

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування

С. М. Остапчук

ТОПОГРАФІЧНІ ПЛАНИ ТА КАРТИ
Конспект лекцій

Навчально-методичний посібник

Рівне-2025

УДК 528.9

О-76

Рецензенти:

Дмитрів О. П., кандидат технічних наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне;

Корбутяк В. М., кандидат технічних наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне.

Рекомендовано науково-методичною радою Національного університету водного господарства та природокористування.

Протокол № 12 від 18 грудня 2024 р.

Остапчук С. М.

О-76 Топографічні плани та карти. Конспект лекцій : навч.-метод. посіб. [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2025. – 82 с.

ISBN 978-966-327-622-9

У навчально-методичному посібнику викладено матеріали за формою конспекту лекцій з дисципліни «Топографічні плани та карти».

Навчально-методичний посібник призначено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» денної і заочної форм навчання.

УДК 528.9

ISBN 978-966-327-622-9

© С. М. Остапчук, 2025

© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2025

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	5
Передмова.....	7
Тема 1. Загальні відомості про топографічні плани та карти.....	8
1.1. Суть, особливості та сфери застосування топографічних планів, карт, профілів земної поверхні.....	8
1.2. Масштаби, точність масштабу.....	10
1.3. Класифікація планів та карт за різними ознаками.....	11
1.4. Загальна схема оформлення карти. Основні елементи карти.....	12
1.5. Суть зональної системи плоских прямокутних координат Гаусса-Крюгера. Зображення на картах системи прямокутних та географічних координат.....	13
Запитання для самоконтролю.....	17
Тема 2. Розграфлення та номенклатура топографічних карт та планів...	18
2.1. Суть розграфлення та номенклатури картографо-топографічних матеріалів.....	18
2.2. Розграфлення та номенклатура топографічних карт.....	18
2.3. Розграфлення та номенклатура топографічних планів.....	23
Запитання для самоконтролю.....	24
Тема 3. Умовні топографічні знаки.....	25
3.1 Суть, особливості та значення умовних знаків на топографічних картах та планах.....	25
3.2. Класифікація умовних топографічних знаків, приклади.....	26
Запитання для самоконтролю.....	30
Тема 4. Розв'язування задач за топографічними картами на координати точок.....	31
4.1 Визначення за картою прямокутних координат точки.....	31
4.2 Нанесення на карту точки за відомими прямокутними координатами.....	33
4.3. Визначення відстаней між точками за відомими прямокутними координатами.....	33
4.4. Визначення за картою географічних координат точки.....	33
4.5. Нанесення на карту точки за відомими географічними координатами.....	34
Запитання для самоконтролю.....	35
Тема 5. Рельєф і його зображення на топографічних планах та картах.....	36
5.1. Суть та значення показу рельєфу на топографо-картографічних матеріалах. Висоти точок.....	36
5.2. Способи зображення рельєфу.....	37

5.3. Основні форми рельєфу.....	40
Запитання для самоконтролю.....	42
Тема 6. Розв’язування задач за топографічними картами на висоти точок.....	43
6.1. Визначення висот точок за горизонталями.....	43
6.2. Визначення крутизни схилів та кутів нахилу за горизонталями.....	44
6.3. Побудова лінії заданого ухилу.....	47
6.4. Визначення за горизонталями довжини похилої на місцевості лінії..	47
6.5. Побудова профілю лінії за заданим напрямком.....	48
Запитання для самоконтролю.....	49
Тема 7. Визначення площ ділянок за топографічними картами.....	51
7.1. Графічний спосіб визначення площ.....	51
7.2. Аналітичний спосіб визначення площ.....	52
7.3. Механічний спосіб визначення площ.....	53
7.4. Окомірний спосіб визначення площ.....	55
Запитання для самоконтролю.....	55
Тема 8. Орієнтування ліній.....	57
8.1. Загальні відомості про орієнтування ліній.....	57
8.2. Визначення істинних та магнітних азимутів.....	58
8.3. Визначення дирекційних кутів і румбів заданих напрямків.....	59
8.4. Передача орієнтирних напрямків через кути повороту.....	61
Запитання для самоконтролю.....	62
Тема 9. Окремі задачі за топографічними картами та планами.....	64
9.1. Орієнтування карти на місцевості.....	64
9.2. Визначення видимості між точками.....	65
9.3. Визначення об’ємів характерних форм рельєфу.....	66
9.4. Визначення площі водозбору.....	67
9.5. Прості арифметичні дії з топографічними поверхнями.....	68
9.6. Визначення об’єму деревини у лісі.....	69
9.7. Визначення повноводності річки.....	70
9.8. Розрахунок часу спускання за течією річки.....	71
Запитання для самоконтролю.....	71
Тема 10. Сучасна термінологія у загальнодержавному топографічному картографуванні. Топографічні карти НАТО.....	72
10.1. Суть основних термінів у загальнодержавному топографічному картографуванні.....	72
10.2. Загальні відомості про топографічні карти НАТО.....	75
Запитання для самоконтролю.....	
Короткий термінологічний словник.....	79
Література.....	82

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АР – Автономна Республіка
га – гектар
ДЗЗ – дистанційне зондування Землі
зх – захід
км – кілометр
км² – квадратний кілометр
м – метр
м² – квадратний метр
м³ – кубічний метр
мм – міліметр
НАТО – Північноатлантичний військовий альянс
НІГД – Національна інфраструктура геопросторових даних
пд – південь
пн – північ
см – сантиметр
сх – схід
УСК-2000 – Українська система координат 2000 року
A – істинний азимут
A_м – магнітний азимут
ISO – Міжнародна організація зі стандартизації
H – висота точки
h – перевищення між точками
P – площа
r – румб
UTM – універсальна поперечна проєкція Меркатора
V – об'єм
WGS-84 – Світова геодезична система координат 1984 року
x – абсциса
y – ордината
α – дирекційний кут
β – горизонтальний кут
Δ – приріст
γ – зближення меридіанів
δ – схилення магнітної стрілки
λ – географічна довгота
φ – географічна широта
° – градус
' – хвилинка
" – секунда
(%) – відсотки
(‰) – проміле

ПЕРЕДМОВА

Метою вивчення дисципліни «Топографічні плани та карти» є засвоєння теоретичних знань планово-картографічних матеріалів та практичних навичок їх використання для вирішення завдань майбутньої професійної діяльності здобувачів вищої освіти, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій».

Основні завдання курсу:

- ознайомити студентів із сутністю та теоретичними основами топографічних планів, карт, профілів земної поверхні;
- навчити правильно застосовувати методичний інструментарій використання топографо-геодезичних матеріалів для вирішення наукових та практичних задач;
- сформуванню вміння застосовувати системний підхід при вивченні викладених положень дисципліни.

Вивчення освітньої компоненти передбачає наявність систематизованих та ґрунтовних знань зі шкільних предметів, насамперед географії та математики. Отримані ж знання та навички необхідні при вивченні вузівських дисциплін «Геодезія», «Геологія та геоморфологія», «Ґрунтознавство», «Інженерна геодезія», «Територіально-просторове планування», «Основи фотограмметрії», «Картографія».

Всього у навчально-методичному посібнику висвітлено 10 важливих лекційних тем, які містять необхідний ілюстративний матеріал у вигляді таблиць та рисунків для кращого сприйняття текстової складової. У кінці кожної теми пропонуються запитання для самоконтролю. На початку посібника розміщено перелік використаних умовних скорочень, в кінці – короткий термінологічний словник. З методичної точки зору такий підхід подання матеріалу видається логічно обґрунтованим, що має сприяти кращому засвоєнню дисципліни.

ТЕМА 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТОПОГРАФІЧНІ ПЛАНИ ТА КАРТИ

- 1.1. Суть, особливості та сфери застосування топографічних планів, карт, профілів земної поверхні.
- 1.2. Масштаби, точність масштабу.
- 1.3. Класифікація планів та карт за різними ознаками.
- 1.4. Загальна схема оформлення карти. Основні елементи карти.
- 1.5. Суть зональної системи плоских прямокутних координат Гаусса-Крюгера. Зображення на картах системи прямокутних та географічних координат.

1.1. Згідно існуючого державного стандарту термінів та визначень:

- *карта (мапа)* – зменшене, побудоване в картографічній проєкції, узагальнене і виконане за допомогою певної системи умовних знаків зображення земної поверхні, іншого якогось небесного тіла чи навіть позаземного простору з розміщеними на цих територіях об'єктами реальної дійсності;
- *топографічна карта* – детальне зображення, за допомогою якого можна знайти планове і висотне положення точок земної поверхні;
- *топографічний план* – великомасштабне зображення обмеженої частини місцевості на площині в ортогональній проєкції без врахування кривизни земної поверхні;
- *профіль* – зменшене зображення вертикального розрізу земної поверхні за певним напрямом.

У наведеному визначенні карти підкреслюються основні особливості, важливі для її розуміння: математичний закон побудови, застосування особливих знакових систем (умовних знаків), відбір і узагальнення відображуваних об'єктів та явищ.

Топографічні карти створюються для порівняно великих частин земної поверхні, що передбачає врахування її кривизни і нанесення картографічної сітки меридіанів та паралелей. Такі карти традиційно укладаються у масштабах 1:10 000 і менше, тобто дрібніше.

При створенні топографічних карт враховуються практичні потреби людської діяльності. Завдячуючи багатству змісту, оптимальній градації масштабів, належній точності і продуманості оформлення, такі карти дають змогу розв'язувати різноманітні задачі, необхідні для вивчення та використання відповідної території. Водночас, топографічні карти використовуються в якості вихідних картографічних матеріалів при створенні географічних основ тематичних карт.

Топографічні плани, на відміну від топографічних карт, будують уже для відносно невеликих ділянок (до 20х20 км, у цьому випадку кривизну земної поверхні можна не брати до уваги). Картографічна сітка на них уже відсутня, а масштаби від 1:500 до 1:5 000 включно. Позаяк топографічні плани, на відміну від топографічних карт, мають більший, тобто крупніший масштаб, то вони характеризуються й більшою детальністю зображення.

На основі топографічних планів можна здійснювати розробку генеральних планів, технічних проєктів та робочих креслень для забезпечення будівництва різного роду інженерних споруд.

Побудову профілів прийнято виконувати у двох масштабах: горизонтальному і вертикальному. Як правило, горизонтальний масштаб приймають рівним відповідної карти чи плану, а вертикальний з метою забезпечення виразності читання рельєфу – у 10 чи 20 разів крупнішим.

Основні властивості карт та планів як моделей дійсності:

- географічна відповідність;
- геометрична точність та вимірність зображень;
- наочність;
- повнота змісту.

Основні функції планово-картографічних матеріалів:

- пізнавальні – здобуття нових знань про навколишню дійсність;
- комунікативні – передача потрібної інформації;
- оперативні – розв’язування практично-значимих завдань (розвідування корисних копалин, проєктування лінійних споруд, ведення кадастру, охорона і покращення географічного середовища);
- прогностичні – визначення можливостей та напрямків розвитку об’єктів, процесів, явищ.

Основні сфери використання планово-картографічних матеріалів:

- наукові комплексні, галузеві та регіональні дослідження;
- розміщення продуктивних сил;
- промислове, сільськогосподарське, транспортне, комунальне, житлове будівництво;
- прогноз стихійних і небезпечних явищ;
- орієнтування, навігація, туризм;
- військова справа;
- освіта.

Усі вітчизняні топографічні плани та карти створюються і видаються на основі єдиних норм, стандартів, положень й настанов, що дає змогу забезпечити їх високий науково-технічний рівень.

1.2. Горизонтальні проекції ліній місцевості на планах і картах показують у зменшеному вигляді. Ступінь же зменшення ліній місцевості при перенесенні їх на папір підписують за допомогою масштабу. *Масштабом* прийнято називати відношення довжини відрізка на плані чи карті до його відповідного горизонтального прокладення на місцевості.

Масштаб має числову, словесну та лінійну форми вираження:

- *числовий масштаб* – це дріб, у чисельнику якого стоїть одиниця, а у знаменнику – число, що вказує, у скільки разів зменшені горизонтальні прокладення ліній на місцевості при їх зображенні на відповідних планах чи картах. Для зручності обчислень числовий масштаб прийнято записувати у вигляді *1:т*. Для прикладу: 1:500, 1:1 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:200 000;
- *словесний масштаб* – це супроводжуюче словесне пояснення на планах і картах числового масштабу: скільком метрам на місцевості відповідає 1 см відповідного плану чи карти. Для прикладу, при числовому масштабі 1:50 000, словесний масштаб записують як: в 1 сантиметрі 500 метрів. Таке подання масштабу називають ще *іменованим масштабом*;
- *лінійний масштаб* – це відрізок прямої, який розділений на однакові підписані проміжки, що означають відповідні горизонтальні відстані на земній поверхні. Такі рівні частини називаються основами. Довжина основи може бути довільної величини, але найчастіше її приймають 2 см. Ліву крайню основу поділяють ще на дрібніші частини з метою вимірювання відстаней з більшою точністю.

На топографічних картах вказують числовий, словесний та лінійний масштаби в такому порядку, як показано на рис. 1.1, а на планах – лише числовий та словесний масштаби. Масштаби наводять внизу, під південною лінією рамки.



Рис. 1.1. Масштаби:
а) числовий; б) словесний; в) лінійний

Серед наведених масштабів найвищу практичну точність має лінійний (0,5 мм).

Для виконання більш точних графічних робіт можна користуватися поперечним масштабом, який дозволяє вимірювати відрізки з точністю до 0,1 мм (рис. 1.2).

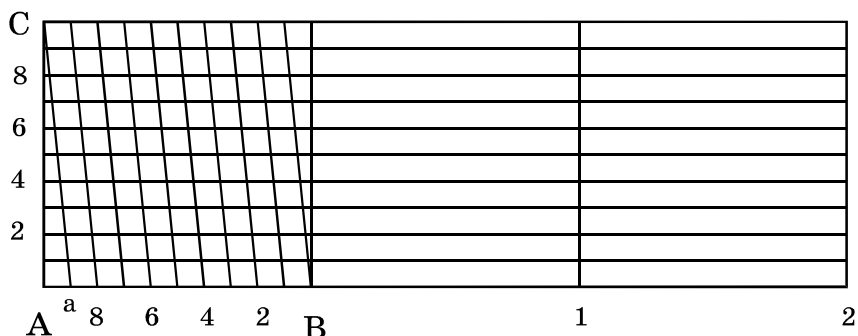


Рис. 1.2. Поперечний масштаб

Поперечний масштаб представляє собою графік, який оснований на пропорційному поділі відрізків. Для побудови поперечного масштабу на прямій відкладають декілька разів 2-сантиметровий відрізок, який називається основою масштабу. Через отримані точки проводять перпендикуляри. Через ці перпендикуляри на однакових віддальях проводять прямі лінії, паралельні основі масштабу (всього 10 частин). Крайню ліву основу масштабу знизу і зверху також ділять на 10 частин (через 2 мм). Отримані точки з'єднують похилими лініями (вони називаються трансверсальми), як це показано на рис. 1.2. У такому випадку десяти долі основи будуть відкладатися справа наліво по лінії *ВА*, а соті долі основи – знизу вверху по лінії *АС*. Поперечний масштаб гравіюють на спеціальних металевих лінійках, які називають масштабними, і геодезичних транспортирах.

Фізіологічні можливості людського ока мають певні обмеження. Тому на плані чи карті в найбільш сприятливому випадку можна побачити точки і лінії, величина яких становить 0,1 мм і більше. Менші розміри людське око з нормальним зором на відстані 25–35 см уже не може розрізнити. Величина горизонтальної проєкції лінії на місцевості, яка відповідає 0,1 мм на карті чи плані заданого масштабу, називається *граничною точністю масштабу*.

1.3. Класифікацію планів та карт прийнято виконувати за різними ознаками, основними з яких вважаються зміст та масштаб.

Згідно змісту географічні карти поділяються на *загальногеографічні* і *тематичні*. Загальногеографічні карти відображають сукупність основних елементів місцевості, до яких належать рельєф, гідрографія, рослинність, населені пункти, шляхи сполучення, окремі об'єкти та ін. Особливості їх змістового наповнення визначаються масштабом карти. Тематичні карти, основний зміст яких визначається конкретною темою відображення, присвячені певному елементу чи явищу (ґрунти, рослинний покрив, клімат,

транспорт, населення, урожайність зернових культур, історичні події тощо). Їх поділяють на карти природних явищ та карти суспільних явищ, які, водночас, групують за більш вузькими галузями картографування.

Залежно від масштабу карти поділяють на три групи:

- *великомасштабні* (від масштабу 1:10 000 до масштабу 1:200 000 включно);
- *середньомасштабні* (менше масштабу 1:200 000 до 1:1 000 000 включно);
- *дрібномасштабні* (менше масштабу 1:1 000 000).

Великомасштабні карти ще називають топографічними, середньомасштабні – оглядово-топографічними, а дрібномасштабні – оглядовими.

Що стосується планів, то за змістом плани поділяють на *основні та спеціалізовані*. До перших належать плани універсального призначення, які розраховані на комплексне задоволення основних вимог багатьох галузей практичної діяльності. До спеціалізованих належать плани, які дають змогу розв'язувати конкретні задачі в окремо взятій галузі чи сфері діяльності. У цьому випадку дозволяється нанесення додаткової інформації, підвищення вимог до точності показу окремих елементів або навіть необов'язковість зображення певної частини змісту, передбаченого для основного топографічного плану.

1.4. Загальну схему оформлення карти показано на рис. 1.3.

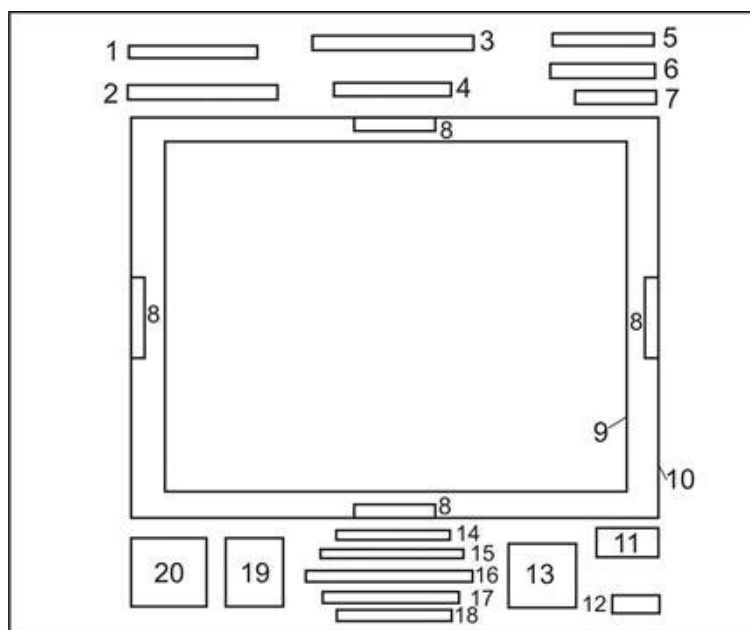


Рис. 1.3. Схема оформлення карти

- 1 – система координат;
- 2 – назва області чи АР Крим, територія яких показана на даному аркуші карти;
- 3 – назва відомства, яке підготувало карту до видання;
- 4 – назва найбільшого населеного пункту на карті;
- 5 – гриф карти;
- 6 – номенклатура аркуша карти;
- 7 – рік видання карти;
- 8 – номенклатура суміжних аркушів карти;
- 9 – внутрішня рамка карти;
- 10 – зовнішня рамка карти;
- 11 – рік і вид знімання, за даними яких укладена карта;
- 12 – виконавці;
- 13 – графік закладень;
- 14 – числовий масштаб;
- 15 – словесний масштаб;
- 16 – лінійний масштаб;
- 17 – висота перерізу рельєфу;
- 18 – система висот;
- 19 – схема взаємного орієнтування осьового, істинного та магнітного меридіанів;
- 20 – дані про зближення меридіанів та схилення магнітної стрілки.

До елементів карти належать її складові, які включають саме картографічне зображення, математичну основу, легенду, допоміжне оснащення та додаткові дані.

Головним елементом топографічної карти є картографічне зображення, яке включає сукупність відомостей про природні і соціально-економічні об'єкти та явища: рельєф, гідрографію, ґрунтовий та рослинний покрив, населені пункти, шляхи сполучення та зв'язку, кордони і межі, об'єкти економіки, культури та ін.

1.5. *Зональна система плоских прямокутних координат Гаусса-Крюгера* використовується для великомасштабних зображень значних частин земної поверхні на площині. Для великомасштабного картографування потрібна проєкція, яка забезпечувала би збереження подібного зображення фігур при переході з поверхні земної кулі на площину (таку проєкцію називають *рівнокутною або конформною*). Таким вимогам відповідає прийнята в Україні (з 1928 року) *поперечно-циліндрична рівнокутна проєкція Гаусса-Крюгера*.

Для зображення поверхні земної кулі на площині в проєкції Гаусса-Крюгера (рис. 1.4), поверхню розмічують меридіанами на зони через 6° по

довготі. Отримані *шестиградусні зони* позначаються арабськими цифрами від 1 до 60, відлік виконують від Гринвіцького меридіана. Щоб зменшити спотворення проєкції, при укладанні планових матеріалів масштабу 1:5 000 і крупніше, застосовують триградусну зону. Середній меридіан кожної зони називається *осьовим*. Осьові меридіани зон і лінія екватора є прямолінійними, всі інші меридіани і паралелі – кривими. Спотворення розмірів контурів поблизу меридіанів мінімальні, вони збільшуються по мірі віддалення від них.

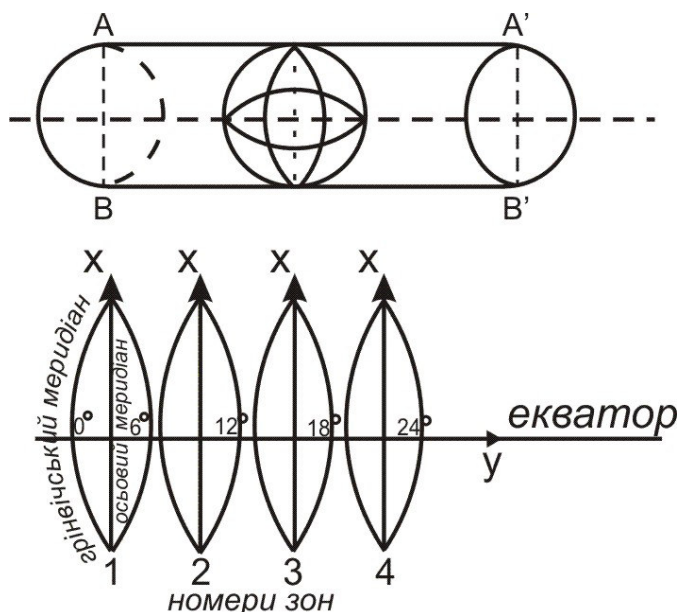


Рис. 1.4. Зональна система плоских прямокутних координат Гаусса-Крюгера

За вісь абсцис (Ox) приймають вісь осьового меридіана, яка має додатній напрямок на північ, а за вісь ординат (Oy) – лінію екватора, яка має додатній напрямок на схід. Чверті нумеруються за рухом годинникової стрілки, починаючи від додатного напрямку осі x (рис. 1.5).

Початком відліку координат в кожній зоні є перетин осьового меридіана і екватора. А сама система координат в кожній зоні однакова. Для території України, яка знаходиться у північній півкулі, абсциси завжди будуть додатними. Для того, щоб і ординати були також додатними, початок їх відліку зміщують на захід від осьового меридіана на 500 км (рис. 1.6). Перетворена ордината починається з номера зони. Для прикладу, якщо точка знаходиться в 12 зоні західніше осьового меридіана на 78366 м, то перетворена ордината матиме вигляд $y = 12421634$ м (див. т. А на рис. 1.6). У випадку, якщо точка розміщена східніше осьового меридіана на 78366 м, то її

перетворена ордината буде мати значення $y = 12078366$ м (див. т. В на рис. 1.6).

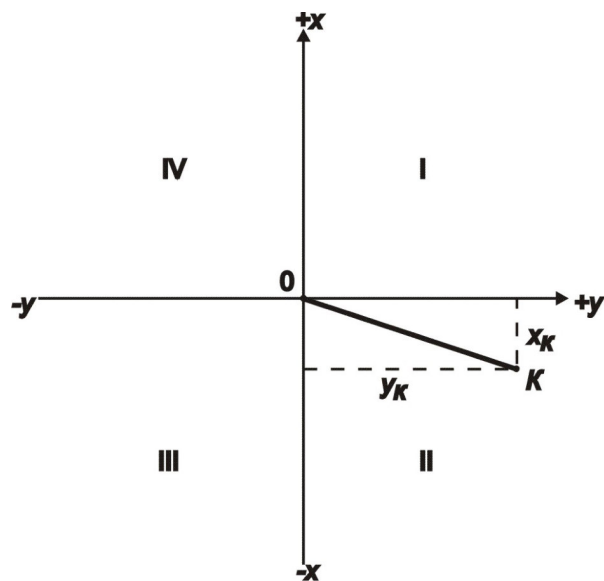


Рис. 1.5. Система прямокутних координат

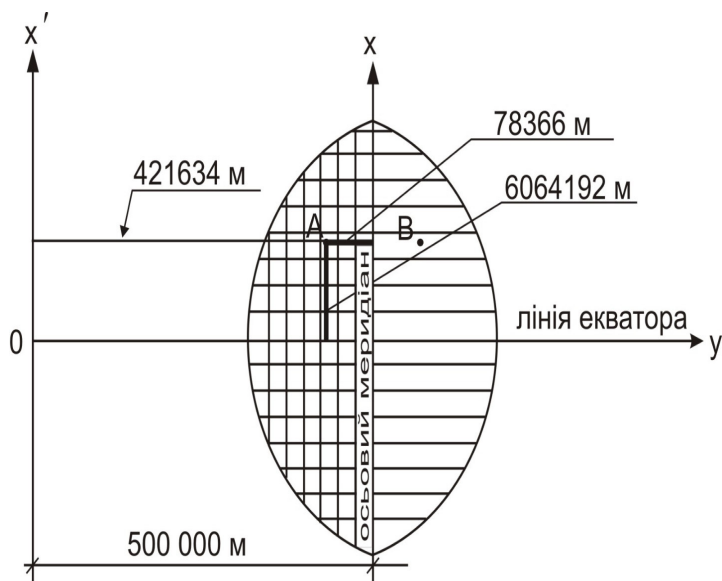


Рис. 1.6. Відлік прямокутних координат в системі Гаусса-Крюгера

Для зручності користування системою прямокутних координат на аркушах топографічних карт показується координатна сітка, яка називається кілометровою, тому що переважно лінії проводять через цілу кількість кілометрів. Вона являє собою систему взаємно перпендикулярних ліній, які

паралельні до осьового меридіана зони (вертикальні лінії) та екватора (горизонтальні лінії).

Поле карти обмежене внутрішньою рамкою. Лінії кілометрової сітки продовжуються за полем карти, де біля них підписані значення x та y в кілометрах. Біля крайніх ліній кілометрової сітки підписують повні значення координат, як от, на рис. 1.7: $x_{пд} = 5840$ км; $y_{сх} = 2634$ км. На проміжних лініях сітки підписують тільки скорочені значення координат – лише десятки та одиниці кілометрів.

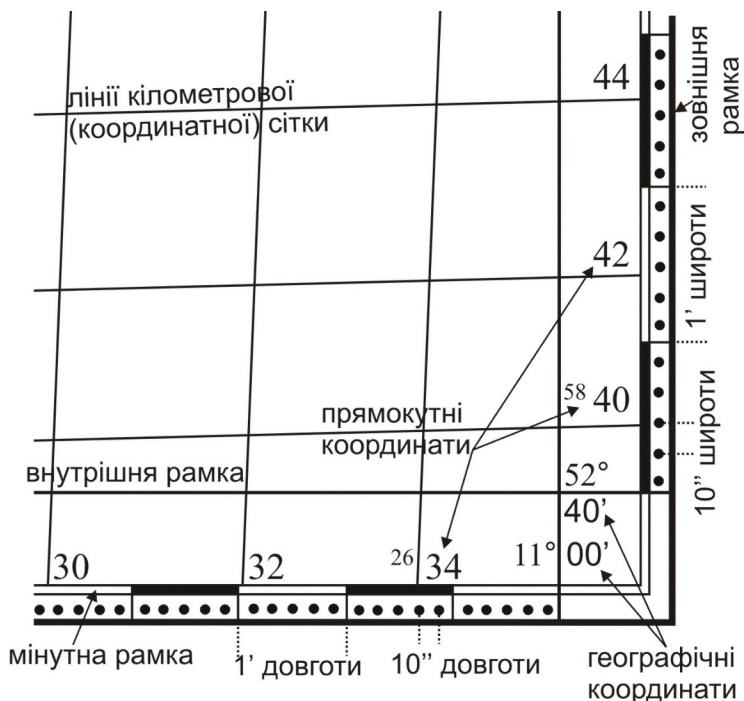


Рис. 1.7. Зображення на топографічних картах прямокутних та географічних координат

Лінії внутрішньої рамки карти паралельні до географічного меридіана (вертикальна лінія рамки) та паралелі (горизонтальна лінія рамки). У кутах рамки підписують географічні координати (для прикладу, на рис. 1.7: $\varphi_{пд} = 52^{\circ}40'$, $\lambda_{сх} = 11^{\circ}00'$). За полем рамки прямокутних координат, на віддалі 7 мм від внутрішньої рамки, побудована мінутна рамка, яка розділена відрізки (чорного і білого кольорів), що відповідають 1 минуті (') широти чи довготи. Кожне минутне поділкування розділене точками (знаходяться між минутною рамкою і зовнішньою) на 6 частин по 10 секунд (") кожна (рис. 1.7).

У місцях виходу за поле карти доріг підписують назву найближчого міста чи села, куди веде дана дорога, при цьому зазначають відстань у кілометрах від рамки до цього населеного пункту.

Поряд з мінутною рамкою побудована зовнішня рамка, яка являє собою суцільну потовщену лінію. З кожного боку аркуша карти, по середині ліній зовнішньої рамки, у розриві, підписується номенклатура сусіднього аркуша.

Запитання для самоконтролю

- 1. Дайте визначення топографічної карти, топографічного плану, профілю земної поверхні. У яких масштабах виконують їх побудову?*
- 2. Назвіть сфери використання планово-картографічних матеріалів.*
- 3. Назвіть суть числового, словесного та лінійного масштабів. Наведіть приклади.*
- 4. Поясніть побудову поперечного масштабу. Яка його точність?*
- 5. Визначте точність масштабу 1:50 000.*
- 6. Як виконують класифікацію топографічних карт за масштабом?*
- 7. Як виконується класифікація топографічних планів за змістом?*
- 8. Назвіть основні елементи карти.*
- 9. Поясніть побудову зональної системи плоских прямокутних координат Гаусса-Крюгера.*
- 10. Поясніть будову внутрішньої рамки топографічної карти.*

ТЕМА 2

РОЗГРАФЛЕННЯ ТА НОМЕНКЛАТУРА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ ТА ПЛАНІВ

- 2.1. Суть розграфлення та номенклатури картографо-топографічних матеріалів.
- 2.2. Розграфлення та номенклатура топографічних карт.
- 2.3. Розграфлення та номенклатура топографічних планів.

2.1. Топографічні карти та плани створюють на велику поверхню земної кулі і складаються з багатьох аркушів. Розміри же аркушів вибирають таким чином, щоб ними було зручно користуватися. Усі аркуші топографічних карт та планів об'єднані єдиною системою розграфлення та номенклатури.

Поділ за встановленими правилами карт та планів різних масштабів паралелями та меридіанами на окремі аркуші називається *розграфленням*, а система їх позначення (нумерації) за допомогою відповідних літер та цифр – *номенклатурою*. Територія, відображена на карті чи плані одного масштабу накладається цілим числом аркушів іншого, більшого масштабу. Тому за номенклатурою аркуша можна визначити масштаб і географічне положення зображеної на ньому території. Можна й навпаки, за географічними координатами точки визначити номенклатура аркуша карти чи плану необхідного масштабу. Нумерацію аркушів будь-якого масштабу (літерами і цифрами) виконують зверху вниз і зліва направо.

Номенклатуру аркуша позначають зверху над північною стороною рамки. Поряд із номенклатурою підписують назву найбільшого із показаних населених пунктів. На кожному аркуші зазначають також номенклатуру суміжних із ним аркушів, що полегшує їхній підбір та подальшу роботу при вивченні сусідніх територій чи склеюванні планово-картографічних матеріалів. Ці написи ставлять у розривах посередині сторін зовнішньої рамки аркуша.

Для визначення номенклатури аркушів крупніших масштабів при необхідності рекомендовано будувати схеми розграфлення, підписувати координати рамок і аналізувати отриману інформацію.

2.2. Для виконання процедури розграфлення і номенклатури карт усіх масштабів прийняті аркуші *карти масштабу 1:1 000 000 проєкції Гаусса-Крюгера*, яку називають *міжнародною* або *мільйонною картою* (ідею створення карти єдиного масштабу на всю земну поверхню було підтримано на 5 Міжнародному географічному конгресі у Берні в 1891 р., а правила укладання такої карти у Лондоні в 1909 р.).

Для отримання аркуша міжнародної карти всю земну кулю (рис. 2.1) поділяють на:

- *пояси (ряди)* паралелями через 4° по широті на північ та південь від лінії екватора. Вони (22 *пояси*) позначаються заголовними буквами латинського алфавіту A, B, C, D ... U, V для північної і південної півкуль;
- *колони* меридіанами через 6° по довготі від меридіана 180° із заходу на схід (проти руху годинникової стрілки). Вони позначаються арабськими цифрами від 1 до 60;
- навколо полюсів виділяються зони розміром 2° по широті (позначені Z).

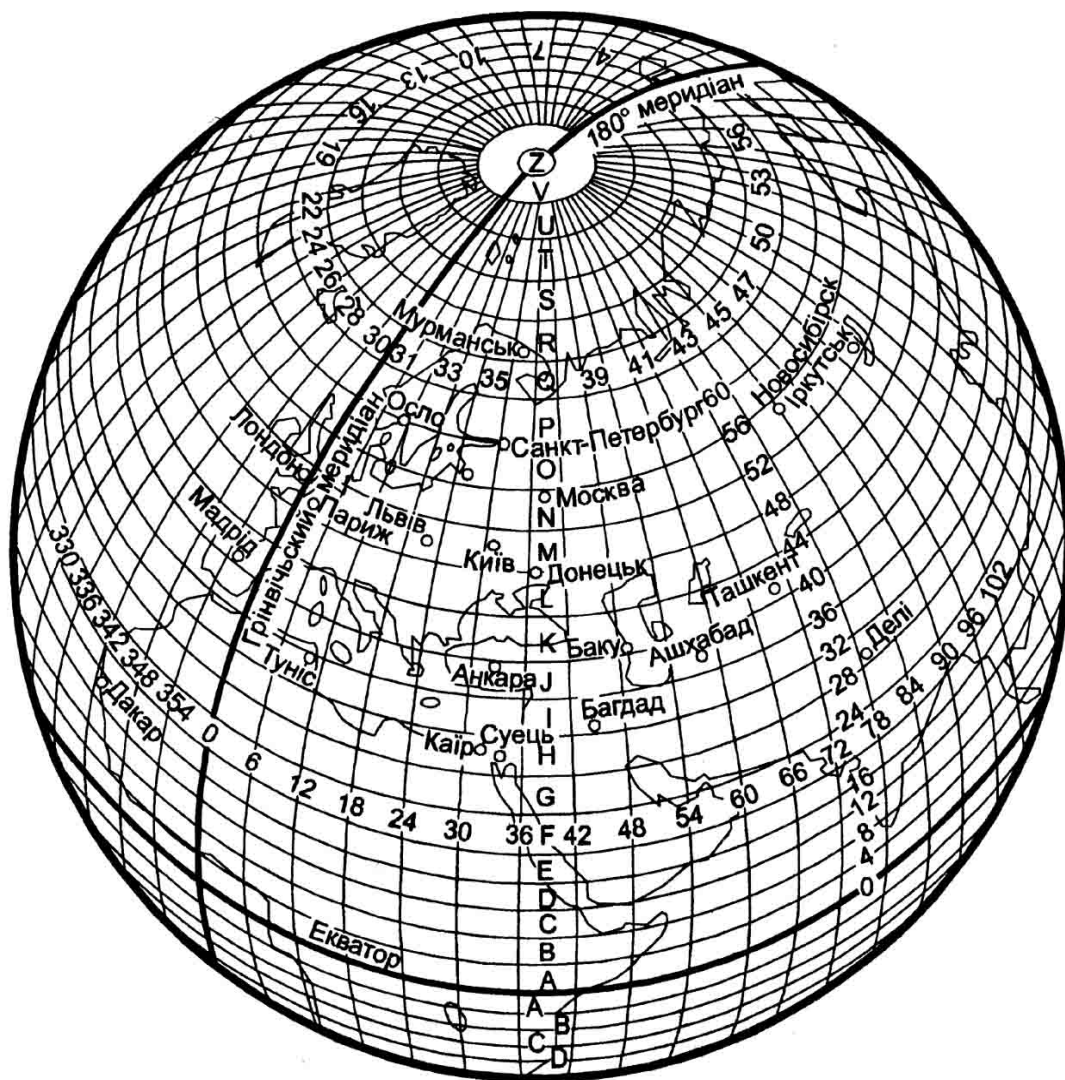


Рис. 2.1. Схема розграфлення поверхні земної кулі на окремі аркуші карти масштабу 1:1 000 000

Якщо є необхідність, то прийнято перед літерами, які позначають пояси північної півкулі, ставити букву *N*, а перед літерами, які позначають пояси південної півкулі – *S*.

Оскільки шестиградусні зони відлічують від Гринвіцького меридіана, номери зон і колон різняться на 30. Скажімо, якщо номер колони 1, то зони – 31, якщо колони 31, то зони – 1.

Отже, всю земну поверхню зображають на 2 640 аркушах карти масштабу 1:1 000 000 у вигляді трапецій, які мають розміри 4° за широтою і 6° за довготою.

Положення аркуша карти масштабу 1:1 000 000 у загальній системі позначень, тобто його номенклатура, визначається літерним позначенням широтного поясу і номером колони. Спочатку пишуть літеру поясу (ряду), потім через тире номер колони. Наприклад, аркуш мільйонної карти з містом Києвом (рис. 2.2) позначають як *M-36* (або *NM-36*). Географічні координати кутів аркуша карти *M-36* визначаються місцями перетину паралелей 48° і 52° та меридіанів 30° і 36°.

Аркуш же мільйонної карти з містом Львовом матиме номенклатуру *M-34* (або *NM-34*) і буде обмежений паралелями 48° і 52° та меридіанами 18° і 24° (див. рис. 2.1). Сусідні аркуші, у даному випадку стосовно *M-34*, мають номенклатури: зверху – *N-34*, знизу – *L-34*, зліва – *M-33*, справа – *M-35*.

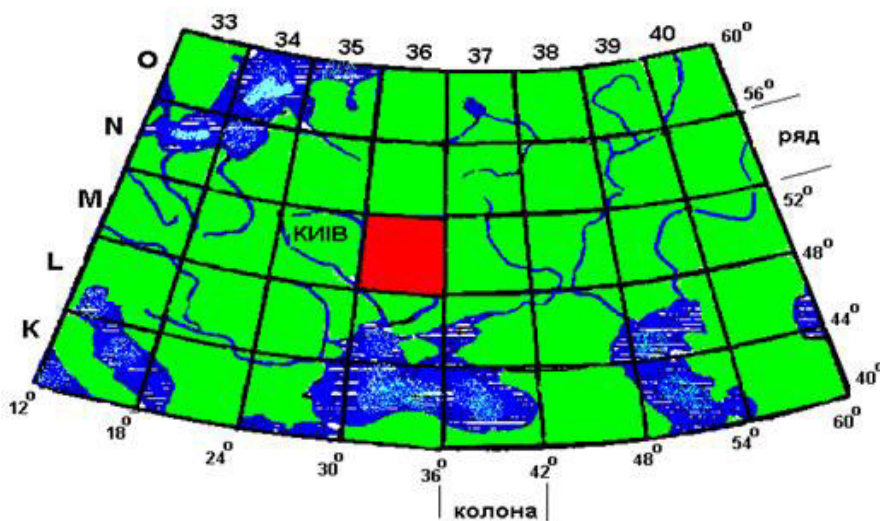


Рис. 2.2. Приклад розграфлення і номенклатури аркуша карти масштабу 1:1 000 000 (*M-36*)

У разі переходу до аркушів карт наступних масштабів поділ аркуша карти масштабу 1:1 000 000 здійснюється на встановлену кількість рівних частин у певній послідовності за обумовленими правилами, суть яких відображено у табл. 2.1 і на рис. 2.3–2.5.

Таблиця 2.1

Розміри і номенклатура окремих аркушів топографічних карт

Масштаб карти	Кількість аркушів	Розмір рамок		Приклад номенклатури аркушів
		за широтою	за довготою	
В одному аркуші карти масштабу 1:1 000 000				
1:1 000 000	1	4°	6°	М-35
1:500 000	4	2°	3°	М-35-В
1:300 000	9	1°20′	2°	IV-М-35
1:200 000	36	0°40′	1°	М-35-XIX
1:100 000	144	0°20′	0°30′	М-35-73
В одному аркуші карти масштабу 1:100 000				
1:50 000	4	0°10′	0°15′	М-35-73-В
1:25 000	16	0°05′	0°07′30″	М-35-73-В-В
1:10 000	64	0°02′30″	0°03′45″	М-35-73-В-В-3
1:5 000	256	0°01′15″	0°01′52,5″	М-35-73-(256)
1:2 000	2304	0°00′25″	0°00′37,5″	М-35-73-(256-а)

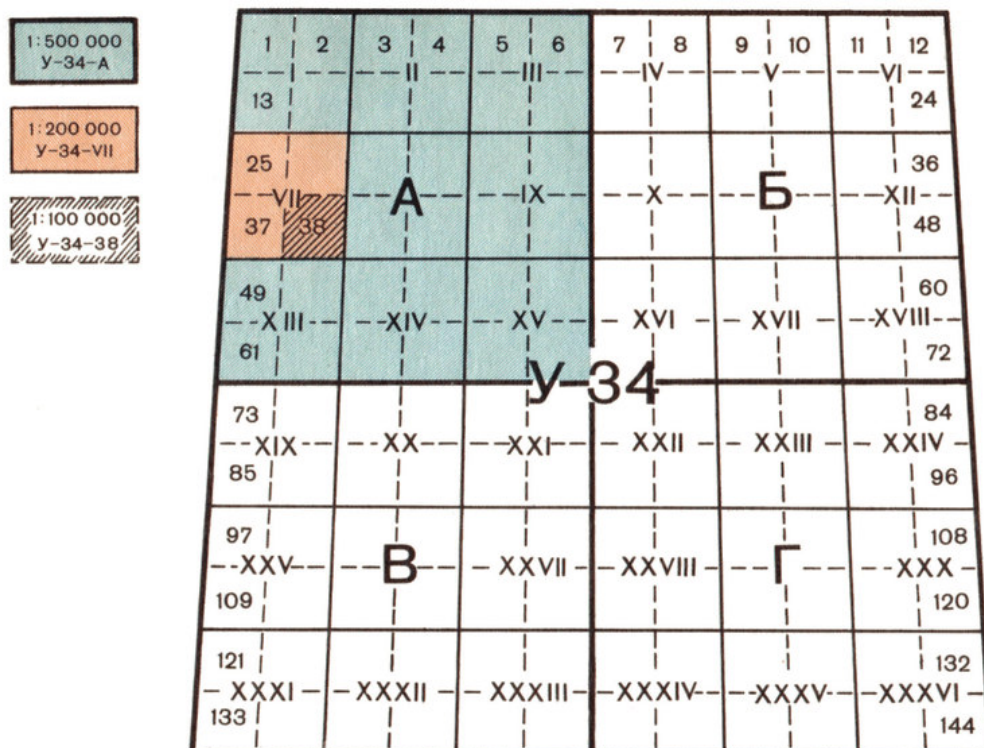


Рис. 2.3. Схема розграфлення і номенклатури аркушів карт масштабів 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000 на аркуші масштабу 1:1 000 000 (У-34)

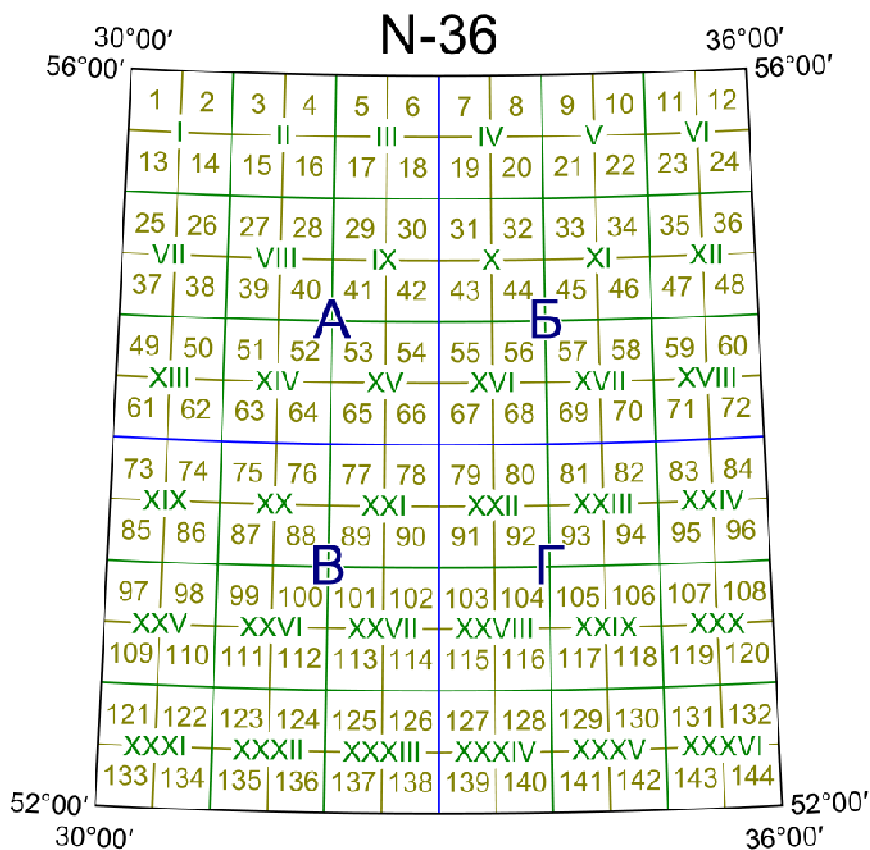


Рис. 2.4. Приклад розграфлення аркуша мільйонної картки (N-36) на карти масштабу 1:500 000 (сині), 1:200 000 (зелені) і 1:100 000 (жовті лінії)

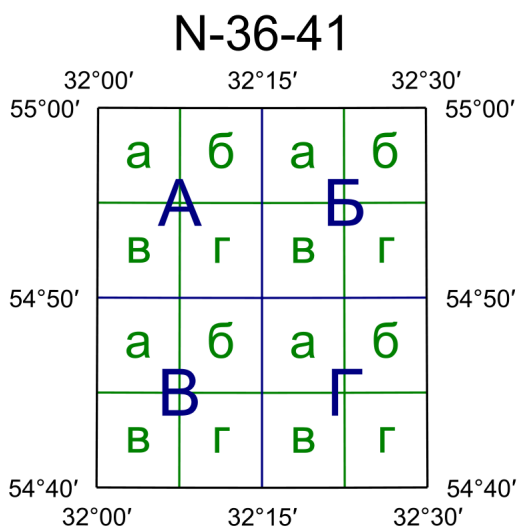


Рис. 2.5. Приклад розграфлення аркуша стотисячної карти (N-36-41) на карти масштабу 1:50 000 (сині) і 1:25 000 (зелені)

Позначають такі аркуші номенклатурою відповідного аркуша карти масштабу 1:1 000 000 з додаванням українських заголовних і рядкових літер та римських або арабських цифр.

Одному аркушу карти масштабу 1:1 000 000 відповідає (див. табл. 2.1):

- 4 аркуші карт масштабу 1:500 000, які позначають великими літерами українського алфавіту *А, Б, В, Г* і записують після номенклатури аркуша карти масштабу 1: 1 000 000, наприклад, *М-35-В*;
- 36 аркушів масштабу 1:200 000, які позначають римськими *цифрами* *I – XXXVI* і записують після номенклатури аркуша карти масштабу 1:1 000 000, наприклад, *М-35-ХІХ*;
- 9 аркушів масштабу 1:300 000, які позначають римськими цифрами від *I* до *IX* і записують перед номенклатурою карти масштабу 1:1 000 000 наприклад, *IV-М-35*;
- 144 аркушів масштабу 1:100 000, що нумерують арабськими цифрами від *1* до *144* і записують після номенклатури аркуша карти масштабу 1:1 000 000, наприклад, *М-35-73*.

Аркуш карти масштабу 1:100 000 служить для розграфлення і номенклатури аркушів карт більш великих масштабів (див. табл. 2.1 і рис. 2.5). Розграфлення трапецій аркушів карт масштабів, які більші за 1:100 000, здійснюється так, щоб кожному аркушу попереднього (меншого) масштабу відповідали чотири аркуші наступного (більшого) масштабу.

Тому одному аркушу карти масштабу 1:100 000 відповідає 4 аркуші карти масштабу 1:50 000, які позначають великими літерами українського алфавіту *А, Б, В, Г* (наприклад, *М-35-73-В*).

Одному аркушу карти масштабу 1:50 000 відповідає 4 аркуші карти масштабу 1:25 000, їх позначають малими літерами українського алфавіту *а, б, в, г* (наприклад, *М-35-73-В-в*).

Одному аркушу карти масштабу 1:25 000 відповідає 4 аркуші карти масштабу 1:10 000, їх позначають арабськими цифрами *1, 2, 3, 4* (наприклад, *М-35-73-В-в-3*).

2.3. Як уже зазначалося, топографічні плани (1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500) укладаються на відносно невеликі за площею ділянки без врахування кривизни земної поверхні (мають площу менш як 20 км²). Їм характерне, на відміну від карт, уже не трапецевидне, а прямокутне чи квадратне розграфлення. За основу розграфлення приймають план масштабу 1:5 000 з розміром рамки квадрата 40х40 см.

Аркуш плану масштабу 1:5 000 (див. табл. 2.1) утворюється поділом карти масштабу 1:100 000 на 256 частин (позначення арабськими цифрами у дужках, наприклад, *М-35-73-(256)*). Розмір рамки: за широтою – 1'15", за довготою – 1'52,5".

Аркуш плану масштабу 1:2 000 утворюється поділом аркуша масштабу 1:5 000 на 9 частин (позначення малими буквами українського алфавіту *а, б, в ... и*, наприклад, *М-35-73-(256-а)*). Розмір рамки: за широтою – 25", за довготою – 37,5".

Далі переходять до прямокутного розграфлення. Один аркуш масштабу 1:2 000 ділять на:

- 4 аркуші масштабу 1:1 000, позначають відповідними римськими цифрами;
- 16 аркушів масштабу 1:500, позначають відповідними арабськими цифрами.

Запитання для самоконтролю

1. *Що називається розграфленням топографічних карт та планів?*
2. *Що називається номенклатурою топографічних карт та планів?*
3. *Яка карта покладена в основу розграфлення і номенклатури топографічних карт?*
4. *Розкажіть процедуру розграфлення і номенклатури мільйонної карти.*
5. *Як ведеться рахунок і позначаються пояси (ряди)?*
6. *Як ведеться рахунок і позначаються колони?*
7. *Як виконується розграфлення і номенклатура топографічних карт масштабу 1:500 000?*
8. *Як виконується розграфлення і номенклатура топографічних карт масштабу 1:200 000?*
9. *Визначити номенклатуру аркуша топографічної карти масштабу 1:100 000, якщо відомі географічні координати точки на ньому: $\varphi_{\text{пн}} = 37^{\circ}42'25''$, $\lambda_{\text{сх}} = 21^{\circ}25'27''$. Яку номенклатуру матимуть сусідні аркуші цього ж масштабу?*
10. *Розкажіть про розграфлення і номенклатуру топографічних планів.*

ТЕМА 3

УМОВНІ ТОПОГРАФІЧНІ ЗНАКИ

3.1 Суть, особливості та значення умовних знаків на топографічних картах та планах.

3.2. Класифікація умовних топографічних знаків, приклади.

3.1. Під *умовними знаками* розуміють графічні позначення, за допомогою яких на картах і планах показують місцезположення об'єктів та явищ, а також їх якісні і кількісні характеристики.

Умовні знаки створювалися поступово, змінюючись і вдосконалюючись залежно від практичних вимог, які висувалися до карт і планів у різні часи. Колись, скажімо, не було необхідності робити картою детальною, тому місцеві предмети зображували у формі перспективних малюнків. Тому карта була більше схожа на картину, причому на ній, як правило, показувалися тільки деякі найбільш важливі місцеві предмети. Малюнки часто доповнювали текстом. На старовинних картах інколи текст і малюнки були рівнозначні. Із часом малюнкам стали надавати першочергового значення, а текст зменшували, доводячи його до окремих пояснювальних написів до малюнків.

Пізніше, коли виникла необхідність наносити на карту більше місцевих подробиць, навантаження стало збільшуватися, і користуватися перспективними малюнками стало недоцільно. Щоб показати на карті більше різноманітних об'єктів, перспективні малюнки стали поступово замінюватися геометричними знаками. Вони стали відображати об'єкти земної поверхні в ортогональній проекції, тобто в такому їх вигляді, в якому вони видавалися б нам при погляді на них зверху. Однак повністю не відмовились і від перспективного зображення, тому що в ортогональній проекції деякі місцеві предмети на карті неможливо було б розпізнати. Зокрема, окремі дерева, пам'ятники, вітряки, кілометрові знаки, маяки, фонтани, колодязі та інші місцеві об'єкти показуються на сучасних топографічних картах знаками, що нагадують ці предмети при спостереженні їх збоку.

Умовні знаки цілком заслужено вважаються своєрідною азбукою, за допомогою якої можна легко читати карти або плани. Чим крупніший масштаб карти чи плану, тим більше можна зобразити на них місцевих предметів, тим більше потрібно умовних позначень. Із зменшенням масштабу карти чи плану кількість знаків також зменшується. Умовні знаки часто нагадують зображувані об'єкти або їх визначальні риси.

Величина умовних знаків залежить від масштабу карти чи плану: чим крупніший масштаб, тим більша величина умовних знаків. Оптимальний розмір умовних знаків визначений на основі багаторічного досвіду

оформлення топографо-картографічних матеріалів із врахуванням чутливості зорового сприйняття людини.

До сучасних топографічних знаків висуваються досить високі вимоги: графічна простота, наочність, достатня виразність і відмінність кожного від решти, характеристика основних властивостей відображуваного об'єкта, легке запам'ятовування тощо.

Вітчизняні умовні знаки стандартні, єдині і обов'язкові для всіх установ, організацій, підприємств та відомств, які виконують роботи зі створення та оновлення топографічних планів і карт. Умовні знаки, які використовуються на топографічних планах та картах різних масштабів, узгоджені між собою за накресленням і кольором, а розрізняються лише за розмірами, що суттєво полегшує їх використання.

3.2. Із метою зручності користування топографічні умовні знаки згруповані у спеціальні таблиці, які випускаються окремими виданнями для кожного масштабу або для групи масштабів (рис. 3.1).

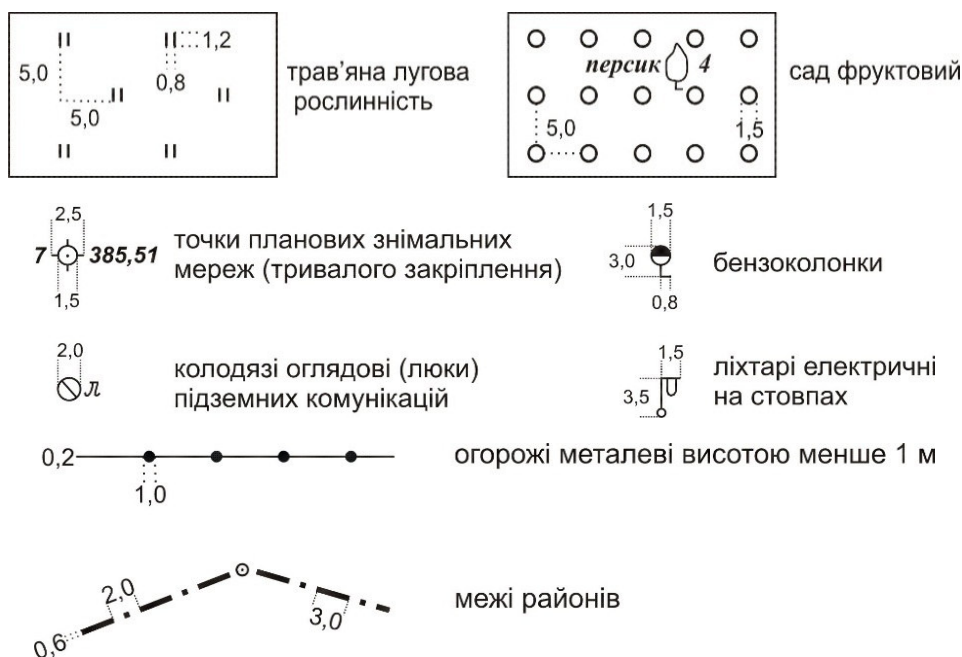


Рис. 3.1. Приклади умовних знаків для масштабів 1:500 та 1:1 000

Так, скажімо, у таблицях «Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500», введеними в дію з 1.01.2002 р., занесені позначення об'єднані у наступні розділи: геодезичні пункти; будівлі, будинки та їх частини; об'єкти культового, культурного та соціального призначення; об'єкти промислові, комунальні та сільськогосподарського

виробництва; залізниці та залізничні споруди; автомобільні та ґрунтові дороги, стежки; гідрографія; рельєф; рослинність; огорожі та ін.

Таблицями умовних знаків потрібно вміти користуватися. Таблиці побудовані за визначеною схемою: порядковий номер, назва та характеристика об'єкта; зображення умовного знаку із вказівкою розмірів у міліметрах для даного масштабу і пояснювальним написом, якщо він потрібний. В кінці таблиць поміщені приклади сумісного використання деяких позначень, пояснення до умовних знаків і вказівки стосовно їх викреслювання, перелік умовних скорочень, алфавітний покажчик умовних знаків з їх порядковими номерами у таблицях, зразки шрифтів, оформлення рамок, позарамкове оформлення.

Рисунки знаків у таблицях супроводжуються цифрами, які вказують їх розміри у міліметрах. Якщо наведені дві цифри, то перша характеризує висоту знаку, а друга – ширину. Коли ж на рисунку одна цифра, це означає, що висота і ширина знаку однакові, а якщо цифра взагалі відсутня, то розміри знаку слід приймати по відповідному рисунку у таблиці.

Зазначені вище групування умовних топографічних знаків та відповідні пояснення суттєво полегшують користування ними.

Всі розміри умовних знаків дані для топографічних планів і карт із середнім навантаженням. Вказані розміри можна зменшувати на третину при великому навантаженні змісту (наприклад, для міст) чи при заповненні малих контурів. На планах і картах із незначним контурним навантаженням з метою виділення важливих об'єктів їх умовні знаки можуть бути відповідно збільшені.

Із точки зору передачі планових геометричних особливостей об'єктів умовні знаки поділяють *на площові (контурні), позамасштабні та лінійні* (рис. 3.2).

Об'єкти, площа яких виражається в масштабі карти (плану), відображаються *площовими (контурними) умовними знаками*. Раніше їх так і називали – «масштабні». Вони складаються з позначення контуру чи межі, яку займає об'єкт (суцільною лінією, пунктиром або точками), і його заповнення (зафарбуванням, сіткою, написом або значками). Контур передається із збереженням подібності з дійсними обрисами місцезнаходження та орієнтування об'єкта, а заповнення служить для його якісної характеристики (наприклад, луки, сади, виноградники, рілля, чагарники, ліси, болота, водосховища тощо).

Об'єкти, розміри яких не витримуються в масштабі карти (плану), позначаються *позамасштабними умовними знаками*. Вони дозволяють відображувати місцезнаходження відповідних об'єктів та їх різні характеристики. Місцезнаходження об'єктів при цьому позначається певною (головною) точкою умовного знаку, якісні відмінності передаються його

формою, а кількісні – розмірами. Позамасштабними знаками показуються геодезичні пункти, заводські труби, колодязі, джерела, бензоколонки, пам'ятники, окремі дерева, вітряки, маяки та ін. Позамасштабні умовні знаки звично орієнтують стосовно північної і південної сторони рамки карти чи середнього меридіана. Є й окремі виключення, як от: кілометрові стовпи орієнтують відносно дороги, тобто розміщують перпендикулярно до її осі.

Слід зауважити й таку особливість: ті ж самі об'єкти на планово-картографічних матеріалах більших масштабів можуть бути виражені площовими умовними знаками, а менших масштабів – позамасштабними.

Для відображення положення об'єктів великої протяжності, але малої ширини, довжина яких витримується в масштабі карти (плану), а ширина, переважно, не витримується, використовують *лінійні умовні знаки*. Вони передають точне місцезнаходження об'єктів на місцевості по осі їх найбільшої протяжності, але, як правило, перебільшують їх ширину. До таких об'єктів відносять залізні, автомобільні та ґрунтові дороги, лінії електропередач, трубопроводи, огорожі, кордони, канали, показані однією лінією річки і т. п.

Масштабні	Позамасштабні	Лінійні
Хвойні ліси Рідколісся Піски рівні Болота непрохідні	Промислові підприємства з трубами Вітряки Церкви Склади пального	Лінії зв'язку Залізниця: однокільні двокільні Постійна берегова лінія морів та озер
Пояснювальні		
	Характеристика деревостою (22 — висота дерев, 0,24 — середня товщина стовбурів, 6 — середня відстань між деревами в метрах)	
	Броди (0,5 — глибина, 12 — довжина в метрах, П — характер ґрунту дна, 0,1 — швидкість течії в м/с)	
	Характеристика річок та каналів (137 — ширина, 6,5 — глибина в метрах, П — характер ґрунту дна)	

Рис. 3.2. Приклади умовних знаків топографічних карт

Слід відмітити, що один і той же об'єкт на картах (планах) різних масштабів може зображуватися по-різному. На картах (планах) крупних масштабів він буде виражатися площовим умовним знаком, а на матеріалах дрібніших масштабів може бути поданий уже позамасштабним або лінійним позначенням.

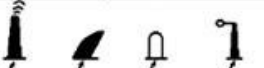
Умовні знаки	Місце центра умовного знака
	Геометричний центр фігури
	Середина основи знака
	Вершина прямого кута
	Геометричний центр нижньої фігури
	Вісь знака

Рис. 3.3. Місце центра умовних знаків

Умовні знаки викреслюють так, щоб їх головна точка відповідала центру предмета на місцевості (рис. 3.3). Головними точками прийнято вважати:

- для знаків, які мають правильну геометричну форму (трикутник, квадрат, прямокутник, коло, зірка тощо), – геометричний центр знаку;
- для знаків у вигляді перспективного зображення об'єкта – середину основи знаку;
- для знаків із прямим кутом в основі – вершину кута знаку;
- для знаків у вигляді сполучення декількох фігур – геометричний центр нижньої фігури.

Для додаткової характеристики об'єктів і передачі їхніх різновидів площові, позамасштабні і лінійні умовні знаки використовуються у поєднанні з *пояснювальними написами* (повними або скороченими), які дають цінну допоміжну інформацію. Це може бути швидкість течії, ширина і глибина водотоків, висота ферм і напруга ліній електропередач, вантажопідйомність мостів, глибина карстових вирв, характеристика лісових деревостанів тощо. Скорочення пояснювальних підписів, подібно до самих умовних знаків, виконується у стандартній формі: *г.* – гора, *о.* – острів, *оз.* – озеро, *влк.* – вулкан, *дж.* – джерело, *шк.* – школа, *лісн.* – будинок лісника та ін.

За допомогою різного шрифту та висоти букв, якими підписують населені пункти, можна показати їх адміністративне значення та кількість мешканців.

Окрім літерних та цифрових позначень до пояснювальних підписів належать і графічні знаки, скажімо, зображення напрямку течії річки, ширини каналу чи глибини болота стрілками.

Усі підписи розміщують у вільних місцях у безпосередній близькості до відповідного умовного знака, аби не виникало сумнівів у його належності до того чи іншого об'єкта.

Усього на топографічних картах і планах використовується близько 350 умовних знаків і понад 400 пояснювальних підписів.

Запитання для самоконтролю

1. *Що ви знаєте з історії становлення та розвитку умовних топографічних знаків?*
2. *Що називається умовними топографічними знаками? Які до них висуваються вимоги?*
3. *Що ви знаєте про таблиці умовних знаків? Як ними користуватися?*
4. *Як класифікують умовні топографічні знаки?*
5. *Які знаки відносяться до контурних? Наведіть приклади.*
6. *Які знаки відносяться до позамасштабних? Наведіть приклади.*
7. *Які знаки відносяться до лінійних? Наведіть приклади.*
8. *Де може розміщуватися головна точка умовного знаку?*
9. *Що таке пояснювальні підписи? Яке їх призначення?*
10. *Ознайомтеся з наведеними умовними знаками. Які знаки вам найбільше запам'яталися? Які позначення для вас виявилися новими? А з розпізнаванням яких у вас виникли труднощі?*

ТЕМА 4

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ЗА ТОПОГРАФІЧНИМИ КАРТАМИ НА КООРДИНАТИ ТОЧОК

- 4.1 Визначення за картою прямокутних координат точки.
- 4.2 Нанесення на карту точки за відомими прямокутними координатами.
- 4.3 Визначення відстаней між точками за відомими прямокутними координатами.
- 4.4 Визначення за картою географічних координат точки.
- 4.5 Нанесення на карту точки за відомими географічними координатами.

4.1. Положення точки в системі прямокутних координат визначається за допомогою кілометрової сітки. На топографічних картах кілометрові лінії наносять через певну кількість кілометрів у масштабах: 1:10 000 через 10 см (1 км), 1:25 000 – 4 см (1 км), 1:50 000 – 2 см (1 км), 1:100 000 – 2 см (2 км), 1:200 000 – 2 см (4 км).

Значення ліній кілометрової сітки вказуються між внутрішньою і мінутною рамками. Абсиси горизонтальних ліній, паралельних екватору, виписані вздовж бокових рамок, ординати вертикальних ліній, паралельних осьовому меридіану – вздовж верхньої і нижньої рамок. Координати ліній біля кутів рамки підписують повністю, а решти – тільки двома останніми цифрами (рис. 4.1).

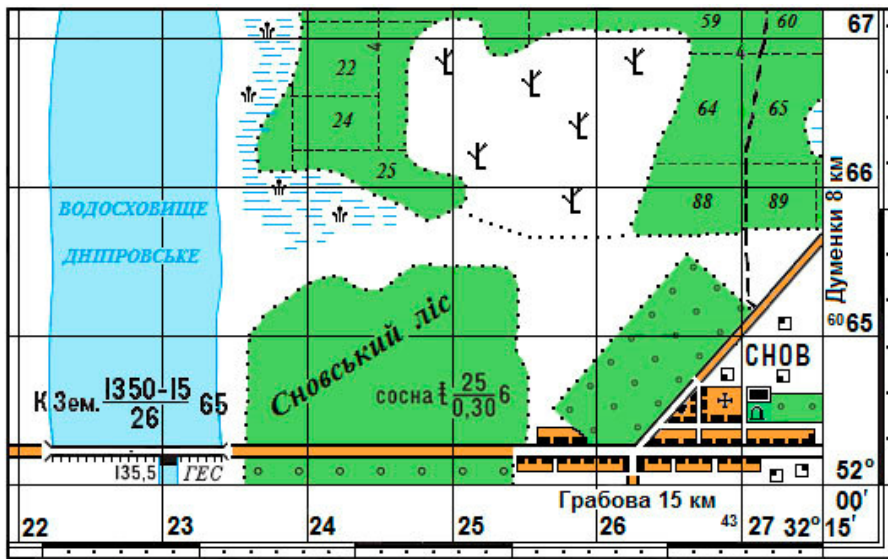


Рис. 4.1. Частина топографічної карти із сіткою координат

Для визначення прямокутних координат точки B на карті (рис. 4.2) з точки B опускають перпендикуляри на лінії координатної (кілометрової) сітки. Довжини перпендикулярів Δx та Δy вимірюють з точністю масштабу карти за допомогою лінійки поперечного масштабу. Повні координати точки B визначають за формулами:

$$\begin{aligned}x_B &= x_0^B + \Delta x; \\ y_B &= y_0^B + \Delta y,\end{aligned}\tag{4.1}$$

де x_0^B, y_0^B – координати південно-західної вершини квадрата, в якому знаходиться точка B ;

$\Delta x, \Delta y$ – віддалі від точки до відповідно південної та західної сторін квадрату в метрах.

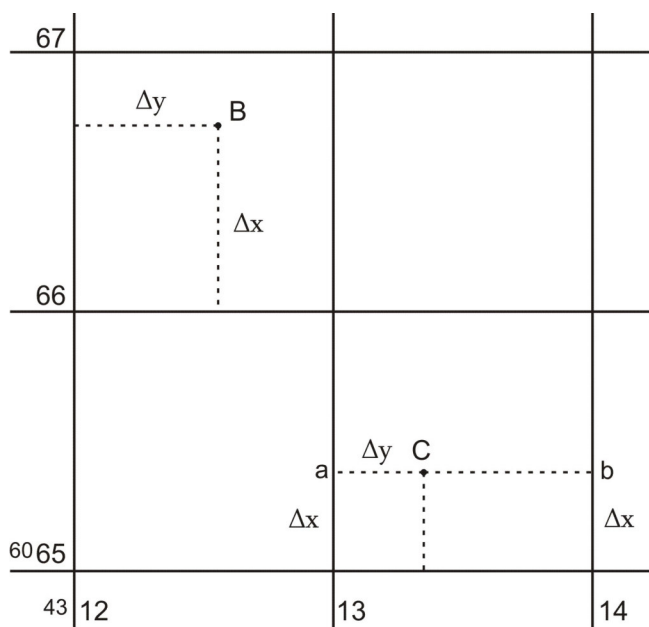


Рис. 4.2. Визначення прямокутних координат точок та нанесення точок за прямокутними координатами за топографічною картою масштабу 1:10 000

Наприклад, на рис. 4.1:

- координати південно-західної вершини квадрата, в якому знаходиться задана точка B : $x_0^B = 6066000$ м; $y_0^B = 4312000$ м;
- прирости Δx та Δy визначені за допомогою лінійки поперечного масштабу: $\Delta x = 3,71$ осн.; $\Delta y = 2,72$ осн.;
- прирости Δx та Δy на місцевості:
 $\Delta x = 3,71 \times 2 \times 100 = 742$ м; $\Delta y = 2,72 \times 2 \times 100 = 544$ м.
- повні координати, згідно формули (4.1), дорівнюють:
 $x_B = 6066742$ м; $y_B = 4312544$ м.

4.2. Для того, щоб побудувати точку C за її прямокутними координатами, необхідно знайти квадрат, в якому знаходиться точка C , виділити початкові координати x_0^C і y_0^C (ці значення мають бути кратними величині, через яку проведені лінії кілометрової сітки), а також прирости Δx та Δy . Визначивши Δx та Δy у відрізках масштабу карти, наносять їх на координатну сітку і одержують точку C .

Наприклад, нехай потрібно нанести на карту у масштабі 1:10 000 точку C з координатами $x_C = 6065427$ м; $y_C = 4313226$ м.

В масштабі 1:10 000 лінії кілометрової сітки проведені через 1000 м. Шукаємо координату x_0^C південно-західної вершини квадрата, в якому знаходиться точка C . Вона має бути кратною 1000 м і меншою від x_C . Отже в нашому випадку $x_0^C = 6065000$ м, аналогічно визначаємо $y_0^C = 4313000$ м.

Далі знаходимо величини Δx та Δy за формулами:

$$\begin{aligned}\Delta x &= x_C - x_0^C ; \\ \Delta y &= y_C - y_0^C .\end{aligned}\tag{4.2}$$

У нашому прикладі $\Delta x = 427$ м і $\Delta y = 226$ м. Після чого перетворюємо величини Δx та Δy у відрізки, які відповідають масштабу карти: $\Delta x = 427/(2 \times 100) = 2,135$ осн., $\Delta y = 226/(2 \times 100) = 1,13$ осн. Виставляємо за допомогою лінійки поперечного масштабу розхил ніжок вимірника на відлік $\Delta x = 2,135$ осн. і відкладаємо цю величину по вертикалі вздовж лівого і правого боку квадрата, в якому знаходиться потрібна точка.

В результаті отримуємо мітки „а” та „b” (рис. 4.2), сполучаємо їх лінією і в цьому напрямку від мітки „а” відкладаємо $\Delta y = 1,13$ осн. Отримана точка і буде точкою C з координатами $x_C = 6065427$ м; $y_C = 4313226$ м.

4.3. Якщо відомі прямокутні координати двох точок, то відстань між ними можна визначити аналітично. Коли такими точками, наприклад, є точки A та B , то у даному випадку має місце формула:

$$L_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} .\tag{4.3}$$

4.4. Щоб визначити географічні координати заданої на карті точки M , проводять найближчі до неї південну та північну паралелі, західний та східний меридіани, з'єднуючи при цьому прямими лініями однозначні мінутні поділки по широті західної та східної сторін рамки і однозначні мінутні поділки по довготі північної та південної сторін рамки. Обмеживши задану точку сторонами трапеції, визначають градусну величину проведених ліній, позначивши їх відповідно через B_1 , B_2 , L_1 та L_2 .

За допомогою лінійки і трикутника проводимо паралель і меридіан через задану точку M до перетину зі сторонами побудованої трапеції (рис. 4.3).

Широту B і довготу L заданої точки отримуємо з виразів:

$$\begin{aligned} B &= B_1 + \Delta B; \\ L &= L_1 + \Delta L, \end{aligned} \quad (4.4)$$

де ΔB , ΔL – прирости від заданої точки до ліній паралелі і меридіана з відомими географічними координатами.

Для обчислення приросту по широті ΔB за допомогою вимірника і лінійки на карті вимірюють відрізок b_1 , а по минутній рамці – віддаль b , що відповідає одній минуті широти. Приріст ΔB обчислюють за формулою:

$$\Delta B = (b_1 / b) \cdot 60''. \quad (4.5)$$

Аналогічно знаходять значення приросту по довготі ΔL , вимірюючи на карті відрізки l_1 і l :

$$\Delta L = (l_1 / l) \cdot 60''. \quad (4.6)$$

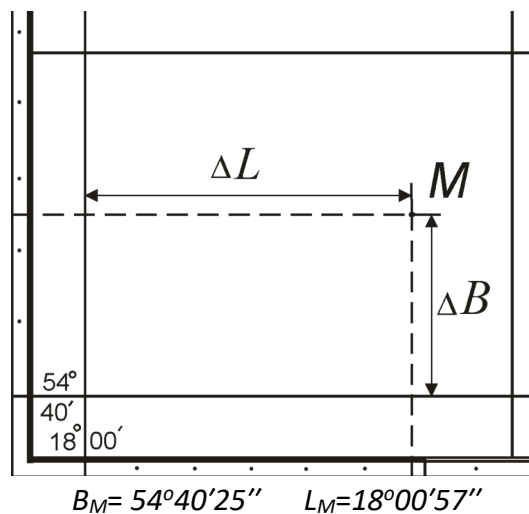


Рис. 4.3. Визначення географічних координат точки

Згідно виконаних дій та побудов, на рис. 4.3 географічні координати точки M будуть: $B_M = 54^\circ 40' 25''$; $L_M = 18^\circ 00' 57''$.

4.5. Побудова точки на карті за її географічними координатами є оберненою задачею відносно розглянутої вище і виконується, зрозуміло, у зворотному порядку.

Спочатку відкладають значення широти на західній і східній стороні рамки карти та з'єднують їх прямою лінією. А потім відкладають значення

довготи на північній та південній стороні рамки і також з'єднують їх прямою. Шукана точка буде знаходитися на перетині двох ліній.

При виконанні розглянутих вище завдань потрібно користуватися лінійкою, трикутником, вимірником, поперечним масштабом, акуратно загостреним олівцем.

Запитання для самоконтролю

- 1. Що ви знаєте про сітку прямокутних координат на топографічній карті?*
- 2. Що визначає про сітку географічних координат на топографічній карті?*
- 3. Покажіть на карті відповідні напрямки абсцис і ординат?*
- 4. Покажіть на карті відповідні напрямки широт і довгот?*
- 5. Як визначають за картою прямокутні координати точки?*
- 6. Як визначають за картою географічні координати точки?*
- 7. Як наносять на карту точку за її відомими прямокутними координатами?*
- 8. Як наносять на карту точку за її відомими географічними координатами?*
- 9. Визначте за топографічною картою прямокутні координати крайньої північної точки Сновського лісу.*
- 10. Визначте за топографічною картою географічні координати крайньої північної точки Сновського лісу.*

ТЕМА 5

РЕЛЬЄФ І ЙОГО ЗОБРАЖЕННЯ НА ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНАХ ТА КАРТАХ

- 5.1. Суть та значення показу рельєфу на топографо-картографічних матеріалах. Висоти точок.
- 5.2. Способи зображення рельєфу.
- 5.3. Основні форми рельєфу.

5.1. Земна поверхня не є рівною. Ділянки рівної місцевості навіть невеликих розмірів неможливо вважати плоскими, оскільки на них зустрічаються підвищення та поглиблення різної величини. Ці нерівності необхідно враховувати при проектуванні й будівництві споруд, доріг, інженерних мереж та ін.

Рельєф – сукупність різноманітних за формою й розмірами нерівностей земної поверхні. Рельєф місцевості не є постійним. Під впливом сил, що діють всередині Землі, коливань температури, дії води, вітру й рослин та антропогенної діяльності з часом рельєф змінюється. Тому заходи, які направлені на раціональне використання земної території, пов'язані з необхідністю періодичного вивчення рельєфу й відображення його на картах, планах та профілях.

Висотою точки називається віддаль, визначена за прямовисною лінією, від точки на поверхні Землі до певної рівневої поверхні, прийнятої за початок відліку. Якщо висоти точок визначені відносно основної рівневої поверхні, то такі висоти називаються *абсолютними* (рис. 5.1).

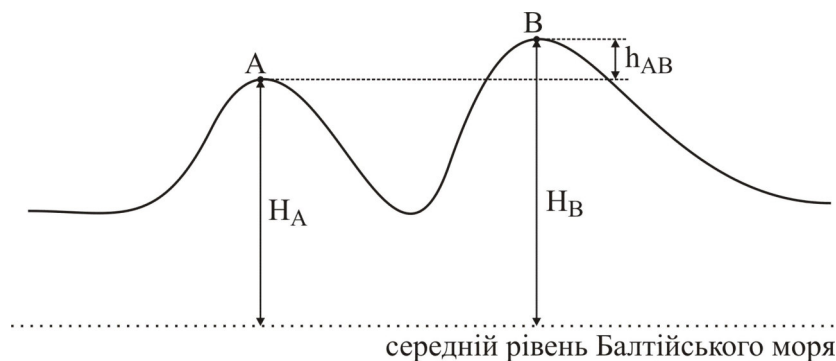


Рис. 5.1. Висоти точок

На території України за основну рівневу поверхню прийнято середній багаторічний рівень Балтійського моря і відлік висот ведеться від нуля Кронштадтського футштока (Балтійська система висот).

Висоти точок обчислені відносно деякої умовної рівневої поверхні називаються *відносними* або *умовними*.

Різниця висот двох точок називається *перевищенням* і обчислюється за формулою:

$$h_{AB} = H_B - H_A. \quad (5.1)$$

5.2. Зображення рельєфу порівняно з іншими об'єктами має свої особливості і труднощі, пов'язані, передусім, із необхідністю передачі його тривимірності (ширини, довжини і висоти). Відомо багато способів зображення рельєфу, але ні один з них не у змозі задовольнити усі вимоги, які висуваються до його показу.

На сучасних вітчизняних топографічних картах і планах рельєф зображується, в основному, трьома різними, але сумісно використовуваними способами: *ізолініями*, *умовними знаками* і *числовими відмітками* характерних точок. Природні форми рельєфу при цьому показують коричневим кольором, а техногенного походження – чорним.

Під *ізолініями* (від грецького *ісос*, що означає *рівний, однаковий*), розуміють плавні криві, проведені на карті чи плані через точки з однаковими кількісними значеннями. Такі лінії для зображення рельєфу суші називаються *ізогіпсами* або *горизонталями*, а для зображення рельєфу морського дна – *ізобатами*.

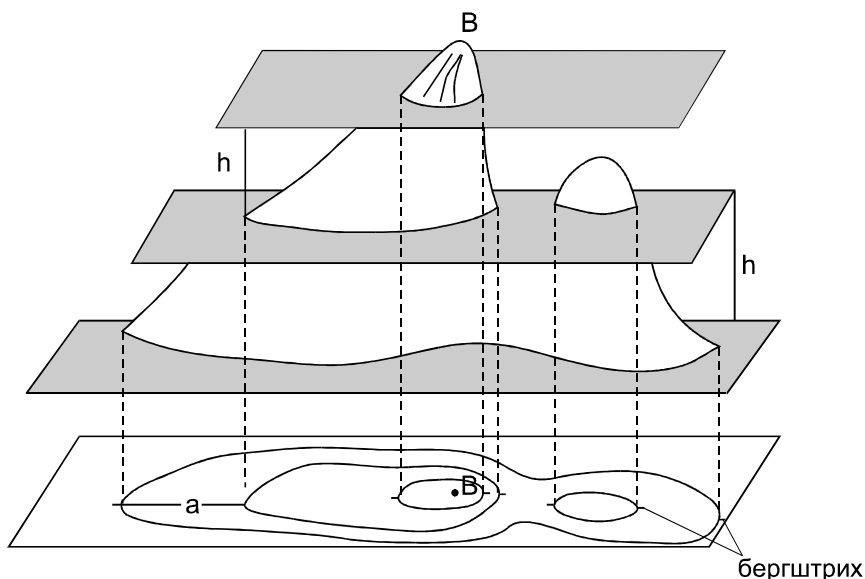


Рис. 5.2. Принцип побудови горизонталей

Отже, *горизонталь* – це крива лінія, яка з'єднує точки з однаковими висотами. Основні властивості *горизонталей* наступні:

- горизонталі є кривими і замкненими лініями;
- горизонталі ніколи не перетинаються;
- чим ближча віддаль між горизонталями, тим крутіший схил місцевості.

Побудову горизонталей на карті виконують за висотами характерних точок рельєфу місцевості. Для того, щоб зобразити горизонталями рельєф ділянки місцевості, потрібно перетнути його декількома горизонтальними площинами, розташованими на однаковій відстані по висоті одна від одної (рис. 5.2). Ця відстань, між сусідніми січними площинами по висоті, називається *висотою перерізу рельєфу* і позначається літерою *h*. Висоту перерізу рельєфу підписують на картах під лінійним масштабом. Віддаль на плані між сусідніми горизонталями називається *закладенням* горизонталей і позначається літерою *d*. Для визначення напрямку схилу за горизонталями на них показують *бергштрихи* – короткі штрихи, перпендикулярні до горизонталей і направлені за схилом вниз.

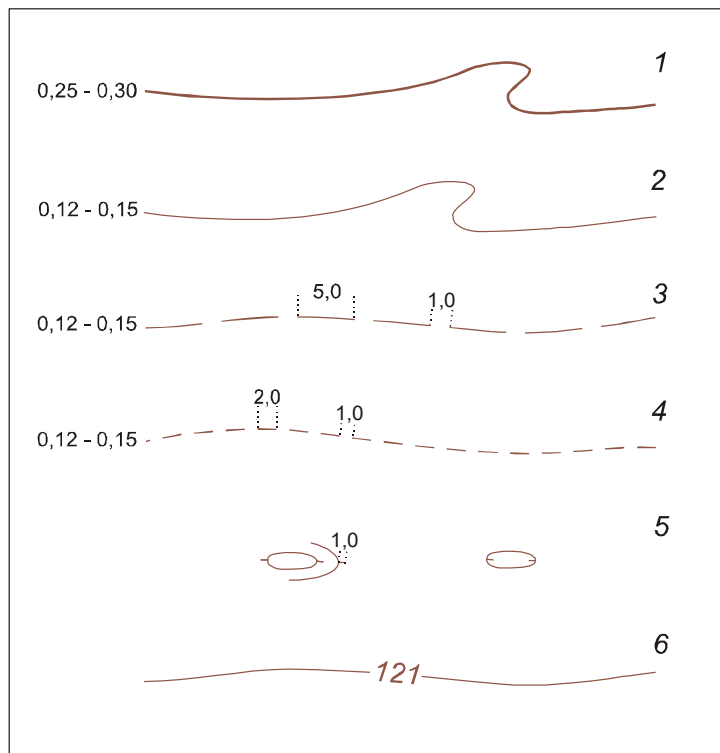


Рис. 5.3. Зображення горизонталей для масштабів 1:5 00 – 1:5 000:
 1 – горизонталі потовщені; 2 – горизонталі основні; 3 – горизонталі додаткові;
 4 – горизонталі допоміжні; 5 – показники напрямку схилів (бергштрихи);
 6 – підписи горизонталей

Основними називаються такі горизонталі, які віддалені одна від одної на прийнятну висоту перерізу рельєфу. Для більшої наочності та кращого читання

загального рисунка рельєфу, а також полегшення визначення висот горизонталей, кожную четверту (при $h = 0,5$ і $2,5$ м) або п'яту основну горизонталь (при $h = 1, 2, 5, 10$ м) (залежно від висоти перерізу) зображають потовщеною (рис. 5.3).

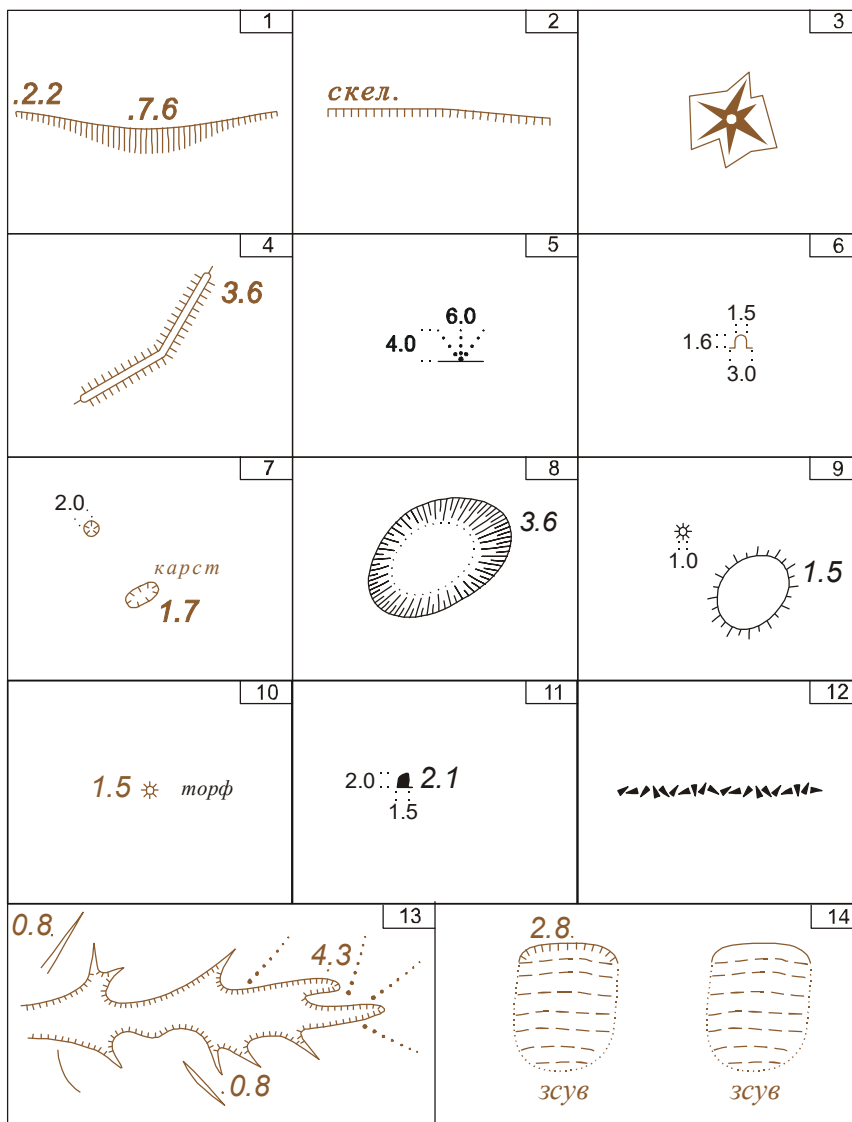


Рис. 5.4. Умовні позначення рельєфу для масштабів 1:5 00 – 1:5 000:

- 1 – обриви земляні; 2 – обриви скелясті; 3 – скелі-останці; 4 – дайки;
- 5 – виходи підземних газів; 6 – входи в печери та гроти; 7 – вирви карстові і псевдокарстові; 8 – ями; 9 – кургани; 10 – природні горби-орієнтири, що не виражаються горизонталями; 11 – окремі камені-орієнтири;
- 12 – вали із каміння; 13 – яри та промоїни; 14 – зсуви

У розривах горизонталей розміщують їх підписи, які необхідно орієнтувати основою цифр по схилу, причому бажано до південної або східної сторони рамки карти чи плану. Підпис показує висоту і виконує функцію бергштриха.

Для зображення рівнинного рельєфу основні і потовщені горизонталі доповнюють *додатковими* і *допоміжними*. Додаткові проводять через половину основного перерізу рельєфу (обов'язково на ділянках, де відстань між основними горизонталями перевищує 2,5 см), а допоміжні – на довільній висоті (для показу мікрорельєфу).

Горизонталі проводять через зображення всіх топографічних об'єктів, крім будинків, водойм, показаних двома лініями річок, каналів, доріг, вулиць, а також ярів і сухих русл шириною по дніщу менше ніж 3 мм та обривів, форм рельєфу штучного походження (діючих кар'єрів, виїмок, насипів, курганів, валів корчування тощо). Горизонталі повинні бути необхідної товщини, рівними і чіткими.

Деякі форми рельєфу, як от, яри, обриви, промоїни і т. п., не можна виразити горизонталями, тому їх прийнято зображати умовними знаками (рис. 5.4).

Числові відмітки дають відомості про абсолютні висоти окремих точок місцевості, чого не можуть передати ні горизонталі, ні умовні позначення (рис. 5.5). Правильне розміщення висотних позначок полегшує читання рельєфу. Всі відмітки прийнято давати з округленням до десятих доль метра і розміщувати, як правило, справа від точок.



Рис. 5.5. Приклади числових відміток для масштабів 1:500 – 1:5000:

- 1) – вище нуля Кронштадтського футштоку;
- 2) – нижче нуля Кронштадтського футштоку

Крім розглянутих способів зображення рельєфу на дрібномасштабних картах в якості додаткових засобів може застосовуватись відмивка рельєфу і гіпсометричне розфарбування.

5.3. Форми рельєфу класифікують на вгнуті й опуклі. До опуклих форм відносяться курган, пагорб, горб, гора, сідловина, хребет, плато; а до вгнутих – яр, балка, лощина, долина, ущелина, улоговина тощо.

Курган – це ізольоване, розміщене на рівнині підвищення висотою до 50 м з різко вираженою підшовою.

Горб – це окреме куполоподібне або конічне підвищення висотою до 100 м з різко вираженою підшовою.

Пагорб – окреме невелике конічне або куполоподібне підвищення

висотою, що перевищує 200 м, з пологими схилами й нерізко вираженою підошвою.

Гора – ізольоване підвищення з висотою більше 200 м з явно вираженими й порівняно крутими схилами. Елементами гори є вершина, схили й підошва.

Сідловина – пониження між двома сусідніми гірськими вершинами або підвищеннями, що нагадує за своєю формою сідло.

Хребет – гірське підвищення, що має порівняно значну довжину, з крутими схилами по обидва боки. Елементами хребта є водорозділ, що проходить по найбільш високих точках хребта; перевал – пониження на профілі водорозділу; два схили хребта.

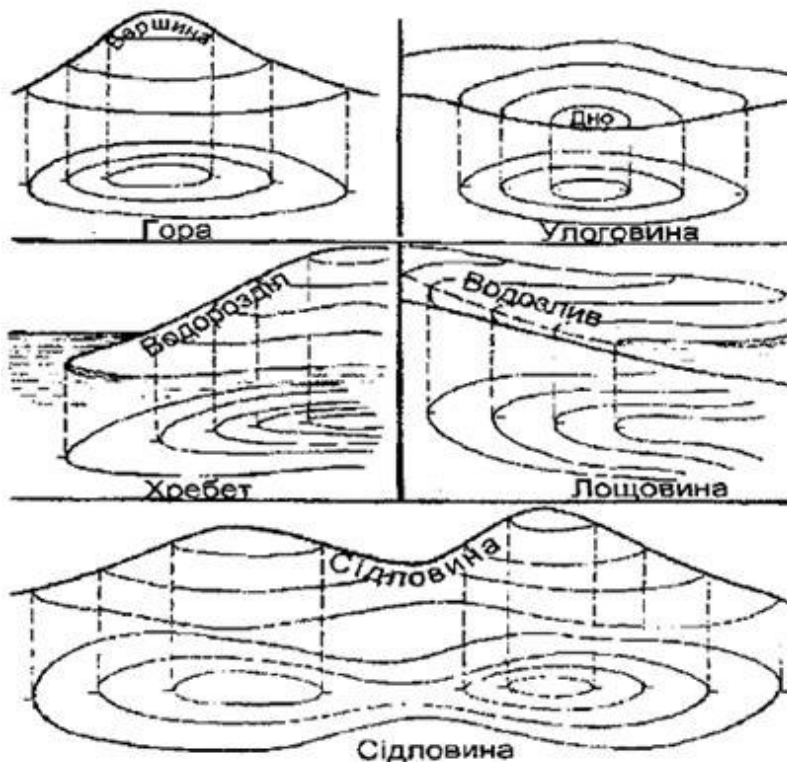


Рис. 5.6. Приклади зображення основних форм та ліній рельєфу на картах

Плато – плоске широке підвищення, що обмежене крутими схилами.

Яр – різко виражене поглиблення на рівнині витягнуте в одному напрямку з крутими схилами й тимчасово діючими водостоками.

Балка – поглиблення, яке більше ніж яр, з пологими схилами, як правило, вкрите рослинністю.

Лощовина (видолинок) – невелике поглиблення з дуже пологими схилами, що поступово переходить в рівнину.

Тальвег – лінія, що з'єднує найнижчі точки ложини й має схил в одному напрямку.

Долина – вироблене річкою пониження, що витягнуте в одному напрямку, з явно вираженими схилами.

Ущелина – вузька горбиста долина зі схилами, що сходяться донизу.

Улоговина – витягнуте пониження на земній поверхні, що обмежене з усіх боків або розміщене між гірськими ланцюгами.

Приклади показу деяких форм рельєфу показано на рис. 5.6.

Залежності від абсолютного значення висот та їх взаємного розміщення місцевість буває рівнинною, горбистою та гірською. На рівнинній місцевості крутизна схилів мало помітна, відсутні різко виражені нерівності, а її окремі точки мають незначні відносні висоти. Гірська місцевість характеризується сукупністю понижень та підвищень висотою більше 200 м та різко вираженими крутими схилами.

Запитання для самоконтролю

- 1. Що називається рельєфом?*
- 2. Що таке висота точки? Які бувають висоти?*
- 3. Що таке перевищення? Як його позначають?*
- 4. Назвіть основні способи показу рельєфу на топографічних картах.*
- 5. Яким кольором показують природні форми рельєфу на топографічних картах?*
- 6. Що називається горизонталлю??*
- 7. Назвіть основні властивості горизонталі.*
- 8. У яких випадках використовують додаткові і допоміжні горизонталі?*
- 9. Що таке сідловина?*
- 10. Зобразіть по пам'яті основні форми рельєфу горизонталями.*

ТЕМА 6

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ЗА ТОПОГРАФІЧНИМИ КАРТАМИ НА ВИСОТИ ТОЧОК

- 6.1 Визначення висот точок за горизонталями.
- 6.2 Визначення крутизни схилів та кутів нахилу за горизонталями.
- 6.3 Побудова лінії заданого ухилу.
- 6.4 Визначення за горизонталями довжини похилої на місцевості лінії.
- 6.5 Побудова профілю лінії за заданим напрямком.

6.1. Під час роботи з топографічними картами може виникати необхідність у визначенні висот точок. Для цього використовують проведені на карті горизонталі. При розв'язуванні такої задачі можуть мати місце наступні випадки (рис. 6.1):

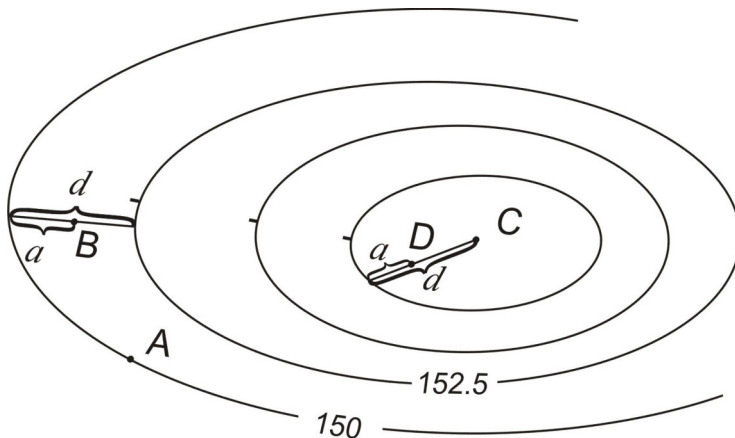


Рис. 6.1. Визначення висот точок за горизонталями

1) точка A знаходиться на горизонталі. Тоді висота точки A буде дорівнювати висоті горизонталі. У нашому випадку $H_A = 150,00$ м.

2) точка B знаходиться між горизонталями. Тоді висота точки B визначається за формулою:

$$H_B = H_0 + \frac{a}{d} h, \quad (6.1)$$

де H_0 – висота меншої (молодшої) горизонталі, м;

a – відстань по нормалі від меншої горизонталі до точки B , мм;

d – закладення горизонталей, мм;

h – висота перерізу рельєфу, м.

У даному випадку:

$$H_B = 150,00 + \frac{5}{10} 2,5 = 151,25 \text{ м}$$

3) точка *C* знаходиться всередині замкнутої горизонталі або між горизонталями з однаковими висотами. Тоді висота точки *C* визначається за формулою:

$$H_C = H_r \pm \frac{1}{2} h, \quad (6.2)$$

де H_r – висота горизонталі, м

h – висота перерізу рельєфу, м.

Знак «+» ставиться, якщо точка знаходиться всередині підвищення, а знак «-» – якщо всередині пониження.

У нашому випадку:

$$H_C = 157,50 + \frac{1}{2} 2,5 = 158,75 \text{ м}$$

4) точка *D* знаходиться між відомою відміткою і горизонталлю. Якщо брати до уваги рис. 6.1 і формулу (6.1), то справедливим буде:

$$H_D = H_0 + \frac{a}{d} (H_C - H_0) = 157,50 + \frac{4}{9} (158,75 - 157,50) = 158,06 \text{ м}.$$

У даному випадку замість висоти перерізу рельєфу h потрібно підставити перевищення між точкою *C* і горизонталлю.

6.2. Крутизна схилу – це ступінь пониження або підвищення місцевості. Крутизна схилу характеризується його ухилом, який визначають за формулою:

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d}, \quad (6.3)$$

де i – ухил;

ν – кут нахилу;

h – перевищення між точками, м;

d – закладення (відстань між точками на місцевості), м.

Перетнемо схил гори горизонтальними площинами при висоті перетину h (рис. 6.2). На ділянці *BC* схил має кут нахилу ν_1 , на ділянці *CD* – кут нахилу ν_2 . Відстань d_1 – це горизонтальне закладення лінії схилу *BC* (закладення). Для визначення ухилу між точками *B* і *C*, які знаходяться на сусідніх горизонталях, визначають закладення d_1 на топографічній карті і перевищення h_{BC} між точками. Використовуючи формулу (6.3), знаходять ухил i_{BC} . Аналогічно визначають ухил i_{CD} – за закладенням d_2 та перевищенням h_{CD} між точками *C* і *D*.

Наприклад, на наведеному рис. 6.2 перевищення $h_{BC} = h_{CD} = 2,5$ м, закладення $d_1 = 1,8$ см = 36 м (в масштабі 1:2000), $d_2 = 0,9$ см = 18 м. Тоді ухили, згідно формули (6.3) рівні $i_{BC} = 2,5$ м / 36 м = 0,0694, $i_{CD} = 2,5$ м / 18 м = 0,1389. Ухили отримані за формулою (6.3) виражаються в *тисячних частках*.

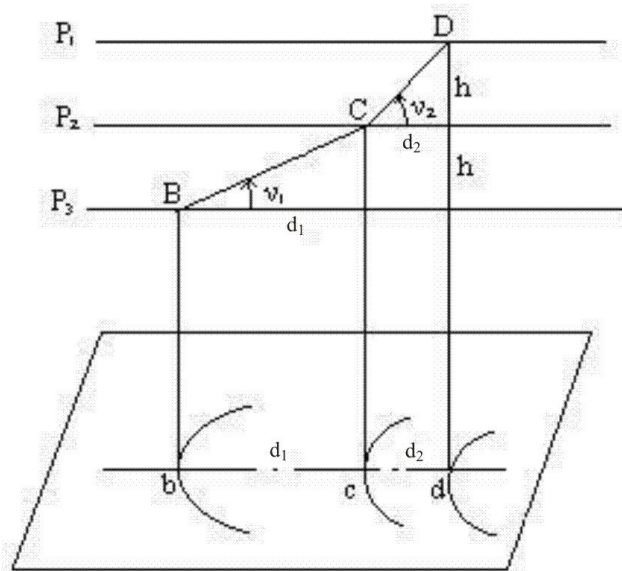


Рис. 6.2. Визначення ухилу

Крім того ухили ліній можна виражати у *відсотках (%)* або у *проміле (‰)*. Для прикладу: $i_{CD} = 0,1389 = 13,89 \% = 138,9 \text{ ‰}$. Для отримання ухилу у відсотках результат обчислений за формулою (6.3) перемножується на 100, а у проміле – перемножується на 1000.

У випадку, коли необхідно визначити ухил за лінією, крайні точки якої не лежать на горизонталях, спочатку необхідно визначити висоти цих точок. Наприклад, висоти точок B та C становлять відповідно 151,25 м та 158,75 м. Відстань між точками $d_{BC} = 3,8$ см, що в масштабі 1:2000 становить 76 м. Тоді ухил:

$$i_{BC} = \frac{H_C - H_B}{d_{BC}} = \frac{158,75 - 151,25}{76} = 0,0987.$$

З практичною метою, для визначення ухилу i будують спеціальний графік, який називають *масштабом закладень* (рис. 6.3). Він будується наступним чином:

- задаються значеннями ухилів;
- обчислюють закладення (на місцевості) в метрах, для заданих ухилів i за формулою:

$$d = \frac{h}{i}, \quad (6.4)$$

де h зазвичай береться рівним висоті перерізу рельєфу;

- вздовж горизонтальної осі відкладають обрані значення ухилів в довільному масштабі;
- перпендикулярно до горизонтальної осі відкладають в масштабі карти закладення, обчислені для кожного значення ухилу;
- сполучають отримані точки плавною кривою.

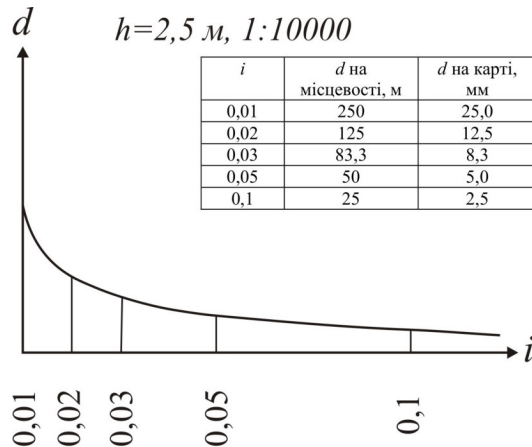


Рис. 6.3. Масштаб закладень для ухилів

Для визначення ухилів відрізків якоїсь лінії на карті, беруть розхилом ніжок вимірника відстань між двома сусідніми горизонталями по цій лінії і прикладають до графіка (рис. 6.4).

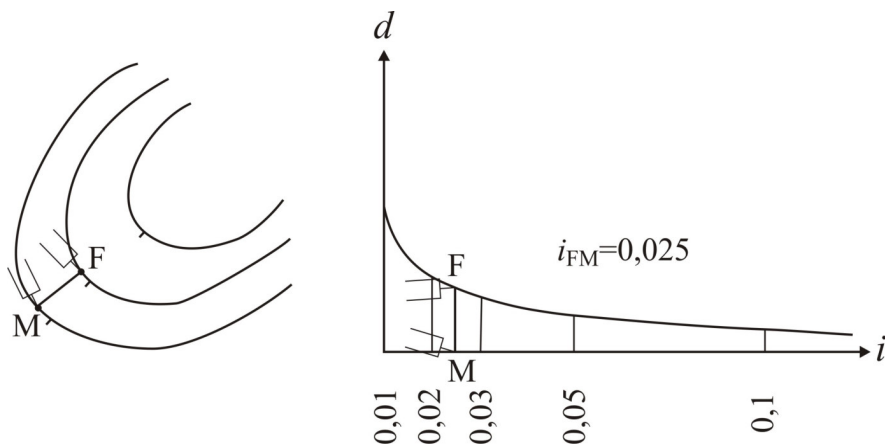


Рис. 6.4. Визначення ухилів за масштабом закладень

Нижню ніжку вимірника переміщують вздовж осі i до тих пір, поки верхня ніжка не досягне кривої. По положенню ніжки вимірника на осі i знаходять ухил. На рис. 6.4 $i_{FM} = 0,025$. Знак ухилу беруть «+», якщо висоти за напрямком лінії зростають та «-» – якщо спадають.

Масштабом закладень користуються лише коли необхідно визначити ухил між точками з перевищенням рівним висоті перерізу рельєфу (тобто між точками, які знаходяться на сусідніх горизонталях). Коли ж лінія якогось відрізка не лежить на горизонталі, то його продовжують до перетину з горизонталлю і таким же чином визначають ухил.

При потребі визначення кутів нахилу відрізків лінії, користуються уже спеціально побудованим для цього графіком, який наведено під нижньою лінією рамки карти.

6.3. За топографічними планами та картами доводиться проєктувати різноманітні лінійні споруди із заданим граничним ухилом. Для цього спочатку згідно формули (6.4) розраховують величину d , яка відповідає заданому граничному ухилу i та висоті перерізу рельєфу h .

Після цього беруть за графіком закладень в розхил ніжок вимірника величину знайденого закладення і від початкової точки послідовно засікають цим розхилом суміжні горизонталі, які відрізняються між собою на величину перерізу рельєфу (рис. 6.5).

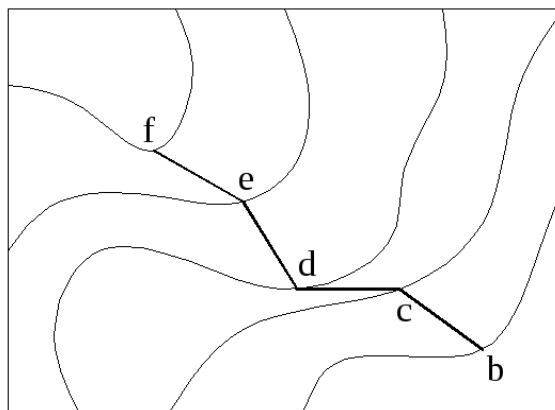


Рис. 6.5. Проєктування лінії заданого ухилу

Дана задача допускає декілька рішень, із усіх варіантів на практиці вибирають найбільш оптимальний.

6.4. Довжину похилої лінії можна визначити через її горизонтальне прокладення і кут нахилу.

Для прикладу, у нашому випадку (рис. 6.6):

$$AB = D / \cos \nu . \quad (6.5)$$

Величину AB вимірюють за планом чи картою, а кут нахилу визначають за масштабом закладень.

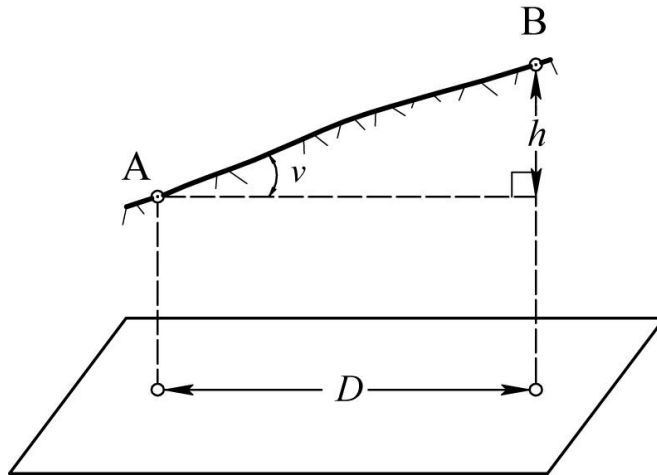


Рис. 6.6. Визначення довжини похилої лінії

У випадку, якщо ж лінія немає постійного кута нахилу, то її ділять на частини так, щоб кожний відрізок мав незмінний кут нахилу і знаходять загальну довжину похилої лінії як суму її складових.

6.5. *Профіль лінії* – це зменшене зображення вертикального розрізу місцевості за заданим напрямом.

Для наочного зображення рельєфу і забезпечення компактності рисунка, його прийнято будувати у двох масштабах – горизонтальному і вертикальному. Горизонтальний масштаб, зазвичай, приймається рівним масштабу карти чи плану, а вертикальний – у 10 разів крупнішим.

Побудову профілю можна виконувати наступним чином (рис. 6.7). На карті або плані проводять лінію AB , вздовж якої кладуть смужку паперу і помічають на ній короткими рисками початок і кінець лінії, точки перетину її горизонталями і характерні точки рельєфу. Визначають їх висоти.

Край смужки прикладають до лінії основи профілю на кресленні і відмічають отримані точки. Від цих точок проводять перпендикуляри, на яких у вибраному вертикальному масштабі відкладають відомі висоти. Відлік висот ведуть від лінії умовного горизонту. Верхні кінці перпендикулярів з'єднують прямими лініями і отримують профіль викресленої на карті чи плані лінії. При цьому виконують заповнення граф висоти точок, відстані між точками, номери точок відповідними значеннями.

У показаному на рис. 6.7 випадку профіль лінії АВ побудовано у двох масштабах: горизонтальному – 1:2 000 і вертикальному – 1:200.

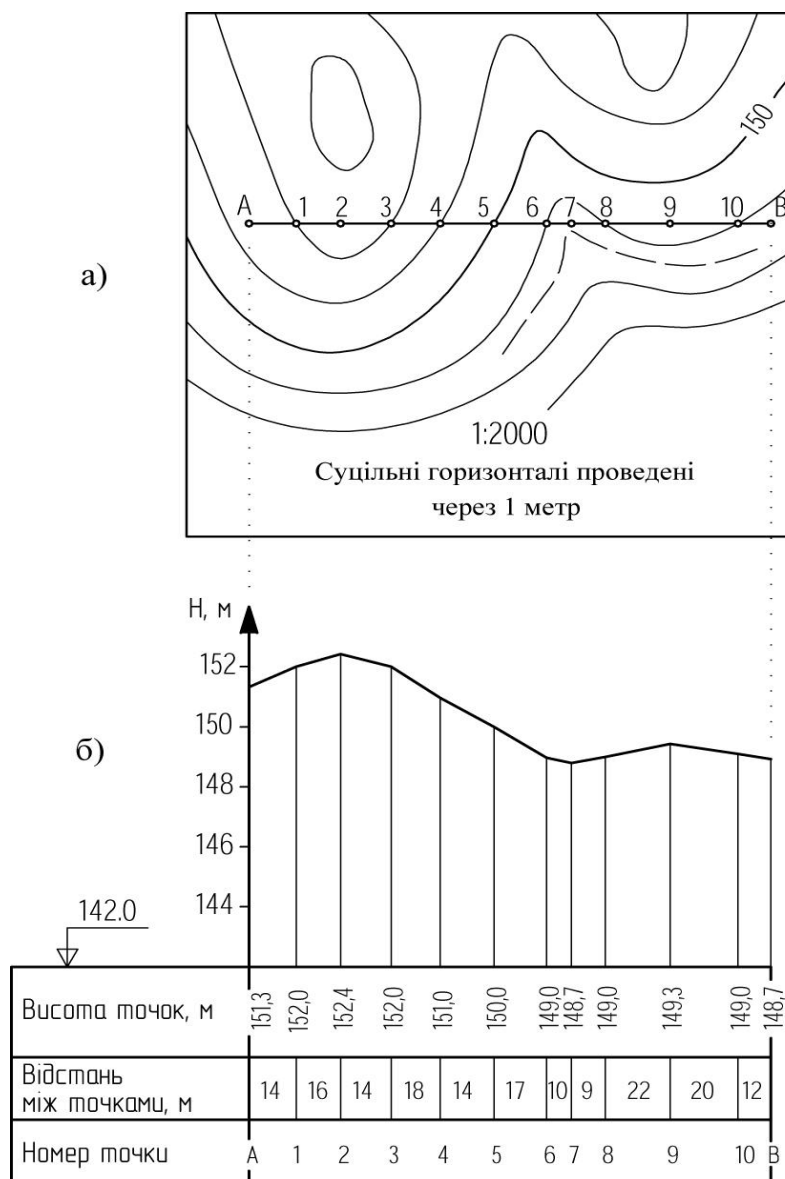


Рис. 6.7. Побудова профілю лінії

Запитання для самоконтролю

1. Які бувають випадки щодо визначення висот точок на топографічних картах за горизонталями?
2. Як визначити висоту точки, якщо вона знаходиться між горизонталями?

3. Як визначити висоту точки, якщо вона знаходиться між відомою відміткою і горизонталлю?
4. Як визначити висоту точки, якщо вона знаходиться всередині замкнутої горизонталі?
5. Що таке крутизна схилу?
6. Що називається горизонталлю?
7. Як визначають ухили ліній за масштабом закладень?
8. Як виконують проєктування ліній заданого ухилу?
9. Як визначають довжину похилої лінії за горизонтальним прокладенням?
10. Розкажіть про порядок побудови профілю лінії за заданим напрямком на топографічній карті. Як вибирають масштаби при його побудові?

ТЕМА 7

ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ДІЛЯНОК ЗА ТОПОГРАФІЧНИМИ КАРТАМИ

- 7.1. Графічний спосіб визначення площ.
- 7.2. Аналітичний спосіб визначення площ.
- 7.3. Механічний спосіб визначення площ.
- 7.4. Окомірний спосіб визначення площ.

Для розв'язування різноманітних інженерно-економічних задач за топографічними картами виникає потреба у визначенні площ ділянок місцевості. Площі прийнято визначати у га, м² чи км². При цьому, зрозуміло, мова йде про визначення площ не фізичної поверхні землі, а їх проекцій на горизонтальну площину.

Застосування того чи іншого способу визначення площ диктується формою ділянки, яку треба виміряти, заданою точністю результатів обчислень, необхідною швидкістю їх одержання, наявністю необхідних приладів, пристроїв, програмних продуктів та ін.

У даному випадку розглянемо графічний, аналітичний, механічний та окомірний способи визначення площ.

7.1. Графічний спосіб доцільно застосовувати, коли взята для виконання завдання ділянка має більш-менш правильну геометричну форму.

Спосіб полягає у поділі ділянки на прості геометричні фігури (трикутники, квадрати, прямокутники, трапеції і т. д.), обчисленні площ кожної з них і знаходженні загальної суми (рис. 7.1). Визначення елементів фігур для обчислення їх площ знаходиться графічно. Зрозуміло, що точність цього способу залежить від масштабу карти: чим він більший, тим точність буде вищою.

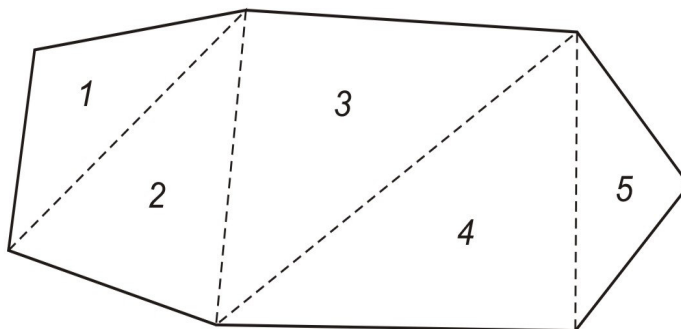


Рис. 7.1. Поділ ділянки на прості геометричні фігури (трикутники)

Для визначення площ ділянок з криволінійними формами можна використовувати різноманітні палетки, виготовлені із прозорого матеріалу (плівка, калька, пластик).

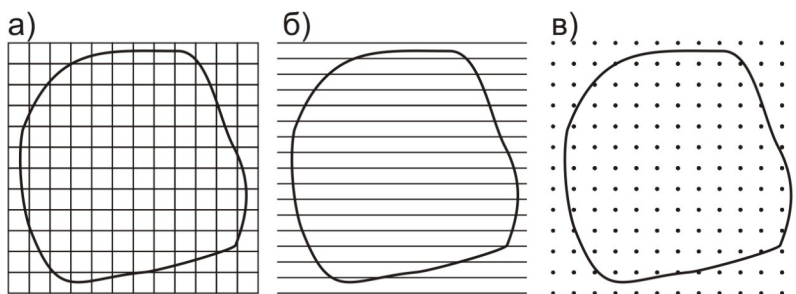


Рис. 7.2. Види палеток:
а) квадратна; б) лінійна, в) точкова

Для того, щоб визначити площу ділянки, наприклад, квадратною палеткою (див. рис. 7.2, а), її накладають на карту, а потім підраховують кількість повних квадратів і їх частин, розміщених всередині контура ділянки (з визначенням на око долі кожної частини від цілого квадрата). Перемноживши відносну ціну квадрата на їх загальну кількість, отримують шукану площу. Вимірювання бажано повторити, змінивши положення палетки відносно початкового приблизно на 45° . Із двох значень тоді потрібно взяти середнє.

При використанні лінійних палеток контур ділянки розбивається на фігури, які подібні до трапецій (див. рис. 7.2, б). Знаючи довжини основ і відстань між ними, обчислюють площу кожної трапеції, а після цього – загальну площу усіх взятих до уваги трапецій.

Подібним чином до квадратної палетки використовують і точкову, тільки вже в цьому випадку рахують кількість точок, які входять всередину контура ділянки (див. рис. 7.2, в). Відносну ціну точки при цьому знаходять як частку від відомої площі (скажімо, квадрату кілометрової сітки) до загальної кількості точок.

Палетками доцільно вимірювати площі невеликих ділянок, які на карті мають відносно невеликі розміри (до 20 см^2). При достатньо дрібній градації палеток (2 мм) відносна помилка визначення площі становить $1/50$ - $1/100$.

7.2. Аналітичний спосіб полягає у визначенні координат вершин геометричних фігур (див. рис. 7.3) і обчисленні площі за формулою:

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}) \quad (7.1)$$

де $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Обчислення можна виконувати як за лівою частиною рівняння, так і за правою. Результат має вийти однаковий.

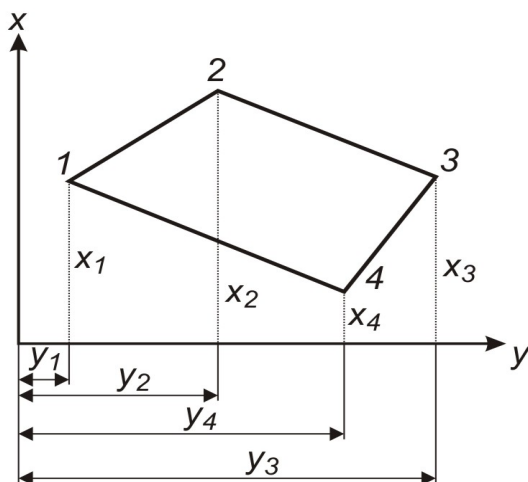


Рис. 7.3. Схема визначення площі ділянки аналітичним способом

Допустима помилка обчислення площ аналітичним шляхом не повинна перевищувати $1/1\,000$. Хоча ця точність доволі висока, але сам спосіб ще до недавнього часу вважався достатньо трудомістким, крім того, непридатним для визначення площ криволінійних ділянок.

Наразі ж практично у кожному програмному продукті, призначеному для створення і використання цифрових карт, є вбудована функція для визначення площ.

7.3. Механічний спосіб вимірювання площ оснований на використанні спеціального приладу – планіметра, який дозволяє порівняно швидко і точно виміряти площу ділянки практично будь-якої конфігурації.

Для цього можна використати *полюсний планіметр* (рис. 7.4), який складається з двох важелів: полюсного (познач. 1) і обвідного (познач. 2), з'єднаних шаровим шарніром (познач. 5), полюса з голкою (познач. 4) і каретки з лічильним механізмом (познач. 3). Обвідний важіль має ручку (познач. 7) для обводу контурів.

У каретці міститься відліковий механізм (рис. 7.5), який складається із циферблата *A*, лічильного колеса *B* та верньєра *C*. Лічильне колесо, переміщуючись по карті, показує кількість пройдених поділок під час обводу контура фігури.

Сам відлік по лічильному механізму планіметра складається із 4 цифр: першу цифру читають на циферблаті *A* (менша цифра біля нерухомої стрілки-показчика *D*); другу – на барабані лічильного колеса *B* (номер підписаного

штриха, який знаходиться нижче нуля верньєра), третю – відлічують на цьому ж барабані (кількість цілих поділок між підписаним штрихом і нулем верньєра), четверту – знаходять уже на верньєрі С (номер штриха на верньєрі, який співпадає з будь-якою поділкою на барабані лічильного колеса). Згідно означеної процедури на рис. 7.5 результат буде становити: 7315.

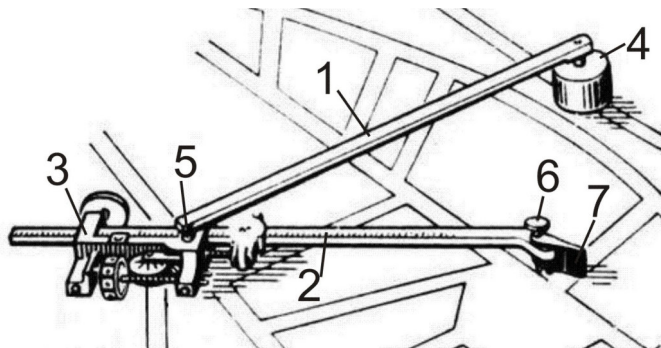


Рис. 7.4. Будова полюсного планіметра

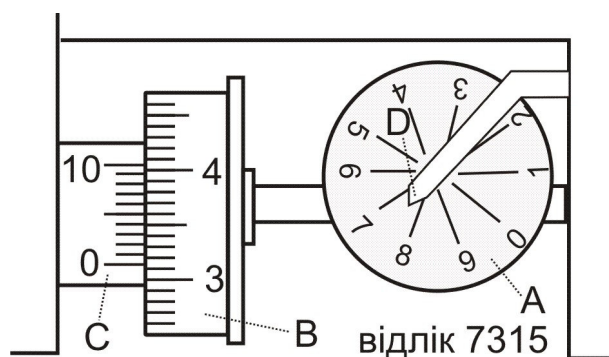


Рис. 7.5. Знімання відліку за планіметром

Для визначення площі ділянки обвідний шпиль встановлюють в якусь точку контура, а важелі розміщують приблизно під прямим кутом (рис. 7.6). В цьому положенні знімають початковий відлік n_1 за лічильним механізмом, потім акуратно обводять контур за рухом годинникової стрілки і, повернувшись в ту ж точку, знімають кінцевий відлік n_2 .

Шукану площу S знаходять за формулою:

$$S = c (n_2 - n_1), \quad (7.2)$$

$$c = P / (n_a - n_b), \quad (7.3)$$

де c – ціна однієї поділки планіметра, яка визначається з кількох обводів контура ділянки відомої площі P , наприклад, квадрата координатної сітки.

Для контролю і підвищення точності вимірювання, обведення контура виконують вдруге, проти руху годинникової стрілки, і знову визначають

площу. Зазначимо, що даний спосіб доцільно використовувати при вимірюванні площ більше 20 см² на карті.

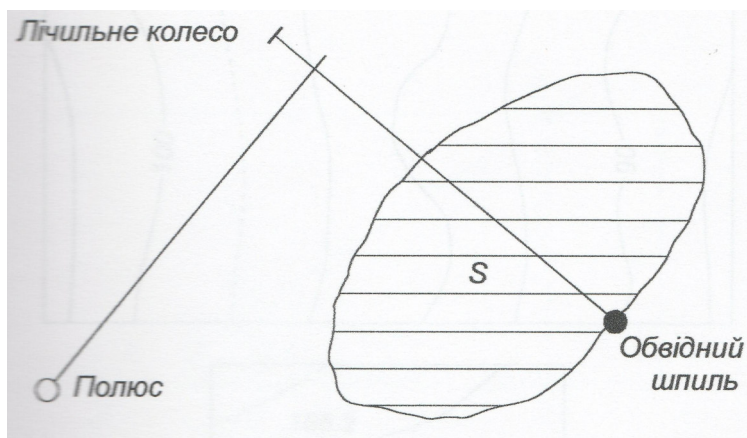


Рис. 7.6. Визначення площі планіметром

Точність визначення площі планіметром визначається у відносних величинах, вона залежить від розмірів ділянки на карті (зменшується із збільшенням площі). В середньому точність характеризується відносною помилкою 1/200–1/300.

7.4. У практиці картометричних робіт можуть мати місце й окомірні вимірювання. Хоча вони, звісно, дають лише приблизні результати, однак вміння окомірно визначати за картою різні характеристики об'єктів сприяє виробленню навичок правильного розуміння картографічного зображення. А ступінь точності підвищується із набуттям досвіду подібних дій. Окомірні операції попереджують й грубі помилки, які можуть трапитися при використанні вище розглянутих способів.

При визначенні площ ділянок як своєрідну палетку можна використовувати квадрати кілометрової сітки. Скажімо, на карті масштабу 1:10 000 квадрат такої сітки має площу 1 км² (100 га). У разі розвинутого окоміру точність визначення площ може становити 10–15%.

Запитання для самоконтролю

1. Які є способи визначення площ ділянок за топографічними картами? У яких одиницях вони визначаються?
2. Розкажіть про визначення площ ділянок за топографічними картами графічним способом.
3. Яка відносна помилка визначення площ ділянок за топографічними картами графічним способом?

4. Розкажіть про визначення площ ділянок за топографічними картами аналітичним способом.
5. Яка відносна помилка визначення площ ділянок за топографічними картами аналітичним способом?
6. Розкажіть про визначення площ ділянок за топографічними картами механічним способом.
7. Яка відносна помилка визначення площ ділянок за топографічними картами механічним способом?
8. Який порядок зняття відліків по лічильному механізму полярного планіметра?
9. Як визначають ціну поділки полярного планіметра?
10. Яка точність окомірного способу визначення площ ділянок за топографічними картами?

ТЕМА 8

ОРІЄНТУВАННЯ ЛІНІЙ

- 8.1. Загальні відомості про орієнтування ліній.
- 8.2. Визначення істинних та магнітних азимутів.
- 8.3. Визначення дирекційних кутів і румбів заданих напрямків.
- 8.4. Передача орієнтирних напрямків через кути повороту.

8.1. Практично усі роботи, які пов'язані з навігацією (рис. 8.1), обстеженням територій, вишукуванням, проектуванням та будівництвом різноманітних об'єктів, вимагають їх орієнтування відносно сторін світу та існуючих локацій на місцевості.

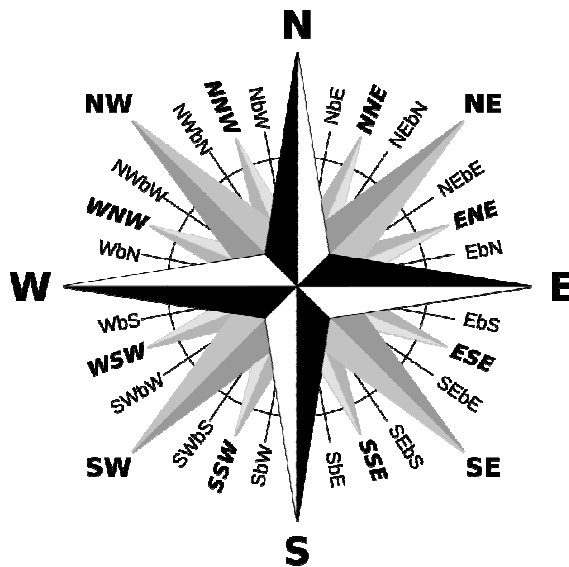


Рис. 8.1. Картушка навігаційна

Орієнтування виконують відносно початкових орієнтирних напрямків. Початковими орієнтирними напрямками прийняті: *істинний* (називають ще *дійсним*, *географічним*), *магнітний* (збігається з напрямком вільно підвішеної магнітної стрілки) та *осьовий* (прийнятий за вісь XX у системі плоских прямокутних координат) *меридіани*. Основним вихідним напрямком вважається напрямок істинного меридіана. Таким чином, через будь-яку точку на місцевості можна провести істинний, магнітний та осьовий меридіани або лінію паралельну осьовому меридіану. Розташування ж усіх меридіанів відносно один одного може бути різним, тому що воно залежить від місця розташування самої точки на земній поверхні.

Орієнтувати лінію – означає визначити горизонтальний кут між початковим орієнтирним напрямком і даною лінією. Оскільки існує три початкових напрямки, то горизонтальні кути визначені відповідно них мають свої назви. Все залежить від того, відносно якого початкового напрямку виконують орієнтування.

Кутами орієнтування є *істинні азимуту, магнітні азимуту, дирекційні кути, румби*.

8.2. *Істинним (географічним) азимутом* називається горизонтальний кут, який відраховується від північного напрямку істинного (географічного) меридіана за годинниковою стрілкою. Істинний азимут позначається літерою A і має значення від 0° до 360° .

Істинний азимут можна виміряти безпосередньо на карті. Для цього геодезичний транспорт суміщають з північним напрямком карти (паралельно вертикальній лінії внутрішньої рамки) і за рухом годинникової стрілки відраховують горизонтальний кут (рис. 8.2).

Прийнято розрізняти прямий і зворотній напрямки ліній. Істинний азимут A_{12} лінії AB називається *прямим*, а істинний азимут A_{21} для тієї ж лінії AB називається *зворотнім*. Прямі і зворотні кути відрізняються між собою на $\pm 180^\circ$ (рис. 8.2).

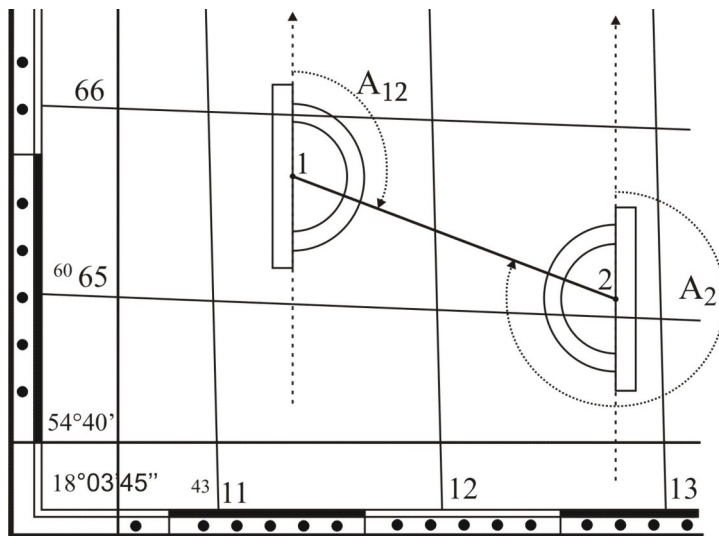


Рис. 8.2. Вимірювання істинного азимута на карті транспортом

Магнітним азимутом називається горизонтальний кут, який відраховується від північного напрямку магнітного меридіана за годинниковою стрілкою. Магнітний азимут позначається літерою A_m і має значення від 0° до 360° .

Магнітний азимут графічно визначити не можна, але його можна знайти аналітично як:

$$A_m = A \mp \delta, \quad (8.1)$$

де A_m – магнітний азимут;

A – істинний азимут;

δ – схилення магнітної стрілки.

Знак «-» ставиться, коли схилення магнітної стрілки східне; знак «+» – коли схилення магнітної стрілки західне.

Схилення на 1990 р. східне $6^{\circ}12'$. Середнє зближення меридіанів західне $2^{\circ}22'$. При прикладанні бусолі (компасу) до вертикальних ліній координатної сітки середнє відхилення магнітної стрілки східне $8^{\circ}34'$. Річна зміна схилення східна $0^{\circ}02'$. Поправка в дирекційний кут при переході до магнітного азимуту мінус $8^{\circ}34'$.

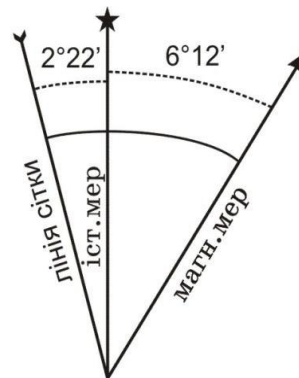


Рис. 8.3. Напис на карті про величини схилення та зближення меридіанів

Значення схилення магнітної стрілки і середнє зближення меридіанів на зображену на топографічній карті територію, наводяться у вигляді спеціальних написів, що подаються зліва під нижньою лінією рамки карти внизу кожного аркуша карти, ліворуч за рамкою карти (рис. 8.3).

Слід мати на увазі, що величина магнітного схилення не є постійною, тому у написі вказується дата, на яку наводиться схилення (1 речення) та річна зміна схилення (4 речення).

Справа вказується схема взаємного положення меридіанів. Напрямок істинного меридіана позначається зірочкою, магнітного – прямою стрілочкою, осьового – зворотною стрілочкою.

8.3. Дирекційним кутом називається горизонтальний кут, який відраховується за годинниковою стрілкою від північного напрямку осьового меридіана або лінії паралельної йому, до заданого напрямку. Дирекційний кут позначається грецькою літерою α (альфа) з відповідними індексами – α_{AB} і змінюється в межах від 0° до 360° .

Дирекційний кут можна визначити графічно на карті чи плані. Для визначення дирекційного кута напрямку 1–2 (рис. 8.4) з'єднують точки прямою лінією. В точці 1 проводять лінію паралельну вертикальній лінії

координатної сітки, прикладають нуль транспортира в точку 1 і сумістивши його нульовий діаметр з вертикальною лінією сітки, відраховують α_{12} .

Зворотній дирекційний кут α_{21} , відповідно, визначають в точці 2. Зрозуміло, що дирекційні кути α_{12} і α_{21} відрізняються між собою на $\pm 180^\circ$.

Як зазначалося раніше, в різних точках земної поверхні меридіани не паралельні між собою.

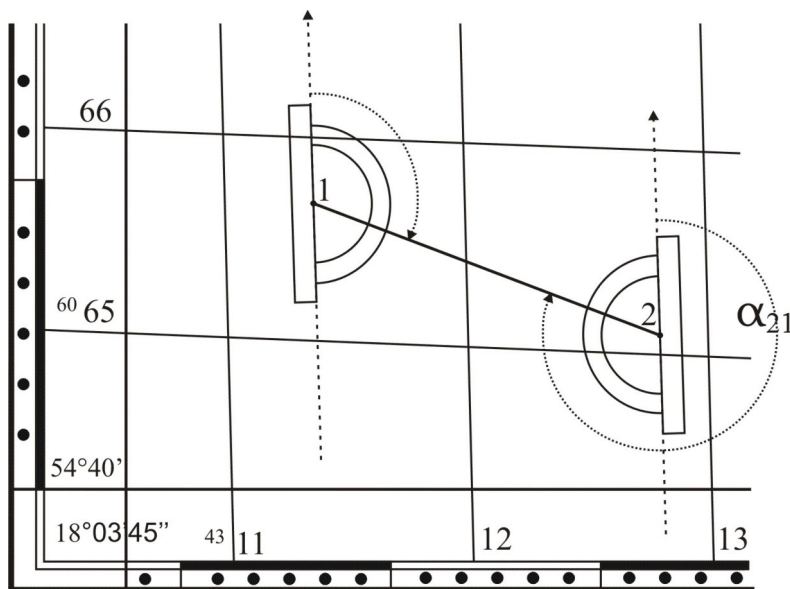


Рис. 8.4. Вимірювання дирекційного кута на карті транспортиром

Відомо, що між істинними азимутами A і дирекційними кутами α існує зв'язок:

$$A = \alpha \pm \gamma, \quad (8.2)$$

де γ – зближення меридіанів, ($+\gamma$ – східне, $-\gamma$ – західне).

Середнє зближення меридіанів вказується зліва під нижньою лінією рамки топографічної карти (рис. 8.3, 2 речення).

Румбом називається гострий кут, який відраховується від ближнього (північного чи південного) напрямку меридіана до напрямку на задану точку. Румб позначається латинською буквою r з індексом початку та кінця напрямку, може мати значення від 0° до 90° , обов'язково перед кутовою величиною вказується відповідна назва румба, яка залежить від чверті. Наприклад, $r_{AB} = \text{ПнСх: } 47^\circ 30'$.

Румби можна обчислювати за дирекційними кутами (рис. 8.5), для чого використовують формули, приведені в табл. 8.1.

За таким же принципом можна аналітично знаходити румби не тільки дирекційних кутів, а й істинних та магнітних азимутів, якщо їх значення відомі.

Зрозуміло, що румби дирекційних кутів та істинних азимутів можна визначати і графічно, прикладаючи нульовий діаметр транспортира до потрібного напрямку (північного чи південного) відповідного меридіана чи паралельній йому лінії.

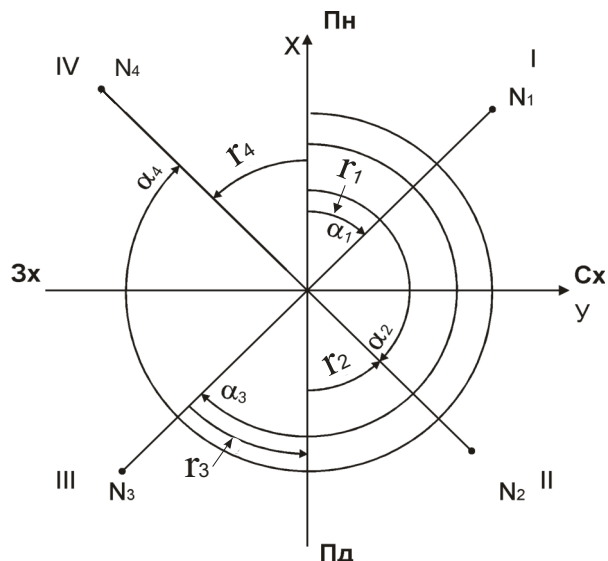


Рис. 8.5. Зв'язок між дирекційними кутами та румбами

Таблиця 8.1

Зв'язок між дирекційними кутами і румбами

Чверті	Значення дирекційних кутів	Румби	Назви румбів	Координати	
				х (знак)	у (знак)
I	$0^{\circ}-90^{\circ}$	$r = \alpha$	Пн Сх	+	+
II	$90^{\circ}-180^{\circ}$	$r = 180^{\circ} - \alpha$	Пд Сх	-	+
III	$180^{\circ}-270^{\circ}$	$r = \alpha - 180^{\circ}$	Пд Зх	-	-
IV	$270^{\circ}-360^{\circ}$	$r = 360^{\circ} - \alpha$	Пн Зх	+	-

8.4. Якщо між двома суміжними лініями AB і BC (рис. 8.6) виміряти горизонтальний кут і знати дирекційний кут вихідної лінії α_{AB} , то можна обчислити дирекційний кут наступної лінії α_{BC} .

Залежно від виміряного кута β_n (кут правий по ходу) чи β_l (кут лівий по ходу), дирекційний кут наступної лінії може бути обчислений за наведеними нижче формулами:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^{\circ} - \beta_n; \quad (8.3)$$

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - 180^\circ + \beta_n. \quad (8.4)$$

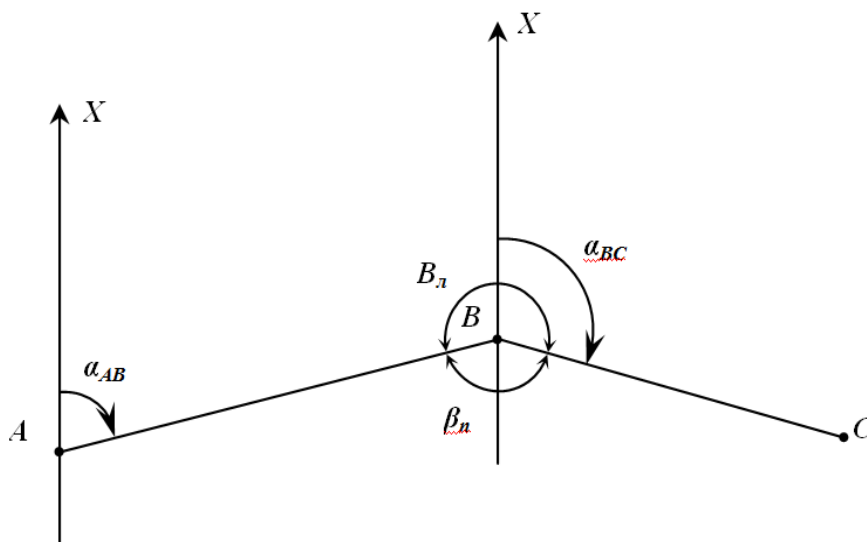


Рис. 8.6. Передача дирекційних кутів

Словами ці залежності можна сформулювати так:

1) дирекційний кут наступної сторони дорівнює дирекційному куту попередньої сторони $+180^\circ$ та мінус кут, що лежить праворуч між цими сторонами;

2) дирекційний кут наступної сторони дорівнює дирекційному куту попередньої сторони -180° та плюс кут, що лежить ліворуч між цими сторонами.

Значення дирекційних кутів має знаходитися в межах 0° – 360° . Тому, коли при виконанні математичних дій воно виходить більшим за 360° , то потрібно відняти 360° , коли ж меншим за 0° , то потрібно додати 360° .

Запитання для самоконтролю

1. Дайте характеристику початкових орієнтирних напрямків. Який з них вважається основним?
2. Що означає орієнтувати лінію? Які розрізняють кути орієнтування?
3. Дайте визначення істинного азимуту. Як його ще називають і чому?
4. Як визначити значення істинного азимуту за топографічною картою?
5. Дайте визначення магнітного азимуту. Як його можна знайти і що для цього потрібно?

6. Дайте визначення дирекційного кута. Як його можна знайти і що для цього потрібно?
7. Що ви знаєте про величини зближення меридіанів і схилення магнітної стрілки? Де вони вказуються?
8. Що називається румбом? Які вони бувають?
9. Як обчислюють румби за відомими дирекційними кутами? А як за істинними і магнітними азимутами?
10. Розкажіть про передачу орієнтирних напрямків через кути повороту. Наведіть відповідні схеми та формули.

ТЕМА 9

ОКРЕМІ ЗАДАЧІ ЗА ТОПОГРАФІЧНИМИ КАРТАМИ ТА ПЛАНАМИ

- 9.1. Орієнтування карти на місцевості.
- 9.2. Визначення видимості між точками.
- 9.3. Визначення об'ємів характерних форм рельєфу.
- 9.4. Визначення площі водозбору.
- 9.5. Прості арифметичні дії з топографічними поверхнями.
- 9.6. Визначення об'єму деревини у лісі.
- 9.7. Визначення повноводності річки.
- 9.8. Розрахунок часу спускання за течією річки.

9.1. При користуванні картою на місцевості постає потреба в її орієнтуванні. Сутність орієнтування карти на місцевості полягає в її розміщенні таким чином, щоб напрямки бокових рамок аркуша карти співпадали з напрямком географічного меридіана або напрямки ліній на карті стали паралельними напрямам горизонтальних проекцій відповідних ліній місцевості,.

Тому орієнтування карти може бути виконане за допомогою компаса чи бусолі або за лініями місцевості.

а) Орієнтування карти за компасом виконують у такому порядку:

1. Прикладають компас до карти таким чином, щоб діаметр *Пн-Пд* компаса співпав із західною чи східною рамкою карти або з однією із вертикальних ліній кілометрової сітки, а буква *Пн* була розміщена до північної рамки карти (рис. 9.1).

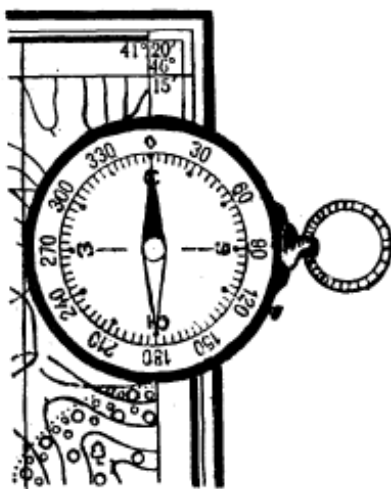


Рис. 9.1. Орієнтування карти за компасом

2. Звільнивши стрілку компаса, повертають карту з компасом до тих пір, поки північний кінець стрілки не стане навпроти букви Пн.

У такому положенні карту можна вважати орієнтованою.

б) Орієнтування карти за лініями місцевості. Перебуваючи на якійсь лінії місцевості, наприклад, прямолінійній дорозі, можна орієнтувати карту за напрямком цієї дороги.

Для цього повертають карту так, щоб напрям дороги на карті співпав з напрямом дороги на місцевості. Звертають увагу на те, щоб об'єкти, розміщені на місцевості з правої і лівої сторони від дороги, знаходилися з тих же сторін і на карті (рис. 9.2).

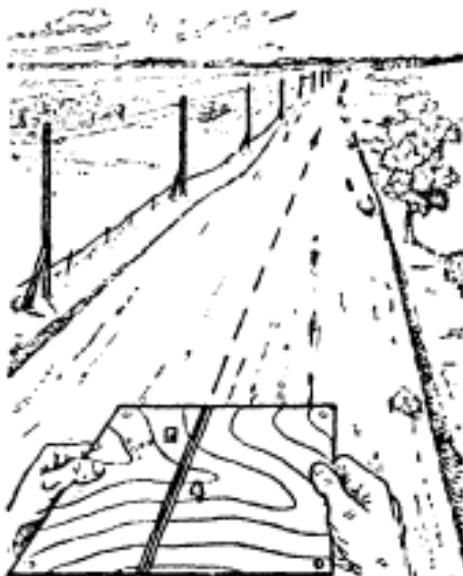


Рис. 9.2. Орієнтування карти за лінією місцевості

9.2. Встановлення взаємної видимості точок за картою, як правило, зводиться до виявлення перешкод, які можуть заважати спостереженню. В рівнинній місцевості такими перешкодами можуть бути високі місцеві предмети, які закриватимуть видимість. В горбистій та гірській місцевостях до них можуть приєднатись і нерівності земної поверхні (рис. 9.3).

Взаємну видимість точок визначають наступним чином. З'єднують необхідні точки на карті прямою лінією і визначають за горизонталями особливості рельєфу. Якщо на око визначити взаємну видимість важко, то будують скорочений профіль по найбільш характерних підвищених точках. З'єднують прямою лінією точки, видимість між якими слід визначити, і якщо ця пряма не перетинає лінію скороченого профілю, то видимість буде (рис. 9.4). При великих відстанях між точками необхідно враховувати поправку на кривизну земної поверхні і рефракцію.

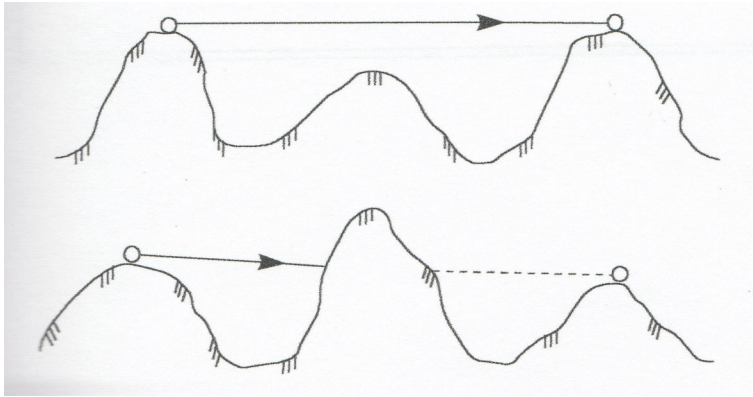


Рис. 9.3. Умови визначення видимості між точками

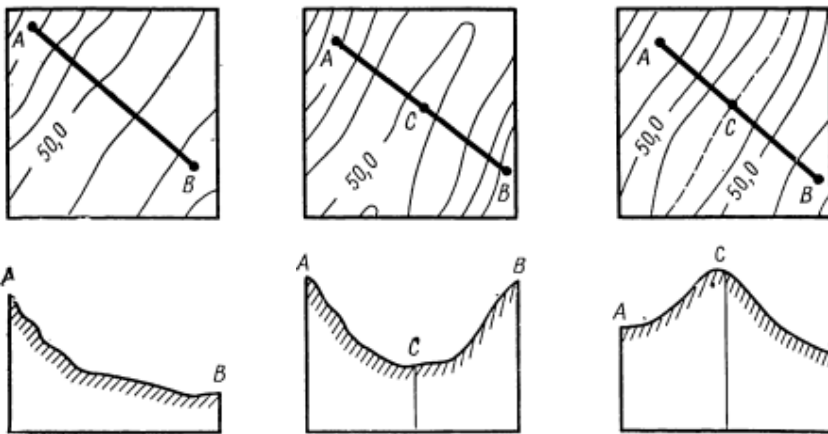


Рис. 9.4. Зображення рельєфу горизонталями з відповідними профілями по лінії AB

9.3. За горизонталями на топографічній карті можна знаходити об'єми характерних форм рельєфу, наприклад, гори чи западини (рис. 9.5).

Такі об'єми розраховують за горизонталями крупномасштабної топографічної карти чи плану. Загальний обсяг всього об'єкта виражається сумою об'ємів поясів, які розміщені між сусідніми горизонталями:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 . \quad (9.1)$$

Об'єми нижніх поясів, які приймаються за усічені конуси, знаходять за формулою:

$$V = \frac{1}{2} (S_H - S_B) \times h , \quad (9.2)$$

де S_H і S_B – площі нижньої і верхньої основи усіченого конуса, обмеженого суміжними горизонталями (рекомендується знаходити за допомогою планіметра); h – висота перерізу рельєфу.

Обсяг верхньої частини об'єкта знаходять за формулою для обчислення об'єма конуса:

$$V = \frac{1}{3} S_H h . \quad (9.3)$$

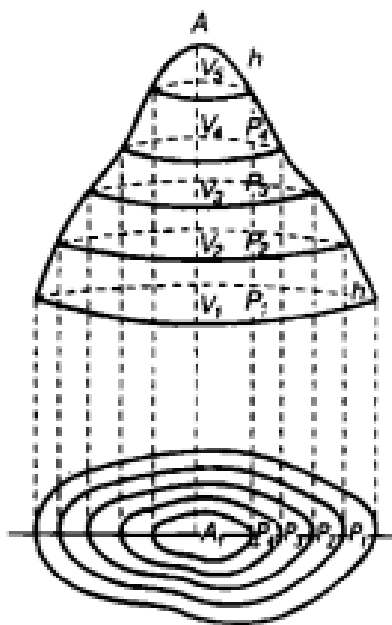


Рис. 9.5. Принцип визначення об'єму гори

Обчислені об'єми, як правило, виражають у m^3 .

Правильний розв'язок розглянутої задачі особливо важливий при будівництві різних об'єктів, коли важливо знати не тільки площі планувальних робіт, але й їх об'єми, при визначенні обсягів родовищ корисних копалин у геологорозвідувальній справі, місткості сміттєзвалищ у комунальній сфері та ін.

9.4. Басейном (площею водозбору) називається частина місцевості, з якої стікає вода в певний водотік або водоймище – річку, струмок, яр, озеро і т. п. Визначення площі басейну має важливе практичне значення при проектуванні гідротехнічних чи інших споруд, коли потрібно завчасно знати пропуск води через наявні водотоки. Межами басейну є вододільні лінії, які проводяться по нормалях до горизонталей.

Обриси межі водозбірної площі можуть бути складними, їх нанесення в окремих випадках представляє певні труднощі. Розв'язок задачі слід

розпочинати з вивчення тальвегів, які входять до системи водостоку. При цьому наносяться ті вододільні лінії, які є спільними межами водозбору (тобто які не викликають сумнівів), їх слід відразу позначити на карті. Далі наносяться ті ділянки межі, які не були виявлені при початковій ідентифікації тальвегів. Правильність нанесення меж водозбірної площі контролюється положенням, коли побудована лінія у всіх точках буде вододільною і проходитиме між тальвегами своєї і інших систем.

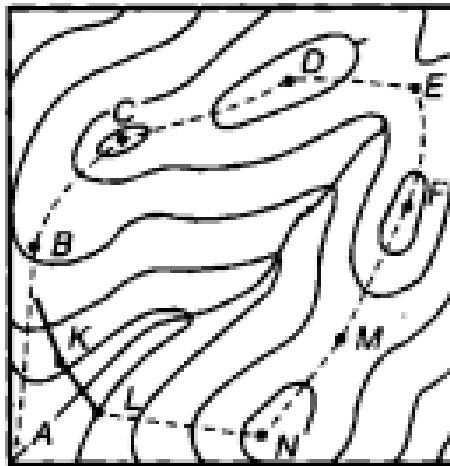


Рис. 9.6. Побудова меж водозбірної площі

На рис. 9.6 показано побудову водозбірної площі для струмка із запроєктованою греблею. Межами водозбірної площі є лінії $A B C D E F M N L$. Із кінцевих точок K і L греблі до вододільних ліній AB і NM проводять прямі, які перпендикулярні до всіх горизонталей. Замкнута крива $K B C D E F M N L$ визначає водозбірну площу.

9.5. Якщо дві поверхні, зображені горизонталями на топографічних картах одного масштабу, сумістити, то можна проводити прості арифметичні дії: додавання або віднімання рельєфу поверхонь. При цьому отримують нове картографічне зображення з ізолініями сум або різниць.

Нехай, наприклад, потрібно додати дві топографічні поверхні A і B (рис. 9.7). Спочатку акуратно суміщають два картографічні зображення і по точках перетину горизонталей проводять ізолінії суми $A+B$. Подібним чином проводять і графічне віднімання однієї поверхні від іншої. Така закономірність позбавляє від обов'язкового сумування значень у кожні точці і дозволяє проводити ізолінії без додаткового розрахунку, механічно.

Описані графічні прийоми знайшли широке застосування в практичній роботі і науковій діяльності (вивчення деформацій земної поверхні, підрахунок потужності різноманітних порід, об'єму відкладеного матеріалу,

стоку води, випадання атмосферних опадів і т. д.). Картографічні матеріали дозволяють виконувати й інші математичні операції з поверхнями: перемноження і ділення однієї поверхні на іншу або на число, логарифмування, диференціювання поверхні. Однак необхідність в подібних операціях виникає вже значно рідше.

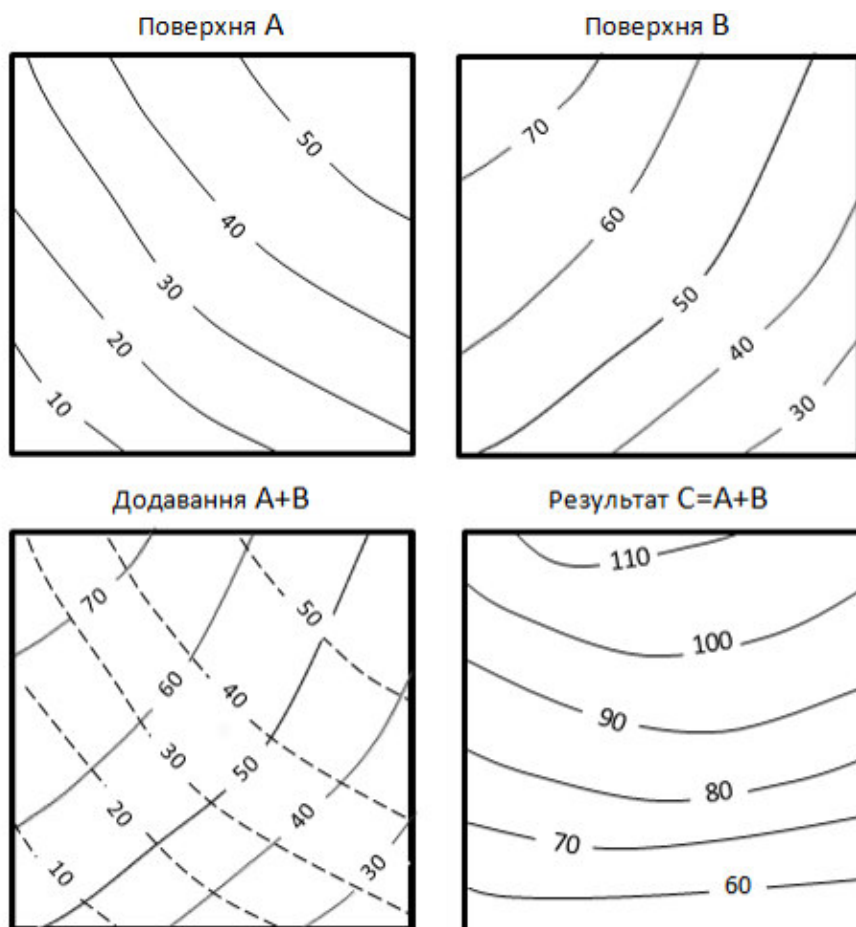


Рис. 9.7. Графічне додавання поверхонь

9.6. За топографічною картою можна знайти об'єм деревини в лісі. Для цього необхідно знати середні значення висоти дерев, їх діаметрів, кількості стовбурів на одиницю площі (наприклад, 1 га), а також загальну площу лісу. Такі дані можна отримати з будь-якої карти, на якій показані лісові масиви (рис. 9.8).

Кожне дерево можна умовно прийняти за конус, об'єм якого знаходять за формулою:

$$V = \frac{1}{3} \pi R^2 h . \quad (9.4)$$

Перемноживши об'єм одного дерева на кількість стовбурів в 1 га та загальну площу лісу, знаходять необхідний результат. Площу лісу при цьому можна знайти палеткою чи планіметром.

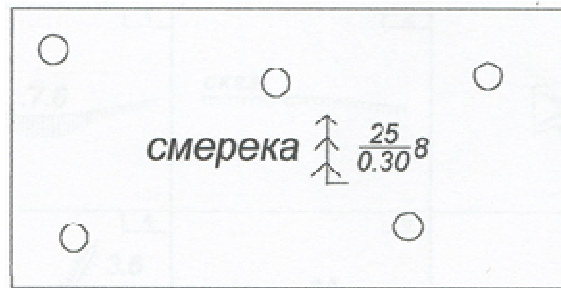


Рис. 9.8. Умовне позначення деревостою

9.7. Основною характеристикою повноводності річки вважаються витрати води (об'єм води, що протікає за поперечний перетин річки за одиницю часу). Значить, для розв'язування задачі необхідно знати швидкість течії річки і площу її живого перерізу. Такі дані можна отримати з цифрових позначень характеристики річки на топографічній карті (рис. 9.9). Швидкість течії річки в м/с підписується безпосередньо на карті в розриві стрілки, яка вказує напрям течії.

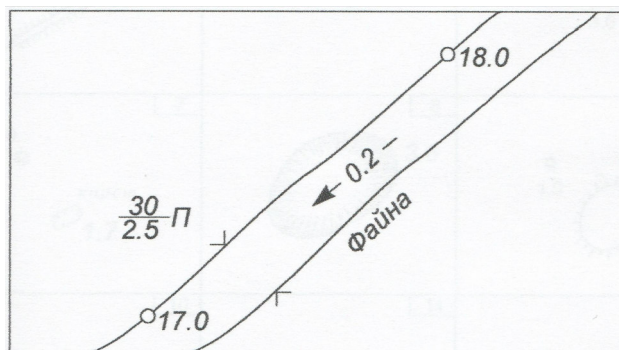


Рис. 9.9. Характеристика водотоку

Для визначення площі живого перерізу користуються іншими числовими характеристиками – шириною і глибиною, які подаються у вигляді дробу, відповідно – в чисельнику і знаменнику. Для дещо наближених розрахунків приймають живий переріз річки у вигляді трапеції, нижня основа якої вдвічі менша за верхню (у нашому випадку, $S = (30+15)1/2 \times 2,5 = 56,25 \text{ м}^2$). Перемноживши відому швидкість течії на площу поперечного перерізу річки, знаходять витрати води (у даному випадку, $Q = 56,25 \times 0,2 = 11,25 \text{ м}^3/\text{с}$).

Найбільш актуальними такі розрахунки є для гідрологів та гідротехніків.

9.8. Є сфери практичної діяльності, де може виникнути потреба в розрахунку часу спускання за течією до якоїсь точки або навіть до гирла річки, якщо вона впадає до моря (скажімо, лісосплав, водний туризм та ін.). Для цього можна скористатись числовими характеристиками річки, приведеними на топографічній карті (рис. 9.9).

Наприклад, для знаходження часу спускання до гирла, навіть якщо воно відсутнє на даній карті, спочатку визначають довжину шляху води від певної точки, висота якої відносно рівня моря відома (за приведеними відмітками рівнів води двох точок і виміряною відстанню між ними, враховуючи масштаб карти). Шуканий же час розраховується як частка знайденої відстані від певної точки до гирла і швидкості течії води.

Слід мати на увазі, що отриманий результат буде дещо заменшеним, бо швидкість течії річки біля гирла внаслідок розширення русла сповільнюється.

Запитання для самоконтролю

- 1. Як виконується орієнтування топографічної карти на місцевості?*
- 2. Як визначити взаємну видимість між точками за топографічною картою?*
- 3. Як визначити об'єми характерних форм рельєфу за топографічною картою?*
- 4. Що таке площа водозбору? Як її визначити за топографічною картою?*
- 5. Розкажіть про графічне додавання двох поверхонь.*
- 6. Як визначити об'єм деревини у лісі за топографічною картою?*
- 7. Як визначити витрати води річки за топографічною картою? Що для цього потрібно?*
- 8. Як розрахувати час спускання річкою за топографічною картою?*

ТЕМА 10
СУЧАСНА ТЕРМІНОЛОГІЯ У ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОМУ
ТОПОГРАФІЧНОМУ КАРТОГРАФУВАННІ.
ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ НАТО

- 10.1. Суть основних термінів у загальнодержавному топографічному картографуванні.
- 10.2. Загальні відомості про топографічні карти НАТО.

10.1. Діючими документами, які визначають механізм створення та оновлення державних топографічних карт, передбачено застосування різних термінів, серед яких, окрім уже раніше зазначених, звернемо увагу на наступні:

- *аналогові карти* – карти, що видаються на поліграфічних матеріалах методом офсетного або цифрового друку;
- *база топографічних даних* – сукупність взаємопов'язаних складноструктурованих геопросторових даних, керування якою здійснюється централізовано;
- *базова топографічна карта* – топографічна карта, що є основою для географічної прив'язки та визначення координат усіх даних, які надходять до геоінформаційної системи;
- *геопросторові дані* – набір даних про геопросторовий об'єкт;
- *геопросторовий об'єкт* – об'єкт реального світу, що характеризується певним місцезнаходженням на Землі і визначений у встановленій системі просторово-часових координат;
- *державна топографічна карта* – цілісний картографічний твір багатоцільового призначення, що уніфікований за математичною основою, змістом, оформленням і зображенням геопросторових об'єктів;
- *метадані* – довідкова інформація про геопросторові дані та сервіси геопросторових даних;
- *набори топографічних даних* – сукупність цифрових записів про топографічні об'єкти;
- *ортофотокарта* – фотографічне зображення місцевості в ортогональній проєкції, створене з урахуванням вимог до топографічної карти відповідного масштабу в умовних знаках;
- *сервіси геопросторових даних* – операції, які здійснюються за допомогою комп'ютерних програм з даними, що містяться у наборах геопросторових даних або пов'язаних з ними метаданих;
- *сховище бази топографічних даних* – сховище, створене та описане згідно з вимогами стандартів до структури баз геопросторових даних

в об'єктно-реляційній системі керування бази даних у незалежних від конкретної інструментальної геоінформаційної системи внутрішніх форматах даних;

- *топографічний моніторинг* – постійне, регламентоване, безперервне топографічне вивчення сучасного стану місцевості, оперативне картографування зафіксованих змін на цифровій топографічній основі та реєстрація виявлених у базі даних змін об'єктів місцевості.
- *формат електронних даних* – структура даних, що використовується для цифрового подання інформації.

Загальнодержавне топографічне картографування здійснюється в масштабах 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 і 1:1 000 000. Основними державними топографічними картами є топографічні карти масштабів 1:10 000, 1:50 000, 1:100 000 і 1:250 000. Державною базовою топографічною картою є топографічна карта масштабу 1:10 000.

Топографічні карти за змістом поділяються на карти з:

- уніфікованим змістом, що містять інформацію про об'єкти місцевості та їх характеристики, доступну для відкритого опублікування, і призначені для широкого кола користувачів;
- розширеним змістом, що створені на основі карт з уніфікованим змістом та доповнені інформацією про об'єкти місцевості та їх характеристики і призначені для зацікавлених користувачів;
- спрощеним змістом, що створені на основі карт з уніфікованим змістом, з яких вилучено інформацію відповідно до нормативних документів, що встановлюють вимоги щодо зображення на картах об'єктів місцевості та зазначення їх характеристик. Такі карти є топографічною основою для створення тематичних і кадастрових карт та геоінформаційних систем.

Топографічні карти за способом створення та подання геопросторових даних про природні та штучні об'єкти місцевості, явища та взаємозв'язки між ними поділяються на *аналогові, цифрові та електронні*.

На аналогових топографічних картах інформація про місцевість подається як графічне зображення у паперовому вигляді в умовних знаках, прийнятих відповідно до встановлених класифікацій топографічних об'єктів, місце яких на карті обумовлено її масштабом, а також роздільно-візуальним сприйняттям.

Цифровими топографічними картами є цифрові картографічні моделі, які відповідають змісту аналогової карти певного типу та масштабу, є базами геопросторових даних та метаданих, створюються за допомогою спеціалізованих програмно-технічних засобів з урахуванням класифікації топографічних об'єктів та явищ шляхом кодування їх розміру, форми,

розташування та метаданих (якісних, кількісних та структурних характеристик) у прийнятих системах координат, висот, розграфлення, масштабах, проекціях. Цифрові топографічні карти зберігаються у базах цифрових картографічних даних.

Електронними топографічними картами є цифрові топографічні карти, що візуалізовані або підготовлені до візуалізації в умовних знаках, встановлених для певного масштабу карти, і створені з використанням конкретних електронних чи оптико-електронних пристроїв та відповідних програмних засобів.

Ортофотокарти (фотокарти) створюються з метою оперативного забезпечення окремих територій картографічними матеріалами, а також використання в геоінформаційних системах як геопросторової інформації топографічних карт шляхом трансформування зображень, отриманих за результатами аерозйомки та космічної зйомки з нанесенням мінімальної кількості штрихових елементів, що дає змогу отримувати точну інформацію про відстані, площі, кути, дороги, елементи рельєфу, рослинність тощо.

Створення та оновлення топографічних карт здійснюється із застосуванням геоінформаційних технологій, які уніфікують засоби формування і використання баз топографічних і картографічних даних у топографо-геодезичному і картографічному виробництві.

Вимоги до змісту, редагування, оновлення топографічних карт та умовних знаків для них встановлюються нормативно-технічною документацією у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності.

Стандартизація загальнодержавного топографічного картографування здійснюється шляхом гармонізації національних стандартів з міжнародними стандартами серії ISO 19100 «Географічна інформація/Геоматика».

Державні топографічні карти створюються в Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 та Балтійській системі висот 1977 року, використана картографічна проекція – поперечно-циліндрична рівнокутна Гаусса-Крюгера.

Для забезпечення держави та суспільства достовірною, точною і актуальною топографічною інформацією, інтегрування у глобальну та європейську інфраструктуру геопросторових даних важливе значення має прийнятий у 2020 році Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних».

Геопросторові дані – це ресурс, який протягом тривалого часу накопичувався багатьма установами, підприємствами та організаціями, які володіють, розпоряджаються, замовляють ці дані, тобто є їх держателями. До основних джерел НІГД належать топографічні карти та плани, земельний і містобудівний кадастри, кадастри природних ресурсів, загальнодержавні реєстри, дані ДЗЗ (дистанційного зондування Землі) тощо.

10.2. Наразі існує узгоджена геополітика країн НАТО зі створення топографічних та спеціальних карт (включаючи цифрові карти), основним принципом якої є: кожний член НАТО відповідає за забезпечення необхідними картографічними матеріалами своїх військ та збройних сил країн НАТО на свою територію та на закріплену за країною територію земної кулі для планування і проведення військових операцій. У той же час, кожна країна має суверенне право створювати й розповсюджувати власні картографічні матеріали (включаючи й джерела цих матеріалів) у межах своєї території та встановлювати правила стосовно використання цих матеріалів.

Основними стандартними масштабами для топографічних карт НАТО є: 1:50 000, 1:250 000 та 1:1 000 000, додатковими масштабами – 1:25 000, 1:100 000 та 1:500 000.

Топографічні карти масштабу 1:25 000, 1:50 000 та 1:100 000 створюються країнами НАТО у відповідності з національними вимогами зі збереженням свого традиційного переходу щодо створення топографічних карт, але дотримуючись єдиного стандарту НАТО стосовно обов'язкового нанесення на карти географічної сітки WGS-84 (World Geodetic System 1984) та сітки UTM (Universal Transverse Mercator), друку англійською мовою пояснень умовних знаків і скорочень та нанесення географічних назв латиницею.

Проте топографічні карти масштабу 1:250 000, 1:500 000 та 1:1 000 000 створюються в єдиному стандарті НАТО та є уніфікованими для кожної країни-виробника.

Аркуші топографічних карт НАТО являють собою трапеції, обмежені меридіанами й паралелями, які називаються чотирикутниками. Для позначення аркушів топографічних карт застосовуються підписи назв головних на кожному аркуші карти населених пунктів або географічних об'єктів. Ці підписи вміщуються над північною рамкою аркуша карти. Розграфлення і номенклатура топографічних карт має свої особливості, які відрізняються від українських топографічних карт.

Свої відмінності мають і умовні знаки. Приклад деяких позначень для топографічних карт масштабу 1:50 000 наведено на рис. 10.1, 10.2.

Питання картографо-геодезичної діяльності розглядаються на щорічних географічних конференціях, семінарах та сесіях НАТО. У зв'язку з розширенням НАТО нові країни – члени альянсу мають за мету:

- привести виробництво топографічних і спеціальних карт (включаючи цифрові карти) у відповідність до стандартів НАТО;
- здійснити перехід з існуючих національних систем координат до системи координат WGS-84;
- активно здійснювати впровадження GPS-вимірювань та технічних засобів навігації у своїх збройних силах.

№ з/п	DESCRIPTION English Text	ОПИС Український текст	УМОВНИЙ ЗНАК
82.	CONIFEROUS FOREST	ХВОЙНІ ЛІСИ	
83.	DECIDUOUS FOREST	ЛИСТЯНІ ЛІСИ	
84.	SCRUB	ЧАГАРНИКИ	
85.	SCATTERED TREES	РІДКІ ЛІСИ	
86.	ISOLATED TREE	ПООДИНОКІ ДЕРЕВА	
87.	ORCHARD, PLANTATION	ФРУКТОВІ САДИ Й ПЛАНТАЦІЇ	
88.	VINEYARD	ВИНОГРАДНИКИ	
89.	TROPICAL GRASS	ВИСОКОТРАВ'ЯНА ТРОПІЧНА РОС- ЛИННІСТЬ	
90.	DUAL LANE HIGHWAY	АВТОСТРАДИ З ДВОМА СМУГА- МИ РУХУ	
91.	HIGH SPEED MOTOR WAY	ВИСОКОШВИД- КІСНЕ ШОСЕ	
92.	HIGHWAY INTERCHANGE	ТРАНСПОРТНІ РОЗВ'ЯЗКИ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ	
	To scale	а) Що виражаються в масштабі карти	а)

Рис. 10.1. Приклад умовних знаків

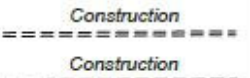
№ з/п	DESCRIPTION English Text	ОПИС Український текст	УМОВНИЙ ЗНАК
	Symbols	б) Що не виражаються в масштабі карти	б) 
93.	ALL WEATHER ROADS	ДОРОГИ, ПРОЇЗДЖІ В БУДЬ-ЯКУ ПОГОДУ	
	Hard surface, two or more lanes wide	а) З твердим покриттям з двома і більше смугами руху	а) 
	Loose or light surface, two or more lanes wide	б) Дороги з неміцним покриттям з двома і більше смугами руху	б) 
	Hard surface, one lane wide	в) Дороги з твердим покриттям з однією смугою руху	в) 
	Loose or light surface, one lane wide	г) Дороги з неміцним покриттям з однією смугою руху	г) 
94.	FAIR OR DRY WEATHER LOOSE SURFACE	ДОРОГИ, ПРОЇЗДЖІ В СУХУ ПОГОДУ, З ЛЕГКИМ ПОКРИТТЯМ	
95.	CART TRACK	ГРУНТОВІ ДОРОГИ	
96.	FOOTPATH, TRAIL	ПІШОХІДНІ СТЕЖКИ	
97.	UNDER CONSTRUCTION	ДОРОГИ, ЩО БУДУЮТЬСЯ	

Рис. 10.2. Приклад умовних знаків

Запитання для самоконтролю

1. Що розуміють під аналоговими картами?
2. Що таке база топографічних даних?
3. Поясніть термін «ортофотокарта».
4. У яких масштабах здійснюється загальнодержавне топографічне картографування?
5. Карта якого масштабу є державною базовою топографічною картою?
6. Поясніть суть цифрових та електронних топографічних карт.
7. Назвіть основні джерела НІГД. Для чого потрібна НІГД?
8. У чому полягає узгоджена політика НАТО щодо створення топографічних та спеціальних карт?
9. Які масштаби для топографічних карт НАТО є основними стандартними? А які додатковими?
10. Наведіть декілька прикладів умовних позначень, які використовуються на топографічних картах НАТО. Відзначте їх особливості.

КОРОТКИЙ ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Азимут істинний (географічний) – горизонтальний кут, який відраховується від північного напрямку істинного (географічного) меридіана за годинниковою стрілкою.

Азимут магнітний – горизонтальний кут, який відраховується від північного напрямку магнітного меридіана за годинниковою стрілкою.

Висота точки – це віддаль по прямовисній лінії від точки на поверхні Землі до певної рівневої поверхні, яка прийнята за початок відліку.

Географічна довгота – двогранний кут між площинами нульового (початкового) меридіана та меридіана, який проходить через дану точку.

Географічна широта – кут між проведеною в даній точці нормаллю і площиною екватора.

Геообразження інтерактивне – картографічне зображення, яке укладають, сприймають і аналізують в режимі конференції.

Горизонталь – це крива лінія, яка з'єднує точки з однаковими висотами.

Карта – зменшене, побудоване у картографічній проєкції, узагальнене, виконане за допомогою певної системи умовних знаків зображення земної поверхні, іншого небесного тіла чи позаземного простору з розміщеними на цих територіях об'єктами реальної дійсності.

Карта аналогова – карта, що видається на поліграфічних матеріалах методом офсетного або цифрового друку.

Карта загальногеографічна – карта, яка відображає сукупність основних елементів місцевості

Карта електронна – кероване відповідними програмами картографічне зображення, візуалізоване із використанням програмних і технічних засобів, в прийнятій картографічній проєкції і системі умовних позначень.

Карта тематична – карта, основний зміст якої визначається конкретною темою відображення певного елемента чи явища.

Карта топографічна – детальне зображення земної поверхні на площині, за допомогою якого можна визначити планове і висотне положення точок.

Карта цифрова – цифрова картографічна модель, яка відповідає змісту аналогової карти, є базою геопросторових даних та метаданих, створюється за допомогою спеціалізованих програмно-технічних засобів.

Карті великомасштабні – карти від масштабу 1:10 000 до масштабу 1:200 000 включно.

Карті дрібномасштабні – карти менше масштабу 1:1 000 000.

Карті середньомасштабні – карти від масштабу 1:200 000 до масштабу 1:1 000 000 включно.

Координати – лінії та кутові величини, які визначають положення точки на земній поверхні.

Крутизна схилу – це ступінь пониження чи підвищення місцевості.

Кут дирекційний – горизонтальний кут, який відраховується за годинниковою стрілкою від північного напрямку осевого меридіана, або лінії паралельної йому, до заданого напрямку.

Масштаб – відношення довжини відрізка на плані чи карті до його відповідного горизонтального прокладення на місцевості.

Масштаб лінійний – це відрізок прямої, який розділений на однакові підписані проміжки, що означають відповідні горизонтальні відстані на земній поверхні.

Масштаб словесний – супроводжуюче словесне пояснення на планах та картах числового масштабу: скільком метрам на місцевості відповідає 1 см відповідного плану чи карти.

Масштаб числовий – це дріб, у чисельнику якого стоїть одиниця, а у знаменнику – число, яке вказує, у скільки разів зменшені горизонтальні прокладення ліній на місцевості при їх зображенні на відповідних планах чи картах.

Меридіан географічний – лінія на земному еліпсоїді, яка проходить через полюси і всі точки якої мають однакову географічну довготу.

Номенклатура топографічних карт та планів – система позначення за допомогою відповідних літер та цифр окремих аркушів.

Паралель географічна – лінія, яка паралельна площині земного екватора і всі точки якої мають однакову географічну широту.

Перевищення – це різниця висот двох точок.

План топографічний – великомасштабне зображення обмеженої частини земної поверхні на площині в ортогональній проєкції без врахування кривизни земної поверхні.

Плани основні – плани універсального призначення, за допомогою яких вирішують завдання багатьох галузей практичної діяльності.

Плани спеціалізовані – плани, за допомогою яких виконують конкретні завдання в окремо взятій галузі чи сфері діяльності.

Пояснювальні написи – підписи на картах і планах для додаткової кількісної та якісної характеристики об'єктів.

Профіль – зменшене зображення вертикального розрізу земної поверхні за певним напрямом.

Рельєф – це сукупність різноманітних за формою і розмірами нерівностей земної поверхні.

Розграфлення топографічних карт та планів – поділ за визначеними правилами паралелями та меридіанами на окремі аркуші різних масштабів.

Румб – гострий кут, який відраховується від ближнього (північного чи південного) напрямку меридіана до напрямку на задану точку.

Сітка картографічна – система меридіанів та паралелей на карті, яка служить для відліку географічних координат.

Точність масштабу гранична – величина горизонтальної проекції лінії на місцевості, яка відповідає 0,1 мм на карті чи плані заданого масштабу.

Умовні знаки – графічні позначення, за допомогою яких на картах і планах відображають місцеположення об'єктів та явищ, а також їх якісні та кількісні характеристики.

Умовні знаки лінійні – позначення положення об'єктів, які мають велику довжину, але малу ширину.

Умовні знаки площові (контурні) – позначення об'єктів, площа яких відображається у масштабі карти чи плану.

Умовні знаки позамасштабні – позначення об'єктів, розміри яких не витримуються у масштабі карти чи плану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баран П. І., Марущак М. П. Топографія та інженерна геодезія. Київ : Знання України, 2015. 463 с.
2. Геодезія. Частина перша / за заг. ред. С. Г. Могильного і С. П. Войтенка. Донецьк, 2003. 458 с.
3. Лозинський В. Топографічна карта. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2010. 56 с. URL: <http://old.geography.lnu.edu.ua/> (дата зверення: 01.10.2024).
4. Остапчук С. М., Романчук С. В. Камеральні геодезичні роботи. Рівне : УІВГ, 1994. 126 с.
5. Остапчук С. М. Топографічне креслення. Рівне : НУВГП, 2006. 119 с.
6. Остроух В. І. Практикум з геодезії. Київ : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2022. 44 с.
7. Панчук Ю. М., Бялик І. М., Янчук О. Є. Інженерна геодезія. Рівне : НУВГП, 2012. 337 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2185/> (дата зверення: 01.10.2024).
8. Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 208 с.
9. Рекомендації з використання топографічних карт НАТО в ЗСУ. URL: <https://sprotyvg7.com.ua/lesson/metodichnij-posibnik-priznachenij-dlya-vikoristannya-topografichnix-kart-nato-v-zbrojnix-silax-ukraini> (дата зверення: 01.10.2024).
10. Даценко Л.М., Гончаренко О.С. Топографічне картографування. Київ : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2019. 88 с.
11. Мороз О. І. Топографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 220 с.
12. Черняга П. Г., Дмитрів О. П., Стахів Я. А. Геодезія. Рівне : НУВГП, 2016. Ч. 1. 292 с.

Навчальне видання

Остапчук Сергій Миколайович

ТОПОГРАФІЧНІ ПЛАНИ ТА КАРТИ

Конспект лекцій

Навчально-методичний посібник

Технічний редактор

Галина Сімчук

*Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції
РВ № 31 від 26.04.2005 р.*