим знаком и значение угла склонения магнитной стрелки (δ) со своим знаком. Их можно взять в Справочных данных топографической карты, на которой проводятся измерения (см. Элементы топографической карты).

В данном примере $\gamma = +2^\circ 30'$, а $\delta = -6^\circ 00'$.

Горизонтальные углы и направления линий на топографических картах и планах измеряются полукруговым или круговым транспортиром.

Географический (истинный) азимут измеряют по ходу часовой стрелки от северного направления географического меридиана, проходящего через начальную точку заданной линии.

Для измерения прямого географического азимута направление заданной линии **ОВ** аккуратно продолжают до её пересечения с западной стороной внутренней рамки карты – крайним западным географическим меридианом. Транспортир прикладывают таким образом, чтобы его центр совпал с точкой пересечения линии внутренней рамки карты и линией – продолжением направления **ОВ**, а начало отсчёта транспортира (0°) совпало с линией внутренней рамки.

Измеряют прямой географический азимут ($A_{пр}$) и записывают его значение в соответствующую ячейку таблицы.

На рисунке 43а значение измеренного прямого географического азимута направления **ОВ** ($A_{пр}$) равно $73^{\circ}30'$.

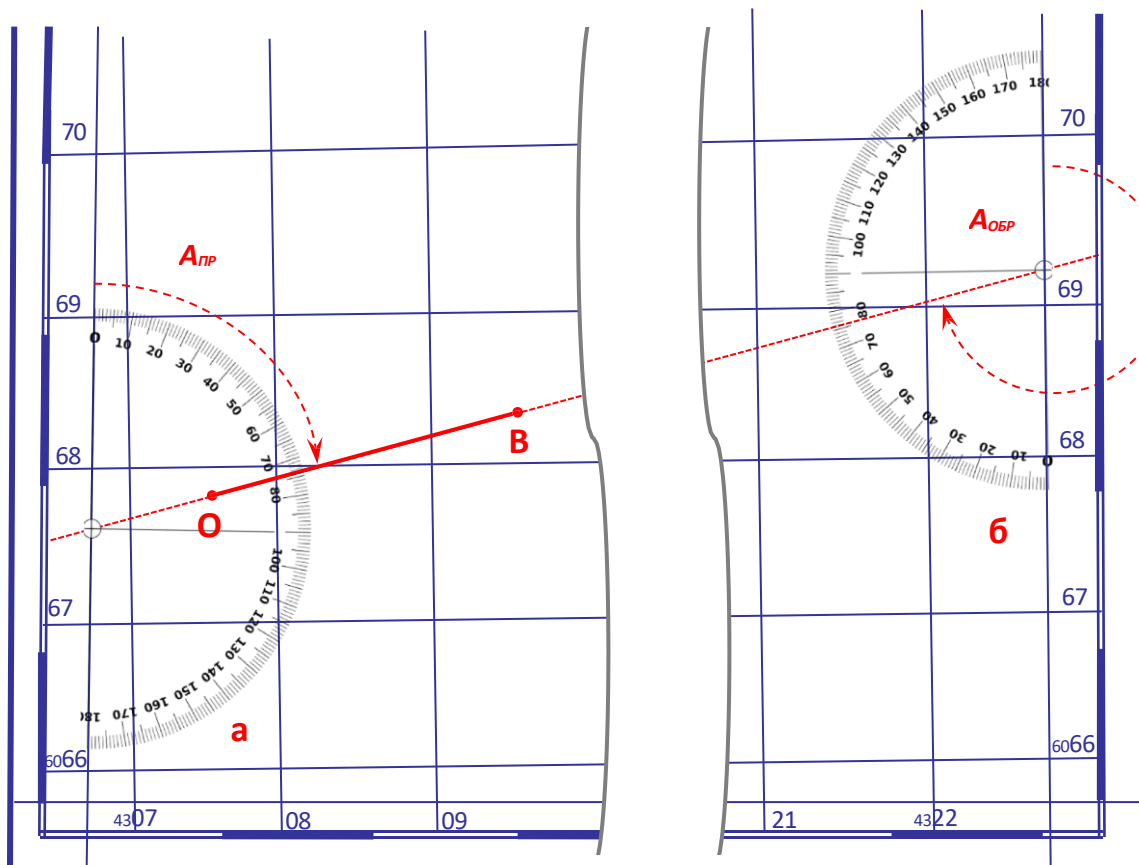


Рис. 43. Измерение по карте прямого (а) и обратного географического (б) азимутов

Для измерения обратного географического азимута направление заданной линии **ВО** аккуратно продляют до её пересечения с восточной стороной внутренней рамки карты – крайним восточным географическим меридианом.

Измеряют угол между крайним восточным географическим меридианом и направлением **ВО**. На рисунке 43б значение измеренного угла равно $76^{\circ}00'$.

Для получения искомой величины угла к измеренному углу прибавляют 180° . Таким образом, значение обратного географического азимута направления **ВО** ($A_{обр}$) равно $256^{\circ}00'$.

Опираясь на формулу 8, проверяют результаты измерения с помощью вычислений:

$$A_{обр} = 73^{\circ}30' + 180^{\circ} + 2^{\circ}30' = 256^{\circ}00'.$$

Дирекционный угол измеряют по ходу часовой стрелки от северного направления линии, параллельной оси абсцисс, до направления заданной линии.

Для измерения дирекционного угла заданное направление аккуратно продолжают для пересечения с линиями прямоугольной сетки.

Транспортир прикладывают таким образом, чтобы его центр совпал с точкой пересечения линией прямоугольной сетки и линией – продолжением направления **ОВ**, а начало отсчёта транспортира (0°) совпало с вертикальной линией сетки.

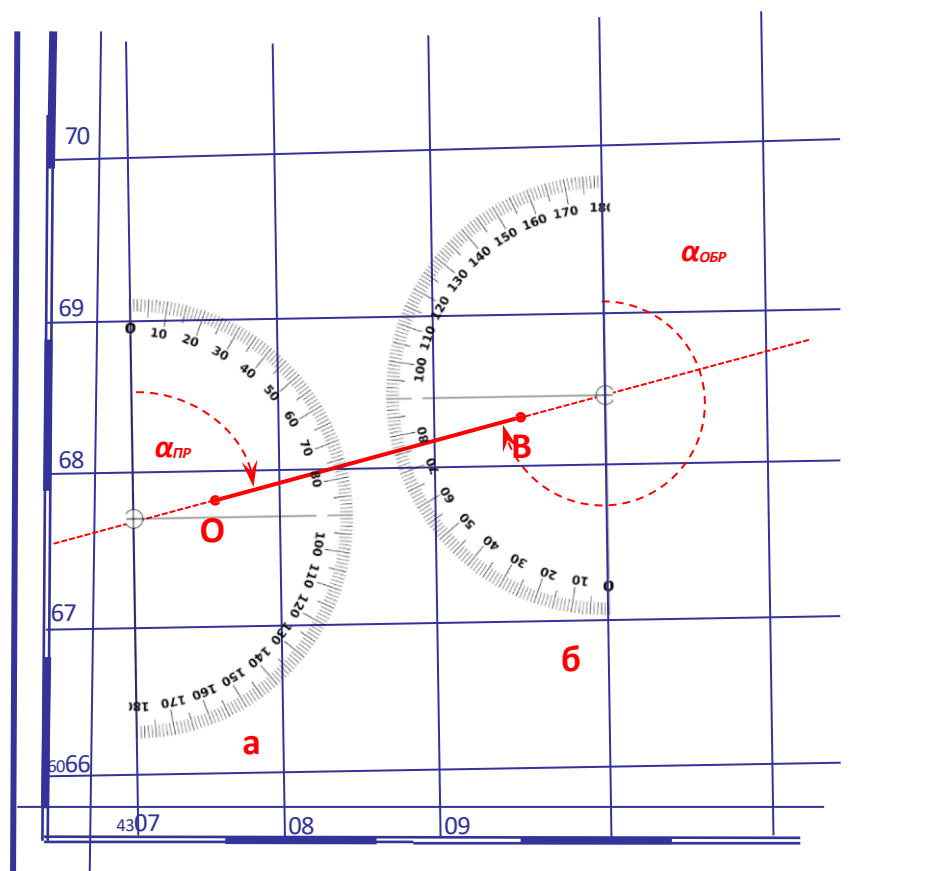


Рис. 44. Измерение по карте прямого и обратного дирекционных углов

Измеряют прямой дирекционный угол ($\alpha_{пр}$) и записывают его значение в соответствующую ячейку таблицы.

На рисунке 44а значение измеренного прямого дирекционного угла линии **ОВ** ($\alpha_{пр}$) равно $76^\circ 30'$.

Для измерения обратного дирекционного угла транспортир прикладывают так, чтобы его центр совпал с точкой пересечения линией прямоугольной сетки и линией – продолжением направления **ВО**, а начало отсчёта транспортира (0°) также совпало с вертикальной линией сетки.

На рисунке 44б значение измеренного угла направления **ОВ** равно $76^\circ 30'$.

В отличие от географического азимута прямой и обратный дирекционные углы линии отличаются между собой только на 180° (формула 9). Таким образом, значение обратного географического азимута направления **ВО** ($\alpha_{обp}$) равно $256^\circ 30'$.

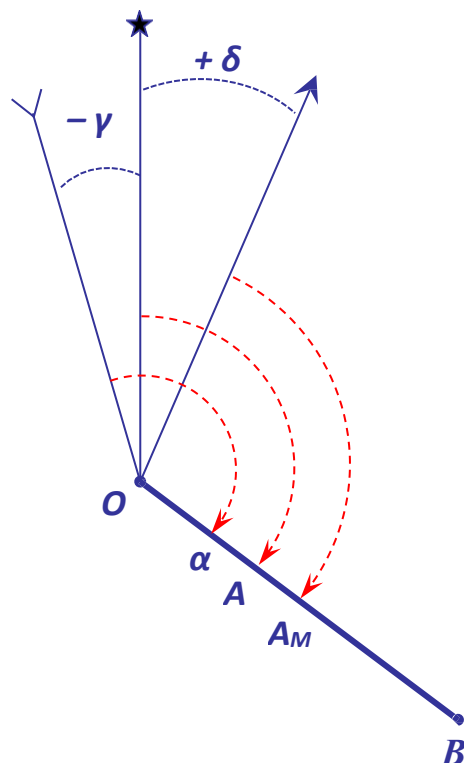
Значение магнитного азимута A_M вычисляют по формуле 7 и записывают в соответствующую ячейку таблицы:

$$A_M = 73^\circ 30' - (-6^\circ 00'') = 79^\circ 30'.$$

По окончании работы все вспомогательные линии на топографической карте стирают.

Задача 2. По известным значениям географического азимута, склонения магнитной стрелки и сближения меридианов составить схему взаимного расположения углов направления **ОВ**.

Вычислить дирекционный угол, магнитный азимут и румб направления.



Методические указания. Заданы три значения: $A = 128^\circ$, $\gamma = -0^\circ 31'$ и $\delta = +2^\circ 53'$.

Основу схемы составляет истинный меридиан. По линейке проводят вертикальную линию длиной 10 см и обозначают её верхний конец символом истинного меридиана.

Угол направления **ОВ** откладывают с помощью транспортира.

Линии магнитного меридиана и линия сетки располагаются относительно линии истинного меридиана с учётом знаков δ и γ .

Углы сближения меридианов и склонения магнитной стрелки откладывают с помощью транспортира, округляя их до целых значений градусов.

Рис. 45. Схема взаимного расположения углов направления

В данном примере сближение меридианов западное ($-\gamma$) и линия сетки будет располагаться к западу от линии истинного меридиана.

Склонение магнитной стрелки восточное ($+\delta$) и линия магнитного меридиана пройдёт восточнее линии истинного меридиана (рис. 45).

Значение магнитного азимута A_M вычисляют по формуле 7.

$$A_M = 128^\circ 00' - (+2^\circ 53') = 125^\circ 07'.$$

Дирекционный угол α направления находят из известных зависимостей по формуле 10:

$$\alpha = 128^\circ 00' - (-0^\circ 31') = 128^\circ 31' \text{ или } \alpha = 125^\circ 07' + (+2^\circ 53' - (-0^\circ 31')) = 125^\circ 07' + 3^\circ 24' = 128^\circ 31'.$$

Линия **ОВ** находится во второй четверти, и имеет румб **ЮВ**. Используя формульные зависимости между румбами и дирекционными углами (Таблица 3), вычисляют величину румба:

$$R = 180^{\circ}00' - 128^{\circ}31' = 51^{\circ}29'.$$

Ответ: Дирекционный угол линии **OB** равен $128^{\circ}31'$, магнитный азимут – $125^{\circ}07'$ и румб направления ЮВ, вторая четверть (*II*) – $51^{\circ}29'$.

10. Рельеф на топографических картах и планах

Топографическая карта и план позволяют определять плановое положение точек в системе плоских координат, однако изображение рельефа требует и передачи высотного положения этих точек.

Основными способами передачи рельефа на топографических картах и планах являются *способ горизонталей* и *способ отметок высот*, применяющиеся всегда совместно (рис. 46).

Горизонтали (изогипсы) – плавные кривые линии, соединяющие точки земной поверхности, имеющие одинаковое значение картографируемого показателя (высотные пикеты в случае рельефа).

Горизонтали, проходящие через заданную высоту сечения рельефа, называются **основными** и показываются на топографических картах и планах сплошными тонкими линиями (рис 46а).

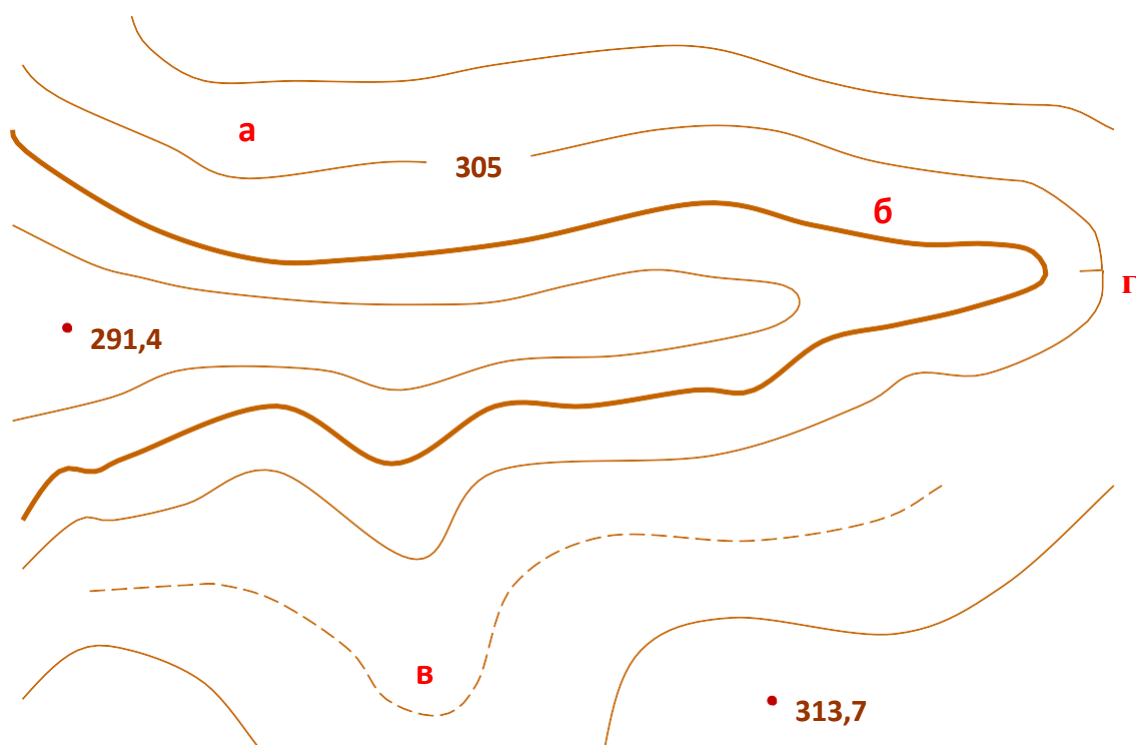


Рис. 46. Отметки высот, основные горизонтали, полугоризонтали и их подписи

Для облегчения счёта каждая пятая или десятая сплошная горизонталь утолщается (рис 46б).

Для картографирования слабо выраженных форм рельефа в некоторых случаях проводят горизонтали через половину или через четверть высоты сечения.

В отличие от сплошных основных горизонталей такие линии называют **дополнительными полугоризонталями** (рис. 46в) или **четвертьгоризонталями**.

На топографических картах и планах они изображаются длинными и короткими пунктирными линиями. В особых случаях для выявления всех

характерных особенностей рельефа дополнительные горизонтالي могут проводиться на произвольных целесообразно выбранных высотах.

Отметки высот горизонталей подписывают в их разрывах таким образом, чтобы верх подписей *всегда* был направлен к вершине ската.

Для различия противоположных форм рельефа (долина и хребет, впадина и холм) направления их скатов показывают короткими чёрточками, перпендикулярными к горизонталям, – **бергштрихами** (рис. 46г). Для картографирования рельефа местности способом горизонталей на топографических картах и планах применяют метод *линейного интерполирования*.

Интерполирование, в широком смысле, представляет собой процесс распространения промежуточных значений по набору известных параметров и величин, получаемых в ходе географического или картографического анализа.

Метод определения неизвестных высот точек, кратных высоте сечения, между точками с известными значениями высот (высотных пикетов) называется **линейным интерполированием**.

Математической основой линейной интерполяции является арифметическая прогрессия, в которой каждая пара соседних чисел имеет постоянную разность (10, 20, 30, 40, 50, и т.д.).

Если предположить, что топографическая поверхность меняется линейным образом, то за такую разность можно принять значение *высоты сечения рельефа*.

Расстояние между соседними горизонталями называется **высотой сечения рельефа**.

Задачи, связанные с определением характера рельефа вдоль объектов линейного протяжения (*дорог различных классов, лесных просек, ЛЭП, маршрутов передвижения*), определения видимости между объектами, расчётом ряда картометрических показателей (*нахождение высот, углов наклона*) решаются построением *профилей местности*.

Профиль – уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности.

Линия на топографической карте или плане, по которой строится профиль, называется **линией профиля**.

С математической точки зрения профилем является графическое построение вида $k = f(x)$, где k – значения профилируемого показателя (высоты), а x – расстояния вдоль заданного на карте или плане направления (линии профиля).

Самостоятельная работа № 4

Материалы и инструменты: участок карты-основы с высотными пикетами, таблица условных знаков для топографических карт масштаба 1:10 000, прозрачная основа (калька), булавки, линейка, простой и коричневый карандаши, ластик.

Цель работы: Изучение и освоение метода линейного интерполирования.

Задача 1. На основании имеющихся высотных пикетов изобразить рельеф участка местности основными горизонталями с высотой сечения 1 метр. Выделить бергштрихами противоположные формы рельефа и направления скатов.

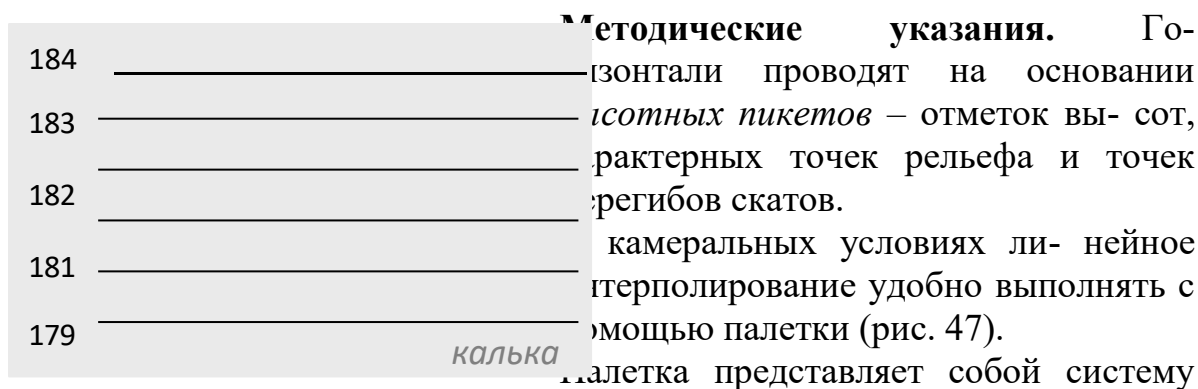


Рис. 47. Пример палетки для линейного интерполирования

штабную сетку), проведенных на прозрачной основе (кальке или пластике) на равном расстоянии друг от друга (обычно 3 – 5 мм).

Значения высот начальной и конечной линий палетки должны соответствовать минимальной и максимальной отметкам высот на интерполируемом участке.

Например, необходимо провести горизонтали с высотой сечения 1 метр между двумя высотными пикетами – 180,2 м и 183,7 м (рис. 48).

Для удобства пикеты можно аккуратно соединить между собой тонкими вспомогательными линиями.

Палетку накладывают

таким образом, чтобы значение высоты на палетке совпало с

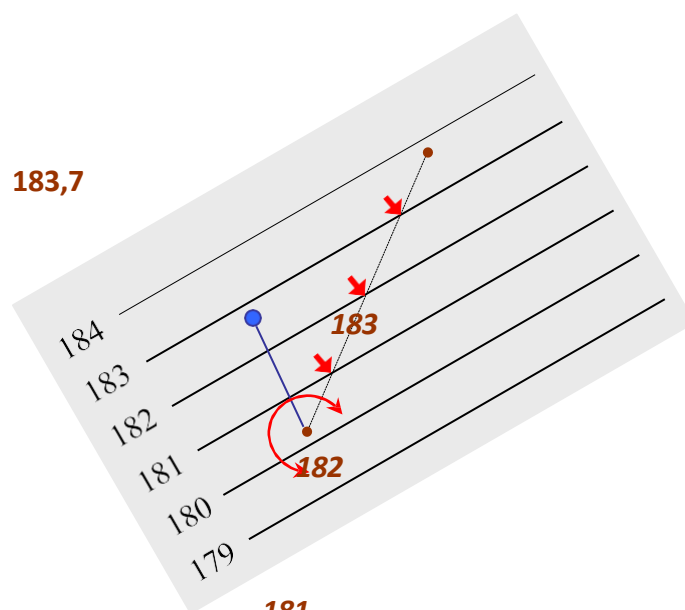


Рис. 48. Линейное интерполирование между двумя высотными пикетами с помощью палетки

отметкой высоты первого интерполируемого пикета (180,2 м). Палетку в этой точке фиксируют булавкой и поворачивают вокруг неё до тех пор, пока отметка высоты второго пикета не совпадёт с соответствующим значением высоты палетки – 183,7 м.

Пересечения прямой, соединяющей интерполируемые пикеты с линиями палетки, есть искомые значения высот сечения горизонталей (181 м, 182 м и 183 м).

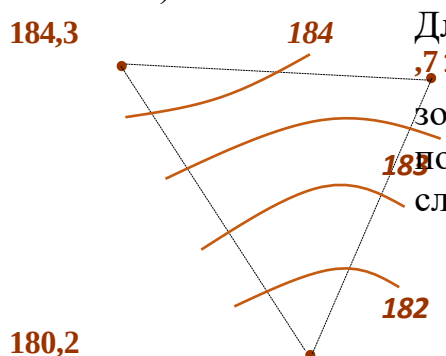


Рис. 49. Результат линейного интерполирования между тремя высотными пикетами

Для удобства дальнейшей обработки полученные значения высот сечения горизонталей аккуратно накалывают булавкой и подписывают. Операцию повторяют для следующей пары высотных пикетов (рис. 49).

Карта-основа представляет собой не регулярную сетку высотных пикетов с подписанными значениями отметок высот. Линии водоразделов отмечены пунктирной линией, водотоки – сплошной линией (рис. 50а).

Интерполирование обычно проводят по линиям водоразделов и тальвегов, но нельзя интерполировать поперёк этих линий.

Перед началом работ на участке карты необходимо найти высотные пикеты с максимальным и минимальным значением для определения амплитуды высот и количества линий палетки.

На рисунке 50а минимальная отметка высоты равна 222,8 м, а максимальная – 229,9 м, следовательно, на данной карте будут проходить следующие горизонталы, кратные 1 метру: 223, 224, 225, 226, 227, 228 и 229.

На основе этого вычерчивают палетку из 7 параллельных линий, соответствующих выявленным горизонталям.

Высотные пикеты соединяют между собой вспомогательными линиями так, чтобы образовалась система смежных треугольников.

Соседние пикеты соединяют только в том случае, если разница высот между ними отличается на высоту сечения (рис. 50б). Например, можно соединять соседние пикеты со значениями 225,1 м и 226,3 м, но не соединяют пикеты со значениями 226,3 м и 226,7 м.

С помощью готовой палетки производят линейное интерполирование между всеми парами высотных пикетов, соединёнными вспомогательными линиями. Полученные значения высот сечения рельефа аккуратно подписывают простым карандашом (рис. 50в).

Одинаковые значения высот сечения соединяют между собой плавными кривыми линиями в соответствии с основными свойствами горизонталей (рис. 50г).

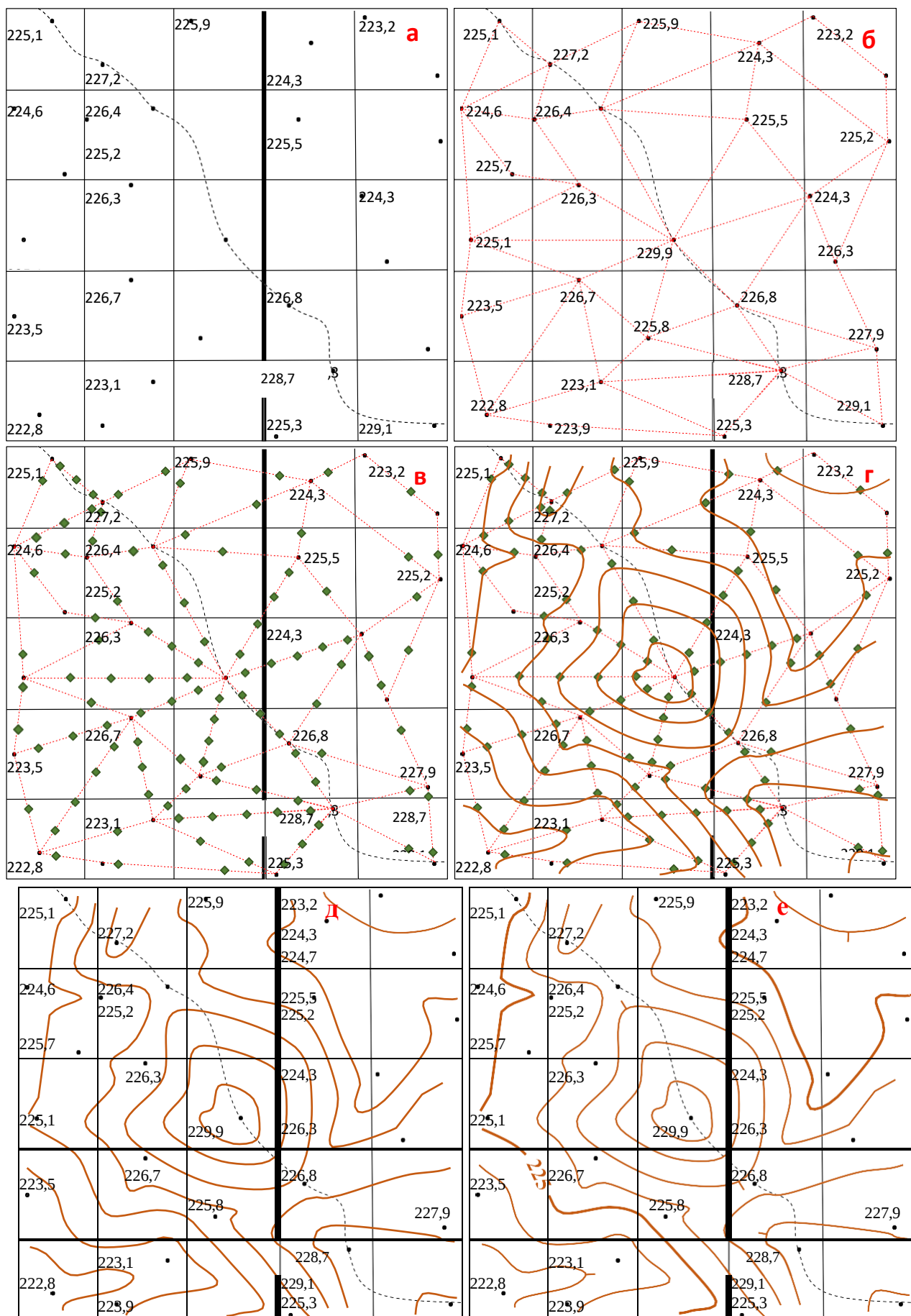


Рис. 50 (а, б, в, г, д, е). Процесс создания горизонталей методом линейного интерполирования

При необходимости горизонтали кратные пяти или десяти, утолщают. По окончании интерполирования и вычерчивания горизонталей все вспомогательные линии и подписи аккуратно удаляют ластиком (рис. 50д). Значения высот горизонталей подписывают в их разрывах в соответствии с установленными правилами. Для различия противоположных форм рельефа направления их скатов показывают бергштрихами. Основные и утолщённые горизонтали, их подписи и бергштрихи оформляют в соответствии с условными топографическими знаками карт масштаба 1:10 000 (рис. 50е).

Лабораторная работа № 5

Материалы и инструменты: Топографическая карта, лист миллиметровой бумаги (30×40 см), линейка, треугольник, циркуль-измеритель, простой и синий карандаши.

Цель работы: Изучение и освоение метода построения профиля по топографической карте.

Задача 1. Построить профиль рельефа местности по линии на карте.

Методические указания. На топографической карте в квадратах прямоугольной сетки заданы две точки – отметки высот – 194,2 м и 175,4 м.

Определяют расположение квадратов на карте и местоположение отметок высот в каждом из них.

Проводят прямую линию, соединяющую две точки – начальную и конечную точки профиля и выделяют промежуточные характерные точки, к которым относятся:

- места пересечения горизонталей линией профиля;
- места пересечения объектов гидрографии линией профиля;
- характерные точки рельефа на линии профиля.

Создание профиля рельефа местности подразумевает наличие двух масштабов: горизонтального, обычно равного масштабу топографической карты или плана и вертикального, выбираемого индивидуально в зависимости от характера рельефа местности и перепада высот вдоль линии.

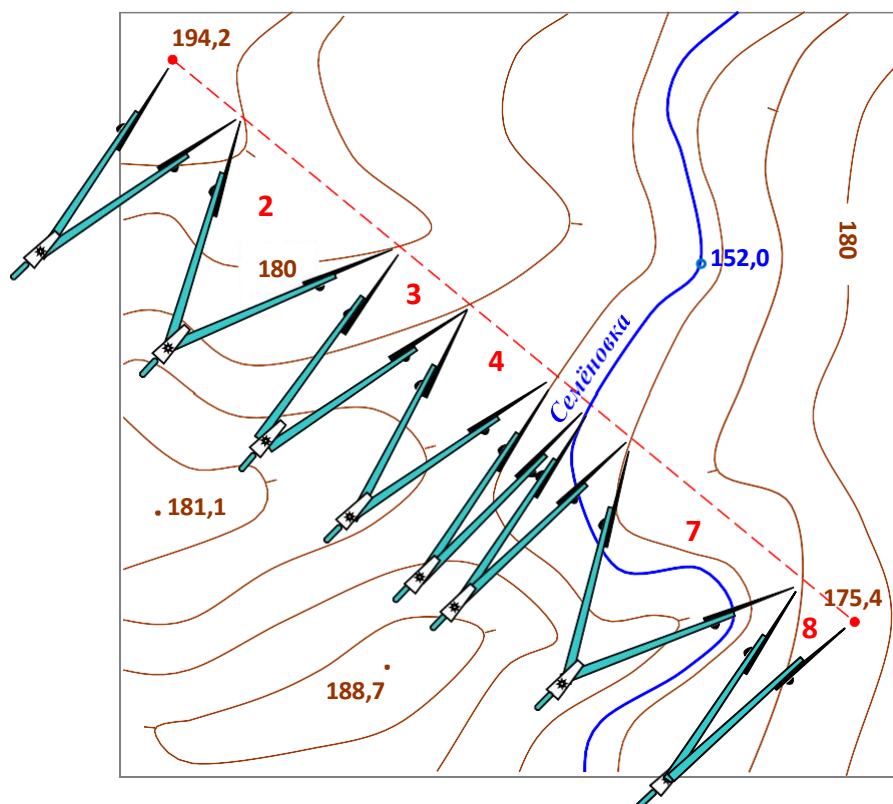


Рис. 51. Пример измерения расстояний между характерными точками линии профиля

В данной работе, для наглядности изображения рельефа вертикальный масштаб принимают в **10** раз крупнее горизонтального масштаба, а горизонтальный масштаб увеличивают в **2** раза относительно масштаба карты.

После выбора масштабов приступают к построению профиля.

С помощью циркуля-измерителя и линейного масштаба топографической карты последовательно измеряют все расстояния между характерными точками (рис. 51).

Для удобства построения профиля можно вести ведомость результатов измерений, установив соответствующую нумерацию:

Номер измерения	Характерные точки профиля	Расстояние, в м
1	Отметка высоты 194,2 м – горизонталь 190	840
2	горизонталь 190 – горизонталь 180	1930
3	горизонталь 180 – горизонталь 170	610
4	горизонталь 170 – горизонталь 160	790
5	горизонталь 160 – Отметка уреза воды 152,0	340
6	Отметка уреза воды 152,0 – горизонталь 160	380
7	горизонталь 160 – горизонталь 170	2260
8	горизонталь 170 – Отметка высоты 175,4 м	590

На листе миллиметровой бумаги, слева и внизу, проводят две взаимно перпендикулярные линии – *оси координат* будущего профиля. На горизонтальной оси (для расстояний – **R**) и вертикальной оси (для абсолютных высот – **H**) разбивают шкалы в выбранных масштабах.

Через **2 см** **вверх** от горизонтальной оси координат – *основания профиля*, проводят ещё две линии (рис. 52), между которыми будут **горизонтально** вписаны измеренные **расстояния между точками** (в целых метрах) и **вертикально** вписаны **превышения между характерными точками со знаком + или –** (в метрах до одного знака после запятой).

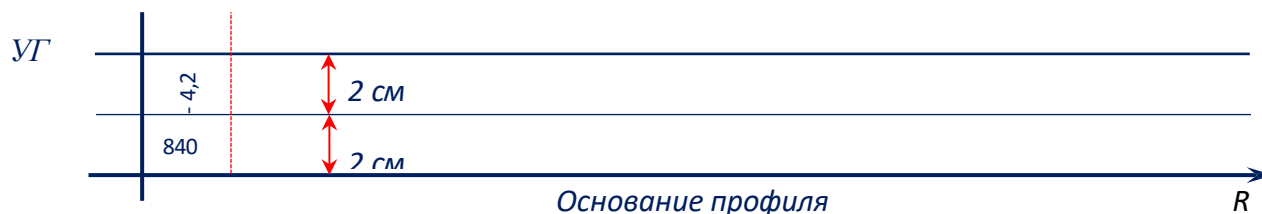


Рис. 52. Пример оформления основания профиля местности

Вторая параллельная основанию профиля линия считается *условным горизонтом (УГ)*, отметку высоты которого выбирают произвольно, но так, чтобы самая нижняя точка профиля была бы при построении профиля выше его на 2 – 4 см. Например, если минимальная высота, обнаруженная на линии профиля – 152,0 метра, то для линии *условного горизонта* можно принять отметку высоты **120** метров.

Измеренные по топографической карте расстояния между характерными точками последовательно откладывают на основании профиля с учетом выбранного **горизонтального масштаба**.

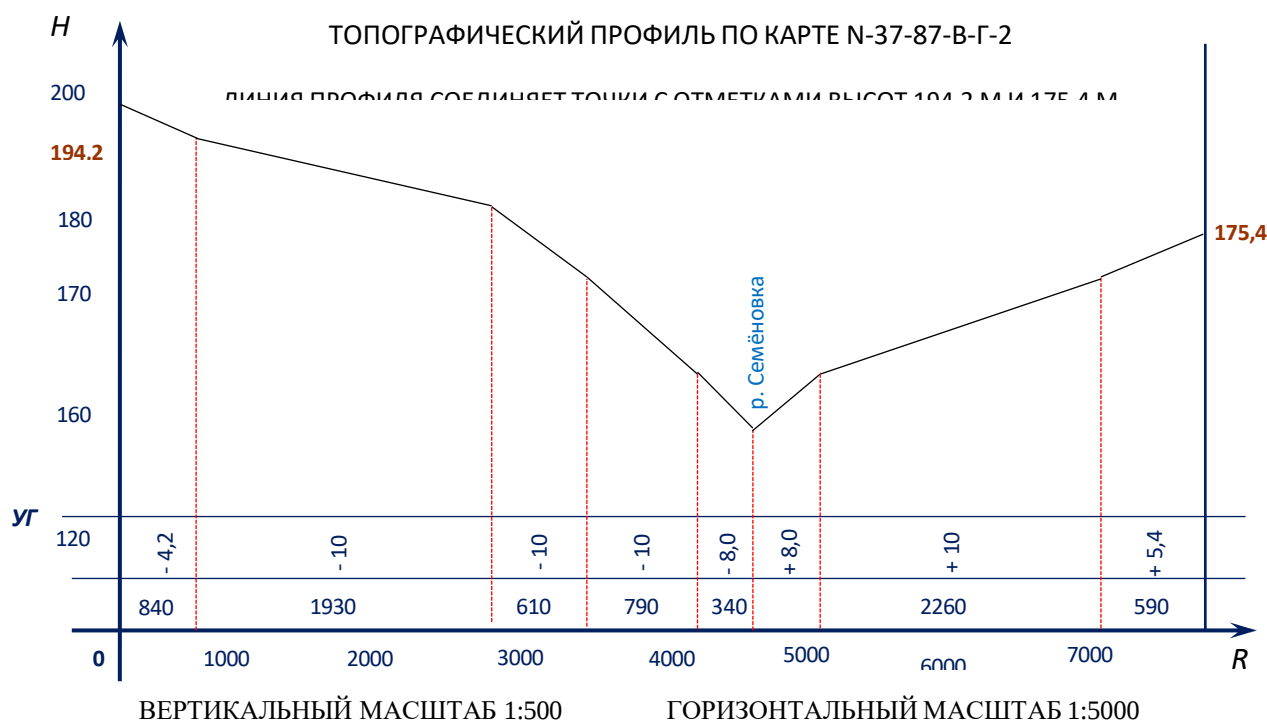


Рис. 53. Пример оформления топографического профиля местности

Из всех полученных точек восстанавливают перпендикуляры. На них в выбранном вертикальном масштабе откладывают значения отметок высот, **уменьшенные на высоту УГ**.

Полученные точки соединяют с помощью линейки между собой (рис. 53) так, чтобы получилась ломанная линия.

В случае пересечения линией профиля водных объектов (рек, озёр, прудов, водохранилищ) их названия подписываются *вертикально* непосредственно на профиле.

Зеркало площадных водных объектов (озёр, прудов, водохранилищ) обозначают отрезком синего цвета, параллельным основанию профиля.

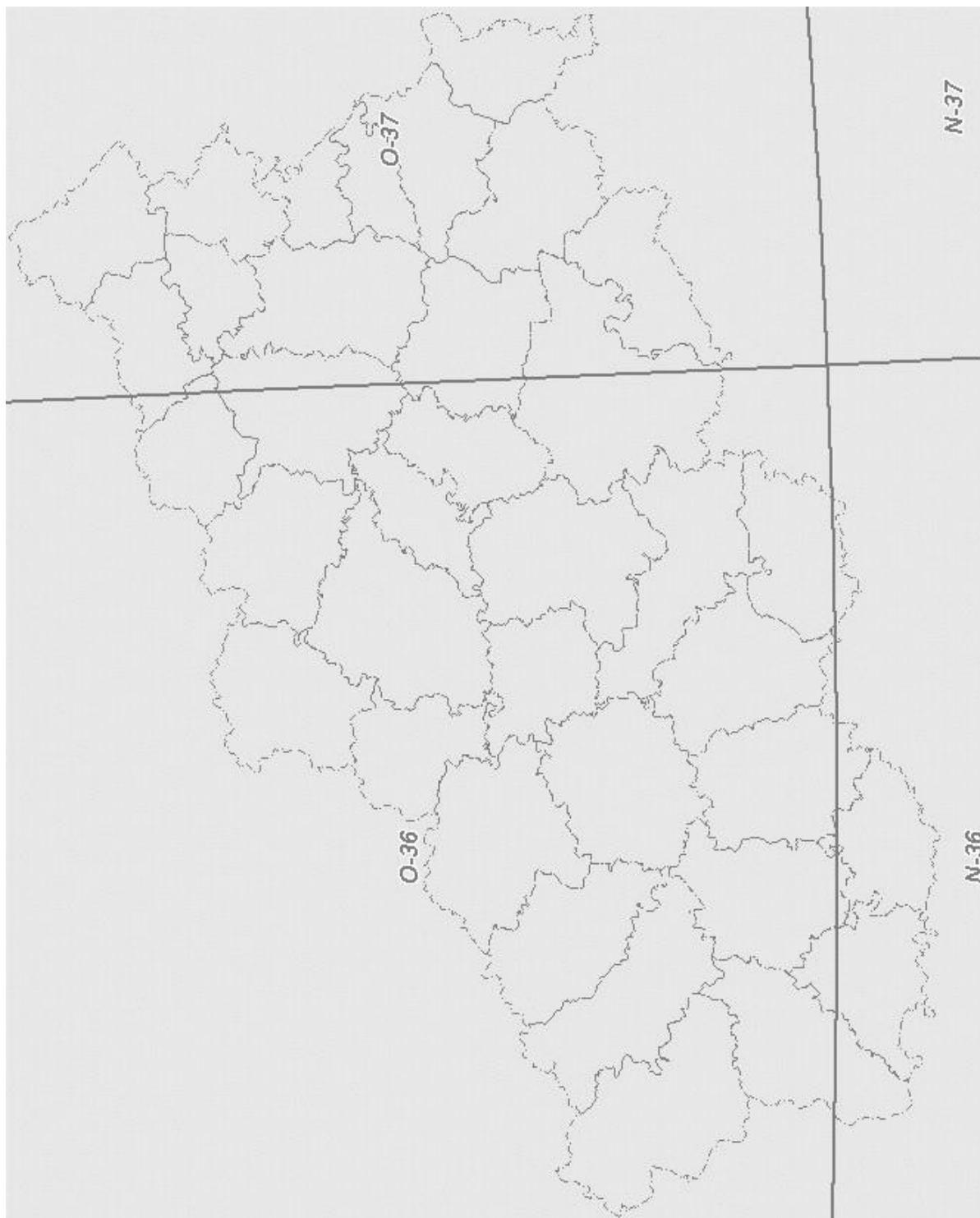
При оформлении профиля также в обязательном порядке указывают:

- *Название (Профиль местности по карте ... (Номенклатура карты))*
- *Точки, между которыми построен топографический профиль*
- *Горизонтальный масштаб*
- *Вертикальный масштаб*
- *Значения по осям координат*

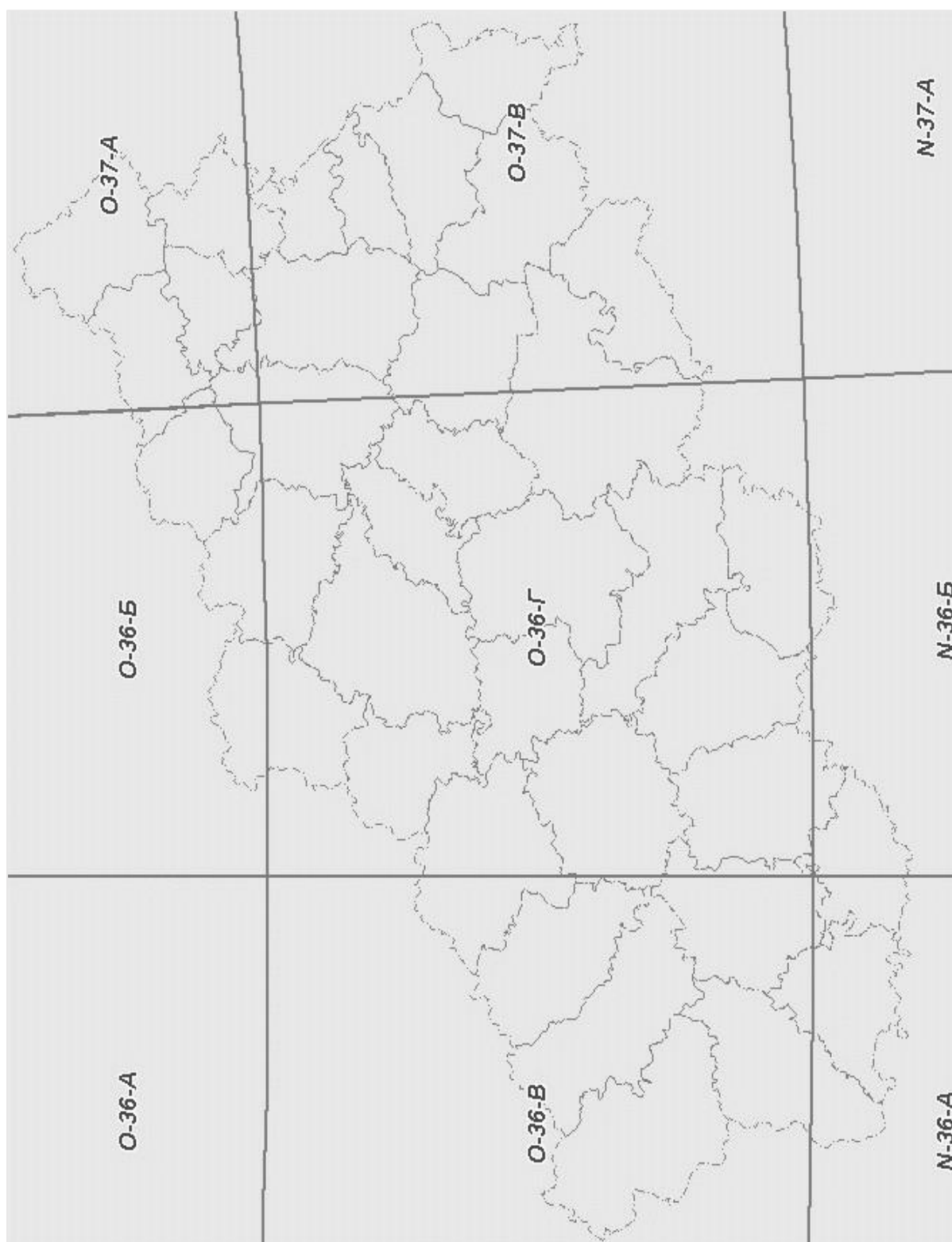
Все подписи выполняют простым карандашом заглавными печатными буквами без наклона; высота букв в подписях – 8-10 мм.

По окончании работы все вспомогательные линии на топографической карте стирают.

Приложение. Номенклатуры листов топографических карт масштабов 1:1 000 000 – 1:100 000 на территорию Тверской области



Номенклатура листов топографических карт масштаба 1:1 000 000



Номенклатура листов топографических карт масштаба 1:500 000

O-36-37	O-36-38	O-36-39	O-36-40	O-36-41	O-36-42	O-36-43	O-36-44	O-36-45	O-36-46	O-36-47	O-36-48	O-37-37	O-37-38	O-37-39	O-37-40		
O-36-49	O-36-50	O-36-51	O-36-52	O-36-53	O-36-54	O-36-55	O-36-56	O-36-57	O-36-58	O-36-59	O-36-60	O-37-49	O-37-50	O-37-51	O-37-52	O-37-53	O-37-54
O-36-61	O-36-62	O-36-63	O-36-64	O-36-65	O-36-66	O-36-67	O-36-68	O-36-69	O-36-70	O-36-71	O-36-72	O-37-61	O-37-62	O-37-63	O-37-64	O-37-65	O-37-66
O-36-73	O-36-74	O-36-75	O-36-76	O-36-77	O-36-78	O-36-79	O-36-80	O-36-81	O-36-82	O-36-83	O-36-84	O-37-73	O-37-74	O-37-75	O-37-76	O-37-77	O-37-78
O-36-85	O-36-86	O-36-87	O-36-88	O-36-89	O-36-90	O-36-91	O-36-92	O-36-93	O-36-94	O-36-95	O-36-96	O-37-85	O-37-86	O-37-87	O-37-88	O-37-89	O-37-90
O-36-97	O-36-98	O-36-99	O-36-100	O-36-101	O-36-102	O-36-103	O-36-104	O-36-105	O-36-106	O-36-107	O-36-108	O-37-97	O-37-98	O-37-99	O-37-100	O-37-101	O-37-102
O-36-109	O-36-110	O-36-111	O-36-112	O-36-113	O-36-114	O-36-115	O-36-116	O-36-117	O-36-118	O-36-119	O-36-120	O-37-109	O-37-110	O-37-111	O-37-112	O-37-113	O-37-114
O-36-121	O-36-122	O-36-123	O-36-124	O-36-125	O-36-126	O-36-127	O-36-128	O-36-129	O-36-130	O-36-131	O-36-132	O-37-121	O-37-122	O-37-123	O-37-124	O-37-125	O-37-126
O-36-133	O-36-134	O-36-135	O-36-136	O-36-137	O-36-138	O-36-139	O-36-140	O-36-141	O-36-142	O-36-143	O-36-144	O-37-133	O-37-134	O-37-135	O-37-136	O-37-137	O-37-138
N-36-1	N-36-2	N-36-3	N-36-4	N-36-5	N-36-6	N-36-7	N-36-8	N-36-9	N-36-10	N-36-11	N-36-12						
N-36-13	N-36-14	N-36-15	N-36-16	N-36-17	N-36-18	N-36-19	N-36-20	N-36-21	N-36-22	N-36-23	N-36-24						

Номенклатура листов топографических карт масштаба 1:100 000

II. Словарь терминов и определений

Азимут (араб. *ас-сумут*, мн. число от *ас-самт* – путь, направление) – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии. По абсолютному значению азимуты изменяются от 0° до 360° .

Бергштрихи (нем. *berg* – гора) – короткие чёрточки, перпендикулярные к горизонталям, показывающие направления скатов. Применяются для различия противоположных форм рельефа.

Внемасштабные топографические знаки – условные топографические знаки, показывающие объекты, площади которых не выражаются в масштабе карты или плана. Внемасштабные знаки локализуются в месте, где данный объект расположен, и передают его количественную и/или качественную характеристику.

Высота сечения рельефа – расстояние между соседними горизонталями (сечениями).

Географический азимут (A) – горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления географического меридиана до направления данной линии.

География – наука, изучающая географическую оболочку Земли, её пространственно-временную структуру и динамику, взаимодействие, распределение географических сфер и отдельных объектов.

Горизонтالي (изогипсы) – плавные кривые линии, соединяющие точки земной поверхности, имеющие одинаковое значение картографируемого показателя (отметки высот для рельефа).

Дирекционный угол (α) – горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от осевого меридиана зоны (линии, параллельной оси абсцисс – X) до направления данной точки. По абсолютному значению дирекционные углы изменяются от 0° до 360° .

Курвиметр (лат. *curvus* – *кривой*) – топографический прибор для измерения длин извилистых линий на картах и планах.

Линейное интерполирование – метод определения неизвестных высот точек, кратных высоте сечения, между точками с известными значениями высот (высотных пикетов).

Линейные топографические знаки – условные топографические знаки, показывающие объекты на топографических картах и планах в одну или несколько линий, ширина которых *не выражается* в данном масштабе карты.

Магнитный азимут (A_M) – горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана до направления данной линии.

Масштаб (нем. *maßstab*, от *maß* – мера, *stab* – палка) – степень уменьшения, отношение отрезка на карте или плане к горизонтальному проложению соответствующего ему отрезка на местности.

Масштаб площади – отношение площади фигуры на топографической карте или плане к площади горизонтальной проекции соответствующего участка местности.

Масштабные топографические знаки – условные топографические знаки, применяющиеся для обозначения объектов, выражающихся в масштабе карты и передающих их очертания и размеры. Состоят из контура и его заполнения.

Направление географического меридиана – линия пересечения плоскости астрономического или геодезического меридиана с горизонтальной плоскостью.

Направление магнитного меридиана – линия пересечения отвесной плоскости, проходящей через полюсы магнитной стрелки, с горизонтальной плоскостью.

Номенклатура – обозначение отдельных листов топографических карт и планов по определённой системе, указывающей их взаимное расположение.

Ориентирование линии – определение её направления относительно другого направления, принятого как исходное (начальное).

Пояснительные (условные) знаки – условные топографические знаки, применяющиеся для дополнительной количественной и/или качественной характеристики объектов и выделения на топографических картах и планах их отдельных разновидностей.

Профиль – уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности. Линия, по которой строится профиль, называется **линией профиля**.

Разграфка – деление топографических карт и планов на отдельные листы, ограниченные линиями сетки (географической или квадратной).

Румб (R) (греч. *rhombos* – юла, круговое движение) – направление к точкам видимого горизонта относительно сторон света или угол между двумя такими направлениями. В геодезии румбом называют угол, не превышающий 90° , составленный направлением магнитного или истинного меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии.

Сближение меридианов – угол между осевым меридианом зоны (линией, параллельной оси абсцисс – X) и направлением истинного меридиана данной точки. Различают восточное положительное и западное отрицательное сближения.

Склонение магнитной стрелки – угол между направлениями истинного и магнитного меридианов, проходящими через данную точку. Различают восточное положительное и западное отрицательное склонения.

Топографическая карта – построенное в картографической проекции (с учётом кривизны земной поверхности), подробное изображение местности, позволяющее определять как плановое, так и высотное положение точек.

Топографический план – крупномасштабное картографическое изображение на плоскости в ортогональной (прямоугольной) проекции ограниченного участка местности, в пределах которого не учитывается кривизна земной поверхности.

Точность масштаба – наименьшая длина горизонтального продолжения линии местности, меньше которой на карте или плане нельзя различить невооружённым глазом.

Условные топографические знаки – специальные графические символы, представляющие объекты, их свойства и отношения в форме удобной для пространственной локализации.

Элементы топографической карты – составные части топографической карты, включающие математическую основу, само картографическое изображение и вспомогательное оснащение.

III. Список использованной литературы

1. *Ассур В. Л., Филатов А. М.* Практикум по геодезии. М.: Изд-во «Недра», 1985 г.
2. *Балаян Б. М.* Лабораторные работы по курсу "Топография с основами геодезии". Калининград: Изд-во ГП "КГТ", 2000 г.
3. *Берлянт А. М.* Картографический словарь. М.: Изд-во «Научный мир», 2005 г.
4. *Берлянт А. М.* Образ пространства: карта и информация. М.: Изд-во «Мысль», 1986 г.
5. *Бурым, Ю. В.* Топография : учебное пособие / *Бурым Ю. В.* – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015 г. – 116 с.
6. *Верещака Т. В.* Топографические карты. Научные основы содержания. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2002 г.
7. *Гаврилова И. И., Казимирова И. В.* Практикум по топографии. I часть. Тверь, Изд-во Тверского госуниверситета, 2004 г.
8. Географический энциклопедический словарь. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1988 г.
9. Геодезия. Топографические съёмки. / Под ред. *Савиных В. П.* и *Яценко В. П.* М.: Изд-во «Недра», 1991 г.
10. Геодезия: учебник для вузов / *Юнусов А. Г., Беликов А. Б., Баранов В. Н., Каширкин Ю. Ю.* – Москва: Академический Проект, 2015 г. – 416 с.
11. *Комисарова Т. С.* Картография с основами топографии. М.: Изд-во «Промсвещение», 2001 г.
12. *Кузнецов, О. Ф.* Основы геодезии и топография местности: учебное пособие / *Кузнецов О. Ф.* – Москва: Инфра-Инженерия, 2017 г. – 286 с.
13. *Курошев Г. Д., Смирнов Л. Е.* Геодезия и топография: учебник для студентов вузов. М.: ИЦ «Академия», 2006 г.
14. *Маслов А. В., Юнусов А. Г., Горохов Г. И.* Геодезические работы при землеустройстве. М.: Изд-во «Недра», 1990 г.

15. *Нестеренок, М. С.* Геодезия: учебное пособие / *Нестеренок М. С.* – Минск: Высшая школа, 2012 г. – 288 с.
16. *Неумывакин Ю. К.* Практикум по геодезии. М.: Изд-во «КолосС», 2008 г.
17. *Неумывакин Ю. К., Смирнов А. С.* Практикум по геодезии. М.: Недра, 1985 г.
18. *Панкин И. А., Седун А. В.* Практические работы по геодезии. М.: Изд-во «Недра», 1978 г.
19. *Перфильев, А. А.* Топография (геодезия): учебное пособие для бакалавров / *Перфильев А. А., Бучельников М. А., Тушина А. С.* – Саратов: Вузовское образование, 2019 г. – 134 с.
20. *Разумов О. С.* Топография и инженерная геодезия. Саранск: Изд-во Мордовского государственного университета, 1990 г.
21. Учебная топографическая карта масштаба 1:10 000 У-34-37-В-в-4
22. Учебная топографическая карта масштаба 1:25 000 У-34-37-В Снов
23. Учебный топографический план масштаба 1:5000 Лист 17 «Петровск»
24. *Чурилова Е. А., Колосова Н. Н.* Картография с основами топографии. Практикум. М.: Изд-во «Дрофа», 2004 г.
25. *Шварцман Б. Е.* Задачник по геодезии. М.: Изд-во «Недра», 1977 г.
26. *Яников Г. В.* Практическое пособие по основам топографии и картографии. М.: Изд-во «Просвещение», 1971 г.

Отпечатано с авторских оригиналов

Подписано в печать 26.08.2020. Формат 60х84 1/16.
Усл. печ. л. 4,7. Тираж 300. Заказ № 198. Редакционно-издательское
управление Тверского государственного университета.
Адрес: 170100, г. Тверь, Студенческий пер., 12, корпус Б. Тел. РИУ (4822)
35-60-63.

