

ХАЄЦЬКИЙ Г.С., СТЕФАНКОВ Л.І.

КАРТОГРАФІЯ З ОСНОВАМИ ТОПОГРАФІЇ

**частина 1
ТОПОГРАФІЯ**
(видання друге, перероблене)

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК



2014

УДК 528. 42

Картографія з основами топографії. Частина I. Топографія:
Навчальний посібник для студентів географічних спеціальностей
педагогічних університетів / Укладачі: Хаєцький Г.С., Стефанков
Л.І. – Вінниця, ВДПУ, 2014. – 132 с.

Рецензенти:

Сухий П. О. – доктор географічних наук, професор кафедри
геодезії і картографії та управління територіями Чернівецького
національного університету ім. Ю. Федьковича

Денисик Г. І. – доктор географічних наук, професор кафедри
географії Вінницького державного педагогічного університету імені
М. Коцюбинського

Рекомендовано до друку Вченою радою
Вінницького державного педагогічного університету
Імені Михайла Коцюбинського
(протокол № 12 від 26 червня 2014 року)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ГЕОГРАФІЧНА І ТОПОГРАФІЧНА КАРТИ	7
1.1. Загальні відомості про географічну карту	8
Питання для самоконтролю	17
1.2. Топографія, топографічна карта її властивості, застосування та використання	18
Питання для самоконтролю.....	23
1.3. Масштаби топографічних карт.....	23
Питання для самоконтролю.....	30
1.4. Розграфлення і номенклатура топографічних карт.....	30
Питання для самоконтролю.....	40
1.5. Визначення географічних і прямокутних координат точок за топографічною картою	40
Питання для самоконтролю.....	48
1.6. Кути напрямів і визначення їх на топографічній карті.....	49
Питання для самоконтролю.....	54
1.7. Зображення рельєфу на топографічних картах.....	55
Питання для самоконтролю.....	62
1.8. Фізико-географічні та соціально-економічні елементи змісту топографічних карт.....	63
Питання для самоконтролю.....	68

ЗЙОМКИ МІСЦЕВОСТІ.....	69
2.1. Державна геодезична сітка та зйомки місцевості.....	70
Питання для самоконтролю.....	80
2.2. Планове знімання місцевості.....	80
Питання для самоконтролю.....	99
2.3. Висотне та планово-висотне знімання місцевості.....	100
Питання для самоконтролю.....	111
2.4. Аерофотозйомка. Космічне знімання.....	112
Питання для самоконтролю.....	123
ТЕСТИ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ.....	124
ЛІТЕРАТУРА.....	130

ВСТУП

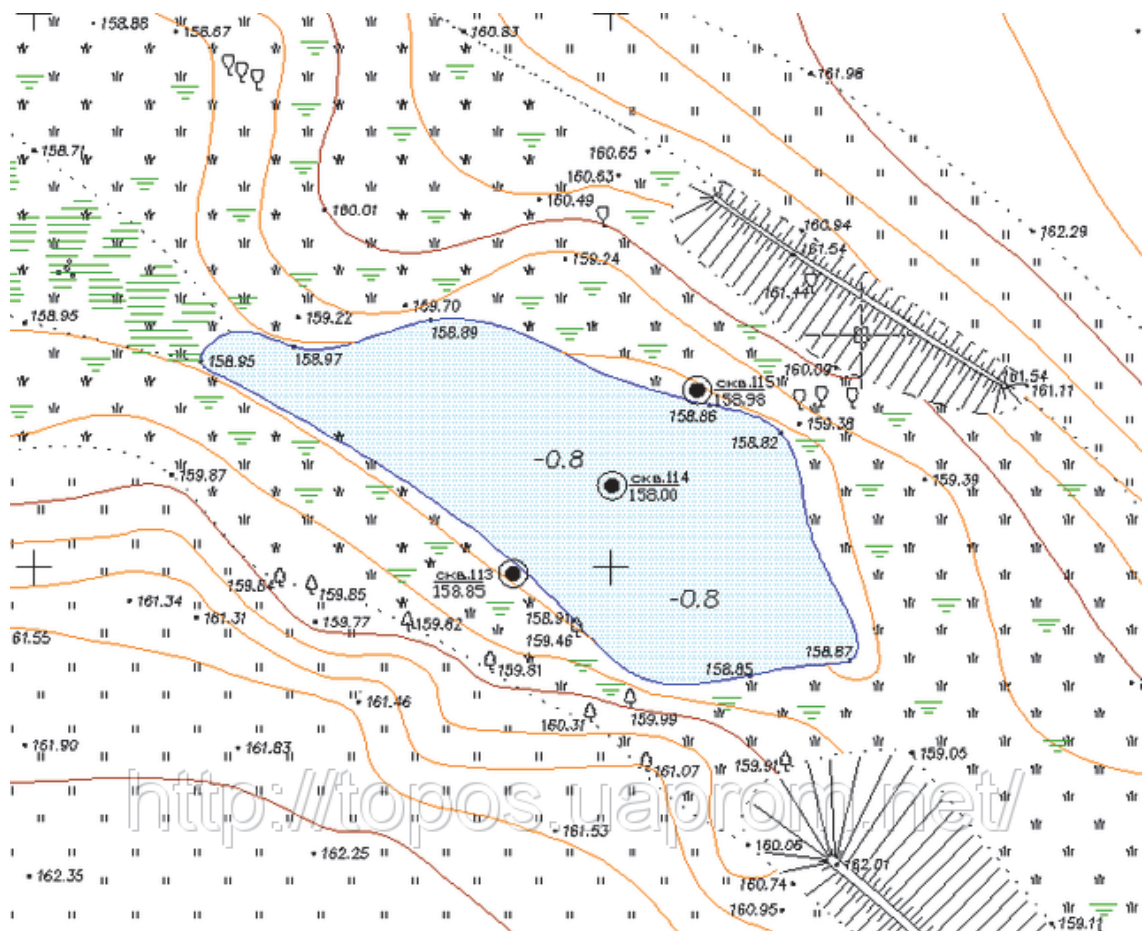
Навчальний посібник «Картографія з основами топографії», частина 1 «Топографія» укладений відповідно навчального плану і програм цього курсу.

Топографія – одна із вступних дисциплін, які вивчають студенти природничо-географічних факультетів університетів. Вивчення цього курсу необхідне для формування світогляду майбутнього вчителя географії і дає знання про топографічні карти як спосіб зображення поверхні Землі. У посібнику відображені методи створення топографічних карт та застосування їх для потреб науки і практики. Знання, які отримують студенти є основою для роботи з картами різних типів і видів, а також базою для ознайомлення з картографічними та аерокосмічними методами дослідження земної поверхні, особливостями різних картографічних творів, які студенти вивчають на старших курсах. Отриманні знання сприяють успішному використанню карт і планів у польових і камеральних дослідженнях під час навчальної і виробничої практики.

Посібник поділено на дві частини: географічні карти і плани та топографічні зйомки. У першій частині подані загальні відомості про географічну карту, методи переходу від фізичної земної поверхні до плоского зображення, яким є карта, система координат, що застосовується для місцезнаходження об'єктів, значення географічної карти в людській діяльності. Розглядаються можливості топографічних карт як джерела різноманітних відомостей про відображені ділянки земної поверхні. Детально подано розв'язання різноманітних задач за топографічними картами: відстаней, площ, географічних і прямокутних координат, кутів орієнтування тощо.

У другій частині основна увага приділена різноманітним наземним топографічним зйомкам. Оволодіння їх методикою дає змогу зрозуміти методи створення топографічних планів і карт, краще пізнати особливості картографічного зображення, його зв'язок із об'єктами земної поверхні. Також подано загальні відомості про аерофотозйомки та методи космічного знімання.

Кожен розділ містить питання для самоперевірки (завдання і методика їх виконання подаються у методичних рекомендаціях до виконання лабораторних робіт), також тестові завдання, що забезпечує ефективність засвоєння студентами навчального матеріалу, стимулює самостійну роботу, допомагає формувати практичні професійні прийоми і навички. Посібник має достатню кількість рисунків і таблиць, що полегшують сприйняття навчального матеріалу. В структурі посібника є предметний покажчик, який допомагає в користування. Отже, посібник є важливим науково-методичним джерелом для виконання лабораторних, самостійних і польових робіт під час навчальної практики, що є суттєвим у підготовці майбутніх вчителів географії.



ГЕОГРАФІЧНА І ТОПОГРАФІЧНА КАРТИ

1.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЕОГРАФІЧНУ КАРТУ

Географічна карта – це математично визначена, зменшена, узагальнена просторово-образна знакова модель земної поверхні на площині, яка відображає розміщення, стан, структуру, взаємозв'язки різних природних і суспільних об'єктів та явищ, відбір і розкриття характеристик яких здійснюється відповідно до призначення певних карт [2].

Державний стандарт термінів подає тлумачення карти як «математично визначене, зменшене, генералізоване зображення земної поверхні, іншого небесного тіла чи космічного простору, яке показує розташовані чи спроектовані на нього об'єкти в прийнятій системі координат. У спростованому вигляді карту визначають як «просторову образно-знакову модель дійсності» (Салищев К.О.), «знакову просторово-подібну ідеально-матеріальну модель» (Асланікашвілі А.Ф.), «модель конкретного простору земних матеріальних предметів та явищ» (Ізмайлова), «просторову, математично визначену та генералізовану образно-знакову модель дійсності» (Берлянт О.М.).

Завжди карта виконувала завдання – допомагати орієнтуватися на місцевості. З подальшим розвитком науки і господарства карта починає виконувати все більше нових завдань. Завдяки постійному удосконаленні зазнали змін способи зображення, покращилася точність та якість оформлення.

Ознаки географічної карти:

- засіб для огляду розміщених на земній поверхні географічних об'єктів, оцінки їхнього взаємного розташування, співставлення у просторі;
- масштабність;
- математичні закони для переходу від сферичної поверхні до площини (побудови картографічного зображення);
- картографічне зображення і зміст карти передається за допомогою знакової системи;
- умовність картографічного зображення;

- генералізація.

Властивості географічної карти:

- абстрактність,
- вибірковість,
- синтетичність,
- наочність
- метричність,
- однозначність,
- оглядовість,
- неперервність зображення, ,
- логічність легенди,
- просторово-часова подібність та змістова відповідність (Берлянт О.М.).

Функції карти:

- *пізнавальна* – здобуття нових знань про навколишню дійсність;
- *комунікативна* – передача інформації;
- *оперативна* – розв'язання важливих практичних завдань (проектування доріг, ліній електропередач, трас трубопроводів, розвідування корисних копалин, боротьба із стихійними лихами);
- *прогностична* – визначення напрямів майбутнього розвитку явищ.

Використання географічних карт:

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

- житлове будівництво;
- викладання шкільних курсів географії, історії тощо;
- військова справа;
- повсякденне життя [10].

Картографічне зображення, основна частина будь-якої географічної карти, яка містить сукупність відомостей про зображені на карті природні та соціально-економічні об'єкти (явища), їхнє розташування, властивості, взаємозв'язки. Ці елементи є змістом карти, але на різних картах комплекс елементів змісту неоднаковий. Головними елементами змісту тематичних карт можуть бути рельєф, корисні копалини, гідрологічна сітка, ґрунти, тваринний і рослинний світ тощо [3,4,10].

Вивчення географічної карти неможливе без розгляду її складовими елементами географічної карти, які необхідні при її вивченні є:

- математична основа,
- картографічне зображення;
- допоміжне оснащення;
- елементи додаткової характеристики.

Якщо картографічне зображення є графічним відображенням певної території, то це значить, що воно безперечно математично пов'язано з оригіналом. Залежно від способу переходу від земного еліпсоїда до площини, а від масштабу, картографічні зображення можуть розрізнятися своїми математичними властивостями, – мати різну *математичну основу*.

Математична основа – математично зумовлені способи побудови карти. Для того, щоб перейти від фізичної (чи топографічної) поверхні Землі до площини (карти) з математичної точки зору необхідно здійснити три операції:

- 1) фізичну поверхню Землі спроектувати на умовну поверхню земного еліпсоїда;
- 2) зменшити це спроектоване зображення до необхідних

розмірів;

3) розгорнути його в площину.

Особливості картографічного зображення, які виникають в результаті першої операції, зумовлені геодезичною основою; його особливості, які виникають в результаті другої операції – масштабом; третьої операції – картографічною проекцією.

Геодезична основа, масштаб і картографічна проекція складають математичну основу географічної карти.

Геодезична основа пов'язана із формою та розмірами Землі, початком координат і початком відліку висот.

Форма Землі є відображенням її обертання навколо осі Але, внаслідок нерівномірного розподілу мас, різних за густиною в товщі земної кори, в різних точках поверхні Землі створюється відхилення напряму сили тяжіння від напряму до центра Землі, тобто на форму Землі впливає сила тяжіння. Внаслідок цього дві теоретичні фігури не співпадають. Сьогодні вважають, що Земля має форму геоїда. **Геоїд** – фігура Землі, яку утворила б поверхня Світового океану при деякому середньому рівні води, відсутності течій, припливів і відпливів, хвиль і т.д. і уявно продовжена під материками так, щоб всюди була перпендикулярна до напряму сили тяжіння. Встановити форму та розміри цієї фігури дуже важко. Відхилення поверхні геоїда від поверхні земного сфероїда складає майже 200 м (від +78 м в районі Нової Гвінеї до – 112 м південніше Індостану). Основними способами визначення форми та розмірів Землі є астрономо-геодезичний, метод триангуляції, геофізичний (гравіметричний) та космічний.

Через те, що геоїд не є математично правильною і простою фігурою, це перешкоджає застосуванню його поверхні для проектування на неї точок фізичної поверхні Землі. Тому за основу беруть допоміжну геометричну поверхню – земний еліпсоїд. **Еліпсоїд** – еліпс обертання, який найкраще демонструє фігуру Землі.

Всі точки із фізичної поверхні Землі проектують на поверхню земного еліпсоїда за допомогою нормалей. **Нормаль** – лінія, яка перетинає поверхню земного еліпсоїда під прямим кутом. Положення

спроєктованих на земний еліпсоїд географічних об'єктів визначається їхніми географічними координатами: географічними широтою та довготою. **Географічна широта** – кут між проведеною в даній точці нормаллю і площиною екватора. **Географічна довгота** – двограний кут між площинами нульового (початкового) меридіана та місцевого меридіана.

В Україні за основу прийнято **еліпсоїд Красовського Ф.М.** В інших країнах за основу прийнято еліпсоїди **Бесселя** (країни Європи), **Ейрі** (Великобританія), **Кларка** (США), **Евереста** (Індія, Пакистан), **Струве** (Іспанія), **Хайфорда** (країни Азії, Південної Америки, Європи).

За **початок координат** прийнято центр круглої зали головної будівлі Пулковської обсерваторії (під Санкт-Петербургом, Росія). Його координати: $\varphi = 59^{\circ}46'18,7''$ пн. ш., $\lambda = 30^{\circ}19'38,6''$ сх. д.

За **початок відліку висот** прийнято нульову позначку Кронштадтського футштока (Балтійське море).

Проектування точок фізичної поверхні на поверхню земного еліпсоїда – умовне [10].

Масштаб – число, яке показує, у скільки разів відбулося зменшення розмірів земного еліпсоїда до розмірів його моделі. При проведенні третьої операції масштаб довжин не може бути збережений у всіх точках карти. Зменшення теж відбувається умовно.

Картографічна проекція – математичний спосіб зображення поверхні земного еліпсоїда на площині. Відомо, що сфероїдальну поверхню земного еліпсоїда неможливо перенести на площину без розривів, накладок, перекриття картографічного зображення, тобто без спотворень. Через те неможливо зберегти головний масштаб у всіх точках карти, тому вводимо поняття окремого масштабу, який враховує спотворення форм, довжин, площ і кутів.

При складанні карти у вибраній картографічній проекції із врахуванням розмірів земного еліпсоїда вираховують координати точок перетину меридіанів і паралелей, наносять їх на аркуш паперу, а потім викреслюють лінії картографічної сітки. **Паралель** – лінія,

яка паралельна площині земного екватора, всі точки якої мають однакову географічну широту. *Меридіан* – лінія на земному еліпсоїді, всі точки якої мають однакову географічну довготу і яка проходить через полюси. *Картографічна сітка* – система меридіанів та паралелей на картографічних картах, яка служить для відліку географічних координат.

Картографічне зображення – основна частина карти, яка містить відомості про об'єкти і явища, що на ній показані. До елементів географічної карти відносить зображення:

- 1) рельєфу;
- 2) водних об'єктів;
- 3) рослинного та ґрунтового покриву;
- 4) населених пунктів;
- 5) шляхів сполучення та засобів зв'язку;
- 6) кордони й межі;
- 7) об'єктів економіки і культури.

Для їх передачі застосовуються умовні позначення, які поділяються на площинні, лінійні та позамасштабні.

Вимоги до картографічного зображення:

а) *геометрична точність* – кожен об'єкт на карті має зображуватися там, де він розміщений, а розмір – відповідати масштабу карти;

б) *географічна відповідність* – на карті мають зображуватися ті об'єкти, які передають головні географічні риси території.

Елементи оснащення – назва карти, її умовні позначення (легенда), рамки, градусна сітка, а також записи масштабів.

Елементи додаткової характеристики – текстові відомості, карти-врізки, профілі, графіки, діаграми, таблиці тощо.

Сучасні географічні карти відзначаються надзвичайно великою різноманітністю. Карти класифікуються за рядом ознак:

- територіальним охопленням;
- тематикою (змістом);
- масштабом;

- математичною основою;
- мовою;
- епохою;
- призначенням;
- застосуванням.

За територіальним охопленням виділяють карти світу, півкуль, Світового океану, материків та їх частин, окремих океанів, морів, заток, проток, портових акваторій, окремих країн, частин країн, областей, штатів, районів, провінцій, окремих поселень, окремих землекористувань.

За змістом (тематикою) виділяють карти:

- *загальногеографічні*, на яких зображують земну поверхню із основними природними та соціально-економічними об'єктами, коли жоден із основних елементів змісту не показаний детально. Детальність зображення залежить від призначення карти, особливостей зображеної території та масштабу;
- *тематичні карти* присвячені вузькій тематиці, коли один із елементів змісту загальногеографічної карти стає темою цієї карти й показується детальніше, ніж інші. До них відносять карти природних та соціально-економічних явищ, а також їх поєднань та комплексів (кліматична, геологічна, корисних копалин, кольорової металургії тощо).

За масштабом географічні карти поділяють на:

- *крупномасштабні* (1:10 000 – 1:200 000);
- *середньомасштабні* (дрібніше 1:200 000 – 1:1 000 000);
- *дрібномасштабні* (дрібніше 1:1 000 000).

Межі масштабів, які обмежують кожну із трьох категорій в цій класифікації, дещо умовні і відносяться, власне, до загальногеографічних карт, які називають – топографічні, оглядово-топографічні та оглядові.

Картографічними творами називають різноманітні генералізовані зображення Землі, інших небесних тіл, небесної сфери, які виконані за допомогою картографічних умовних знаків, в певній картографічній проекції чи за іншим математичним

принципом.

Серед інших картографічних творів розрізняють:

Атласи – цілісний твір, що включає систематизоване зібрання карт, виконаних за єдиною програмою.

Глобуси – модель Землі з картографічним зображенням її поверхні. При їх побудові використовують умовні позначення та генералізацію, але проєктують земну поверхню в її ортогональній проєкції на кулю, внаслідок чого зберігається масштаб, співвідношення площ, геометрична подібність та взаємне розміщення об'єктів. Глобуси є фізичні та тематичні (рельєфні, геологічні, тектонічні, ландшафтні, політичні). Будуються, зазвичай, в трьох масштабах – 1:30 000 000, 1:50 000 000, 1:83 000 000, але в окремих випадках, спеціально для музеїв, планетаріїв – 1:10 000 000 і 1:5 000 000, Іноді виготовляють глобуси Місяця, інших планет чи небесні глобуси.

Блок-діаграми – зображення земної поверхні при похилому промені зорі в поєднанні із профілями. Основою для їхнього складання є топографічні карти. Блок-діаграми ілюструють зв'язки між поверхнею та її геологічною чи тектонічною будовою.

Анагліфічні карти – віддруковані двома кольорами (синьо-зеленим і червоним); при розгляді їх через спеціальні окуляри-світлофільтри дають об'ємне зображення.

Зоряні карти – зображення на площині зоряного неба. Градусна сітка служить для визначення астрономічних координат світил в екваторіальній системі.

Карти-транспаранти – карти, віддруковані поліграфічним способом на прозорій плівці для проєктування на екран.

Карти планет – генералізовані карти, на яких зображають поверхню, рельєф, або інші елементи їхньої природи, будуються в картографічних проєкціях за допомогою умовних знаків.

Рельєфні карти передають нерівності земної поверхні в об'ємній, трьохмірній формі. Їх виготовляють на основі загальногеографічних (топографічних) карт, зберігають їхній масштаб і проєкцію, знакові системи та зміст. Такі карти будують із

значним збільшенням вертикального масштабу в порівнянні із горизонтальним.

Сьогодні набули широкого розвитку нетрадиційні напрями картографічні зображення:

Анаморфовані карти, карти-анаморфози – просторово подібні картографічні зображення. Від звичайних карт відрізняються тим, що в рівняння проєкції як приклад зміни величин вводять не тільки географічні координати, а й сам картографований показник. Це може бути вказана віддаленість від центра обслуговування, густота населення, площа країни, її територія або інші показники. Такий спосіб картографування дає можливість перейти від масштабу довжин і площ до «масштабів» часу, цін, перевезень тощо.

Анімаційні карти, які передають динамічна послідовність геозображень (кадрів), яка створюється при демонстрації ефекту руху. Розрізняють плоскі та об'ємні анімації.

Динамічні геозображення – можуть бути плоскі чи об'ємні геозображення, які відображають динаміку, еволюцію об'єктів чи явищ, траєкторії їхніх зміни, а також переміщення в просторі та часі (картографічні анімації, кіноатласи). Якщо вони побудовані в масштабі 1 : 86 400, то це означає, що 1 секунда демонстрації дорівнює добі.

Електронні карти – керовані відповідними програмами картографічні зображення, візуалізовані із використанням програмних і технічних засобів в прийнятій для карт проєкції і системі умовних позначень.

Електронні атласи – системи електронних карт, створених за єдиною програмою як цілісний твір, в єдиній системі візуалізації («Електронний атлас Світу», «Електронний атлас України»).

Іконокарти – комбіноване зображення, що поєднує геометрично відкоректований знімок, трансформований в картографічну проєкцію, з елементами топографічної карти: рамкою, сіткою, назвами об'єктів. Створюється на основі космічних знімків

високої роздільної здатності для маловивчених районів.

Інтерактивні геообразження – картографічні зображення, які складають, сприймають та аналізуються в режимі конференції (система із двох або більше персональних комп'ютерів).

Карту полів, на яких зображають через ізолінії неперервний розподіл географічних явищ або розрахункових показників. Розрізняють карти полів динаміки, статичні і взаємозв'язків явищ; реальних (температур і тиску) і абстрактних (густота ерозійного розчленування, потенціал поля розсіювання) явищ.

Машинографічні та дисплейні картографічні зображення – карти та фотознімки, які коректують за допомогою автоматичних координатографів і дисплеїв.

Мікрофільми – рулонний носій картографічної інформації, який містить зменшене зображення аркушів карт чи їх фрагментів; довжина мікрофільмів 60 м, ширина 35 мм, 70 мм чи 105 мм.

Ментальні, пізнавальні карти – карти, які можуть виникати в уяві дослідника чи групи дослідників в процесі пізнання дійсності й формуванні концепцій [10].



Питання для самоконтролю

1. Що називається географічною картою?
2. Назвіть основні ознаки географічної карти.
3. Якими є основні функції карти?
4. Що називається математичною основою географічної карти?
5. З чим пов'язана геодезична основа карти?
6. Що називається картографічним зображенням?
7. Які є види географічних карт?
8. Назвіть нетрадиційні картографічні зображення.

1.2. ТОПОГРАФІЯ, ТОПОГРАФІЧНА КАРТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ, ЗАСТОСУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ

Топографія – (грец. *τοπος* – місце, місцевість і *γραφω* – пишу, креслю, зображую) – наука про Землю, яка вивчає геометрію елементів земної поверхні, їхнє просторове розміщення, властивості та взаємозв'язки. Земну поверхню при цьому розуміють як фізичну поверхню Землі з усіма природними компонентами (рельєф, гідрографія, ґрунти, рослинний покрив тощо) і соціально-економічними об'єктами (населені пункти, промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти, шляхи сполучення, гідротехнічні споруди тощо), що на ній розташовані. Всі ці компоненти і об'єкти є загальногеографічними елементами *суші*, які традиційно вивчає топографія. Топографічному вивченню підлягає також дно мілководних ділянок океанів і морів – шельфу та великих внутрішніх водойм [3,4].

Основний метод топографічного вивчення земної поверхні – топографічна зйомка. Вона складається з комплексу вимірювальних, обчислювальних, графічних та інших робіт, зміст і послідовність виконання яких залежить від об'єкта вивчення і застосовуваних технічних засобів.

Найважливіше наукове та практичне завдання топографії полягає в дослідженні і вдосконаленні організації та способів вимірювань на місцевості, конструкції вимірювальних інструментів, методів камеральної обробки результатів вимірювань та створення планів і топографічних карт.

Топографія свої завдання розв'язує спільно з *геодезією* (грец. *γη* – земля, *δαιω* – поділяю) – наукою, яка вивчає форму та розміри Землі, розробляє методи створення координатних систем для детального вивчення земної поверхні і проведення на ній різних вимірювань (лінійних, кутових та інших). Координатні системи, що при цьому використовують, дозволяють визначати планове положення елементів та об'єктів (точок) земної поверхні і висотне розміщення. Геодезія розробляє й методи вимірювань на земній поверхні, які необхідні для спостережень за рухом і деформацією

земної кори, змінами берегової лінії морів та океанів, для встановлення висот рівнів морів, вивчення руху земних пласків, а також для вирішення багатьох завдань цивільного, військового, промислового, сільськогосподарського транспортного та іншого будівництва [10,25–28, 34,36].

Результатом топографічного вивчення поверхні Землі є *топографічна карта* – детальне крупномасштабне (1:200 000 і крупніше), узагальнене, математично визначене зображення ділянок суші або шельфу, що з мінімально можливими спотвореннями за допомогою певної системи умовних знаків показує розміщення, стан і взаємозв'язки загальногеографічних елементів поверхні [4, 9, 10].

Стандартне визначення топографічної карти вказує, що це детальне зображення місцевості, яке дозволяє визначити як планове, так і висотне розміщення точок земної поверхні. Топографічну карту також розглядають як просторову образно-знакову модель земної поверхні з притаманними їй властивостями.

Топографічні карти великих території видають багатоаркушеві серіями. Кожен аркуш є відображенням невеликої ділянки земної поверхні, де на відміну від дрібномасштабних карт при переході від земного еліпсоїда до площини неминуче виникають спотворення, на топографічних картах спотворення дуже незначні і ними можна нехтувати. У процесі генералізації здійснюється відбір зображуваних на карті предметів і явищ з метою відображення найважливіших об'єктів, що є на місцевості. Результатом генералізації є те, що на найдетельніших картах відсутні деякі об'єкти місцевості, розміри багатьох перебільшені, а зображення можуть бути зміщені. На топографічних картах, які охоплюють невелику частину земної поверхні, величина спотворень значно менша. Що менша територія земної поверхні охоплюється, тим менше буде спотворення.

Топографія і геодезія взаємопов'язані з *картографією* – наукою, яка вивчає відображення і досліджує природні і суспільні явища за допомогою картографічних творів. Картографи створюють топографічні карти, які є основою географічних карт. Геодезія

картографії надає відомості про форму та розміри Землі.

Топографія пов'язана з *географією, геологією, ґрунтознавством* та іншими науками, які сприяють більш високому розумінню властивостей фізичної поверхні Землі, правильному відображенню її на картах.

Розвиток фототехніки, авіації призвів до виникнення таких напрямів топографії, як *аерофототопографія і наземна фототопографія*. Також існує зв'язок з фотограмметрією, яка розробляє методи вимірювань об'єктів земної поверхні і знаходження їхніх координат за фотозображеннями. Фотографічні знімки Землі, виконані з космічних апаратів, розробка методів одержаних на їхній основі інформації про географічні особливості будь-яких територій сприяють становленню та розвитку *космічної топографії*. Освоєння космосу призвело до появи космічної геодезії, яка вивчає фігуру і розміри Землі за допомогою штучних супутників, космічних ракет, кораблів та станцій.

Топографія і геодезія вирішує основні наукові і практичні завдання за допомогою законів фізики і математики. За допомогою математики можна визначати залежність між результатами вимірювань на місцевості і величинами, що необхідні для створення карт, обґрунтовують і контролюють точність робіт. *Оптика, радіофізика, електроніка* необхідні при створенні найновіших приладів та інструментів.

Топографічні карти є основою для відображення наслідків наукових та практичних досліджень в географії, геології та інших науках про Землю. Топографічні карти дають змогу вивчати поверхню Землі з метою визначення можливостей життєдіяльності людини, ступеня освоєності та ймовірності подальшого розвитку цього процесу. Численне застосування топографічних карт можливе під час розвідки та експлуатації родовищ корисних копалин, плануванні, проектуванні та розміщенні інженерних споруд, розробці та здійсненні стратегічних, тактичних, військово-інженерних і багатьох інших завдань. Геодезичні вимірювання широко застосовують при проектуванні і будівництві зводів та фабрик,

житлових будинків, гідротехнічних і меліоративних споруд, теплових і атомних електростанцій, шляхів сполучення, при складанні земельних проектів тощо.

Топографічні карти створюють на основі:

- 1) проведення безпосередніх вимірювань на місцевості із наступним опрацюванням результатів;
- 2) проведення аерофототопографічного знімання;
- 3) із використанням вже існуючих карт більш крупнішого масштабу.

Основними методами топографічного знімання є польовий та камеральний.

Топографічна карта є зменшеним, узагальненим і образно-знаковим зображенням місцевості. Її створюють за певними математичними законами, які зводять до мінімуму спотворення, які неминуче виникають під час перенесення поверхні земного еліпсоїда на площину, і, власне, забезпечують максимальну її точність, на відміну від інших картографічних творів.

До елементів змісту топографічної карти належить зображення вод, рельєфу, рослинного покриву й ґрунтів, населених пунктів, шляхів сполучення і засобів зв'язку, елементів політико-адміністративного поділу, елементів економіки та соціальної сфери.

Математична основа, яка визначає геометричні закони побудови і геометричні властивості картографічного зображення, забезпечує широкі можливості проведення карто- і морфометричних робіт та отримання різних характеристик.

До елементів оснащення топографічної карти належать умовні позначення, масштаб, три рамки, координатна (кілометрова) сітка, шкала закладання, дані про кутові величини, номенклатура.

Топографічні карти застосовують досить часто:

- при проектуванні та будівництві – промислового, сільськогосподарському, транспортному, житловому; в меліорації, зрошенні та осушенні, закріпленні пісків, рекультивації кар'єрів;
- у лісо- та землевпорядних роботах, проведенні різних заходів в

- лісовому та сільському господарстві;
- польових наукових дослідженнях, як основне джерело інформації про територію;
 - їх широко використовують під час орієнтування на місцевості, являють собою документ для фіксації певних відомостей;
 - вони є основою для складання тематичних та спеціальних карт;
 - широко застосовують топографічні карти у військовій сфері – для вивчення та оцінки місцевості, для організації і планування бойових дій, переміщення військ, орієнтування, підготовки та проведення бойових стрільб артилерії та запуску ракет, складання графічної документації та спеціальних карт тощо;
 - досить часто використовують карти у навігації – для проведення кораблів, літаків;
 - топографічна карта є невід'ємною частиною шкільного курсу географії; вона подає, поруч із топографічним планом, найбільш конкретне зображення земної поверхні, а тому такі зображення найбільш доступні для розуміння учнів.

Топографічні карти в Україні, як і в інших країнах (Росія, Казахстан, країни Балтії) видаються на основі єдиних норм, настанов і стандартів, які забезпечують їхній високий науково-технічний рівень. Для всіх топографічних карт елементи змісту, система умовних позначень, принципи генералізації є спільними.

Топографічні плани – зображення на площині обмеженої ділянки місцевості в ортогональній проекції. На відміну від карти на плани не наносять сітку меридіанів і паралелей, але обов'язково вказують лінію північ-південь, тобто один з меридіанів. План дає детальне зображення місцевості і різноманітні предмети на них показують, як правило, у дійсних контурах і з повним збереженням подібності, його масштаб постійний у всіх точках. Отже, на планах практично немає спотворень контурів, кутів, площ і довжин. Створюють топографічні плани в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500, інколи 1:100. Їх використовують під час підготовки проектів, інженерно-геодезичних вишукувальних роботах, будівництві інженерних споруд, в житлово-комунальному господарстві, при

пошуках та розробці корисних копалин.

За необхідності створюють спеціалізовані топографічні карти (народногосподарські їхні варіанти), які використовують при проектуванні меліоративних заходів, розвідці й видобуванні корисних копалин, гідроенергетичному і транспортному будівництві тощо. Залежно від призначення карти залежить її зміст; в одних випадках спрощується, в інших – доповнюється необхідним деталями [4, 8, 10].



Питання для самоконтролю

1. Що називається топографією?
2. Що вивчає топографія?
3. Які завдання вирішує топографія?
4. Що є предметом топографії?
5. Що таке геодезія і що вона вивчає?
6. Що номінують топографічною картою?
7. З якими науками має зв'язок топографія і чому?
8. Де і в яких випадках застосовують топографічні карти?
9. Які особливості топографічних планів у порівнянні з топографічними картами?

1.3. МАСШТАБИ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

Масштабом називають число, яке показує у скільки разів відбулося зменшення розмірів земного еліпсоїда до розмірів його моделі. Розрізняють масштаб головний та окремий. Масштаб зображення невеликих ділянок земного еліпсоїда практично повсюдно постійний. Ця властивість характерна і для топографічної карти. *Масштабом топографічної карти або плану*

називається відношення довжини лінії на карті або на плані до довжини горизонтального прокладання відповідної лінії на місцевості. Таке відношення називають масштабом довжин. При невеликих кутах нахилу фізичної поверхні (на рівнинах) довжина горизонтальної проекції лінії дуже мало відрізняється від довжини похилої лінії. В цих випадках можна вважати масштабом довжин відношення довжини лінії на карті до довжин відповідної лінії на місцевості [4, 5, 10].

Масштаб зазначається на кожному аркуші карти під південною рамкою за трьома видами:

1) **Числовий** масштаб виражається дробом, у чисельнику якого одиниця, а в знаменнику – число m , яке показує в скільки разів горизонтальні відстані на місцевості більші за довжину відповідних ліній на карті або плані або інакше, у скільки разів зменшено горизонтальні відстані на місцевості при відображенні їх на карті або плані ступінь зменшення: $M = 1 : m$, наприклад, 1:1 000, 1:50 000, 1:1 000 000. Чим більше значення m , що дрібніший масштаб, то більше зменшення, то дрібніше зображення об'єктів на карті. Наприклад, масштаб 1 : 500 000 означає, що на карті всі лінії зменшені в 500 000 разів.

2) Оскільки довжини ліній на місцевості прийнято вимірювати в метрах, а на картах і планах – у сантиметрах, то чисельний масштаб прийнято супроводжувати поясненням, яке показує співвідношення довжини ліній на карті і на місцевості, тобто виражати його в словесній формі: «1 см на карті відповідає 1 км на місцевості». Такий вигляд масштабу називається **іменованим**. Або наприклад, в 1 см 10 м (1:1 000), в 1 см 500 м, в 1 см 100 км.

3) **Графічний** масштаб буває лінійний та поперечний. **Лінійний** масштаб – графічна побудова у вигляді двох паралельних ліній, розділених на рівні відрізки; служить для вимірювання довжин прямих ліній на карті або ж їх відкладання на карту. Рівні відрізки, які відкладаються вправо від нуля, називають **основою лінійного масштабу**, а відстань на місцевості, що відповідає основі – **величиною лінійного масштабу**. Ліву

крайню основу в свою чергу поділяють на дрібніші частини для вимірювання горизонтальних відстаней на місцевості з більшою точністю. Ці частини називають **найменшою поділкою лінійного масштабу**. Відстань на місцевості, яка відповідає найменшій поділці лінійного масштабу, називається його **точністю**, або **ціною лінійного масштабу** (Рис. 1).

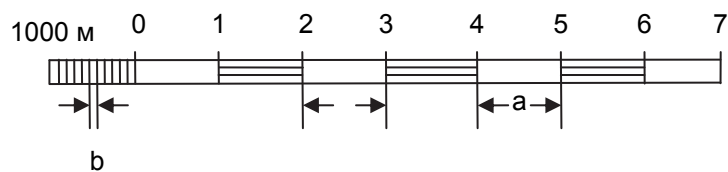


Рис.1. Позначення лінійного масштабу на топографічній карті

a – основа лінійного масштабу, b – найменша поділка лінійного масштабу. Величина масштабу 1 км. Точність масштабу 100 м.

За допомогою лінійного масштабу можна вимірювати і відкладати відстані з точністю до 0,5 мм. Вирішальною в точності вимірювань на картах і графічній побудові визначається не тільки технічними можливостями, але й можливою здатністю людського ока. **Межовою** точністю вимірювань і побудов відрізків вважають величину рівну 0,01 см, що відповідає здатності нормального зору людини. Від цієї величини залежить межова точність масштабу карти, під якою розуміють горизонтальну відстань на місцевості, що відповідає 1,01 см на карті заданого масштабу. Наприклад, для карти масштабу 1 : 100 000 межова точність становитиме 10 м, а для масштабу 1 : 10 000 – 1 м. Отже, межова точність масштабу є критерієм точності відповідної карти, тому що об'єкти і предмети, лінійні розміри яких менші від межової точності масштабу цієї карти, не можуть бути на ній відображені [4, 5, 10].

Крім масштабу, на мінімальний розмір контурів об'єктів впливають і інші чинники – характер позначення площі контура (розфарбування, штриховка), фон, на якому його відображають, значення самого об'єкта тощо. Звісно, від масштабу топографічних

карт залежить відбір і детальність зображення на них об'єктів. Для різних потреб господарства, науки, військової справи необхідні карти різних масштабів (Табл. 1).

Масштабний ряд топографічних карт

Таблиця 1

Числовий масштаб	Назва карти	1 см на карті відповідає відстані на місцевості	1 см ² на карті площі на місцевості	1 км на місцевості відповідає на карті, см
1 : 5 000	п'ятитисячна	50 м	0,0025 км ² = 0,25 га	20
1 : 10 000	десятитисячна	100 м	0,0100 км ² = 1 га	10
1 : 25 000	двадцятитисячна	250 м	0,0625 км ² = 6,25 га	4
1 : 50 000	п'ятдесятитисячна	500 м	0,25 км ² = 25 га	2
1 : 100 000	стотисячна	1 000 м	1,00 км ² = 100 га	1
1 : 200 000	двохсоттисячна	2 км	4,00 км ² = 400 га	0,5
1 : 300 000	трьохсоттисячна	3 км	9,00 км ² = 900 га	0,33
1 : 500 000	п'ятсоттисячна	5 км	25,00 км ² = 2500 га	0,2
1 : 1 000 000	мільйонна	10 км	100,00 км ² = 10 000 га	0,1

Через те, що спотворення на топографічних картах практично непомітні, то на них можна вимірювати відстані, площі і кути. Але варто мати на увазі, що вимірюють горизонтальні проекції ліній, а не довжини ліній по похилій поверхні. На рівнинних територіях, де малі кути нахилу топографічної поверхні, різниця в довжині похилої лінії та її горизонтальної проекції дуже мала і може не враховуватись. Наприклад, якщо кут нахилу становить 2° горизонтальна проекція коротша самої лінії на 0,0006, а при 5° – на 0,004 її довжини. правильну відстань на похилій поверхні, при вимірюванні на картах для гірських територій, можна вирахувати за формулою: $S = D/\cos\alpha$, де D – довжина горизонтальної проекції лінії S , α – кут нахилу. Поправки для довжин похилих ліній знаходять у спеціальних таблицях. Виміряні довжини прямолінійних відрізків між точками на карті або плані переводять у довжину горизонтального прокладення до лінії на місцевості за допомогою лінійного масштабу та виражають її в метрах.

Відрізок, величина якого на карті більша за довжину лінійного масштабу, вимірюють частинами розхилом циркуля, кратним основі лінійного масштабу, що не перевищує 10 см. Аналогічно можна

вимірювати довжину ламаної лінії за сумою її відрізків, якщо вони не дуже короткі (більше 2 см).

Довжину хвилястої лінії вимірюють описаним вище способом, якщо її поділити на приблизно прямолінійні відрізки. Також довжину такої лінії можна визначити методом багаторазового відкладання на кривій постійного розкладу вимірювача, величину якого називають **кроком**. Величину кроку вибирають залежно від звивистості лінії в межах 2 – 5 мм. Довжину лінії обраховують множенням величини кроку вимірювача на число його повних перестановок плюс залишок, вимірюваний за допомогою лінійного або поперечного масштабу. Для вимірювання великої кількості звивистих ліній доцільно використовувати механічний портативний прилад – **курвіметр**. Точність вимірювань курвіметром залежить від звивистості ліній і коливається від 2 до 10 %.

Поперечний масштаб – графік у вигляді паралельних рівновіддалених прямих, розділених так само, як і лінійний масштаб, на рівні відрізки. Довжина основи може бути 1 см, 2 см, 4 см або 5 см. Крайню ліву частину масштабу ділять на 10 рівних частин, а точки поділу з'єднують косими лініями – **трансверсальми** (Рис. 2).

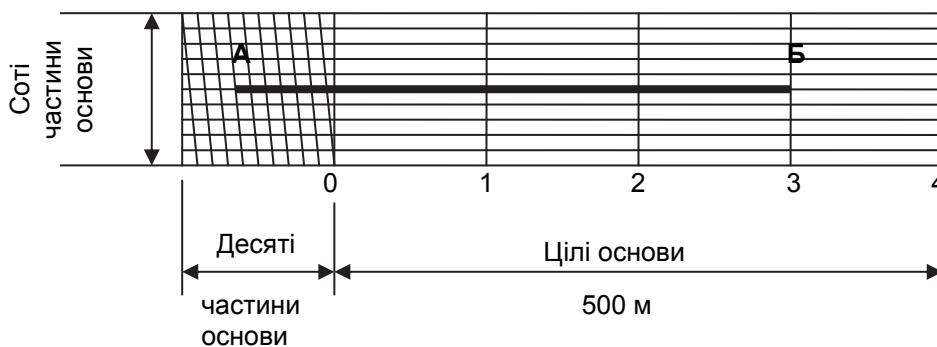


Рис. 2. Поперечний масштаб

Щоб користуватись поперечним масштабом для вимірювання відстаней на топографічній карті необхідно з'ясувати, яким відрізкам на місцевості відповідають його основні поділки (основа, десята і сота частки основи), для чого необхідно відповідні довжини відрізків

2 см, 2 мм та 0,2 мм помножити на знаменник масштабу карти і отриманий результат виразити в земельних мірах довжин. Наприклад, для плану масштабу 1: 2000 ці числа будуть: 40 м, 4 і 0,4 м, для карти масштабу 1:10 000 – 100 м, 10 і 1 м, для масштабу 1 : 25 000 – 500 м, 50 і 5 м. Відповідно, на рис. 2 довжина відрізка у першому випадку дорівнює 146 м, у другому – 365 м, а в третьому – 1 825 м.

Відповідно *масштабом площ* називається *відношення площі фігури на карті або плані до площі горизонтальної проєкції відповідної ділянки на місцевості*.

Для вимірювання площ ділянок місцевості на топографічних картах здійснюють різні способи: графічний, механічний та аналітичний. Використання того чи іншого способу залежить від форми ділянки, яку потрібно виміряти, необхідної швидкості одержаних результатів і наявності відповідних приладів.

Графічний спосіб полягає у розподілі площі ділянки на карті, яку потрібно виміряти, на прості геометричні фігури з подальшим визначенням розмірів елементів цих фігур і вираховують їхні площі за відомими геометричними формулами. Сума площ цих фігур покаже загальну площу досліджуваної ділянки місцевості.

Геометричний метод (спосіб геометричних фігур) застосовують тоді, коли вимірювана ділянка має більш-менш правильну геометричну форму. Залежно від величини ділянки, що вимірюється, її можна покривати різною кількістю геометричних фігур з подальшим визначенням площі кожної з них. Отримавши суму усіх геометричних фігур, визнають площу ділянки.

Якщо ділянка має криволінійні форми, її площу можна визначити за допомогою *сіткової палетки*, виготовленої з прозорого матеріалу (плівка, калька, пластик). Палетка має вигляд сітки у вигляді дрібних квадратів із сторонами 2 мм. Палетку накладають на площу контура, який вимірюється, і підраховують спочатку кількість повних квадратів, а потім частки квадратів і переводимо їх у повні. Потім, знаючи площу найменшої поділки палетки, визначаємо величину усієї ділянки в гектарах або квадратних метрах.

Також застосовують *крапкову палетку*, яку виготовляють на прозорій основі. Тут важливим показником є вага або ціна крапки. Вага (ціна) кожної крапки буде дорівнювати ціні поділки палетки. На відміну від сіткової палетки, крапкова має переваги в тому, що немає необхідності оцінювати на око частки квадратиків, які входять у межі ділянки, а достатньо порахувати кількість крапок, які знаходяться всередині контура. Площу ділянки, виміряну крапковою палеткою, обраховують за формулою $P = nc$, де n – кількість крапок у контурі, c – вага крапки.

Якщо площа ділянки, яку потрібно виміряти, перевищує 5 см^2 доречно застосовувати *паралельну палетку* для досягнення більшої точності. Це теж прозора плівка, на якій знаходяться паралельні лінії, віддалені одна від одної на рівні відстані. Якщо палетку покласти на ділянку так, щоб крайні точки контура розмістилися посередині між лініями палетки, то ділянка буде розділена на ряд трапецій з однаковою висотою. Відрізки паралельних ліній всередині контура будуть середніми лініями трапецій. Площа кожної трапеції дорівнює довжині середньої лінії, помноженої на висоту, а тому площа всієї ділянки буде сумою площ всіх трапецій з рівними висотами. Відносна похибка визначення площі палеткою складає $1/50$.

Існує і механічний спосіб вимірювання площ на топографічних картах і планах, який базується на застосуванні спеціального приладу – *планіметра*. Для визначення площі полюсом планіметра обводять контур, знімають відліки перед і після обведення, знаходять різницю відліків. Знаючи «ціну поділки» планіметра та кількість поділок, визначають площу ділянки. Точність вимірювання площ планіметром – $1:200$ – $1:400$. Вимірюють площі до 20 см^2 .

Аналітичний спосіб вимірювання площ фігур полягає в графічному визначенні координат вершин геометричних фігур і обчисленні площі за відповідними фігурами. Також використовують сучасні прилади, серед яких – фотоелектронний планіметр [4, 5, 10, 22].



Питання для самоконтролю

1. Що називається масштабом топографічних карт?
2. Які є види масштабів?
3. Розкрийте поняття числовий та іменований масштаби.
4. Що називається лінійним масштабом і як ним користуватися?
5. Що є основою лінійного масштабу?
6. Дайте визначення точності лінійного масштабу.
7. Що таке величина лінійного масштабу?
8. Що є найменшою поділкою лінійного масштабу?
9. Як утворюється межева точність ?
10. У чому полягає особливість лінійних вимірювань на рівнинних і гірських місцевостях?
11. Які є способи вимірювання звивистих ліній?
12. Що називається поперечним масштабом і як ним користуватися?
13. Дайте визначення масштабу площ.
14. В чому полягає суть геометричного методу вимірювання площ?
15. В яких випадках застосовують сіткову палетку, крапкову і паралельну палетки?
16. Коли застосовують аналітичний спосіб?

1.4. РОЗГРАФЛЕННЯ І НОМЕНКЛАТУРА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

Топографічні карти створюють на великі території і видають багатоаркушевіми серіями. Поділ карти на окремі аркуші називають *розграфленням*. Рамками аркушів топографічних карт є відрізки географічних паралелей і меридіанів, утворюючи трапецію. Рамки

аркушів точно вказують положення зображеної на карті території на поверхні земного еліпсоїда. Розмір аркушів та їхня кількість залежать від масштабу карти: що більший масштаб, то меншу територію на ньому можна показати, то більша кількість аркушів необхідна для її зображення.

Для встановлення адреси аркуша застосовується особлива система умовних позначень – **номенклатура аркушів топографічних карт**. Вона залежить від масштабу карти та географічного положення зображеної території.

В основу розграфлення та номенклатури топографічних та оглядово-топографічних карт покладено розграфлення і номенклатура, прийняті для міжнародної карти масштабу 1: 1 000 000 (в 1891 р. на V Міжнародному географічному конгресі). Розміри аркуша цієї карти складають 4° по широті та 6° по довготі. Смуги від екватора до полюсів через кожні 4° називаються *рядами* і позначають великими літерами латинського алфавіту від А до Z: А – 0° - 4° , В – 4° - 8° , С ..., Z – 88° - 90° . Шестиградусні двокутники називаються *колонами* і позначаються арабськими цифрами із заходу на схід від 180° довготи: 1 – 180° - 174° зх. д., 2 – 174° - 168° зх. д., 3 – 168° - 162° зх. д., ..., 30 – 6° зх. д.- 0° д., 31 – 0° д. - 6° сх. д., і т.д. Гринвіцький меридіан розділяє 30-ту і 31-шу колони. Всього колон нараховують 60.

Зони (за якими визначаються координати) – відраховують від Гринвіцького меридіана. Номери зон і колон різняться на 30 (одиниць). Наприклад, якщо номер колони 1, то зони – 31, якщо номер колони 55, то зони – 25, якщо номер зони 15, то колони – 45.

Номенклатура будь-якого аркуша масштабу 1:1 000 000 визначається перетином рядів і колон і складається із двох позначень: позначення ряду та позначення колони, наприклад, N – 37, M – 41, G – 24.

Дані про розграфлення, номенклатуру та розміри аркушів карт різних масштабів наводять у відповідних таблицях (табл. 2) [3].

Дані про розграфлення, номенклатуру і розміри аркушів
топографічних карт

Таблиця 2

Масштаб карти	Одержаний від ділення трапеції масштабу	На скільки частин ділиться карта масштабу 1: 000 000	Додаткові позначення аркуша	Приклад номенклатури	Розмір рамок аркуша	
					по широті	по довготі
1:1 000 000	Основний	1	A, B, C, ... Z – ряд; 1, 2, 3... 60 – колона	N – 36	4°	6°
1:500 000	1:1 000 000 на 4 частини	4	A, Б, В, Г	N– 36 – Г	2°	3°
1:300 000	1:1 000 000 на 6 частини	9	I, II, III...IX	IV– 36	1°20'	2°
1:200 000	1:1 000 000 на 36 частини	36	I, II, III ... XXXVI	N– 36 – X	40'	1°
1:100 000	1:1 000 000 на 144 частини	144	1, 2, 3... 144	N– 36 – 24	20'	30'
1:50 000	1:100 000 на 4 частини	576	A, Б, В, Г	N-36-17-Г	10'	15'
1:25 000	1:50 000 на 4 частини	2 304	a, б, в, г	N-36-17-в	5'	7'30"
1:10 000	1:25 000 на 4 частини	9 216	1, 2, 3, 4	N-36-17-в-2	2'30"	3'45"
1:5 000	1:100 000 на 256 частин	36 864	(1), (2), (3)...(256)	N-36-17- (256)	1'15"	1'52,5"
1:2 000	1:5 000 на 9 частин	331 776	a, б, в...и	N-36-17- (256-г)	25"	37,5"

Збільшення числового масштабу карти в два рази автоматично збільшує площу зображення в 4 рази. Тому територію, що зображена в масштабі 1:1 000 000, важко відобразити на аркуші в масштабі 1:500 000. Отже, прийнято кожен аркуш карти масштабу 1:1 000 000 ділити середнім меридіаном на 4 аркуші карти масштабу 1:500 000. Такий лист має розміри 2° по широті і 3° по довготі і позначають великими буквами А, Б, В, Г українського алфавіту. Номенклатура листа карти 1:500 000 має вигляд: N – 44 – А.

Одному аркушеві карти масштабу 1:1 000 000 відповідають: 9 аркушів карти масштабу 1:300 000, які позначаються римськими

цифрами від I до IX, що пишуть попереду номенклатури вихідного аркуша мільйонної карти (наприклад, VI – N – 49).

Одному аркушеві карти мільйонного масштабу відповідає 36 аркушів карти масштабу 1:200 000, які позначають теж римськими цифрами, але пишуть після номенклатури вихідного аркуша карти масштабу 1:1 000 000 (наприклад, N – 49 – XXIII).

Якщо поділити лист карти масштабу 1:1 000 000 на 144 частини, отримаємо аркуші масштабу 1:100 000, які позначають арабськими цифрами від 1 до 144 (наприклад, N – 49 – 121).

Розграфлення трапецій аркушів карт масштабів, більших за 1:100 000, здійснюється так, що кожному аркушеві карти попереднього (дрібнішого) масштабу відповідають чотири аркуші карти наступного (більшого) масштабу. Так, одному аркушеві карти 1:100 000 відповідають чотири аркуші карти масштабу 1:50 000, які позначаються початковими літерами українського алфавіту А, Б, В, Г (наприклад, N – 49 – 14 – В). Одному аркушеві карти 1:50 000 відповідають чотири аркуші карти масштабу 1:25 000, які позначаються малими літерами українського алфавіту а, б, в, г (наприклад, N – 49 – 14 – В – а). Одному аркушеві карти 1:25 000 відповідають чотири аркуші карти масштабу 1:10 000, які позначаються арабськими цифрами 1, 2, 3, 4 (наприклад, N – 49 – 14 – В – а – 2). Одному аркушеві карти масштабу 1:100 000 відповідають 256 аркушів плану масштабу 1:5 000, аркуші якого позначають порядковими номерами від 1 до 256, що пишуть в дужках, наприклад, N – 49 – 14 – (235). Одному аркушеві плану масштабу 1:5 000 відповідають дев'ять аркушів плану масштабу 1:2 000, які позначаються малими буквами українського алфавіту а, б, в ...и, наприклад, N – 49 – 14 – (235 – б).

Для того щоб було зручніше знаходити необхідні аркуші карт, на кожному аркуші карти масштабу 1:1 000 000 і більшому поряд з номенклатурою в дужках пишуть назву найбільшого населеного пункту відповідної карти, наприклад, М – 36 – А (Київ).

Територія, відображена на аркуші карти одного масштабу, накривається цілим числом аркушів карти іншого, більшого

масштабу. За номенклатурою аркуша можна визначити масштаб карти і географічне положення відображеної на ній території. Також, навпаки, за географічними координатами будь-якого пункту можна визначити номенклатуру аркуша карти необхідного масштабу [10].

Схема одержання окремих листів карт стандартного ряду масштабів відповідно до поділу вихідного листа карти більш дрібнішого масштабу на декілька листів карти більш крупнішого масштабу меридіанами і паралелями, проведеними всередині вихідного листа показані на рисунку 3.

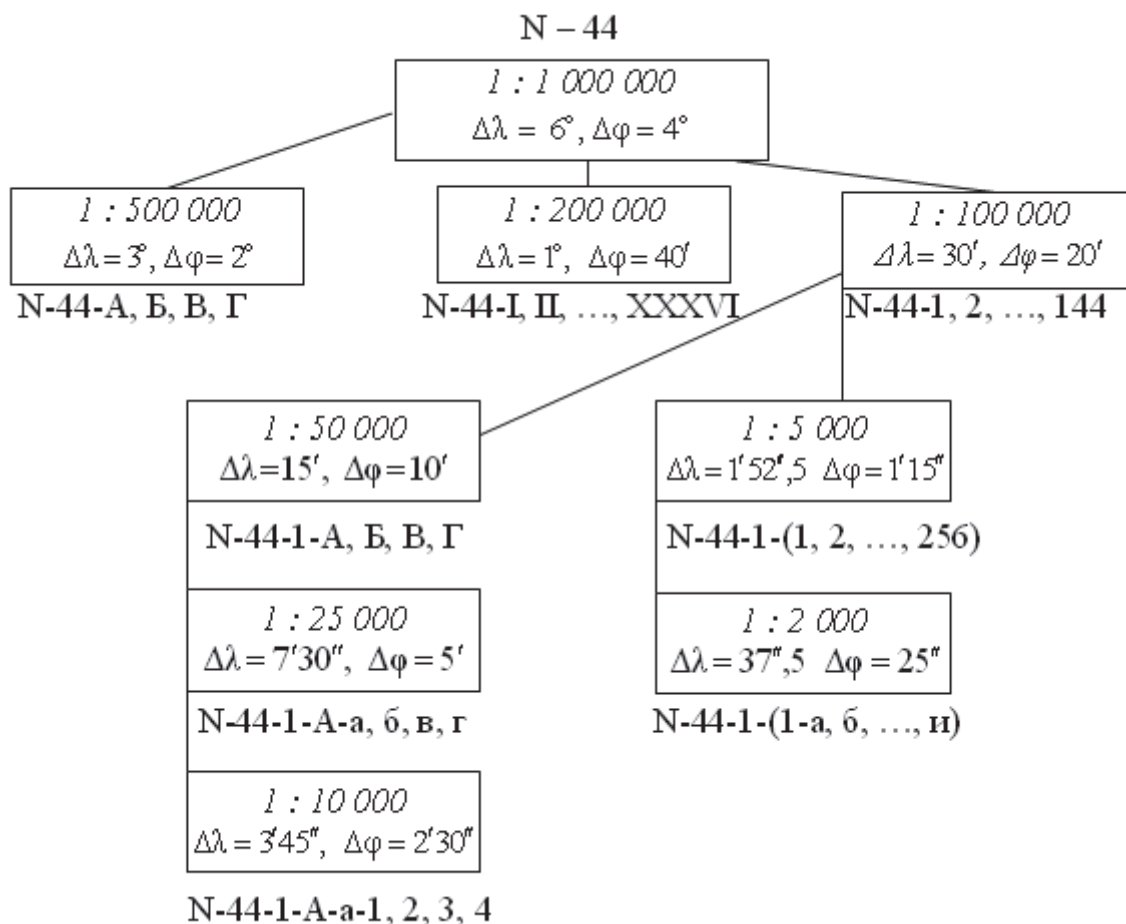


Рис. 3. Схема одержання окремих листів карт

Послідовність виконання роботи:

1. Визначити номенклатуру листів карти масштабів 1 : 1 000
2. 000, 1 : 100 000, 1 : 50 000, 1 : 25 000, на яких знаходиться

точка із заданими географічними координатами. Накреслити схему розграфлення цих листів, вказати номенклатуру і географічні координати кутів рамок трапецій для кожного із вказаних масштабів.

2. Визначити номенклатуру й географічні координати восьми суміжних листів карт масштабу 1:25 000, в якому знаходиться точка з заданими координатами. Показати на схемі.

Приклад виконання пункту 1 роботи. Задані географічні координати точки: $\varphi = 50^\circ 32'$ пн. ш., $\lambda = 63^\circ 26'$ сх. д. Потрібно визначити номенклатуру листів карт масштабів 1:1 000 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, на яких знаходиться задана точка.

Порядок виконання:

- за схемою розташування листів карт масштабів 1:1 000 000 визначити до якого листа карти мільйонного масштабу відноситься лист, на якому знаходиться точка із заданими координатами; визначити географічні координати всіх кутів цього листа (рис.4);

	40	41	42	56°
N	N-40	N-41	N-42	52°
M	M-40	M-41	M-42	48°
L	L-40	L-41	L-42	44°
54°	60°	66°	72°	

Рис. 4.

- винести лист карти масштабу 1:1 000 000, на якому знаходиться задана точка (рис. 5).

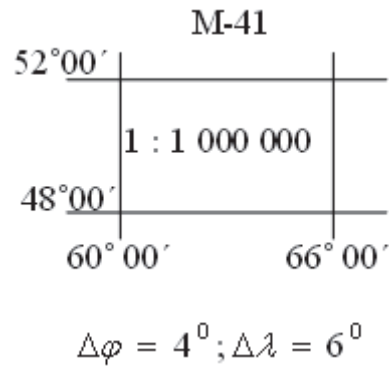


Рис. 5.

Він є вихідним для одержання номенклатури листа карти масштабу 1:100 000;

- поділити отриманий лист карти мільйонного масштабу з номенклатурою М – 41 на 144 частини та підписати географічні координати кутів рамки трапеції по широті через 20' і по довготі 30' (рис 6);

M-41

52°00'													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	13											24	
51°00'	25											36	
50°40'	37											48	
50°20'	49						55					60	
50°00'	61											72	
	73											84	
	85											96	
49°00'	97											108	
	109											120	
	121											132	
48°00'	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	
60° 00'						63° 00'	63° 30'					66° 00'	

1 : 1 000 000

Рис. 6.

- винести лист карти масштабу 1:100 000, на якому знаходиться задана точка (рис.7);

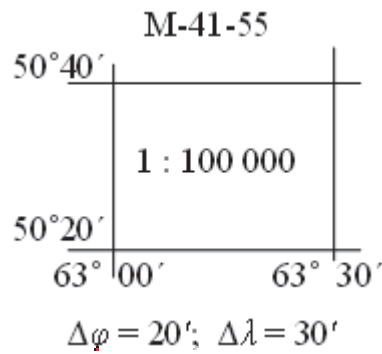


Рис.7

- поділити отриманий лист карти масштабу 1:100 000 з номенклатурою М – 41 – 55 паралеллю і меридіаном на 4 частини, позначити великими літерами українського алфавіту і підписати географічні координати по широті через 10', по довготі через 15' (рис. 8);

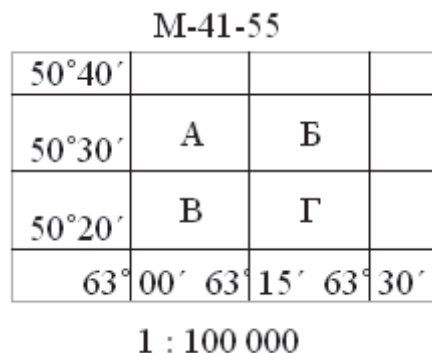


Рис.8

- винести лист карти масштабу 1: 50 000, на якому знаходиться задана точка (рис.9);
- поділити отриманий лист карти масштабу 1:50 000 з номенклатурою М – 41 – 55 – Б паралеллю і меридіаном на 4 частини, позначити малими літерами українського алфавіту і підписати географічні координати кутів рамок трапеції по широті через 5', по довготі через 7'30" (рис 10);

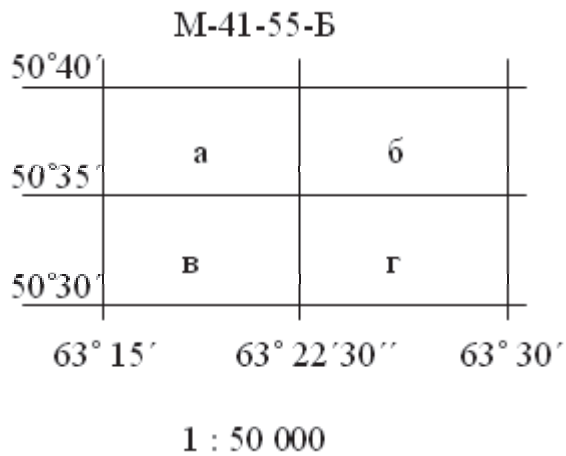


Рис. 9

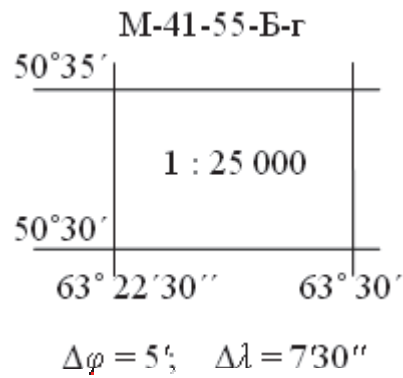


Рис. 10

- винести лист карти масштабу 1:25 000, на якому знаходиться точка з заданими координатами, що буде кінцевим результатом (рис.11).

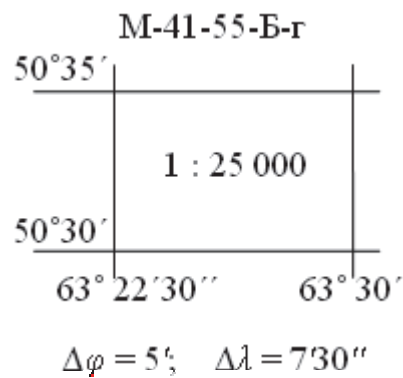


Рис.11

Приклад виконання завдання 2.

Визначити номенклатуру і географічні координати восьми суміжних листів карт масштабу 1:25 000, які прилягають до листа карти того ж масштабу з номенклатурою М – 41 – 55 – Б –г за першим завданням.

Порядок виконання:

- об'єднати схеми одержаних номенклатур і географічних координат листів карт всіх використаних раніше масштабів в одну при переході від більш дрібного (1:100 000) до більш крупного масштабу (1:50 000, 1:25 000) (рис. 12);

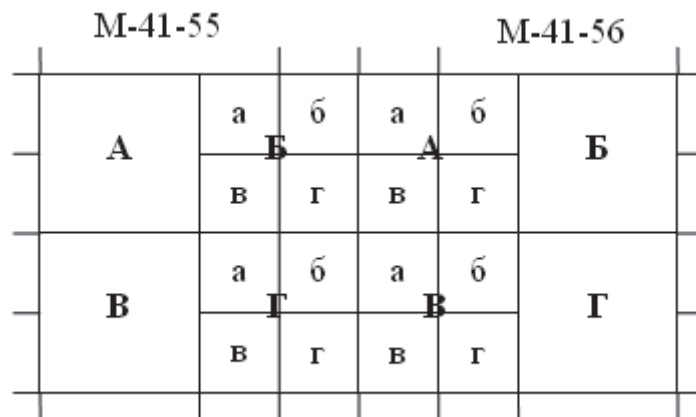


Рис. 12

- винести шукану номенклатуру і підписати географічні координати восьми суміжних листів карт (рис.13).

50°40′				
50°35′	М-41-55-Б-а	М-41-55-Б-б	М-41-56-А-а	
50°30′	М-41-55-Б-в	М-41-55-Б-г	М-41-56-А-в	
50°25′	М-41-55-Г-а	М-41-55-Г-б	М-41-56-В-а	
63° 15′	63° 22′30″	63° 30′	63° 37′30″	

Рис.13



Питання для самоконтролю

1. Що називається розграфленням?
2. Для чого застосовується номенклатура топографічних карт?
3. Як утворюються ряди (пояси)?
4. Як утворюються колони?
5. Яка різниця між зоною і колоною?
6. Як за допомогою номенклатури топографічних карт визначити географічні координати?
7. Як за допомогою географічних координат можна визначити номенклатуру листа карти?

1.5. ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОГРАФІЧНИХ І ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТ ТОЧОК ЗА ТОПОГРАФІЧНОЮ КАРТОЮ

Кожен аркуш топографічної карти має три рамки: внутрішню, мінутну і зовнішню. *Внутрішню рамку* карти отримують в результаті розграфлення, вона має вигляд рівнобічної трапеції і обмежує картографічне зображення, де бічні сторони є відрізками меридіанів, а основи – відрізки паралелей. Внутрішню рамку позначають тонкими суцільними чорними лініями. У кутах аркушів карт підписуються координати його рамок. Щоб не помилитись, градуси довготи пишуть зліва від продовження меридіана (кут рамки), а міноти і секунди довготи – вправо від меридіана. Градуси широти підписують вище від продовження паралелі (між внутрішньою і мінутною рамками), а міноти і секунди широти – під паралеллю. Розміри аркушів відповідають розграфленню.

Паралельно до внутрішньої рамки проведена *мінутна рамка*, яка складається з двох паралельних ліній. Дві вертикальні (бічні) сторони мінутної рамки поділені на міноти широти, а дві горизонтальні (верхня і нижня) – на міноти довготи. Міноти широти

і довготи рамки послідовно (через одну) позначають двома паралельними лініями і однією жирною суцільною лінією. Кожен відрізок такої лінії відповідає одній мінуті широти на бічних рамках і одній мінуті довготи на верхній та нижній рамках. Кожна мінута розділена на 6 проміжків – по 10" кожен. Мінутна рамка служить для визначення географічних координат точок або нанесення точок на карту за їхніми географічними координатами. Точність визначення географічних координат залежить від точності вимірів, масштабу карти, спотворень на карті під час друку.

Зовнішня рамка обмежує саму карту від елементів допоміжного оснащення та допоміжної характеристики і позначається жирними чорними лініями. Вона має декоративне значення, надає карті закінченого вигляду. У розривах зовнішньої рамки записують номенклатури чотирьох суміжних аркушів карт того самого масштабу (рис. 14).

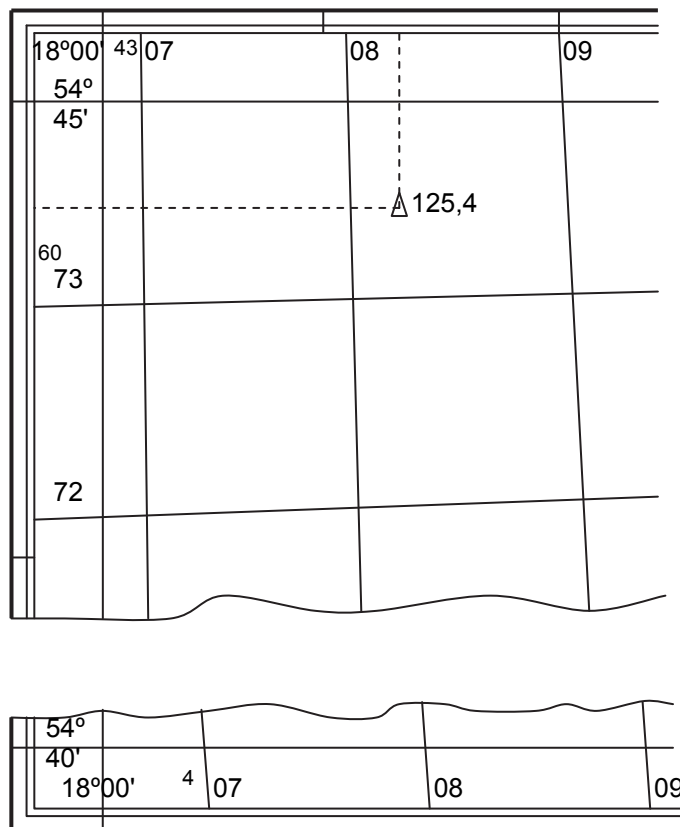


Рис. 14 Визначення географічних координат точки

Щоб визначити координати точки з висотою 125,4 м (див. рис. 14), необхідно з цієї точки провести лінію перпендикулярну до рамки (вертикальної шкали широти) мінутної рамки щоб сполучити однойменні поділки (хвилини) та їх частки (секунди). Потім на мінутній рамці необхідно порахувати скільки хвилин міститься між південною стороною рамки і лінією, що сполучає потрібну точку, і отримане число хвилин додати до широти південної сторони рамки. Якщо лінія проведена з точки проходить на північ від позначки мінутної поділки, то треба порахувати кількість десятисекундних поділок, а частки їх визначити приблизно. Наприклад, широта точки 125,4 м складається з широти паралелі південної сторони рамки $\varphi = 54^\circ 40'$ плюс $3'$ (за мінутною рамкою) і плюс $46''$ (за секундною рамкою), тобто координати точки будуть складати $\varphi = 54^\circ 43' 46''$ пн. ш.

Аналогічно, користуючись шкалами хвилин північної і південної сторін рамки, визначаємо і географічну довготу, яка складатиме у цьому випадку $18^\circ 01' 21''$.

Також можна розв'язати задачу обернену цій, а саме, за допомогою географічних координат знайти місце точки на топографічній карті.

Отже, географічними координатами точки називається положення точки на місцевості (карті) відносно екватора і нульового меридіана та визначається в градусах хвилинах і секундах.

Топографічні карти дуже точні, що дозволяє проводити широкий спектр вимірювальних робіт. На таких картах мають бути мінімальні спотворення довжин і площ, які неминуче виникають при переході від еліпсоїдальної поверхні до площини. При картографуванні великих територій кривизна Землі буде впливати на величину спотворень. Тому для побудови топографічних карт в Україні та інших країнах Східної Європи застосовується поперечна циліндрична рівнокутна проекція Гаусса-Крюгера (Гаусс – німецький вчений, який розробив загальну теорію рівнокутних проекцій, Крюгер – німецьких вчений, який розробив формули цієї проекції). Застосування цієї проекції дає можливість практично без суттєвих

спотворень зобразити досить значні ділянки земної поверхні і побудувати на цій території систему плоских прямокутних координат. Ця система є найбільш простою і зручною при проведенні інженерних та топографо-геодезичних робіт [2, 3, 10].

Зображення земного еліпсоїда в проекції Гаусса-Крюгера можна отримати так: еліпсоїд вписують в циліндр так, щоб один із меридіанів дотикався до його бічної поверхні, а площина екватора співпадала із віссю циліндра (була перпендикулярною до осі обертання Землі). Проектування поверхні земного еліпсоїда на бічну поверхню циліндра відбувається так, щоб нескінченно мала фігура еліпсоїда зберігала свою форму на проекції (бічній поверхні циліндра). Цим досягають рівність кутів на місцевості і на карті (площині). Після проектування поверхню циліндра розгортають в площину, розрізавши її по дотичних на полюсах. На отриманому зображенні земної півкулі дотичний меридіан та екватор зображають прямими, всі інші – кривими лініями. Масштаб зображення буде зберігатися на дотичному меридіані. В місцях, що прилягають до цього меридіана, спотворення будуть мінімальними, а при віддаленні від нього будуть швидко зростати.

В результаті досліджень було встановлено, що оптимальні розміри території зображення повинні обмежуватися меридіанами, віддаленими один від одного на 6° . Цю фігуру називають *сфероїдальним двокутником*. Його розміри: 180° по широті (від полюса до полюса), і 6° по довготі. Незважаючи на те, що площа зони в проекції (зони Гаусса) буде збільшеною, відносні спотворення довжин у найбільш віддалених від середнього меридіана точках екватора на межі зони складатиме $1/800$. Максимальні спотворення довжин в межах зони складає $+0,14\%$, а площ $+0,27\%$, а в межах України – ще менші. Отже, спотворення довжин та площ в межах зони менші, ніж спотворення, що виникають при друці карти за рахунок деформації паперу. Зображення зони в проекції Гаусса практично не має спотворень і допускає будь-які карто- та морфометричні роботи.

Кожна шестиградусна зона будується на окремому дотичному

циліндрі. Межами зон є меридіани, які одночасно є межами колон, що використовуються при розграфленні аркушів карт. Межі зон на поверхні земного еліпсоїда проводяться в системі географічних координат. Нульовий (Гринвіцький) меридіан є західною границею 1-ої зони, 6° сх. д. – 2-ої, 12° сх. д. – 3-ої. Всього є 60 зон їх нумерують із заходу на схід проти годинникової стрілки. Територія України знаходиться в 4-7 зонах Гаусса. для визначення довготи меридіанів, що обмежують зону, та середнього (осьового) меридіана зони застосовують такі формули: 1) для східної півкулі $L_{\text{зах.}} = 6^\circ (n - 1)$, $L_{\text{сер.}} = 6^\circ n - 3^\circ$, $L_{\text{сх.}} = 6^\circ n$; 2) для західної півкулі $L_{\text{зах.}} = 180^\circ - 6^\circ \times (n - 30 - 1)$, $L_{\text{сер.}} = 180^\circ - 6^\circ (n - 30) + 3^\circ$, $L_{\text{сх.}} = 180^\circ - 6^\circ (n - 30)$, де $L_{\text{зах.}}$ – довгота західної межі зони, $L_{\text{сер.}}$ – довгота середнього меридіана, $L_{\text{сх.}}$ – довгота східної межі зони, n – номер зони Гаусса.

Зональну систему плоских прямокутних координат створюють для кожної зони. Якщо розгорнути бічну поверхню циліндра, то осьовий меридіан і екватор будуть прямими взаємно перпендикулярними лініями, решта паралелей і меридіанів – кривими. Отже, середній меридіан та екватор є осями зональної системи координат: вісь абсцис (X) – осьовий (середній) меридіан зони, вісь ординат (Y) – екватор, а точка перетину осьового меридіана і екватора – початок відліку координат. На північ від екватора (ординати) значення абсцис додатні, а на південь – від’ємні. Також значення ординат на схід від осьового меридіана зони (абсцис) додатні, а на захід – від’ємні.

Протяжність кожної зони від екватора до Північного полюса становить 90° широти, або 10 000 км, а протяжність дуги екватора – 6° довготи, або 666 км, тобто по 333 км на захід і на схід від середнього меридіана зони.

Координатна сітка в зоні утворюється рівновіддаленими взаємно перпендикулярними лініями, проведеними паралельно до осьового меридіана зони X та екватора Y . Положення точки визначається абсцисою X , рівною відстані від екватора, і ординатою Y , рівною відстані від осьового меридіана і виражається в лінійних міраж – кілометрах та метрах. В межах України усі точки території

мають додатні абсциси. Ординати у східній частині всіх зон додатні, а в західній – від’ємні. Це створює певні труднощі під час обчислювальних робіт. Тому для зручності абсцису (осьовий меридіан) кожної зони уявно переносять на захід на 500 км, внаслідок чого в усіх зонах ординати будуть додатні.

Число +500 вибрано через те, що довжина дуги 1° по екватору становить близько 111 км, а довжина дуги 3° – 333 км. Тому ординати у в межах зони можуть мати максимальне значення від +333 км до – 333 км. Щоб ординати були всюди додатними, ординаті осьового меридіана необхідно приписати таке ціле число кілометрів, яке було б більше 333, і щоб сума цього вибраного числа і 333 була менша тисячі. Таким числом і є +500 км. Отже, на осьовому меридіані точки мають ординати 500 км; точки західніше осьового меридіана мають додатні значення менше 500 км; точки в східній половині зони визначаються ординатами більше 500 км. Координати, одержані під час такого зміщення початку відліку, називаються *перетвореними або умовними*.

Але, однакові ординати точок можуть повторюватися в кожній із 60-ти зон, на які розділена поверхня земного еліпсоїда, тому необхідно вказувати номер зони, в межах якої пункт знаходиться. Його вказують перед ординатою Y . Вираз $X=6\ 072,145$ км означає, що від даної точки до екватора відстань 6 072,145 км. Вираз $Y =4\ 308,890$ км означає, що точка знаходиться в 4-ій зоні, а відстань від неї до осьового меридіана, винесеного на 500 км із зони на захід, складає 308,890 км.

Труднощі при використанні зональної системи координат виникають тоді, коли топографо-геодезичні роботи проводять на приграничних ділянках, розташованих в двох сусідніх (суміжних) зонах Гаусса. Координатні лінії таких зон розташовуються під кутом одна до одної. Для ліквідації цих ускладнень вводиться *смуга перекриття зон*, у якій координати можуть бути визначені в обох суміжних зонах. Ширина зони перекриття складає 4° , по 2° із кожної із двох суміжних зон. Вперше ця система координат впроваджена в 1928 році, у 1932 році затверджена як

загальнодержавна. Із введенням для геодезичної основи еліпсоїда Красовського вона отримала назву «система координат 1942 року».

Лінія координатної сітки, яка паралельна осьовому меридіану (вертикальна лінія сітки), і напрям географічного меридіана, що проходить через одну й ту ж точку в межах зони, не збігаються. Вони утворюють деякий кут λ , який називається *гауссовим зближенням меридіанів*. Найбільше його значення буде на краю зони (біля полюса) – 3° , а біля екватора – буде близьке до 0° .

Гауссове зближення, як і зближення меридіанів, вважається східним (додатним), якщо лінія сітки відхиляється на схід від географічного меридіана, який проходить через ту саму точку, що й лінія сітки. При протилежному відхиленні лінії сітки зближення західне і буде мати знак «мінус».

Для нанесення точок за їхніми прямокутними координатами та визначення цих координат на картах масштабу від 1:10 000 до 1:500 000 включно служить прямокутна координатна сітка, утворена вертикальними лініями, паралельними до осьового меридіана зони Гаусса ХХ, та горизонтальними лініями, паралельними до екватора УУ. Ці лінії проводять на відстані 1 км чи 2 км, а тому їх називають *лініями кілометрової сітки*, а сітку прямокутних координат – *кілометровою сіткою*.

Лінії кілометрової сітки не паралельні внутрішній рамці топографічної карти, тому що прямі осі координат не паралельні кривим меридіанам і паралелям (вони утворюють внутрішню рамку карти), які мають кривизну.

Координати ліній сітки, виражені в кілометрах, підписують біля рамок карти: абсциси – на бічних рамках, а ординати – на верхній та нижній. Повністю підписані лише крайні лінії: на карті У-34-37-В-в (Снов) масштабу 1:25 000 горизонтальні – 6 065 км і 6 073, вертикальні – 4 307 км і 4 314 км (перші цифри підписані дрібнішим шрифтом), на інших лініях вказуються лише десятки та одиниці кілометрів – 66, 67 чи 08, 09 і т.д. Абсциса Х якої-небудь точки дорівнюватиме найкоротшій відстані від цієї точки до екватора, а ордината У – найкоротшій відстані від осьового меридіана зони.

Для вказівки локалізації об'єктів використовують скорочені координати – X і Y південно-західного кута квадрата кілометрової сітки, наприклад, гора Велика Михайлинська точка із висотою 213,8 знаходиться в квадраті 6812 (квадрат 6812).

Для визначення прямокутних координат точки на ближчу з півдня лінію абсцис і ближчу з заходу лінію ординат опускаємо з цієї точки перпендикуляри і вимірюємо їх довжину в масштабі карти. Наприклад, абсциса X точки A: $X_A = X_H + \Delta x$, а ордината $Y_A = Y_L + \Delta y$, де X_H – координати нижньої лінії сітки, і Y_L – координата лівої лінії сітки по відношенню до точки A. Δx і Δy – значення опущених на лінії сітки перпендикулярів. В нашому прикладі $X_A = 6072 \text{ км} + 600 \text{ м} = 6\,072,600 \text{ км}$ (відстань від екватора). $Y_A = 4307 \text{ км} + 625 \text{ м} = 4\,307,625 \text{ км}$ (відстань від осьового меридіана зони), де перша цифра вказує на номер зони (рис. 15).

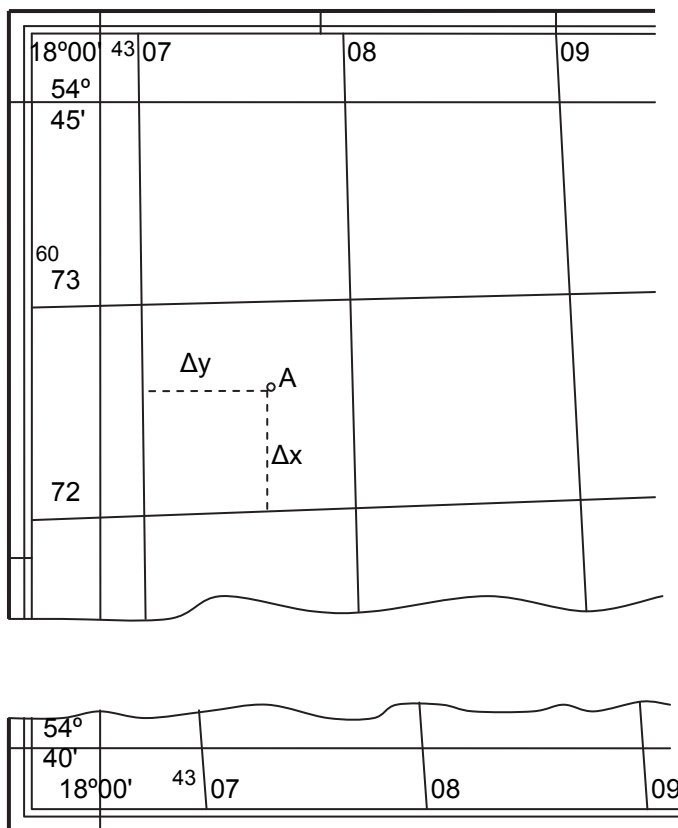


Рис. 15 Визначення прямокутних координат точки

Для визначення положення точки за допомогою прямокутних координат (обернена задача) необхідно на лінії абсцис і ординат відкласти вказані відстані 600 м і 625 м і провести від них перпендикуляри до протилежних ліній кілометрової сітки. Точка перетину двох перпендикулярів вкаже на місце точки, яку шукали.

Отже, *прямокутними координатами точки називається положення точки на місцевості (на карті) відносно екватора і осьового меридіана зони та визначається в кілометрах і його частинах [3, 5, 9, 10].*



Питання для самоконтролю

1. Яка будова рамки аркуша топографічної карти?
2. Що називається географічними координатами точки?
3. Як визначити географічні координати точки?
4. Чому при побудові топографічних карт використовується проекція Гаусса-Крюгера?
5. Як створюється зональна система плоских прямокутних координат?
6. Що називається перетвореними координатами?
7. Як утворюється гауссовий кут зближення меридіанів?
8. Як формується сітка прямокутних координат?
9. Що називається прямокутними координатами точки?
10. Поясніть процес визначення прямокутних координат точки?
11. Як за прямокутними координатами визначити положення точки?

1.6. КУТИ НАПРЯМІВ І ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ НА ТОПОГРАФІЧНІЙ КАРТІ

Напрями ліній на місцевості чи на карті можуть бути визначені відносно якогось початкового напрямку, тобто визначити кут між вихідним (початковим) напрямом і лінією, напрям якої необхідно виміряти. Ним можуть бути географічний (істинний, дійсний) меридіан, магнітний меридіан, осьовий меридіан зони Гаусса чи лінії до нього паралельні – *вертикальні лінії кілометрової сітки*. Через будь-яку точку земної поверхні чи точку на карті можна провести географічний меридіан, магнітна стрілка приладів дасть магнітний меридіан, а також можна провести лінію, паралельну до осьового меридіана зони Гаусса. У зв'язку із цим кути на місцевості та на карті визначають відносно цих названих вихідних напрямів, а відлік їх ведуть від 0° до 360° за ходом годинникової стрілки, тобто від вихідного напрямку до напрямку наданий предмет (до напрямку даної лінії).

Лінії візування на місцевості мають два напрями: *прямий*, напрям від якої-небудь початкової точки до кінцевої, і *зворотний* – від кінцевої точки до початкової. Розрізняють прямі і зворотні кути напрямку. Через те, що географічні меридіани є кривими лініями, які сходяться до полюсів, і вони не паралельні, то прямий і зворотний азимути однієї і тієї ж довгої лінії на території зони в різних її точках відрізняються між собою на 180° плюс зближення меридіанів початкової і кінцевої точок лінії, тобто $A_{зв} = A_{пр} \pm 180^\circ \pm \gamma$. Залежно від того, який прийнятий початковий напрям розрізняють азимути: географічний (дійсний, істинний), азимут магнітний і дирекційний кут.

Для того, щоб визначити орієнтувальні кути і взаємозв'язки між ними, необхідно знати величини магнітного схилення та зближення меридіанів.

Місця або точки, де сходяться магнітні силові лінії, називають магнітними полюсами. Через те, що магнітні полюси Землі не збігаються з географічними, в кожній точці поверхні Землі між географічним меридіаном і напрямом магнітної стрілки (магнітним

меридіаном) утворюється горизонтальний кут δ , який називається *магнітним схиленням* стрілки. Схилення може бути східним (додатним), якщо північний кінець магнітної стрілки відхиляється на схід, і західним (від'ємним), якщо стрілка відхиляється на захід від географічного меридіана. Магнітне схилення мінливе та залежить від зміни місця і часу. На топографічній карті під південною рамкою показують середнє магнітне схилення, яке характерне для показаного району та величину його зміни за рік. Зв'язок між магнітними та істинними азимутами можна представити так: $A_m = A_{\text{іст}} - \delta$.

Відомо, що географічний меридіан (вертикальна сторона внутрішньої рамки топографічної карти) не співпадає з осьовим меридіаном зони Гаусса (лінією паралельною осі абсцис X), то в місці перетину утворюється горизонтальний кут γ , який називається *зближення меридіанів*. Зближення меридіанів має додатне значення для всіх точок зони, розміщених на схід від осьового меридіана (східне зближення) і від'ємне для всіх точок, розміщених на захід (західне зближення).

Азимутом (A) називається двогранний кут у градусах, який відраховується за ходом годинникової стрілки від північного напрямку площини меридіана точки спостереження до вертикальної площини, від 0° до 360° , що проходить через цю точку. Залежно від того, який з меридіанів є початковим напрямом, азимут може бути астрономічним (дійсним) геодезичним, географічним і магнітним [3].

Кут, утворений між північним напрямом істинного (географічного) меридіана і напрямом на даний предмет за ходом годинникової стрілки від 0° до 360° , називається істинним чи географічним азимутом – $A_{\text{іст}}$. Так само, як і географічні координати, географічний азимут – узагальнене поняття азимутів астрономічного й геодезичного.

Кут, утворений між північним напрямом магнітного меридіана і напрямом на даний предмет від 0° до 360° за ходом годинникової стрілки, називається магнітним азимутом – $A_{\text{магн}}$. Магнітні азимуты вимірюють на місцевості за допомогою

приладів із магнітною стрілкою – компаса, бусолі тощо. Географічний і магнітний азимут пов'язані залежністю $A_{\text{іст}} = A_{\text{магн}} \pm \delta$ із врахуванням знака магнітного схилення. На карті магнітні азимуті можуть бути обраховані за виміряним $A_{\text{іст}}$ та величиною магнітного схилення, яке вказує на карті (зліва від записів масштабів). Як було сказано вище, азимуті бувають прямі і зворотні.

У топографії застосовують також орієнтування лінії осьового меридіана зони Гаусса. *Горизонтальний кут, який відраховується за ходом годинникової стрілки від північного напрямку осьового меридіана зони Гаусса або лінії, йому паралельної, до напрямку заданої лінії, від 0° до 360° , називається дирекційним кутом – α .* Залежно від плоских координат або проекції земного еліпсоїда на площині дирекційний кут може бути геодезичним, астрономічним, гауссовим. Дирекційні кути, виміряні в будь-якій точці заданого напрямку, зберігають (на відміну від азимутів) своє значення.

Дирекційні кути також бувають прямі та зворотні. Зв'язок між ними виражають формулою $\alpha_{\text{зв}} = \alpha_{\text{пр}} \pm 180^\circ$, тобто зворотний дирекційний кут відрізняється від прямого на 180° .

Існує залежність між географічним азимутом і дирекційним кутом, яка має вигляд $A_d = \alpha + (\pm\gamma)$. Для того щоб перейти від величини магнітного азимута до дирекційного кута, потрібно увести поправку на магнітне схилення і кута зближення меридіанів, що називається поправкою напрямку. $\Pi = (\pm\delta) - (\pm\gamma)$. Також відомо, що $A_i = A_m \pm \delta$, а також, що $A_i = \alpha + (\pm\gamma)$. Отже, $A_m + \delta = \alpha + \gamma$. Звідки $\alpha = A_m + \delta \pm \gamma$, чи $\alpha = A_m + \Pi$. Магнітний азимут $A_m = \alpha - [(\pm\delta) - (\pm\gamma)] = \alpha - (\pm\Pi)$.

У навігації, метеорології, лісо- та землеустрої використовують румби. *Румб r – гострий кут між напрямом даної лінії та найближчим напрямом географічного меридіана (північним чи південним) в межах від 0 до 90°* (рис. 16). Кожен румб характеризується вказівкою чверті горизонту, в якій розташований даний напрям, і величиною кута. Румби є дійсними або магнітними, а коли їх відраховують від осьового меридіана зони Гаусса, то вони

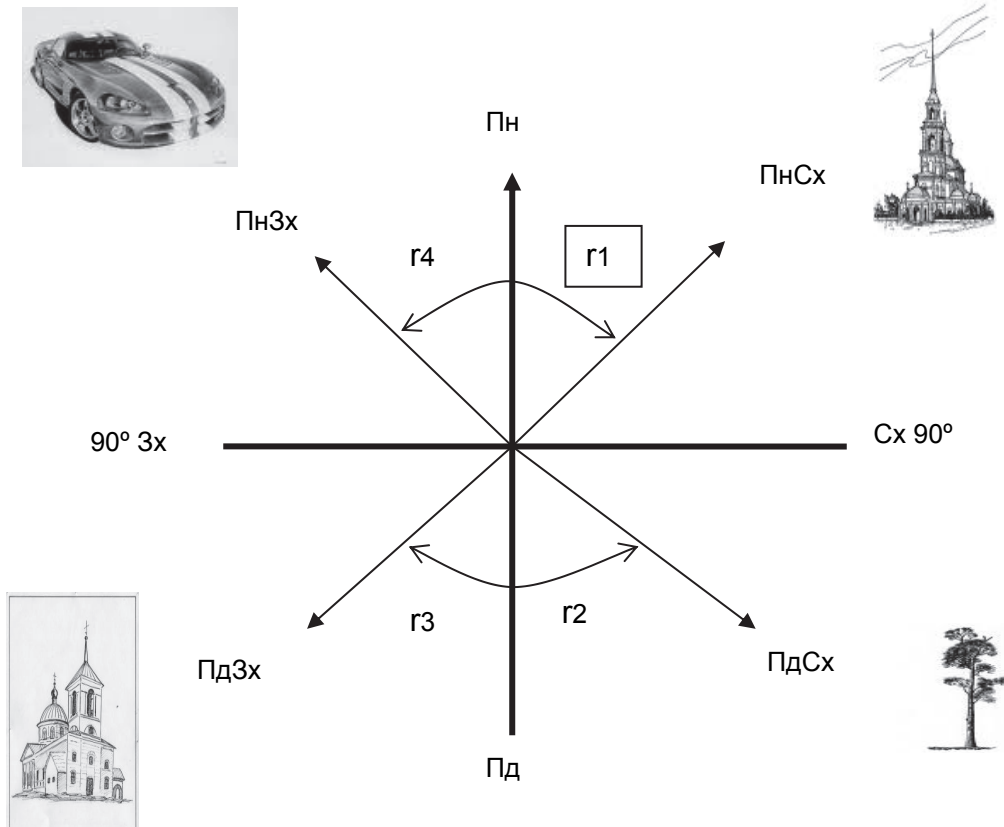


Рис. 16. Румби

називаються дирекційними, або осьовими. Румби супроводжуються назвою чверті, в якій знаходиться лінії, оскільки градусна величина румбів напрямів може бути однаковою, наприклад: Пн Сх: 35° , Пд Зх: 35° , Пн Зх: 24° , Пд Сх: 45° .

Румби, як і азимути та дирекційні кути, можуть бути прямими і зворотними, за абсолютною величиною вони залишаються рівними, а змінюються тільки їхні назви на протилежні, тобто вони відрізняються на 180° .

Румби r переводяться в азимути A і навпаки за співвідношеннями, наведеними в таблиці 3. Така ж залежність існує між румбами і дирекційними кутами.

Номер і назва чверті	Значення азимута, град.	Румб дорівнює	Азимут дорівнює
I – ПнСх	0 – 90	$r_1 = A_i$	$A_i = r_1$
II – ПдСх	90 – 180	$r_2 = 180^\circ - A_i$	$A_i = 180^\circ - r_2$
III – ПдЗх	180 – 270	$r_3 = A_i - 180^\circ$	$A_i = 180^\circ + r_3$
IV – ПнЗх	270 – 360	$r_4 = 360^\circ - A_i$	$A_i = 360^\circ - r_4$

Для різноманітних геодезичних розрахунків вимагають знання зв'язку між орієнтувальними кутами. Цей зв'язок залежить від взаємного розміщення меридіанів і величин магнітного схилення й зближення меридіанів (рис 17). Під час роботи з топографічною картою ці відомості можна одержати зі схеми взаємного розміщення вихідних напрямів, що знаходиться зліва під південною рамкою карти.

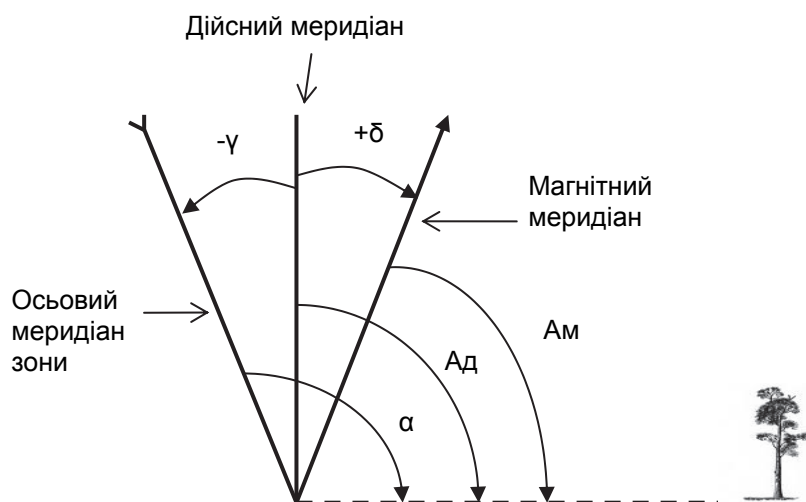


Рис. 17. Схема взаємного розміщення вихідних напрямів

Напрямок та їх вимірювання здійснюється за допомогою транспортира.

Географічні (на карті визначають геодезичні азимуты) і магнітні азимуты безпосередньо на карті не вимірюють, тому що для цього

необхідно наносити на неї напрями дійсного і магнітного меридіанів, а обраховують за відомими значеннями дирекційного кута за формулами взаємозалежності між кутами орієнтування. Для цього під південною рамкою топографічної карти вказані значення магнітного схилення і зближення меридіанів.

Наприклад, на карті У-34-В-в $\delta = 6^{\circ} 12'$, $\gamma = -2^{\circ} 24'$, дирекційний кут напрямку Іванівка – Волково $\alpha = 178^{\circ} 30'$ тоді $A_i = 178^{\circ} 30' - 2^{\circ} 24' = 176^{\circ} 06'$; $A_m = 176^{\circ} 06' - 6^{\circ} 12' = 169^{\circ} 54'$, або $178^{\circ} 30' - (6^{\circ} 12' - (-2^{\circ} 24')) = 169^{\circ} 54'$. Географічний азимут можна виміряти безпосередньо на карті, для чого потрібно провести за мітками на минутній рамці меридіан, що перетинає заданий напрям [3, 10].



Питання для самоконтролю

1. Розкрити поняття «кути напрямів».
2. Пояснити схему взаємного розміщення азимутів.
3. Чому і як виникає магнітне схилення?
4. Як виникає зближення меридіанів?
5. Що називається азимутом?
6. Які є азимути?
7. Як виникає азимут прямий і зворотний?
8. Що називається азимутом істинним?
9. Що називається магнітним азимутом?
10. Що називається поправкою напрямку і як він обраховується?
11. Що таке румб?
12. Пояснити залежність між азимутами і румбами.

1.7. ЗОБРАЖЕННЯ РЕЛЬЄФУ НА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТАХ

Рельєф – сукупність нерівностей земної поверхні. Він є одним із основних елементів географічного середовища. Характер рельєфу враховують під час освоєння та заселення території, розвитку транспорту, промисловості, сільського господарства і будівництва, виборі місця для населених пунктів, бойових дій тощо. Рельєф впливає на розподіл тепла й вологи, міграцію хімічних елементів, формування поверхневого та підземного стоку, річкової мережі, рослинного покриву, ґрунтів, ландшафтів загалом.

Зображення рельєфу на топографічній карті повинно відповідати таким вимогам: воно має бути наочним, однозначна просторова уява про рельєф місцевості, змога швидко й легко отримувати необхідні кількісні характеристики нерівностей місцевості, визначати тип рельєфу і ступінь розчленованості земної поверхні; планові обриси форм рельєфу, їхні орієнтування, місцезнаходження і доступність, абсолютні і відносні висоти точок місцевості; глибину урізу річок, долин, балок і ярів; напрями і крутість схилів тощо; розв'язання різних інженерних завдань (побудова профілю за заданим напрямом, визначення видимості між точками, проектування лінії за заданим нахилом тощо).

Основним способом зображення трьохмірного рельєфу на топографічній карті (площині) є *спосіб ізоліній*, які називають *ізогіпсами* чи *горизонталями*, доповнюють *способом відміток висот* та умовними *позамасштабними знаками* окремих елементів та форм рельєфу. *Ізолінії* – криві, що з'єднують на карті точки з однаковими кількісними значеннями. Характер і особливості об'єкта, що відображають передають не окремою лінією, а їхньою сукупністю. На топографічній карті ізолінії називають *горизонталями – замкнутими лініями, що проходять через точки місцевості з однаковою абсолютною висотою*. На фізичній поверхні Землі вони є уявними лініями, а на топографічній карті, всі точки яких мають однакову висоту над

рівнем моря, а на карті їх можна уявити як слід від перетину рельєфу рівневими поверхнями, паралельними між собою.

Якщо уявно розрізати уявну фізичну поверхню Землі рівневими поверхнями, які рівно віддалені одна від одної, то кожна лінія перерізу матиме вигляд замкненої кривої і постійну абсолютну висоту, яка і буде горизонталлю (рис. 18).

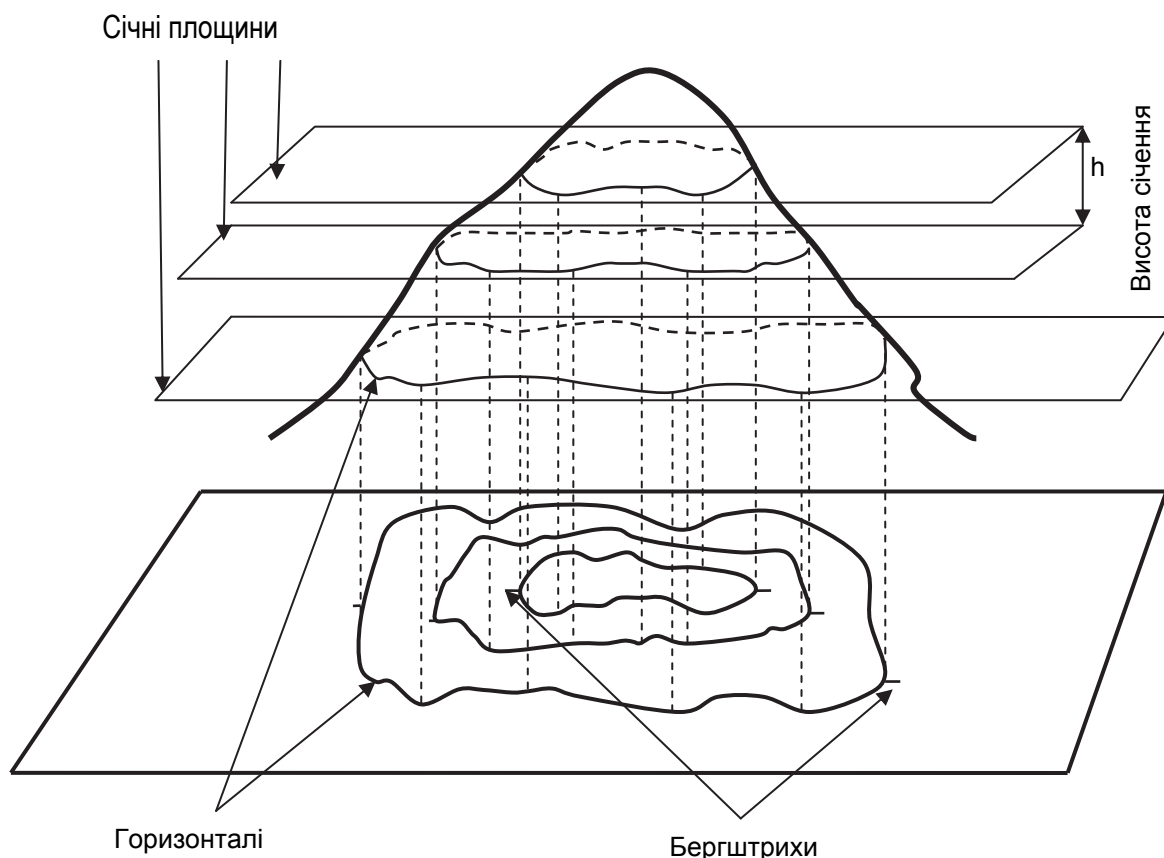


Рис.18. Принцип відображення рельєфу горизонталями

Задана відстань h між сусідніми січними рівневими поверхнями (площинами) під час зображення рельєфу горизонталями називається **висотою перерізу рельєфу**. Щоб передати закономірності рельєфу, значення h встановлюється постійним для карт одного масштабу і типу рельєфу. Висоту перерізу можна також визначити як різницю висот двох сусідніх основних горизонталей на карті. Висота перерізу рельєфу h впливає на детальність його зображення. Якщо площини перерізу вибрані рідко, ряд особливостей форм

поверхні не знайдуть свого відображення на карті. На топографічних картах прийняті стандартні висоти перерізу: 1:10 000 – 2.5 м; 1:25 000 – 5 м; 1:50 000 – 10м; 1:100 000 – 20 м; 1:200 000 – 40 м.

Основними називаються горизонталі, які віддалені одна від одної на прийняту для відповідної карти висоту перерізу рельєфу. Висота перерізу рельєфу залежить від масштабу карти, складності рельєфу місцевості. Вона характеризується стандартною величиною, прийнятою для відповідної топографічної карти. На одному аркуші топографічної карти величина висоти перерізу рельєфу постійна. Для кращої зручності відрахування і визначення висот горизонталей на топографічних картах кожному п'яту (починаючи від 0) основну горизонталь проводять потовщеною лінією.

Не завжди особливості і деталі рельєфу можуть бути відображені тільки основними горизонталями. В таких випадках застосовують **напівгоризонталі** (наприклад, між горизонталями із висотою 125 і 130 метрів проводять напівгоризонталь із висотою 127,5 метрів), їх проводять через половину основного перерізу рельєфу. Якщо ж і їх недостатньо, проводять допоміжні січні площини, а на картах отримують **допоміжні горизонталі**, які проводять короткими пунктирними лініями, на необхідній для точного відображення рельєфу висоті. Усі горизонталі і напівгоризонталі показують на топографічній карті лініями світло-коричневого кольору. Горизонталі підписують у розривах горизонталей в місцях зручних для читання і так, щоб головки цифр були спрямовані вгору по схилу.

Горизонталі мають такі властивості:

1. Усі точки мають однакову абсолютну висоту, яка відрізняється від висоти точок сусідньої горизонталі на висоту перерізу рельєфу.
2. Усі горизонталі, що замикаються в межах аркуша карти, позначають підвищення чи улоговину, які виділяють підписами відміток і бергштрихами.
3. Що більше горизонталей на схилі, тим він вищий. Отже, за

кількістю горизонталей можна визначити перевищення одних точок місцевості над іншими.

4. Чим ближче горизонталі розміщені одна від одної, тим схил крутіший (тим більший кут нахилу місцевості). Отже за величиною закладення (за відстанями між горизонталями) можна визначити крутість схилу.
5. Найкоротша відстань між двома горизонталями – перпендикуляр до них, що відповідає напрямку найбільшої крутості. Отже, напрям схилу в кожній його точці перпендикулярний до горизонталей.
6. Вододільні лінії та осі лощин перетинаються горизонталями під прямим кутом.
7. Горизонталі на карті не перетинають (за винятком зображення найбільшого уступу) і зберігають подібність відповідних їм ліній на місцевості, утворених в результаті уявного перерізу рельєфу площинами. Отже, горизонталі на карті точно передають форми рельєфу та їхнього розміщення й поєднання.

Зображення рельєфу горизонталями доповнюється *цифровими позначеннями* абсолютних висот характерних точок місцевості та відносними висотами обривів, виступів, терас, глибини і ширини ярів й інших елементів рельєфу. Додатково застосовують *умовні знаки* для тих форм рельєфу, які не можуть бути показані горизонталями (яри, балки, кургани, котловани тощо).

Щоб можна було відрізнити зображення горизонталями гори від западини (улоговини), хребта від лощини, від горизонталей в бік пониження схилу проводять перпендикулярні до горизонталей рисочки – *бергштрихи*. Відстань на карті між сусідніми горизонталями за заданим напрямом називається *закладенням d* . Закладення завжди менше, ніж похила відстань S між двома точками рельєфу. Між закладенням d , висотою перерізу h і крутизною схилу α існує така залежність: $\operatorname{tg} \alpha = h/d$, тобто із збільшенням крутизни схилу при висоті перерізу h закладення буде меншим, а із зменшенням крутизни схилу – більшим. Отже, за величиною закладення на топографічній карті при відомій висоті

перерізу можна визначити крутизну схилу. *Крутизну схилу* виражають також через кут нахилу. Закладення і кут нахилу пов'язані між собою: що більше закладення, то пологіший схил, що менше закладення, то схил крутіший. Для зручності визначення крутизни схилу використовують спеціальний графік закладень, який зображений під південною рамкою карти. Зв'язок між елементами схилу можна зобразити так: $d = S \cos \alpha$; $h = S \sin \alpha$; $h = d \operatorname{tg} \alpha$; $d = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha$.

Величину нахилу земної поверхні (крутизна схилу) часто характеризується (на практиці) не через кут α , а ухилом i . *Ухил* – це відношення величини перевищення місцевості до того горизонтального простягання, на якому його спостерігають: $i = h/d = \operatorname{tg} \alpha$. Воно виражається дробом в тисячних долях (або в процентах). Наприклад, при ухилі дороги 0,015, на відрізку 1000 м підйом складає 15 м.

Від висоти січення рельєфу залежить детальність зображення рельєфу на топографічній карті. При частих сікучих площинах, тобто при великій висоті січення рельєфу ряд особливостей форм земної поверхні не буде показаний (рис.19).

Для зображення деяких форм рельєфу – ярів і ритвин, курганів і ям та обривів – застосовується спеціальні умовні позначення із кількісною характеристикою. Льодовикові форми рельєфу передаються відтінками зеленого та блакитного кольору.

Форми рельєфу антропогенного походження – кар'єри, насипи, виїмки – показуються чорним кольором.

Рельєф земної поверхні складають схили різної форми та крутизни. Схили можуть бути *прямими (рівними)*, *випуклими*, *увігнутими* та *комбінованими (хвилястими)*. (Рис. 20).

При перетині двох схилів виникають лінії рельєфу:

а) *вододільна* – на опуклій (додатній) формі рельєфу від підйому до спуску;

б) *водозбірна (тальвег)* – на увігнутій (від'ємній) формі від спуску до підйому;

в) *брівка* – лінія стикання горизонтальної площини чи

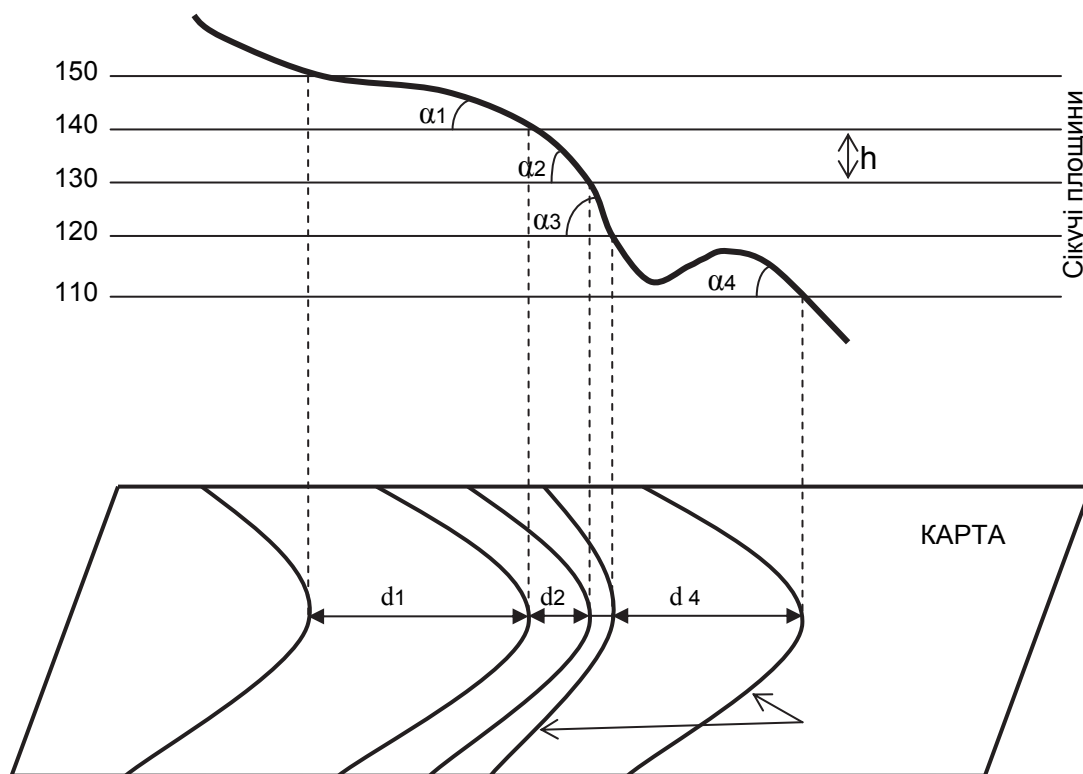


Рис.19. Елементи схилу та зображення їх на топографічній карті за допомогою горизонталей
(h – висота січення рельєфу; α – кут нахилу схилу; d – закладення)

пологого схилу із крутішим схилом;

г) *підшовва* – лінія переходу від крутішого схилу до пологого чи горизонтальної площини.

Нескладні поєднання схилів утворюють *прості форми рельєфу*. До них відносять додатні форми, які підіймаються над навколишньою місцевістю – гора, горб, простий хребет; від’ємні, увігнуті форми рельєфу – западини, долини(лощина, яр, балка), прогин схилу.

На топографічній карті можна визначати:

- 1) абсолютні висоти та перевищення;
- 2) кути нахилу та складати карти кутів нахилу;
- 3) проводити вододільні лінії та оконтурювати вододільні басейни; на цій основі можна складати карти горизонтального

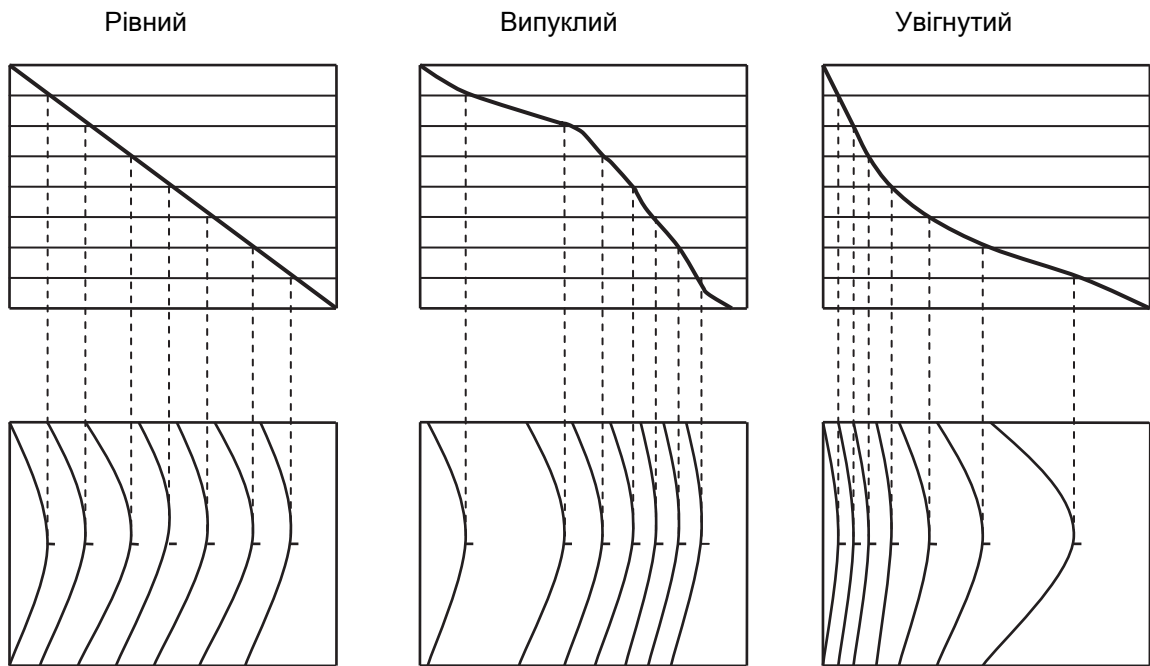


Рис. 20. Схематичне зображення горизонталями основних форм схилів

та вертикального розчленування;

4) прокладати лінії із заданим нахилом (похилом);

5) будувати гіпсометричні профілі;

6) визначати поля невидимості та складати карти полів невидимості;

7) визначати площі затоплення.

За топографічними картами визначають тип рельєфу, форми які його складають, абсолютні і відносні висоти точок, а також можна визначити межі річкових басейнів тощо.

Висоту не підписаної горизонталі визначають за висотою січення рельєфу, надписами висот інших горизонталей, урізами води річки або озера, потовщеними горизонталями.

Абсолютну висоту точки, яка лежить на горизонталі, дорівнює висоті цієї ж горизонталі. Абсолютну висоту точки, що розташована між горизонталями, отримують за допомогою інтерполяції висот сусідніх горизонталей.

Відносну висоту (перевищення точок), які лежать в різній частині карти, вираховують тим же шляхом, тобто за різницею абсолютних висот [2, 3, 10].



Питання для самоконтролю

1. Що називається рельєфом?
2. Як зображають рельєф на топографічній карті?
3. Що таке ізолінії?
4. Що називають ізогіпсами?
5. Що називають горизонталями?
6. Як отримують горизонталі?
7. Які бувають горизонталі?
8. Якими властивостями володіють горизонталі?
9. Що називають висотою перерізу рельєфу?
10. Що таке напівгоризонталі і в яких випадках вони проводяться?
11. Яка роль бергштрихів при зображенні рельєфу?
12. Які допоміжні способи зображення рельєфу?
13. Що називають закладенням?
14. Що називають висотою січення рельєфу?
15. Як визначити крутизну схилу?
16. Як визначити абсолютну і відносну висоту точки?
17. Які є форми схилів?
18. Які виникають лінії рельєфу при пересіченні двох схилів?
19. Які завдання можна виконувати при вивченні рельєфу?

1.8. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ ЗМІСТУ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

Зміст топографічної карти – це рельєф земної поверхні, зображений горизонталями, та її об'єкти, зображені графічними знаками (топографічними умовними знаками). *Умовні знаки* в поєднанні з горизонталями відтворюють на топографічній карті місцевість з усіма її особливостями. Умовні топографічні знаки стандартні та єдині і своїм виглядом, формою, кольором часто нагадують зображувані об'єкти або їхні відмінні риси. Для топографічних карт і оглядово-топографічних карт умовні знаки тих самих предметів, як правило, однакові за формою та кольором і відрізняються лише розміром.

Зображувані предмети поділяють на декілька груп: гідрографічні, ґрунти, рослинність, населені пункти, промислові та сільськогосподарські об'єкти, шляхи сполучення, засоби зв'язку, адміністративні межі. Для кожної групи предметів є спільний вихідний графічний знак. Якісні чи кількісні відмінності між предметами кожної групи показують доповненнями і невеликими змінами вихідного знака. Наприклад, за основний (вихідний) умовний знак колодязя взято кружок діаметром 1,2 мм з точкою посередині. Кружок такого ж діаметра, повністю зафарбованим, позначають артезіанські колодязі, а більшого (2 мм) з жирною точкою посередині – колодязі в степу та пустинній місцевості.

Умовні знаки поділяють на масштабні (контурні), позамасштабні та пояснювальні.

Масштабними знаками показують предмети, що виражають в масштабі карти і в яких можна виміряти за картою довжину, площу. Контур чи межу площі наносять на карту крапками із збереженням подібності із дійсними обрисами та орієнтування. Площу контура зафарбовують відповідним кольором і наносять, заповнюючи умовні знаки (сади, виноградники). Лінійними умовними знаками позначають річки, дороги, межі, лінії зв'язку тощо.

Позамасштабними умовними знаками позначають місцеві предмети, які не виражені в масштабі карти, наприклад, окремі будівлі, пам'ятники, дерева тощо. Позамасштабні умовні знаки показують за допомогою геометричних фігур встановленого розміру та спрощені малюнки, що передають лише загальний вигляд предмета, а не його розмір чи площу. Центр кожного такого знака – його місцезнаходження, головна точка.

Головна точка ставиться в таких випадках:

- знаках симетричної форми (трикутник, кружок, квадрат, прямокутник, зірочка) – в центрі фігури;
- знаках з широкою основою (пам'ятник, камені тощо) – у центрі основи;
- знаках з прямим кутом в основі (окреме дерево, вітряк, бензоколонка тощо) – у вершині кута;
- знаках, що складаються з кількох фігур, – у центрі нижньої фігури.

Пояснювальні умовні знаки – застосовують для додаткової характеристики предметів, наприклад, для позначення широколистяного або хвойного лісу та ін.

Крім того, повністю підписують назви населених пунктів, річок, гір, озер тощо. В деяких випадках зображення об'єктів доповнюють скороченими пояснювальними підписами. Вони стандартні, як і самі умовні знаки. Наприклад, біля умовного знака заводу пишуть «маш.», школи «шк».

Щоб показати кількісні характеристики зображуваних об'єктів застосовують цифрові позначення. Так, біля сільського населеного пункту числом показують кількість дворів, поруч з умовним знаком моста вказують на його ширину, довжину і вантажопідйомність.

За допомогою різного шрифту, яким підписують населений пункт, можна вказати на кількість жителів, та його адміністративне значення. Наприклад, назви річок підписують косим шрифтом синього кольору та ін.

Усього на топографічних картах використовують близько 350

умовних знаків і стільки ж скорочувальних пояснювальних підписів.

Населені пункти. Їх зображують *площинними, лінійними* та *позамасштабними* умовними знаками, доповнюються *власними назвами, пояснювальними* написами та *цифровою* характеристикою і є одними з найважливіших соціально-економічних елементів змісту будь-якої географічної карти. Основою класифікації населених пунктів для їхнього відображення на топографічних картах покладені такі ознаки: *тип поселення* (місто, селище міського типу, селище дачного типу, село, хутір тощо), *кількість жителів, політико-адміністративне значення* і передаються зміною шрифту та розмірами літер. Назви підписують прямими шрифтами прописними літерами, селища – похилим вправо, а назви сільських поселень – прямим, але малими літерами. Розмір літер зменшується із зменшенням кількості населення та адміністративного значення. Під назвою населеного пункту вказують кількість дворів чи кількість жителів у тисячах. Позначеннями "РР" та "СР" передається адміністративне значення поселення (районна Рада, сільська Рада)

Із різною повнотою (впливає масштаб) показують планування населення пункту, планові обриси кварталів, вулиці, зелені насадження, майдани, пустирі, громадські та індивідуальні будівлі тощо. Планування населеного пункту може бути *придорожнім, прияружним, прибережним, вододільним, безсистемним* тощо. На топографічних картах показують *матеріал забудови*: оранжевим кольором – із переважанням вогнетривких будівель, жовтим – невогнетривких. В межах населених пунктів забудовані частини об'єднують у квартали, які на картах масштабів 1:25 000 і 1:50 000 покривають штрихуванням або зафарбовують жовтим і оранжевим кольорами. Особливими прийомами серед забудови поселень виділяють видатні будівлі: школи, будинки культури, клуби, поліклініки, лікарні, адміністративні будівлі, вокзали, пункти зв'язку, тощо, які дають можливість аналізувати економічне та транспортне значення населеного пункту.

Зображення населених пунктів завжди піддається генералізації,

ступінь якої залежить від масштабу карти і конкретних особливостей самих пунктів. Зовнішні обриси населеного пункту, його структура і планування повинні бути передані більш унаочнено та повно, що допускається масштабом карти.

Шляхи сполучення. Показують залізниці та інші безрейкові дороги, їхнє розміщення, густоту, клас та технічний стан. Зображення доріг супроводжують показом придорожніх споруд.

Дорожню мережу передають лінійними умовними знаками у вигляді однієї чи декількох ліній, доповнених кольоровим фарбуванням, цифровими та буквеними позначеннями. Точне положення дороги вказує вісь лінійного знака. Ширина дороги завжди передають із збільшенням, а тому придорожні споруди зміщуються вбік від лінійного знака. Придорожні споруди показуються плановими обрисами чи позамасштабними знаками із поясненнями.

Залізниці характеризуються за числом колій, шириною колії, видом тяги, станом. Особливими знаками показують трамвайні лінії, фунікулери, підвісні лінії. Показують станції, платформи та роз'їзди, мости із характеристиками, насипи, виїмки, семафори та світлофори, блокпости, казарми, споруди баштового типу, депо, тунелі тощо.

Безрейкові дороги характеризують за їхнім технічним станом (автострада, удосконалене шосе, шосе, покращена ґрунтова дорога, ґрунтова дорога, польові та лісові дороги, караванні шляхи, зимові дороги, стежки), їхнє покриття (А – асфальт тощо), ширина проїжджої частини і всього дорожнього покриття. На них вказують позначки (Е, М, А, Р, Т) та їхня нумерація. На всіх дорогах вказують мости, труби, насипи, виїмки, автозаправні станції, автоколонки, обсадки, кілометрові позначки, покажчики доріг, пороми, перевози, броди, їхні якісні та кількісні характеристики. Чим дрібніший масштаб карти, тим більший відбір об'єктів для показу на карті. На топографічних картах вказують також аеродроми та порти.

Засоби зв'язку. На топографічних картах показують телевізійні вежі, радіостанції та радіовежі, телефонні та радіотелефонні станції, лінії зв'язку та лінії електропередач.

Межі, границі та кордони. Показують державні кордони із максимальною точністю для такого масштабу, кордонів республік у складі федеративної держави, межі областей, районів, землекористувань лінійними умовними знаками різної форми та товщини. Якщо кордон співпадає із протяжністю лінійних об'єктів, його показують по чергово зліва й справа від цього об'єкту, якщо співпадає із річками, просіками і каналами, - у місцях різких поворотів чи на окремих ділянках. Окремими умовними знаками показують кам'яні та цегляні стіни, огорожі, дамби, оборонні вали, а також межі державних заповідників.

Промислові, сільськогосподарські, будівельні та соціально-культурні об'єкти. Їх показують плановими (у масштабі карти) чи позамасштабними знаками: заводи і фабрики із трубами і без них, заводські та фабричні труби, електростанції, шахти та штольні, відкриті розробки родовищ корисних копалин, рудники та приїски, нафтові та газові свердловини, нафто- та газопроводи, склади пального та газгольдери, водонапірні споруди, водопроводи, вітряні двигуни (вітряки), млини і лісопильні. Ці знаки супроводжуються пояснювальними написами. Показують також маяки, відстійники, очисні споруди.

Із об'єктів сільськогосподарського призначення показують пасіки, загони для худоби, рілля, багаторічні насадження, пасовища, насадження технічних культур, виноградники, сади тощо.

Серед соціально-культурних об'єктів показують: школи, дошкільні освітні заклади, вузи, науково-дослідні заклади, поліклініки, лікарні, санаторії, будинки відпочинку, будинки та палаци культури, клуби, кінотеатри, спортивні споруди, монументи та пам'ятники, братські могили, місця пасовищ захоронень, кладовища, споруди культу тощо. Позамасштабні знаки супроводжують пояснювальними написами.

Опорні пункти. До них належать пункти геодезичної сітки, закріплені на місцевості. Вони служать основою для проведення точних вимірювань, через що їх наносять на топографічні карти із максимальною точністю. Серед них пункти тріангуляції,

полігонометрії, трилатерації, астрономічні та нівелірні, державного та місцевого значення, ґрунтові, стінні, тимчасові, постійні, на курганах, будівлях. Вони супроводжується показом абсолютної висоти [3 – 5, 10].



Питання для самоконтролю

1. Що називається змістом топографічної карти?
2. Як поділяються умовні знаки?
3. Які знаки відносяться до контурних?
4. Які знаки відносяться до позамасштабних?
5. В яких випадках ставиться головна точка?
6. Які знаки відносяться до пояснювальних?
7. Як зображуються населені пункти?
8. Якими способами зображають шляхи сполучення?
9. Як на топографічних картах показують межі, границі, кордони?
10. Які знаки використовують для зображення промислових і сільськогосподарських та соціально-культурні об'єкти?
11. Для чого використовують опорні пункти?



ЗЙОМКИ МІСЦЕВОСТІ

2.1. ДЕРЖАВНА ГЕОДЕЗИЧНА СІТКА ТА ЗЙОМКИ МІСЦЕВОСТІ

Відомо, що елементи змісту топографічної карти (картографічного зображення) не можуть бути автоматично спроектованими на карту. Їх відображення на карті відбувається в результаті геометричних вимірів на місцевості.

Сукупність польових вимірів на місцевості та камеральне опрацювання отриманих результатів називається *топографічним зніманням місцевості*. Виміри на місцевості здійснюють з метою встановлення координат географічних об'єктів.

Виміри поділяють на *наземні* – геометричні виміри безпосередньо на місцевості та *аерокосмічні (дистанційні)* – реєстрація електромагнітного випромінювання земної поверхні та опрацювання отриманих результатів.

Основним видом знімання до середини ХХ ст. були наземні. При дистанційних видах знімання системи, які фіксують інформацію (випромінювання), розташовані від поверхні Землі за багато кілометрів (десятки, сотні, тисячі). Як правило, це – камери (фотографічні, телевізійні, теплові тощо), встановлені на літаках, вертольотах, космічних апаратах. Знімання, яке ведуть із літаків чи вертольотів, називають *аерозніманням*. Результати аерознімання використовуються для складання топографічних карт. Знімання апаратурою із космічних апаратів називають *космічним зніманням*. Матеріали цього знімання використовують при створенні та оновленні середньомасштабних (оглядово-топографічних) та тематичних і спеціальних карт.

Основним способом складання топографічних карт і планів в крупних масштабах 1:500 – 1:25 000 служить *аерофототопографічне* знімання. Карті дрібніших масштабів створюються на їх основі.

За допомогою наземних методів складають плани невеликих ділянок земної поверхні.

Вимірювання на місцевості супроводжуються помилками. Через

це неможливо проводити знімання великих територій на окремих ділянках, не зв'язаних між собою. Помилки будуть нагромаджуватися при віддаленні від початкової точки. Це призведе до того, що об'єднання планів цих ділянок в єдину карту стане неможливим. В геодезичних роботах застосовують принцип «від загального до окремого». Принцип здійснюють шляхом створення на території країни *державної геодезичної опорної мережі*, а при зніманні невеликих територій – *опорної знімальної мережі*. Для цього із високою точністю визначають координати точок, більш-менш рівномірно розміщених на території країни. Такі точки називаються *опорними пунктами*, через те, що вони становлять основу (основу, початок) топографічних зйомок і геодезичних вимірювань. Ці пункти закріплені на місцевості й відмічені як довгочасні будови. Подальші виміри на місцевості вестимуть від точок цієї мережі. При цьому неминучі помилки рівномірно розподілятимуть навколо опорних точок і не перевищуватимуть допустимих розмірів. Як наслідок, положення точок відносно опорних пунктів теж буде визначено із допустимою точністю.

Положення точок державної геодезичної мережі надійно закріплюється на місцевості, а їхні координати визначаються в єдиній державній системі координат, тобто ці точки пов'язані за їхнім плановим і висотним положенням.

Опорні сітки на території окремої держави, координати пунктів яких визначені геодезичним способом в єдиній системі координат, називаються *державними геодезичними опорними сітками*.

Розрізняють *планові* геодезичні сітки, в яких для кожного пункту визначають *прямокутні координати* (x , y) у загальнодержавній системі, і *висотні*, в яких висоти (H) пунктів визначають в Балтійській системі висот.

Геодезичні сітки прийнято поділяти на державну, геодезичні сітки згущення і знімальні.

Державна геодезична сітка України є геодезичною основою топографічних зйомок усіх масштабів. Вона має задовольнити вимоги господарського комплексу під час розв'язання відповідних

наукових та інженерно-технічних завдань [3, 10, 21].

Для визначення планового розташування точок в системі прямокутних чи географічних координат використовують методи *триангуляції, полігонометрії та трилатерації*. Залежно від черговості побудови, точності вимірів кутів та відстаней, довжин вимірюваних ліній планова державна геодезична мережа поділяється на чотири класи.

Триангуляція (від лат. *triangulum* – трикутник). На території країни прокладаються ряди трикутників, вершини яких закріплені на місцевості, служать точками геодезичної мережі (рис. 21).

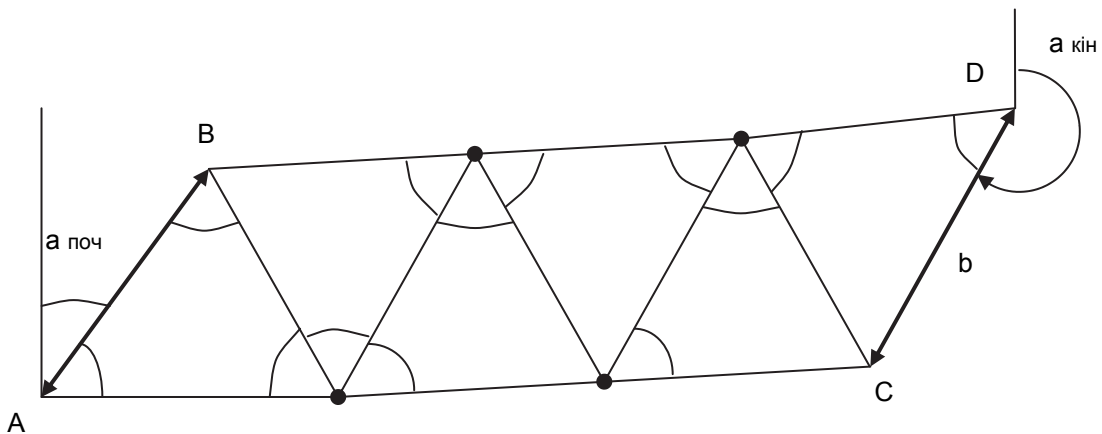


Рис 21. Триангуляція

Ряди триангуляції прокладають вздовж меридіанів та паралелей. Визначають довжину однієї із сторін трикутника – *базис* чи вихідну сторону та всі кути першого трикутника, а за теоремою синусів визначають довжини всіх сторін. Знаючи координати вихідної точки в трикутнику та напрям вихідної сторони, визначають координати інших вершин цього трикутника. Відома сторона цього трикутника стає базисом наступного трикутника і т.д. В триангуляції I-го класу для вихідних пунктів визначають широту й довготу першої точки найточнішим – астрономічним способом. Триангуляція I-го класу є основою розвитку сіток нижчих класів і служить для поширення єдиної системи координат на всю територію країни. Сітки триангуляції I-го класу будують у вигляді ряду трикутників,

близьких до рівносторонніх, розташованих уздовж меридіанів та паралелей і віддалених один від одного на 200 км. Перетинаючись між собою, ряди трикутників утворюють замкнені чотирикутники, які називаються полігонами, з периметром 800 – 1000 км. Мережу триангуляції I-го класу згущують мережею II-го класу, всередині неї прокладають мережі III-го і IV-го класів, від точок яких проводять безпосереднє знімання на місцевості. Метод запропонований нідерландським вченим Снелліусом в 1614-17 рр.

Трилатерація (лат. *tri* – три і *latus* – сторона) – її схема подібна до схеми триангуляції, однак, на відміну від триангуляції, тут радіодалекомірами із високою точністю (1:400 000) вимірюють всі три сторони в побудованих трикутниках, а потім обраховують координати вершин трикутників (рис. 22).

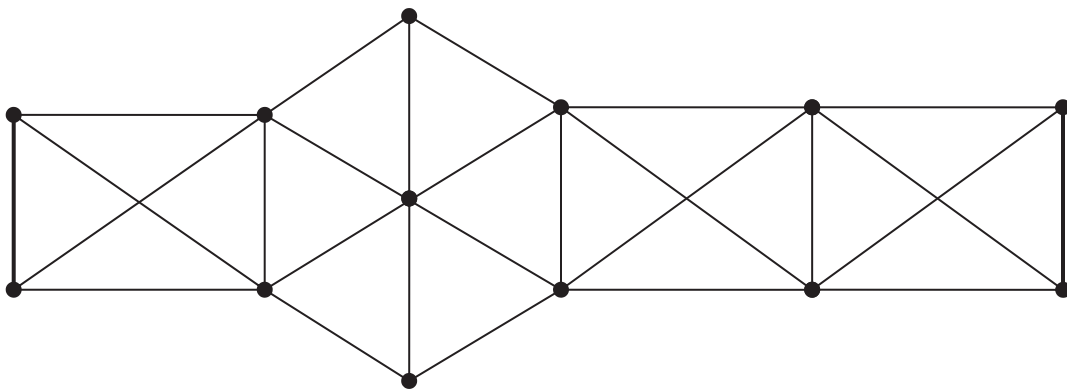


Рис. 22. Трилатерація

Полігонометрія. На місцевості будують ламані ходи, у яких вимірюють всі кути та сторони. Як правило, полігонометричні ходи будують на закритій місцевості – у містах, інших населених пунктах, на залісеній місцевості, вздовж доріг, долинами річок. Полігонометричні ходи роблять замкнутими, утворюючи багатокутники (полігони). За основу беруть початкову точку ходу, визначають точно її координати, а за дирекційним кутом першої лінії та її довжиною визначають координати другої точки і т.д. (рис. 23).

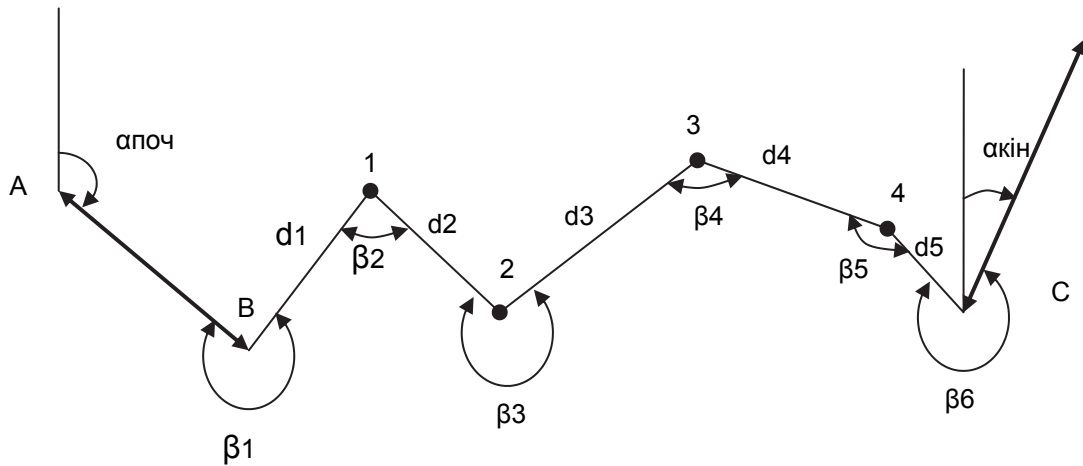


Рис.23. Полігонометрія

Спрощує обчислення координат вершин трикутників космічна триангуляція. Спостереження із літальних апаратів використовують для приведення координат віддалених чи недоступних геодезичних пунктів у єдину геодезичну світову мережу [3, 10].

Для позначення планових геодезичних пунктів та їх закріплення на місцевості служать підземні та наземні споруди – **геодезичні знаки**. На пунктах триангуляції та полігонометрії наземна частина служить для встановлення штатива геодезичних інструментів та точного наведення. Підземна частина являє собою бетонний блок, на верхній частині якого встановлена точка, власне геодезичний пункт.

Його закопують так, щоб верхня його частина знаходилася глибше найбільшого промерзання ґрунту. Якщо видимість між пунктами добра, на місцевості ставлять лише бетонні стовпці чи прості **піраміди**, а на залісеній місцевості, де слабка видимість, – геодезичні **сигнали**.

Лінійні вимірювання (виміри відстаней) – необхідна умова всіх видів знімання. Вимірювання довжин ліній – процес порівняння її з деякою еталонною величиною. Виміряти довжину лінії на місцевості можна різними способами, вибір яких залежить від точності вимірювань, умов місцевості, наявних приладів. При

безпосередньому вимірюванні відомий еталон – *міра довжин* – укладають вздовж заданої лінії. Цим еталоном можуть бути рулетки, мірні стрічки, мірний дріт (стальний чи інварний), інколи польовий циркуль чи крок самого вимірювача.

Спеціальні прилади – далекоміри – дають можливість вимірювати відстані безпосередньо із точки. Посередні виміри відстаней можна отримати за часом руху, на око, за проходженням звуку тощо.

При вимірюванні довжин ліній, розташованих на похилих поверхнях, потрібно врахувати те, що їхні горизонтальні проекції будуть завжди коротшими, ніж зміряні величини. Горизонтальна проекція $D = S \cos \nu$; $\Delta S = S - D$ – поправка на нахил; $\Delta S = S - S \cos \nu$; $\Delta S = S(1 - \cos \nu)$; $\Delta S = 2S \sin^2 \nu / 2$.

Поправка на нахил залежить від зміряної відстані та кута нахилу.

Безпосередні вимірювання проводяться *рулеткою* чи *мірною стрічкою*. Тонкі сталі мірні стрічки мають ширину 10-20 мм із поділками в 1 м, 0,5 м і 10 см, їхня довжина може бути 5 м, 10 м (12 м), 20 м (24 м). В комплект входить 6 чи 11 шпильок, що одягають на спеціальне кільце. Відстань між десятисантиметровими поділками визначають на око чи короткою лінійною. Вимірювання проводять шляхом вкладання стрічки на земну поверхню через проріз у стрічці. Лінії вимірюють двоє вимірників. Перший вимірник залишає одну шпильку другому, вкладає стрічку вздовж лінії і залишає шпильку в ґрунті в кінці стрічки (в прорізі). Другий вимірний скеровує першого вздовж лінії і під час руху забирає залишені першим вимірником шпильки. Довжина лінії визначається так: кількість шпильок у другого вимірника мінус одна шпилька, помножена на ціну стрічки плюс ДЗ. Точність вимірювань повинна складати 1:2 000 від довжини лінії. Початок і кінець лінії фіксується віхами. Якщо довжина лінії перевищує 100 м, виставляється додаткова віха посередині лінії так, щоб вони були на одній лінії.

Вимірювання невеликих об'єктів та відстаней проводяться *польовим циркулем*. Циркуль – дві рейки, збиті під кутом так, щоб

між кінцями рейок зберігалася постійна відстань (він має довжину 1 м чи 2 м). Тримаючи циркуль за ручку, переставляють його (крокують), відраховуючи відстань.

При вимірюваннях низької точності використовують **крок вимірювача**. Як правило, спочатку визначають середня довжина кроку. Для цього на рівній поверхні мірною стрічкою відкладається відстань в 100 м (чи 200 м). Вимірювач повинен пройти вздовж цієї відстані декілька разів і знайти середню кількість кроків. Довжина визначається так: 100 м ділиться на середню кількість кроків.

При вимірюванні відстаней на місцевості кроками вимірювач лічить кроки чи пари кроків. Точність вимірювання кроками складає 1:100 – 1:50 від довжини зміряної лінії. Вона залежить від характеру ґрунту (твердий, піщаний, вкритий рослинністю) та нахилу поверхні. На піщаному ґрунті довжина кроку зменшується на 10-12%, в густій траві – на 5-7%. При великих кутах нахилу (понад 5°) крок скорочується і при підйомі і при спускові.

При безпосередніх вимірюваннях довжин ліній на місцевості їх точність не завжди висока, а саме вимірювання вимагає значних зусиль і затрат часу.

Часто використовують опосередковані вимірювання довжин за допомогою далекомірів, які поділяються на оптичні та електромагнітні (електронні).

Для лінійних вимірювань використовують **світло- та радіо-далекоміри**. Принцип вимірювання відстаней базується на визначенні часу t за який електромагнітні коливання (світло- чи радіохвилі) проходять відстань S від передавача до предмета b і назад.

На точність вимірів світлодалекомірів (світловіддалемірів) впливають умови атмосфери. Радіодалекоміри працюють за будь-яких погодних умов в діапазоні радіохвиль на відстані до 150 км. Працюють одночасно дві радіостанції в двох точках, що дає можливість вимірювати відстані як в прямому, так і в зворотному напрямі. Точність їх надзвичайно висока. Застосовують радіодалекоміри для знімання шельфу, великих водоймищ та озер.

Принцип вимірювання відстаней *оптичними далекомірами* базується на визначенні висоти S рівнобедреного трикутника ABC за відомою стороною AB й проти лежачим кутом β . Одна із величин – L чи β – є постійною.

Існують *спрощені способи визначення відстаней*, до яких належать *окомірний спосіб, за часом проходження звуку, за кутовою величиною*.

При застосуванні окомірного способу порівнюють відстані із відомою величиною на місцевості. Помилки складають до 50%, через що доцільно вимірювати відстані до 1 000 м. На результати окомірних вимірювань впливають умови спостереження та характер об'єктів. Власне, яскраво зафарбовані об'єкти здаються ближче розташованими, ніж темні, при похмурій погоді об'єкти здаються розташованими далі.

За звуком також можна встановити відстань до об'єктів: шум автомобіля чути до 2 км, сокиру – до 300 м, людську мову – до 200 м.

Відстань можна визначити й *за одиничним звуком*: $S = t \cdot 330$, де t – час у секундах від моменту удару (спалаху, вибуху) до моменту прийому звуку, 330 м/сек – швидкість поширення звуку.

Відстань до об'єктів можна визначити *за кутовою величиною* та обчислити за формулою: $S = 1000 \cdot B / Y$, де B – відомий розмір предмета, Y – кутова величина предмета, виражена в тисячних (360° – 60-00; 90° – 15-00; 00-01 – 3,6'). Щоб отримати кут в одну тисячну, лінійку із міліметровими поділками варто тримати за 50 см від очей і відлічити на ній довжину відрізка. Результат, помножений на 2, дасть величину в тисячних (1 мм на відстані 50 см дає кут 0-02). Відомо, що відстань між опорами телефонної лінії складає 50 м, на лінійці зафіксовано 20 мм. $Y = 20 \cdot 2 = 0-40$ (сорок тисячних). Відстань до об'єкта: $S = 1\,000 \cdot 5 / 40 = 1\,250$ м.

Сукупність робіт, які виконують на земній поверхні з метою одержання плану, карти або профілю, називають *зйомкою*. Основними діями під час зйомок є геодезичні вимірювання: *лінійні*, коли визначають відстані між точками на місцевості; *кутові*, в результаті яких отримують горизонтальні і вертикальні кути між

напрямами на задані точки; **висотні** (вертикальні, або нівелювання) – визначають перевищення між точками місцевості. Зйомки місцевості здійснюються такими способами: а) способом безпосередній наземних вимірювань; б) опрацюванням матеріалів аеро- та космічних зйомок. Отже, зйомки поділяють на два основних види: **наземну** і **повітряну** (дистанційну).

У випадках, коли зйомку здійснюють для одержання плану із зображенням ситуації, то її називають **горизонтальною**, або **плановою (контурною)**. Зйомка, в результаті якої одержують план або карту із зображенням ситуації та рельєфу, називають **топографічною**. При топографічній зйомці також здійснюють вимірювання з метою визначення висот точок місцевості.

Залежно від того який інструмент використовується для зйомок і застосованих методів розрізняють такі **види зйомок**:

Теодолітна – горизонтальна зйомка, яку виконують за допомогою кутомірного приладу – теодоліта, сталеві мірної стрічки, рулетки. При вимірюванні горизонтальних кутів та відстаней одержують контурний або ситуаційний план місцевості.

Тахеометричну зйомку виконують за допомогою тахеометра, тобто теодолітами, які оснащені вертикальними кругами і далекомірами. Вимірюючи на місцевості горизонтальні і вертикальні кути і відстані до точок в камеральних умовах, будують топографічний план місцевості.

Мензульну зйомку здійснюють за допомогою мензули – горизонтального столика і кіпрегеля – спеціального кутонарисного приладу, оснащеного вертикальним кругом і далекоміром. При такій зйомці топографічний план місцевості створюють безпосередньо в полевих умовах, що дає можливість контролювати правильність проведених вимірів, порівнюючи одержаний план із рельєфом місцевості.

Наземну **фототопографічну** зйомку здійснюють фототеодолітом, що є поєднанням теодоліта і фотокамери. Місцевість фотографують з двох точок лінії (базису) з подальшим опрацюванням фотознімків на спеціальних фотограмметричних приладах та

отримують контурний і топографічний план ділянки місцевості. Таку зйомку застосовують під час дорожніх, геологічних та інших розвідувань у гірській місцевості і під час зйомок кар'єрів.

Повітряну фототопографічну зйомку виконують за допомогою спеціальних аерофотоапаратів, що встановлюються на літаках. Для забезпечення цієї зйомки на місцевості виконуються певні геодезичні вимірювання, необхідні для планово-висотної прив'язки аерознімків до опорних точок місцевості.

Висотне (нівелювання) виконують з метою обчислення висот точок земної поверхні. Нівелювання буває:

а) **геометричне**, яке виконують за допомогою приладів – нівелірів, що забезпечують горизонтальне положення візирного променя в процесі вимірювань;

б) **тригонометричне**, яке виконується за допомогою похилого променя візування;

в) **барометричне**, виконується за допомогою барометрів з використанням фізичних законів зміни атмосферного тиску із зміною висот точок над рівнем моря;

г) **гідростатичне**, виконують за допомогою шлангових нівелірів і базується на властивостях рідини в сполучних посудинах встановлюватися на однаковому рівні. Такий спосіб застосовують, спостерігаючи за осіданням споруд, монтажі технологічного обладнання у важких умовах тощо;

д) **механічне**, яке виконують за допомогою профілографів-автоматів; таке нівелювання дає змогу автоматично одержати профіль нівелювальної місцевості та визначити відмітки окремих її точок.

Бусольна зйомка, яку виконується за допомогою бусолі та мірної стрічки, щоб одержати ситуаційний план місцевості. Використовують зйомку для невеликих ділянок місцевості та як допоміжну при інших видах зйомок.

Окомірна зйомка – контурна зйомка місцевості, яку виконують на планшеті з компасом за допомогою візирної лінійки. Поєднуючи окомірну зйомку з барометричним нівелюванням, можна одержати топографічний план місцевості. Якщо така зйомка

проводиться з літака чи вертольота, то вона називається *аеровізуальною* [3, 4, 10,].



Питання для самоконтролю

1. Що називається топографічним зніманням місцевості?
2. Що таке державна геодезична опорна мережа?
3. Як створюють державна геодезична опорна сітка?
4. Які методи використовують для визначення планового положення точок?
5. Що називається методом триангуляції?
6. Що таке метод трилатерації?
7. В чому полягає суть методу полігонометрії?
8. Як здійснюють лінійні виміри на місцевості?
9. Які є способи лінійних вимірювань?
10. Як здійснюють вимірювання відстаней на м місцевості?
11. Що називається зйомкою?
12. Які бувають види зйомок?

2.2. ПЛАНОВЕ ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ

Наземне знімання поділяється на *планове, висотне, планово-висотне*. Планове знімання дає контурне, планове зображення місцевості без висотної характеристики.

Результатом висотного знімання є гіпсометричні профілі та зображення рельєфу місцевості.

Планово-висотне знімання дає найповнішу картину місцевості, не тільки планове зображення території, але й зображення рельєфу горизонталями.

Планове знімання місцевості без характеристики її рельєфу створюється шляхом визначення протяжності та напрямів ліній місцевості, а тому планове знімання поєднує лінійні вимірювання та кутові визначення. Визначення напрямів проводять як шляхом визначення горизонтальних кутів між напрямками ліній місцевості, так і викреслюванням цих ліній на горизонтальній площині (папері) безпосередньо в польових умовах. Отже, планове знімання поділяють на *кутомірне* та *кутонарисне*.

Кількість точок, які необхідні для показу тих чи інших об'єктів, залежить від їхніх розмірів та обрисів: крапкових чи тих, що не виражають в масштабі, – одна точка; прямолінійних – дві точки; ламаних і криволінійних – точки на згинах, поворотах.

При проведенні планового знімання дотримуються такої послідовності робіт:

- 1) оглядають місцевість, проводять «рекогносцирувальні, чи розвідувальні роботи»;
- 2) вибирають точки для створення знімальної мережі. Якщо це можливо, місцева знімальна мережа повинна бути прив'язана до державної геодезичної знімальної мережі, а знімання проводиться в державній системі координат. Однак часто знімання проводиться в умовній (місцевій) системі координат;
- 3) вибирають характерні об'єкти, що будуть нанесені на план (карту).

Для отримання планового положення об'єктів на площині існують такі способи:

1. **Полярний спосіб** – визначення відстані від відомої точки *A* до певної точки на місцевості *B* та кута від відомого вихідного напрямку до напрямку на цю точку. Вихідною точкою може бути точка стояння інструмента чи приладу (вона повинна мати відомі координати). Вихідним напрямком може бути істинний чи магнітний меридіан. При кутомірному зніманні кут між вихідним напрямком і напрямком на невідому точку вимірюють, при кутонарисному зніманні – прокреслюють на строго орієнтованому плані. Наприклад, якщо є дві відомі точки *A* і *B*, то щоб визначити невідому точку *C*, необхідно

виміряти на точці А кут і відстань до точки С /АС/. У подальшому для визначення точки С на карті необхідно біля точки А побудувати кут і на його стороні відкласти відрізок АС. Відома точка А, від якої вимірюють відстань до невідомої точки, називають полюсом (рис. 24).

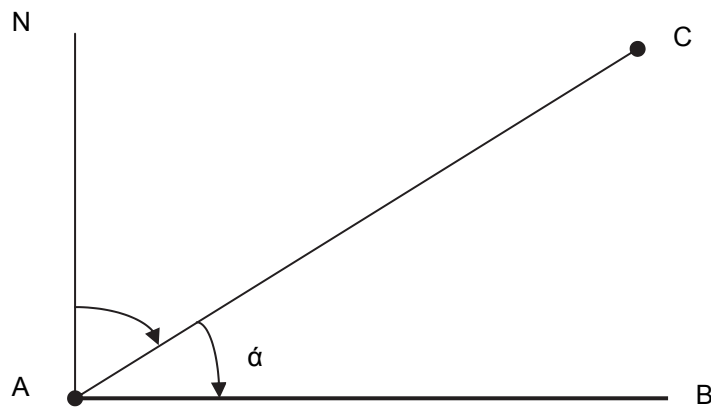


Рис. 24. Полярний спосіб

2. Спосіб засічок полягає у визначенні положення третьої точки за відомими двома. Засічки є прямі та обернені. **Пряму засічку** використовують тоді, коли вимірювач із двох відомих точок повинен знайти положення третьої точки. Ця невідома точка може знаходитися на значній відстані, чи бути недосяжною. Від відомих точок визначають азимути напрямів на третю точку (кутомірне знімання) або прокреслюють на плані. В точці перетину напрямів отримують положення третьої точки. Найточніші результати дає засічка біля 90° (від 60° до 120°). Наприклад, припустимо, що нам відомі точки А і В, а точка С – невідома. Для того, щоб визначити положення точки С, необхідно визначити кути α і β , або відрізки АС і ВС. В першому випадку буде виконана пряма кутова засічка, в другому – при визначенні відрізків – пряма лінійна засічка. Відрізок АВ, який з'єднує відомі точки, називають базисом засічки.

Для виконання куткової засічки необхідно виміряти кути α і β або орієнтовні кути ліній АС і ВС. В кутонарисних зйомках кути будують без вимірювань. Щоб одержати положення точки С на карті,

необхідно біля точок А і В побудувати вимірні кути (орієнтовні кути). Точка С буде визначена як точка перетину побудованих на карті ліній. При виконанні лінійної прямої засічки повинні бути вимірні довжини відрізків АС і ВС (рис. 25).

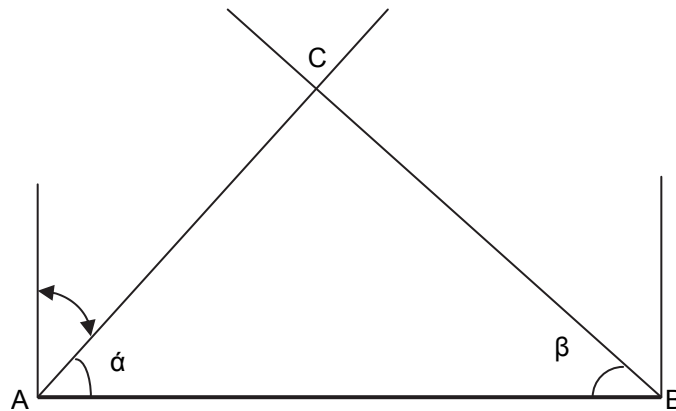


Рис.25. Пряма засічка

3. *Обернена засічка (зворотна)* застосовується тоді, коли одна із відомих точок і та, що підлягає нанесенню на план, доступні, а інша відома точка – недоступна. Положення точок А і В є на плані, необхідно нанести точку С. При кутонарисному зніманні зворотну засічку застосовують на строго зорієнтованому плані. Для цього, стоячи в точці А визначають кут α , вимірювач прокреслює напрям на точку С, а потім переходить в точку С і визначає кут γ , після чого прокреслює «на себе» напрям із точки А і напрям із точки В. В точці перетину буде знаходитися точка С. (рис. 26).

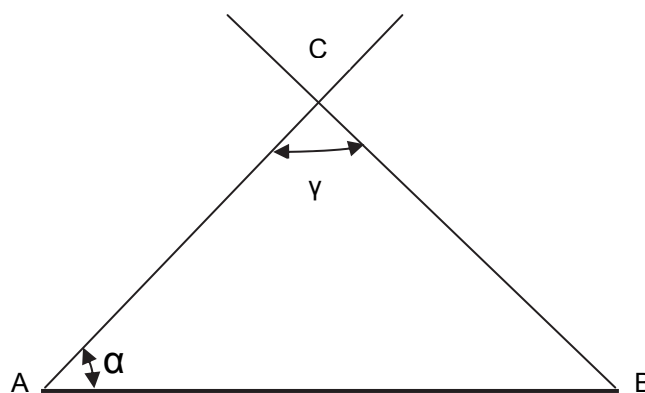


Рис. 26. Обернена засічка

4. **Спосіб обходу** застосовують для знімання доріг у лісі, вулиць, загалом закритої місцевості. Вимірювач пересувається по лінії та вимірює довжини прямолінійних сторін ходу та їх напрямок (азимуту цих сторін). Замість азимутів можуть бути зміряні горизонтальні кути між сторонами ходу (кутомірне знімання) чи прокреслені на папері (кутонарисне).

5. **Спосіб ординат** застосовують для знімання криволінійних (звивистих) контурів – берега річки, контурів лісу тощо. У цьому випадку вздовж контуру прокладають знімальний (магістральний) хід А – В, а потім із характерних точок контуру (С) опускають перпендикуляри на лінію ходу. Вимірюють відомим способом довжини перпендикулярів (C_a) і відстані до їхньої основи від початкової точки А ходу (рис. 27).

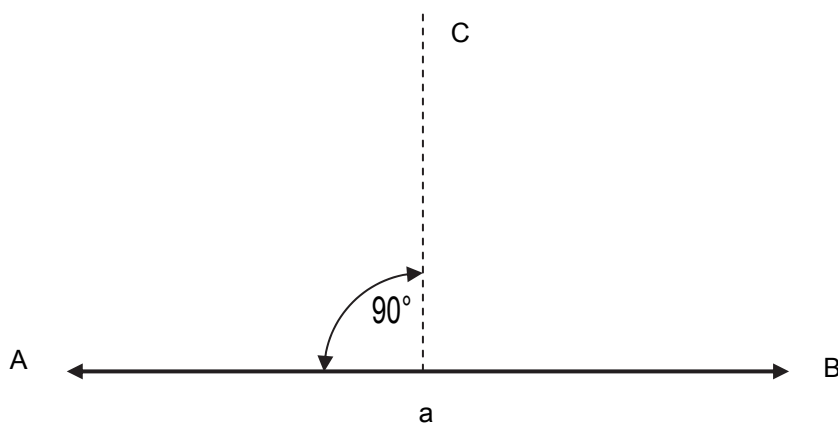


Рис. 27. Спосіб ординат.

У іншому випадку, при зйомці вимірюються орієнтовні кути. Наприклад, точка А відома, а точка С – невідома, то для її визначення достатньо виміряти орієнтовний кут лінії АС і її довжину. Від відомої точки на карті відкладаються орієнтовний кут і відстань АС.

6. **Спосіб сторів** застосовують для нанесення прямолінійних границь об'єктів чи напрямів окремих прямих ліній під кутом до знімального (магістрального) ходу. Стоячи на магістральному ході АД, можна знайти точки С, Б, К і т.д. де сторони

об'єкта «перетинаються» із лінією ходу. Із цих точок можна визначити напрям потрібних ліній. В такий спосіб визначають ЛЕП, огорожі, дороги, лінії зв'язку, сторони будинків, сторони полів тощо (рис. 28).

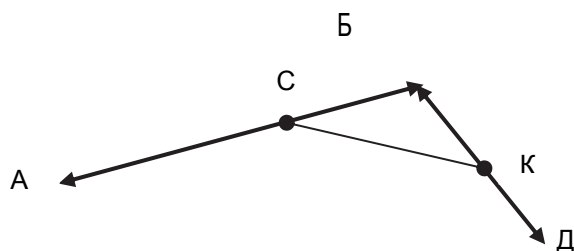


Рис 28. Спосіб створів

Щоправда, при зніманні використовують декілька способів, які поєднуються і доповнюють один одного. Результати вимірювань заносять у спеціальні журнали вимірювань [3, 4, 10, 25].

Компас – простий прилад для орієнтування на місцевості та проведення найпростішого кутомірного знімання. Основу компасу складає магнітна стрілка. Простим компасом із ціною поділки 5° можна проводити лише дуже приблизні визначення магнітних азимутів. Компас Адріанова (ціна поділки 3°) має також поділки артилерійського кутоміра (1-00 – відповідає 6° , 0-01 – $3,6'$).

Артилерійський компас (АК) зручніший в роботі, бо він має на кришці дзеркальну поверхню, за якою і проводять орієнтування компаса і візування на місцеві предмети одночасно. Поділки на ньому нанесені через 1° .

Під час *кутомірної зйомки* ситуації (місцевих предметів) напрям на предмет, що знімається, зі станції вимірюють в градусах і мінутах від напрямку північного кінця магнітного меридіана до лінії візування за допомогою горизонтального лімба теодоліта, бусолі чи компаса.

Залежно від інструменту, яким знімають, кутомірну зйомку поділяють на *теодолітну*, *бусольну* (компасну), *шкільною астролябією* та *екерну*, а кутонарисну – на *мензурьну* й *окомірну*.

Суть *бусольної зйомки* полягає в тому, що на лініях ходу вимірюють орієнтовні кути – азимути або румби. Бусолі мають лімб з досить точним градуванням, пристрої для візування та відліку градусів і мінут. Найчастіше на практиці використовують бусолі Стефана, Шмалькальдера і ПАБ 2М.

Бусоль Стефана має зовнішній лімб, розбитий на градусні поділки. Кожна п'ята поділка зображена довгим штрихом, а десята – цифрами, що зростають за ходом годинникової стрілки. Для візування на віхи або місцеві предмети на вертикальній осі обертання закріплена лінійка – алідада із двома вертикальними діоптрами, на краях якої нанесені поділки верньєра, які дають можливість відлічувати частки градуса. Точність лімба 1° , точність верньєра – $5'$. Встановлюють бусоль на штативі, нульовий штрих кільця суміщається із північним напрямом магнітної стрілки. Алідадна лінійка повертається, наводиться на об'єкт і на верньєрі біля предметного діоптра отримують відлік (рис.29).

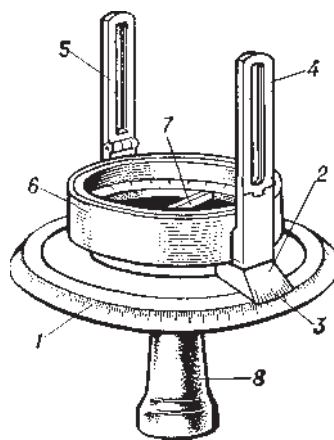


Рис. 29. Бусоль Стефана

1 – зовнішній лімб; 2 – алідада; 3 – поділки верньєра; 4-5 – очний і предметний діоптри; 6 – коробка; 7 – бусоль з магнітною стрілкою; 8 – втулка; 9 – внутрішній лімб.

Ручну бусоль Шмалькальдера (рис. 30) можна тримати в руках чи встановлювати на легкий штатив. Поділки на ній нанесені через 1° , а точність вимірювання – $0,5^\circ$. В бусолі круг із поділками (лімб)

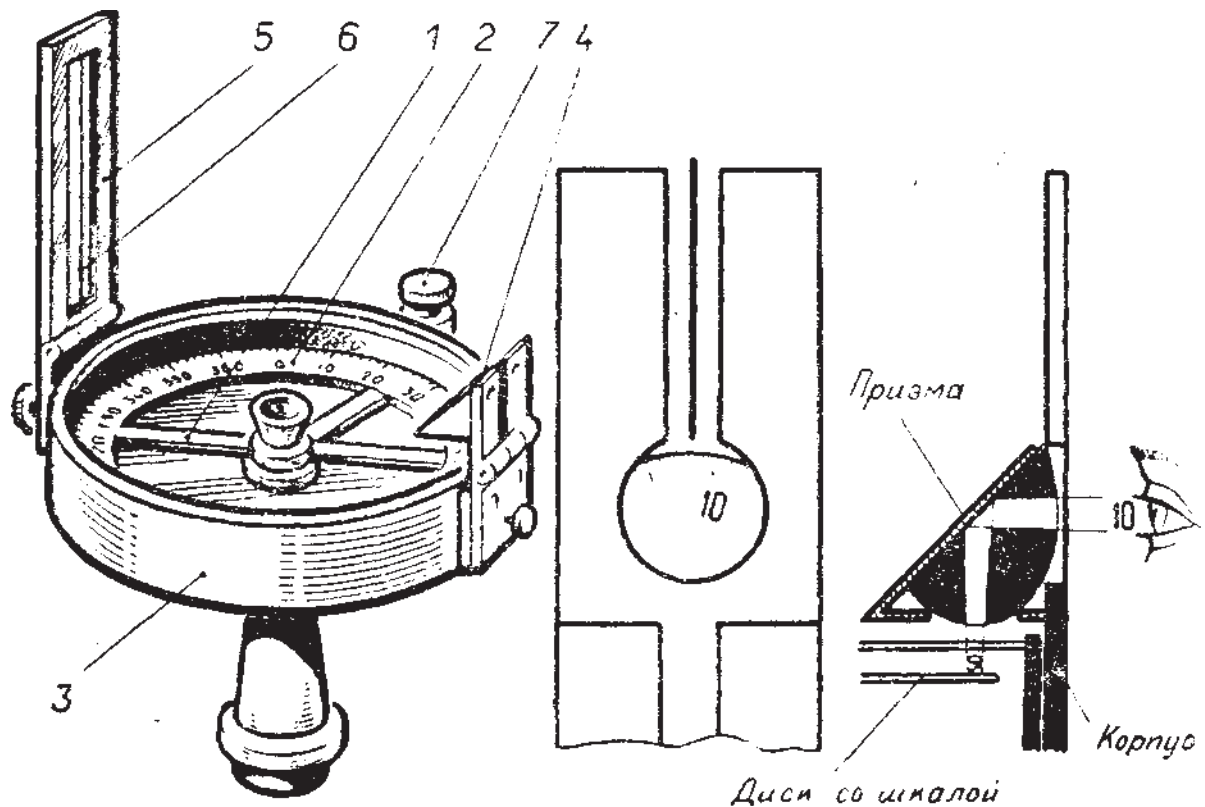


Рис. 30. Бусоль Шмалькальдера

- а/ 1 – магнітна стрілка, 2 – лімб, 3 – корпус, 4 – очний діоптрій, 5 – предметний діоптрій, 6 – візирна нитка, 7 – аретир.
 б/ Відлік магнітного азимуту на предмет по лімбу бусолі.

скріплений із стрілкою і повертається разом із нею. Два діоптри скріплені із корпусом, тому при візуванні азимут можна отримати зразу на лімбі. Однак, кутове значення краще знімати на очному діоптрі, зміщеному на 180° (через це північ лімба позначено на 180° , південь – 0°).

Бусольне знімання може бути маршрутним і площинним. При маршрутному зніманні створюють план ходу та смуги місцевості шириною 50-100 м вздовж нього (найчастіше в експедиціях, туристських походах, екскурсіях). При маршрутному зніманні створення опорної знімальної мережі та саме знімання проводять одночасно, при цьому опорними точками будуть точки поворотів. Довжини сторін ходу вимірюють стрічкою, азимути сторін ходу та напрями на предмети – бусоллю чи компасом.

Польовими документами при маршрутному зніманні служать

журнал та абрис. Зняті об'єкти на абрисі вказуються умовними знаками, а азимути та відстані записують в журнал зйомки.

Як правило, при маршрутному зніманні маршрут повинен закінчуватися в початковій точці, тобто бути замкнутим. Але внаслідок помилок при вимірюваннях в полі та при побудові плану в камеральних умовах відбувається нарощення помилок, через що сторони ходу зміщуються, а кінцева точка не співпадає із початковою. Помилка не повинна перевищувати $1/50$ периметру ходу. Якщо неув'язка побудованого ходу не перевищує допустимої помилки, полігон (хід) ув'язують методом паралельних ліній.

При проведенні площинного знімання на місцевості попередньо створюється опорна знімальна мережа у вигляді багатокутника. Довжини сторін замкнутого ходу вимірюють двічі і беруть середнє значення. На бусолі беруть прямі та обернені азимути напрямів сторін ходу A_{1-2} , A_{2-3} , A_{3-4} A_{4-1} , обраховують середні значення. Будучи в першій точці ходу, ведуть зйомку місцевості, попередньо намітивши точки і виставивши віхи (полярним способом, способом засічок тощо). Обробку польових вимірювань починають із побудови полігону за азимутами та довжинами ліній. Від вихідної точки (її координати відомі) наносять інші точки полігону, виправляють хід методом паралельних ліній, наносяться точки ситуації – викреслюється план місцевості із використанням абрису.

Кутомірне знімання можна проводити і гоніометром – приладом для вимірювання горизонтальних кутів на невеликій території. Складається із двох порожніх циліндрів. Нижній циліндр – нерухомий – має градусні поділки (імітує лімб), а верхній – рухомий (імітує алідаду) [3, 10].

Екерна зйомка виконують на невеликій території із нескладною ситуацією. Для цього на ділянці будується знімальний хід із взаємно перпендикулярними сторонами (прямокутник). Довжину сторін вимірюють мірною стрічкою, а із характерних точок місцевості опускають на лінію ходу перпендикуляри (спосіб ординат).

Прямий кут будують екером. Екери бувають 5 видів: хрестоподібні, дводзеркальні, призматичні, циліндричні та восьмигранні. Найпростіший хрестоподібний екер на двох взаємно перпендикулярних осях має пару тоненьких цвяшків. Дводзеркальний екер має тригранну призматичну коробку, відкриту із одного боку. Закріплені на стінках дзеркала дають прямий кут. При побудові прямого кута хрестоподібним екером його виставляють на точці і візують на дві віхи, переходять у другу точку, візують на точки 1 і 3 і т.д. Одночасно із побудовою прямих кутів викреслюють абрис, на який заносять всі відстані [10].

Астролябія – горизонтальний круг із нанесеними поділками, який встановлюють на штативі. На осі круга обертається алідадна лінійка із двома вертикальними пластинами із вирізом (діоптри). При візуванні необхідно повернути лінійку так, щоб нитки обох діоптрів і предмет спостерігалися на одній лінії. По шкалі круга напроти діоптра беруть відлік на предмет справа, а потім – зліва. Різниця відліків дасть кут між двома об'єктами. Положення об'єктів наноситься полярним способом – за кутом і відстанню (рис. 31). [3].

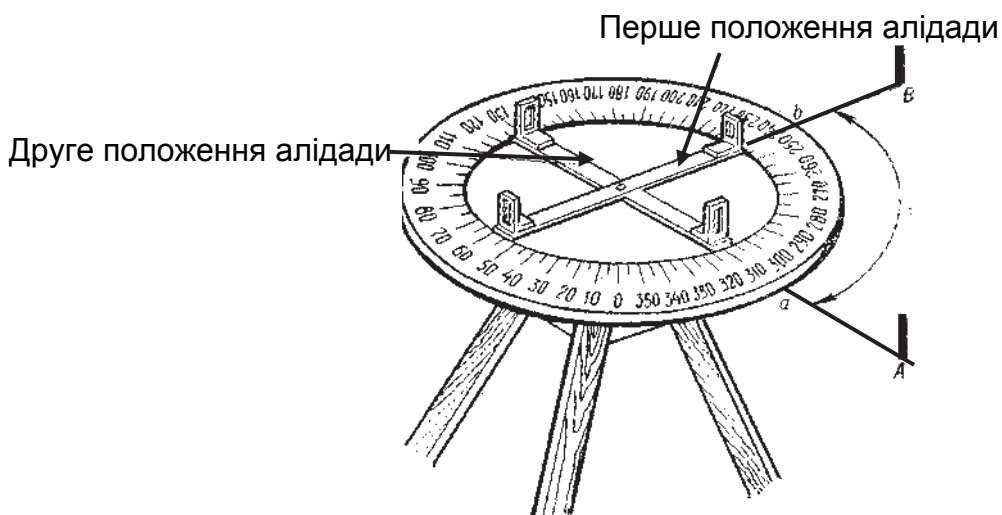


Рис. 31. Астролябія. Порядок вимірювання горизонтального кута

Теодолітна зйомка – горизонтальна (контурна), результатом якої є одержаний план із зображенням ситуації місцевості (контурів і місцевих предметів) без рельєфу. При теодолітному зніманні – найбільш точному – вимірюють відстані мірною стрічкою чи далекоміром та горизонтальні кути теодолітом. Застосовують при створенні державних опорних геодезичних мереж, теодолітних ходів (система ламаних ліній) знімальної опорної мережі, зніманні місцевості, особливо забудованої. У всіх випадках вимірюють горизонтальні проекції кутів між напрямками ліній на місцевості.

Теодолітні ходи розвивають від пунктів планових державних геодезичних сіток. Їх розрізняють за формою:

- **розімкнутий хід**, початок і кінець якого на пункти геодезичного обґрунтування;
- **замкнутий хід** (полігон) – замкнутий багатокутник, який зазвичай примикає до пунктів геодезичного обґрунтування;
- **висячий хід**, один з кінців якого примикає до пункту геодезичного обґрунтування, а другий залишається вільним.

Будова теодоліта. Прилад служить для вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів і відстаней. Основними його частинами є горизонтальний круг, вертикальний круг, зорова труба, система рівнів. Теодоліт кріпиться на штативі. Під кожухом знаходиться лімб, який служить для вимірювання горизонтальних кутів. Кожух і верхня частина приладу з'єднані із алідадою, на двох протилежних секторах якої нанесена шкала верньєра (ноніус). Верньєр і частину лімба спостерігають у спеціальних віконцях. Відліки беруть за допомогою спеціальних луп.

Лімб закріплюють зажимним гвинтом, а мікрометричним гвинтом наводять точно на потрібну точку. Аналогічно є зажимний та мікрометричний гвинти алідади. Трубу закріплюють зажимним гвинтом, а мікрометричним наводять точно на предмет у вертикальній площині. Спеціальним кільцем проводиться фокусування. На кожусі вертикального круга є гвинт із шаровою головкою для бусолі. Вертикальний круг має подібну будову. Вісь

обертання лімба та алідади співпадають.

Верньєр служить для точнішого вимірювання кутів. На лімбі горизонтального круга нанесені поділки (на теодоліті ТТ-5 – через 20'). Підписані тільки десятки градусів (за ходом годинникової стрілки). На верньєрі нанесена певна кількість поділок (на ТТ-5 – двадцять). Відліки знімають одночасно на двох верньєрах: на першому – градуси, мінути та секунди (наприклад, $40^{\circ}09'00''$), на другому – тільки мінути та секунди ($10'0''$) із отриманих двох значень береться середнє ($40^{\circ}09'30''$). Зорова труба служить візиром для наведення на предмет (віху чи рейку). Влаштована за астрономічним принципом. Вона складається із окуляра, об'єктива і системи лінз. Об'єктив дає дійсне, обернене зображення. Сітка ниток складається із однієї вертикальної та трьох горизонтальних ліній (рис. 32).

Для вимірювання горизонтальних кутів необхідно дотримуватись такої послідовності:

- 1) інструмент встановлюють (центрується за допомогою виска; на сучасних теодолітах – за допомогою кругового рівня) над закріпленою на місцевості точкою – вершиною попередньо створеного теодолітного полігона (багатокутника);
- 2) горизонтальний круг приводять в горизонтальне положення за допомогою трьох підйомних гвинтів нижньої частини теодоліта і орієнтується за бусоллю за магнітним меридіаном;
- 3) закріплюють лімб;
- 4) відпускають зажимний гвинт алідади і прилад наводять на точку справа (А), беруть відлік на обох верньєрах (наприклад, $208^{\circ}17'00''$; $18'00''$; середнє значення – $208^{\circ}17'30''$);
- 5) відпускають алідаду і наводять на точку зліва (Б) і беруть два відліки ($131^{\circ}39'00''$; $38'00''$; середнє значення – $131^{\circ}38'30''$; за різницею цих двох відліків отримують горизонтальний кут між точками – БОА; у нашому випадку він дорівнює $76^{\circ}39'00''$). При цьому вертикальний круг теодоліта знаходився справа від спостерігача (КП – круг справа). Цим завершився перший півприйом у визначенні горизонтального кута;
- б) горизонтальний круг – лімб – повертають приблизно на 90° ;

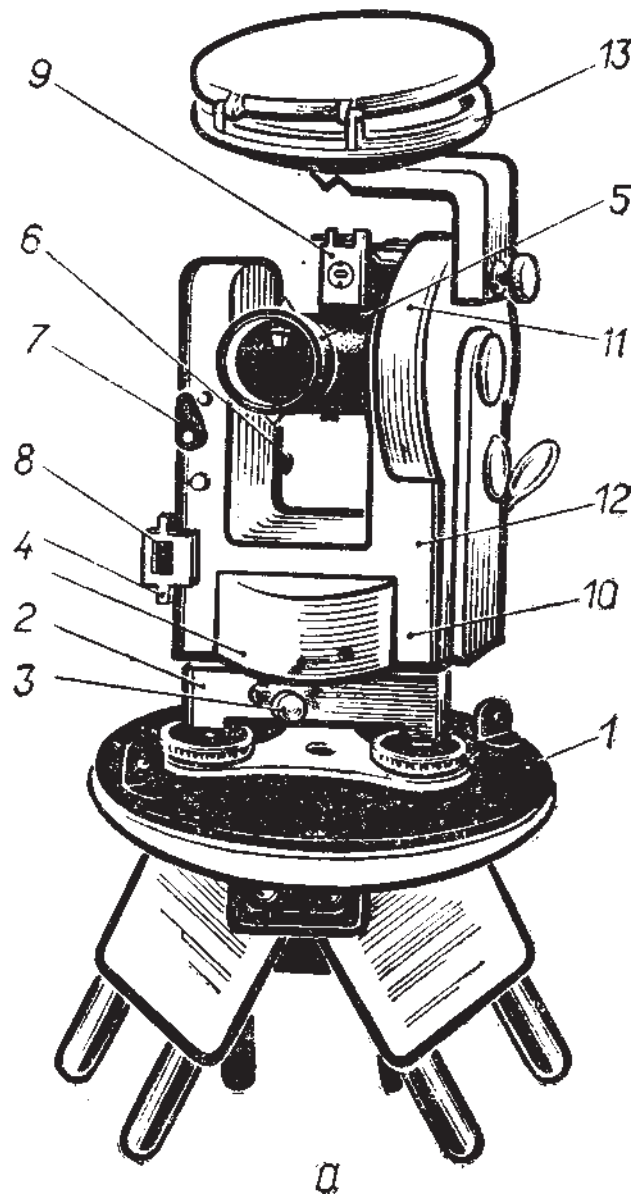


Рис.32. Теодоліт оптичний Т-30

1 – основа; 2 – тригер; 3 – фіксуєчий гвинт лімба; 4 – фіксуєчий гвинт алідади; 5 – зорова труба; 6 – навідний гвинт зорової труби; 7 – фіксуєчий гвинт труби; 8 – рівень; 9 – рівень при трубі; 10 – горизонтальний круг; 11 – вертикальний круг; 12 – оптика відлікової системи у підставці теодоліта; 13 – бусоль.

- 7) трубу приладу переводять через зеніт; при цьому вертикальний круг опинився зліва від спостерігача (КЛ – круг зліва);
- 8) аналогічно знімають відліки на точку справа (А – наприклад, $301^{\circ}14'00''$; $13'00''$; середнє значення – $301^{\circ}13'30''$) і на точку

зліва (Б – наприклад, $224^{\circ}35'00''$; $36'00''$; середнє значення – $224^{\circ}35'30''$; за різницею цих двох відліків отримують горизонтальний кут – $76^{\circ}38'00''$);

9) із двох отриманих кутів – при КП і КЛ – беруть середнє значення – $76^{\circ}38'30''$. Крім того, у точці стояння №1 визначають магнітний азимут лінії 1-2 – A_{1-2} .

При теодолітному зніманні створюють полігон у вигляді багатокутника. Положення точок полігона залежить від розмірів території та її конфігурації. У полігону вимірюють всі внутрішні кути та довжини ліній полігона. Значення вимірних внутрішніх кутів та довжин ліній полігона записують в спеціальний польовий журнал теодолітного знімання.

У замкнутому полігоні-багатокутнику теоретична сума внутрішніх кутів визначається за формулою $\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^{\circ}(n-2)$, де n – число вершин (кутів) полігона. Однак сума зміряних кутів $\Sigma\beta_{\text{факт}}$ буде відрізнятися від теоретичної суми на певну величину – величину кутової неув'язки $f\beta_{\text{практ.}} = \pm\Sigma\beta_{\text{факт}} - \Sigma\beta_{\text{теор.}}$. Допустима помилка повинна складати: $f\beta_{\text{доп}} = 1,5t'\sqrt{n}$, де n – кількість кутів полігона, t' – точність приладу.

Якщо фактична помилка не перевищує величину допустимої, її розподіляють на всі кути із оберненим знаком і отримують виправлені кути.

Знімання місцевості ведеться із точок опорної мережі полярним способом: за далекоміром визначають відстані до точок, на горизонтальному крузі знімаються горизонтальні кути. Результати знімання записують в журнал. Одночасно викреслюють абрис.

В камеральних умовах ведуть обчислення координат вершин теодолітного полігона.

Спочатку виправляють внутрішні кути полігона. Далі визначають азимути сторін полігона (за відомим азимутом першої сторони A_{1-2}). Для правих кутів використовують такі формули:

$$A_{2-3} = A_{1-2} + 180^{\circ} - \beta_2; \quad A_{3-4} = A_{2-3} + 180^{\circ} - \beta_3;$$

$$A_{4-5} = A_{3-4} + 180^{\circ} - \beta_4; \quad A_{5-1} = A_{4-5} + 180^{\circ} - \beta_5;$$

$$A_{1-2} = A_{5-1} + 180^{\circ} - \beta_1.$$

Для лівих кутів застосовують такі формули:

$$A_{2-3}=A_{1-2}+\beta_2-180^\circ; A_{3-4}=A_{2-3}+\beta_3-180^\circ;$$

$$A_{4-5}=A_{3-4}+\beta_4-180^\circ; A_{5-1}=A_{4-5}+\beta_5-180^\circ;$$

$$A_{1-2}=A_{5-1}+\beta_1-180^\circ.$$

Вирахуваний A_{1-2} повинен дорівнювати $A_{\text{вихід}}$. Потім визначають румби.

Приріст координат Δx і Δy визначають за формулами прямої геодезичної задачі (на калькуляторі чи за п'ятизначними математичними таблицями): $\Delta x = S \cdot \cos r$; $\Delta y = S \cdot \sin r$. Визначають алгебраїчну суму значень Δx і Δy (вона повинна дорівнювати 0). Однак внаслідок помилок польових вимірювань і обчислень виникають неув'язки приростів координат – $\pm \Delta x$ і $\pm \Delta y$.

За величиною $\pm \Delta x$ і $\pm \Delta y$ визначається абсолютна помилка за формулою:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f\Delta x^2 + f\Delta y^2}$$

Відносну помилку визначають за формулою: $f_{\text{відн.}} = 1/(P:f_{\text{абс.}})$, де P – периметр полігону. Якщо $f_{\text{відн.}}$ не перевищує 1:2 000, поправки $f\Delta x$ і $f\Delta y$ із оберненим знаком розподіляються між приростами Δx і Δy . Знаючи координати першої точки (X і Y), визначають прямокутні координати інших точок – вершин полігону.

Ці точки наносять на аркуш паперу, а потім із них за даними журналу теодолітного знімання наносять за горизонтальним кутом і відстанню точки ситуації.

ЕОМ доповнюють сучасні електронні теодоліти і зразу в польових умовах дають можливість визначити координати вершин теодолітного ходу. В лабораторних умовах за допомогою плотера (графопобудувача) із твердих носіїв ЕОМ дані польових вимірювань наносяться на папір – будують топографічні карти чи плани у заданому масштабі.

Основною особливістю кутонарисного знімання є те, що картографічне зображення отримують безпосередньо в польових умовах. Планове положення точок отримують звичайним способом (полярним, засічок тощо), але графічно, шляхом прокреслювання, а не за допомогою вимірювань горизонтальних кутів. Для проведення

знімання необхідно мати планшет на підставці та прилад для прокреслювання напрямів. Планове положення, тобто зображення на горизонтальній площині, саме зображення ділянки місцевості отримують на планшеті, який строго орієнтують і приводять у горизонтальне положення. До кутонарисного знімання належать мензульне та окомірне [3, 10, 33, 36].

Мензульна зйомка. Мензула (від латинського mensula – столик) складається із планшета – квадратної дерев'яної дошки розміром 60×60 см та підставки із трьома підйомними гвинтами, за допомогою яких планшет приводиться в горизонтальне положення. Орієнтується мензула за допомогою орієнтир-бусолі. До підставки планшет кріпиться гвинтами. На планшет щільно наклеюють креслярський папір, на якому будують план. Він зверху накривається тоньким папером чи калькою, під час роботи у якій вирізають віконця. До мензульного комплекту входять мензула, кіпрегель, орієнтир-бусоль, далекомірні рейки (рис.33).

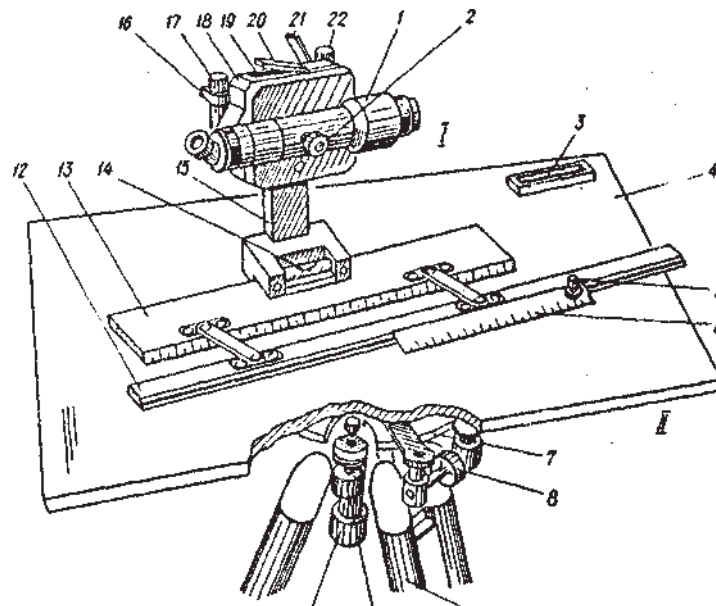


Рис. 33. Кіпрегель КН

1 – зорова труба; 2 – кремальєра; 4 – мензульна дошка; 5 – шифт; 6 – масштабна лінійка; 7 – комбінована підставка; 8 – навідний пристрій; 9 – штатив; 10 – підйомний гвинт; 11 – становий гвинт; 12 – допоміжна

лінійка; 13 – основна лінійка; 14 – циліндричний рівень; 15 – колонки; 16 – закріпний гвинт; 17 – навідний пристрій труби; 18 – вертикальний круг; 19 – циліндричний рівень; 20 – дзеркало; 21 – дзеркало на трубі; 22 – навідний пристрій вертикального круга.

Кіпрегель призначений для візування та прокреслювання напрямів на предмети та вимірювання вертикальних кутів. Він складається із зорової труби, лінійки, масштабної лінійки, циліндричного рівня, вертикальної колонки, яка наглухо встановлена на лінійці і служить опорою для осі обертання зорової труби та вертикального круга. Труба дає збільшення в 35 раз (35^x). Сітка ниток має одну вертикальну та три горизонтальні лінії. Дві крайні горизонтальні лінії служать для вимірювання відстаней. За допомогою кіпрегеля візують на рейку, встановлену в потрібній точці, вимірюють далекоміром відстань до неї та відкладають її в масштабі вздовж лінійки кіпрегеля від зображення точки стояння до відповідної точки. На планшеті отримують планове положення точок, за якими будують зображення об'єктів місцевості. При нанесенні точок використовують, як правило, полярний спосіб.

Одночасно можна на вертикальному крузі вимірювати вертикальні кути (метод тригонометричного нівелювання), тобто мензульне знімання можна проводити з метою створення не тільки планових зображень місцевості, а й отримання висотних характеристик – зображення рельєфу.

Планове мензульне знімання починаєть із створення на місцевості опорної знімальної мережі. Вона залежить від умов місцевості, обсягу робіт, масштабу знімання. Якщо територія знімання велика, мережу можна опирати на пункт державної геодезичної сітки.

Роботи на місцевості розпочинаються із огляду місцевості, вибору опорних точок. На відкритій місцевості пункти на ділянці вибирають так, щоб вони утворили трикутники, які опиралися б на одну сторону – так званий базис. Лінія базису повинна бути розташована посередині ділянки, а її довжина повинна складати на плані 5-10 см. Довжина базису на місцевості вимірюється двічі мірною стрічкою. Кількість точок опорної мережі вибирають так,

щоб охопити всю місцевість. Точки опорної мережі відмічають кілками і віхами.

Визначення точок геодезичної мережі відбувається в такий спосіб: на верхньому папері проводять лінію (за магнітним меридіаном), орієнтується планшет за фактичним положенням місцевості, намічають першу точку. Планшет встановлюють над першою точкою, орієнтують і приводять в горизонтальне положення. Після цього прикладають лінійку кіпрегеля до зображення точки m і візують на іншу точку базису – N . прокреслюють напрям на неї. В масштабі плану відкладають на ній довжину базису і отримують положення точки n – отримують положення самого базису mn . Від відомої точки m ведуть знімання місцевості.

Опорна мережа для мензульного знімання може бути отримана на основі теодолітних ходів.

Знімання ситуації проводять полярним способом безпосередньо в польових умовах, тому цей вид знімання залежить від погодних умов. Точки, у яких встановлюють рейки, називаються рейковими. Після їх нанесення викреслюють план місцевості ніби «з натури». Одразу й вибирають об'єкти, які необхідно нанести на план, тобто безпосередньо в польових умовах проводять генералізацію зображення.

Шкільна мензула складається із планшета, підставки без підйомних гвинтів, компаса, лінійки з діоптрами, штатива. Знімання шкільною мензулою ведуть із опорних точок, отриманих методом замкнутих ходів чи шляхом побудови геометричної мережі. Порядок роботи приблизно той же, що і при мензульному зніманні. Відстані по ходу знімання вимірюють мірною стрічкою, а положення місцевих об'єктів визначають способами полярним, засічок, ординат. План місцевості викреслюють умовними знаками в полі, а оформлюють в камеральних умовах. Застосовують для ознайомлення із місцевістю і проводять в короткий термін [3, 10].

Окомірна зйомка застосовується у тих випадках, коли необхідно отримати чіткий і наочний план місцевості в крупному масштабі в короткий термін. Крім того, прийоми окомірного

знімання застосовують при роботі на місцевості із топографічними картами, при доповненні їх, при спеціальних (галузевих) видах знімання (геоморфологічному, ґрунтовому, геоботанічному, ландшафтному тощо).

При проведенні знімання виробляють окомір та вміння орієнтуватися на місцевості, через це окомірне знімання отримало застосування в шкільних географічних дослідженнях, в туристських походах, екскурсіях. Проводиться окомірна зйомка простими приладами. Для роботи використовують планшет із папером та пристосування для його орієнтування, а також візирний пристрій для наведення на місцеві предмети. Планшетом може служити дошка із фанери чи картону розмірами приблизно 40×40 см із прикріпленим до неї компасом. Можна використати просту дерев'яну чи металічну візирну лінійку.

Компас призначений для орієнтування планшета за магнітним азимутом і кріпиться в одному із кутів дошки так, щоб пряма через штрихи $0^\circ - 180^\circ$ була паралельною до однієї із сторін дошки. Візування на місцеві предмети та точки ходу проводять по вертикальному зрізу (ребру) візирної лінійки, а прокреслювання напрямів – за одним із нижніх ребер, яке прикладається до точки стояння на планшеті. Планшет встановлюють над точкою стояння, центрується, виводять в горизонтальне положення, зорієнтовують за магнітним меридіаном, закріплюють. При цьому положенні планшета нижнє ребро візирної лінійки прикладають до зображення точки стояння, візують на предмет по верхньому ребру, а на нижньому прокреслюють пряму, вздовж якої у масштабі плану відкладають відстань до предмета.

Окомірне знімання проводять за маршрутами як під час зйомки смуги місцевості, так і під час зйомки ділянки. Тому вона може бути маршрутною і площинною. Маршрутну зйомку проводять переважно під час туристичних походів, за вказаним напрямом. При площинному зніманні маршрут вибирають так, щоб на плані не було пропусків. Маршрут прокладають вздовж доріг, берегами річок. Точки поворотів ходу є точками стояння, їх називають *станціями*,

із яких проводять знімання.

Відстані по лінії руху вимірюють мірною стрічкою чи кроками, і залежно від характеру об'єктів і їх віддалення найчастіше використовують такі способи окомірної зйомки: полярного візування, засічок, ординат, створів і так отримують положення точок на плані. Деякі відстані оцінюють на око. Всю роботу проводять в польових умовах. Для відкладання відстаней використовують масштаб кроків. Для контролю хід роблять замкнутим. Допустима помилка – 1:50-1:100 від периметру ходу. А неув'язка ходу виправляється методом паралельних ліній.

Лінійний масштаб кроків попередньо будують на планшеті чи смужці паперу. Основою лінійного масштабу буде відрізок, який відповідає цілому круглому числу пар кроків чи кроків (100, 200). Довжину цього відрізка визначають за середньою величиною довжини кроку та масштабом знімання [3, 6, 10, 29].



Питання для самоконтролю

1. Що називають плановим зніманням місцевості?
2. Які існують способи для отримання планового положення об'єкта?
3. В чому полягає суть полярного способу?
4. У яких випадках застосовується спосіб засічок?
5. Як застосовують спосіб ободу?
6. Коли застосовують спосіб ординат?
7. У чому полягає застосування способу створів?
8. Які зйомки відносять до кутомірних?
9. У чому полягає суть бусольної зйомки?
10. Як виконують екерну зйомку?
11. У чому полягає спосіб зйомки шкільною астролябією?
12. Поясніть процес зйомки за допомогою теодоліта.
13. Яка послідовність вимірювання горизонтальних кутів

теодолітом?

14. Які зйомки відносять до кутонарисних?
15. В чому особливість мензульної зйомки?
16. Як проводять окомірне знімання?

2.3. ВИСОТНЕ ТА ПЛАНОВО-ВИСОТНЕ ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ

Положення точки на земній поверхні визначається плановими координатами (в системі географічних чи прямокутних координат) та однією висотною. На топографічних картах показують абсолютні висоти. Для проведення висотного знімання створюють державну висотну мережу. Змірявши різницю висот між точками А і В (їхнє перевищення Δh), визначають абсолютну висоту H_B , як алгебраїчну суму H_A і Δh : $H_B = H_A + |\Delta h_{AB}|$.

Перевищення може мати і додатній і від'ємний знак. Якщо на території відсутня точка державної висотної мережі, висоти точок визначають відносно якогось умовного рівня і називаються *умовними* або *відносними*.

Комплекс вимірювальних робіт на місцевості, результатом якого є визначення перевищення між точками місцевості з наступним обчисленням їх висот відносно прийнятої вихідної поверхні, називається *висотною зйомкою, вертикальною зйомкою або нівелюванням*. Його застосовують:

- для отримання висот опорних точок державної геодезичної мережі;
- визначення висот точок місцевості при будь-яких дослідженнях;
- будівництві всіх видів;
- проведенні планово-висотного знімання.

Основними видами нівелювання є *геометричне*, яке виконується технічним нівеліром, ватерпасом та шкільним нівеліром, *тригонометричне* (виконують екліметром, вертикальним

кругом теодоліта та кіпрегелем) та *фізичне* або *барометричне*, яке виконують барометром-анероїдом та гіпсотермометром.

Геометричне нівелювання. Суть геометричного нівелювання полягає у вимірюванні відстаней від деякої умовної рівневої поверхні до точок фізичної поверхні Землі (рис.34).

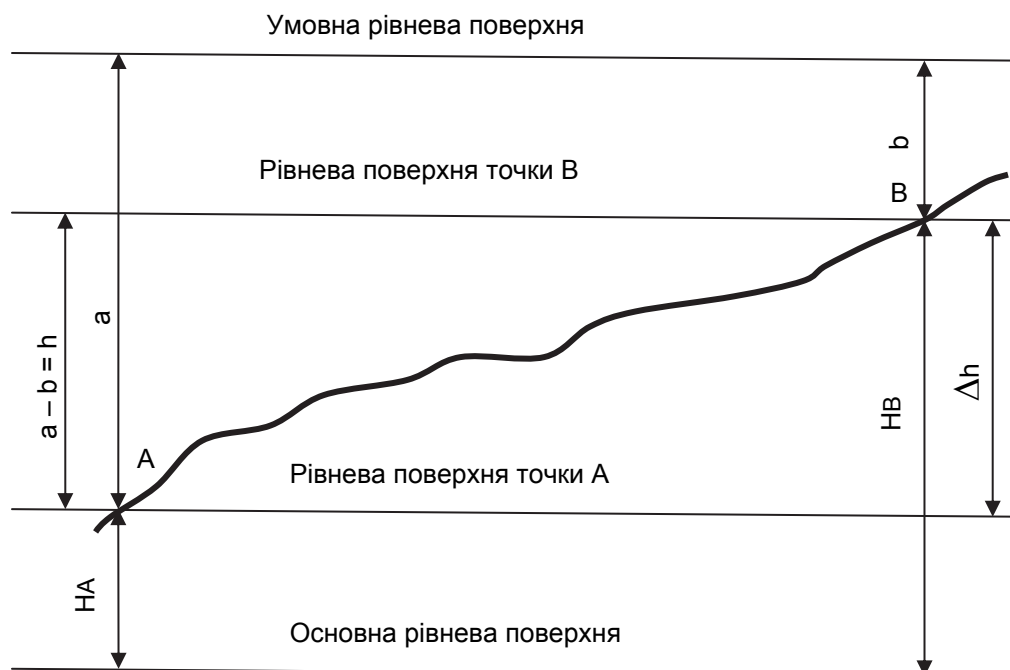


Рис. 34. Принцип геометричного нівелювання

Положення точок при геометричному нівелюванні визначають шляхом візування горизонтального променя на дві нівелірні рейки, встановлені у відомій точці А (точці із відомою абсолютною висотою H_A), та шуканій В – H_B . Різниця довжин відрізків рейок від поверхні землі до візирного променя і дасть шукане перевищення: $h = a - b$. Рейка, встановлена в початковій точці із відомою висотою, називається *задньою*, а рейка, яка встановлена попереду, за ходом руху, – *передньою*. Такий вид нівелювання називається *нівелюванням із середини*. При такому нівелюванні перевищення між двома точками буде дорівнювати відліку на задній рейці мінус відлік на передній. Залежно від висотного положення точки В щодо до точки А перевищення може бути додатнім (якщо а

> b) або від'ємним ($a < b$). Тоді: $H_B = H_A + h$ (рис. 35).

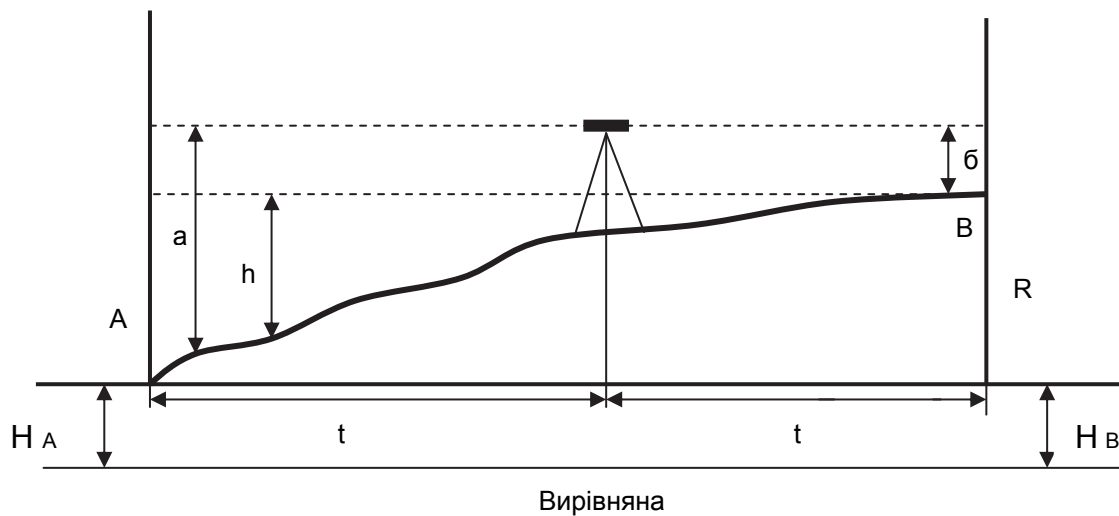


Рис. 35. Геометричне нівелювання з середини

Перевищення між двома точками можна визначити й іншим способом, якщо нівелір поставити на одній із точок (А) і взяти відлік на рейку, встановивши в точці В. цей спосіб називають *нівелюванням вперед*.

Замість величини a , визначають висоту приладу i , тоді:

$$H = i - b,$$

а висота точки В:

$$H_B = H_A + i - b,$$

де сума $H_A + i$ – горизонт інструмента (приладу, ГП), тоді $H_B = ГП - b$.

Нівелювання із середини має переваги перед нівелюванням вперед:

а) збільшується відстань між пікетами;

б) компенсуються помилки відліків, які виникають за рахунок можливого відхилення візирної осі нівеліра від горизонтального положення.

До нівелірного комплексу входять: нівелір, штатив, дві нівелірні рейки, нівелірні п'яти. Нівеліри за своїми конструктивними особливостями поділяють на дві групи:

- а) із циліндричним рівнем (рівневі нівеліри);
- б) із компенсаторами (система лінз автоматично встановлює лінію візування в горизонтальне положення).

Нівелір складається із зорової труби із сіткою ниток для зняття відліків; установочного рівня, який дає горизонтальне положення лінії візування; підставки (триніжка із підйомними гвинтами для приведення нижньої частини приладу в робоче, горизонтальне положення); вертикальної осі, яка обертається у втулці підставки. Основними осями нівеліра є: вісь ZZ^1 – вертикальна; WW^1 – візирна вісь труби; UU^1 – вісь циліндричного рівня; pp^1 – вісь круглого рівня (рис. 36, 37).

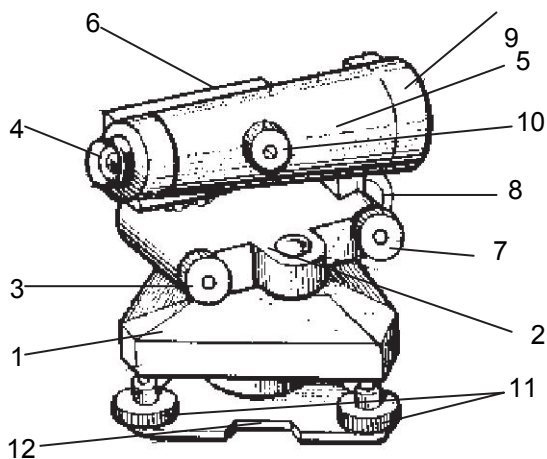


Рис. 36. Загальний вигляд нівеліра Н-3

1 – підставка, 2 – круглий рівень, 3 – елеваційний гвинт, 4 – окуляр, 5 – зорова труба, 6 – циліндричний рівень, 7 – навідний гвинт, 8 – закріпний, 9 – об'єктив, 10 – фіксуєчий гвинт, 11 – тринога, 12 – пластина.

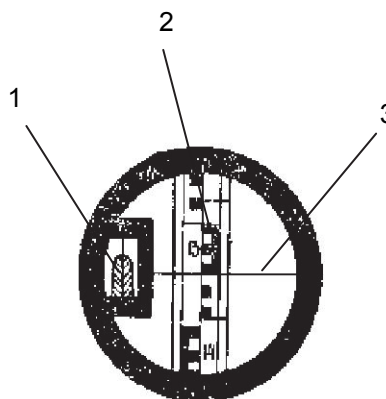


Рис. 37. Поле зору нівеліра

1 – бульбашка рівня, 2 – нівелірна рейка, 3 – сітка зорової нитки.

Нівелірні рейки виготовляють із витриманих ялинових чи соснових брусків (дуже рідко пластмаси, металу). Вони, як правило, трьохметрові, двохсторонні. Основною шкалою є *чорна*, а *червона* служить для контролю. Застосовуються і двох- та чотирьохметрові складні рейки. Поділки на, рейках нанесені у вигляді сантиметрових шашок, оцифровані через дециметр. Головки цифр спрямовані вниз – для нівелірних рейок, які входять у комплект нівелірів, що дають обернене зображення (Н-3), головками вверху – для прямих нівелірів (Н-10КЛ). Нульова поділка чорного боку рейки співпадає із насадженою на нівелірну рейку металічною п'яткою. Поділки на червоному боці рейки зсунуті відносно поділок на червоному боці рейки. Відліки на рейках беруть із точністю до 1 мм.

Для визначення перевищень між далеко розташованими точками прокладають *нівелірні ходи*. Попередньо вздовж нівелірного ходу вибираються точки стояння нівеліра – *станції* та точки стояння рейок – *пикети*. Для цього через кожні 200 чи 100 (50 м) забивають врівень із поверхнею землі кілки, біля яких встановлюють вищі кілки, так звані «сторожок». На кілку відмічають його номер, наприклад, ПК-1, ПК-2 тощо.

Точки, що визначають мікроскульптури рельєфу чи кути повороту ходу, дуже рідко співпадають із пикетами. Щоб вони були відображені на профілі, необхідно знати і їхні висоти, для чого їх фіксують кілками і називають *плюсовими* чи *іксовими* пикетами, а від попереднього пикету вимірюють відстань, наприклад, ПК-2 + 32 – від другого пикету відстань 32 м.

Послідовно інструмент встановлюють на станціях і визначають перевищення між задніми і передніми рейками. Перевищення між початковим та кінцевим пикетами будуть дорівнювати алгебраїчній сумі перевищень між окремими пикетами: $h_{0-n} = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n = \Sigma h$.

У замкнутому нівелірному ході сума перевищень теоретично повинна дорівнювати нулю ($\Sigma h = 0$). Хід, виконаний у прямому і зворотному напрямках за даною лінією, є різновидністю замкнутого. Тут $\Sigma h_{пр} = -\Sigma h_{об}$.

Всі польові дані виконують простим олівцем і заносяться в

журнал геометричного нівелювання.

Нівелір встановлюють на станції приблизно посередині між пікетами і приводять в робоче положення. Відліки на рейках беруть так: спочатку на чорній шкалі, потім на червоній шкалі задньої рейки; далі на чорній і червоній шкалі передньої рейки. При цьому спостерігач повинен постійно слідкувати за положенням контактного рівня (у лівій половині поля зорової труби). Різниця відліків на чорній та червоній шкалах не повинні перевищувати 4 мм.

У замкнутому нівелірному ході кінцева точка буде одночасно й початковою. Однак внаслідок помилок виникає висотна нев'язка: сума перевищень замкнутого ходу не дорівнює нулю, а $f_h = \pm \sum h_{\text{сер}}$ – для замкнутого ходу, $f_h = \pm \sum h_{\text{сер}} - (H_B - H_A)$ – для розімкнутого ходу. Допустима висотна нев'язка визначається за формулою:

$f_{h_{\text{доп}}} = \pm 20 \text{ мм} \sqrt{L \text{ км}}$, де L – довжина ходу в кілометрах. Із оберненим знаком вводяться поправки у перевищення і виправляються визначені перевищення. Знаючи абсолютну висоту вихідної, початкової точки, визначаються висоти всіх інших точок нівелірного ходу. За даними нівелювання будують гіпсометричні профілі.

Ватерпасування – найбільш вживаний вид нівелювання у школі. Інструментами для його проведення є дві нівелірні рейки довжиною 2-3 м і ватерпас (рівень). Одна із рейок ставиться горизонтально, інша (чи дві) – вертикально. Відрізок вертикальної рейки визначить перевищення h , а довжина горизонтальної рейки – закладання d .

Шкільний нівелір – горизонтальна рейка, закріплена на вертикальній рейці висотою 1 м із виском. Верхнє ребро горизонтальної рейки замінює вісь зорової труби. Перевищення дорівнює 1 м. Відстань між точками вимірюють стрічкою чи кроками.

Тригонометричне нівелювання здійснюють похилим променем, який спрямований від приладу в певній точці із відомою абсолютною висотою до невідомої точки. Кут нахилу візирного променя ν буде тим більший, чим більше буде перевищення. Якщо

промінь спрямований вгору від площини горизонту, кут буде додатнім і перевищення теж буде додатнім; при напрямі променя вниз від площини горизонту кут і перевищення будуть від'ємними.

При тригонометричному нівелюванні вимірюються кут нахилу променя інструмента (на вертикальному крузі) та відстань до точок від станції (точки стояння приладу). Для цього у точці із відомою абсолютною висотою (А) встановлюють інструмент із вертикальним кругом, а в шуканій точці (В) – нівелірна рейка. Висота інструмента – i , шукане перевищення між А і В – h , горизонтальна проекція схилу – D , висота точки візування на рейці – $KВ = I$. Тоді $h + I = КМ + i$, звідки $h = КМ + i - I$. $КМ = D \operatorname{tg} v$, а $h = D \operatorname{tg} v + i - I$. Ця формула використовується при роботі на рівнинній території.

Для визначення h використовують спеціальні тригонометричні таблиці, а контроль точності визначення перевищень здійснюють шляхом прямого й оберненого перевищень, при цьому $h_{\text{об.}} = -h_{\text{пр.}}$. Допустима нев'язка – 30-40 мм на 100 м ходу. Якщо при зніманні візувати на мітку, яку кріплять на рейці на висоті інструмента, то $I = i$, а при невеликих кутах нахилу і відстанях до 300 м $h = D \operatorname{tag} v$ (рис. 38).

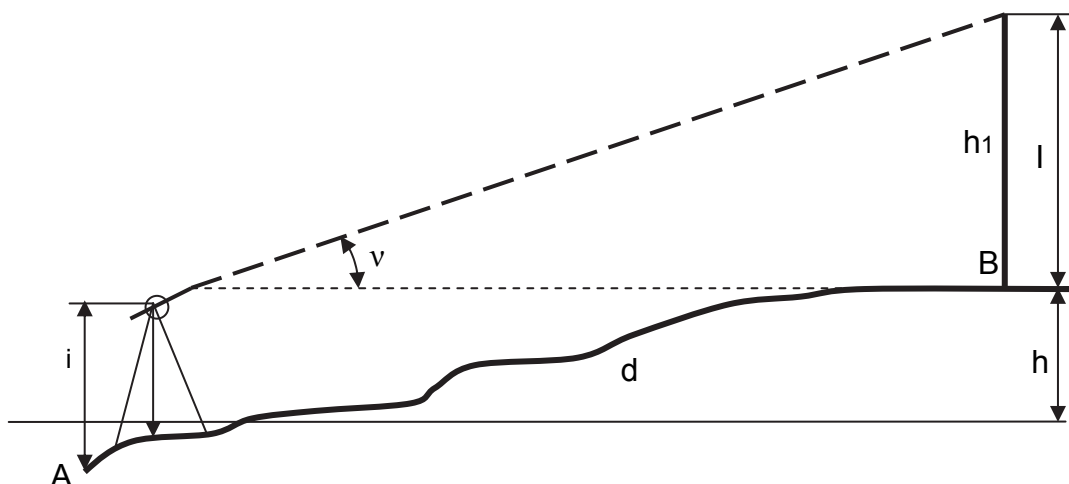


Рис. 38. Схема визначення перевищень тригонометричним нівелюванням.

Вертикальні кути вимірюють вертикальним кругом теодоліта чи кіпрегеля. Вертикальний круг має лімб, наглухо з'єднаний із віссю зорової труби. Одночасно із поворотом труби лімб змінює своє положення на одну й ту ж кутову величину. Рухома лінійка – алідада – служить для відліку кута нахилу зорової труби.

При горизонтальному положенні осі та при середньому положенні пухирця рівня алідади він, як правило, відрізняється від нуля. Такий відлік називається *місцем нуля* (МО). Для його визначення одну й ту ж точку візують два рази: при вертикальному крузі справа (КП) та при вертикальному крузі зліва (КЛ). Місце нуля визначається за формулою:

$МО = КП + КЛ + 180^\circ/2$, а кут нахилу за такими формулами: $\nu = КП - МО$, $\nu = МО - (КЛ + 180^\circ)$; для теодоліта Т-30 формули будуть такими: $\nu = КЛ - МО = МО - (КП + 180^\circ)$; $\nu = КП - КЛ/2$, коли $МО = 0^\circ$. За кутом та відстанню за таблицями знаходять h .

Перевищення можна визначати за допомогою екліметра. Він складається із трубки для візування із двома діоптрами. Круг обертається навколо осі, вісь скріплена із трубкою. На крузі є штрихи (0 і градусні поділки). При обертанні круга його діаметр із нульовим штрихом займає завжди горизонтальне положення.

Візують на віху (на висоту очей спостерігача). Кут беруть із точністю до $0,5^\circ$, відстані вимірюють стрічкою. За таблицею, що є на екліметрі, визначають перевищення h та горизонтальне закладання d [10].

Фізичне нівелювання. Його суть зводиться до того, що зі зміною абсолютної висоти змінюється атмосферний тиск. Із підняттям вгору тиск падає, при опусканні вниз – він зростає. Нівелювання, коли визначають перевищення за зміною зміряного в даних точках атмосферного тиску, називається **барометричним**. Одночасно необхідно в двох точках зміряти тиск і температуру повітря. За різницею тиску можна визначити перевищення, якщо відома кількісна залежність між зміною тиску та абсолютною висотою. При спрощених підрахунках використовують баричну ступінь – висоту, на яку необхідно піднятися чи опуститися, щоб тиск

повітря змінився на 1 мм ртутного стовпчика, 1 мб, 1 ГПа. Використовують формулу Бабіне:

$H = 16000 \times [1 + 0,004(t_1 + t_2/2)] \times (B_1 - B_2 / B_1 + B_2)$, де B_1 і B_2 – тиск, визначений в точках 1 і 2, t_1 і t_2 – температура в точках 1 і 2. За формулою складені таблиці баричних ступенів висот. Для території України барична ступінь складає близько 10,5 м/мм. Якщо її позначити ΔH , то перевищення можна записати так: $h = \Delta H \times (B_1 - B_2)$. ΔH – 10,5 м/мм, B_1 і B_2 – зміряний тиск.

Тиск змінюється і в часі, і в просторі, це залежить від багатьох чинників, особливо від температури повітря.

При барометричному нівелюванні тиск повітря вимірюють барометром-анероїдом (наприклад, БАММ із точністю до 0,2 мм ртутного стовпчика), температуру повітря – термометром-працем, а також відмічають час спостережень. Ці дані заносять в спеціальний журнал барометричного нівелювання.

Показники барометра-анероїда не співпадають із показниками ртутного барометра, встановленого в даній точці (впливають інструментальні похибки). В показання барометра-анероїда A вводять поправки на температуру приладу bt_a (t_a – температура барометра, b – коефіцієнт поправки), до показів шкали c (760-А) і додаткову поправку a . Ці поправки визначаються на дослідних станціях і заносяться в формуляр (атестат) приладу. Без атестату прилад використовувати не можна.

Показник ртутного барометра B_0 отримують: $B_0 = A + bt_a + c$ (760-А) + a .

Як правило, барометричне нівелювання проводять тільки в тиху погоду. Для перевірки результату хід роблять замкнутим. У початковій точці отримують два значення, які різняться через зміну добового тиску. У значення, отримані на точках, вносять поправку на час і отримують значення тиску, приведені на один час. Потім обчислюють перевищення між точками, користуючись: а) методом наближених амплітуд та б) методом барометричних ступенів [1, 3, 7, 10].

Планово-висотні зйомки. В результаті проведення планово-

висотного знімання отримують план місцевості із зображенням і ситуації, і рельєфу. В процесі планово-висотного знімання визначаються як планове, так і висотне положення точок земної поверхні.

Планове положення об'єктів отримують одним із методів планового знімання (кутомірного чи кутонарисного). Висоти отримують шляхом тригонометричного нівелювання (дуже рідко барометричного нівелювання).

Планово-висотні зйомки проводять теодолітом-тахеометром, кіпрегелем із мензулою, інколи барометром-анероїдом із планшетом. Отже його поділяють на *тахеометричне, мензульне і напівінструментальне*. Застосування того чи іншого способу залежить від призначення роботи, точності плану, кліматичних умов та наявних приладів (інструментів).

Найповнішу картину місцевості із зображенням рельєфу отримують при мензульному зніманні, однак воно дуже залежить від погодних умов. Окомірне знімання із барометричним нівелюванням (напівінструментальне) проводиться в короткий строк, але воно низької точності.

Тахеометрична зйомка володіє найвищою точністю і польові роботи проводять досить швидко, а план місцевості викреслюють в камеральних умовах, через що воно менше залежить від погодних умов.

Тахеометрична зйомка виконується теодолітами-тахеометрами. Тахеометричні ходи служать для створення знімальної мережі (полігону) Після створення знімальної мережі знімають планову ситуацію і рельєф. Горизонтальні кути вимірюють одним повним прийомом (при КП і КЛ), а відстані – нитковим далекоміром (при $C=100$, кількість сантиметрів нівелірної рейки між верхньою і нижньою горизонтальними рисками сітки ниток дасть відстань у метрах до точки). Знімання ведуть полярним способом.

В точках, які визначають важливі об'єкти планової ситуації та елементи рельєфу, виставляють далекомірні рейки. До них вимірюють відстань, беруть відлік на вертикальному крузі, за яким

визначаються кут нахилу та перевищення за спеціальними тригонометричними таблицями, і горизонтальний кут на горизонтальному крузі.

Тахеометрів є декілька типів.

1. *Редукційні тахеометри* – оптичні теодоліти (наприклад, 30" теодоліт із вертикальним кругом і далекомірною ниткою в зоровій трубі). Є редукційні тахеометри-автомати, які дають можливість визначати горизонтальні прокладний і перевищення на механічних і оптичних пристроях (Та-2, Дельта 020), відстані із точністю до 1:500-1:700, перевищення із точністю від 2 до 20 см залежно від відстані.

2. *Електронні (електронно-оптичні)*. В їх конструкції об'єднані кодовий теодоліт і малий світлодалекомір, він автоматично реєструє на світловому табло у цифровому вигляді та в умовному коді на перфострічці чи магнітній стрічці результати вимірювань відстаней світлодалекоміром, горизонтальний та вертикальний кути, обчислені перевищення і прямокутні координати, які потім можуть бути використані для обробки на ЕОМ, а опрацьована інформація переносять на автоматичні координатографи, за допомогою яких складаються топографічні плани та карти.

3. *Номограмні* застосовують для визначення відстаней, редукованих на горизонтальну площину, і встановлення перевищень за допомогою спеціальних номограм, які видно у полі зору труби на вертикальній рейці.

Під час тахеометричного знімання викреслюють абрис. Рельєф на ньому зображають схематично горизонталями, а напрям схилів – стрілками. В спеціальний журнал заносять результати вимірювань. Номери однойменних точок в журналі і на абрисі повинні співпадати. На основі польових даних в камеральних умовах викреслюють план місцевості: спочатку наносять точки тахеометричного ходу, а потім транспортиром із лінійкою на целулоїдній основі за азимутами і відстанями – рейкові точки. Висотні відмітки точок підписують поруч із їхнім зображенням. Використовуючи абрис і висотні відмітки, олівцем методом інтерполяції будують горизонталі і наносять планову ситуацію. Після перевірки на місцевості план

викреслюють тушшю.

Напівінструментальне знімання є поєднанням окомірного знімання із барометричним нівелюванням (розглядалося в попередньому питанні цієї теми). Проводиться в короткий термін, але воно низької точності. Застосовується в багатьох видах галузевих польових географічних досліджень (грунтових, геологічних, геоморфологічних, геоботанічних, ландшафтних тощо). Барометричні спостереження ведуться на станціях одночасно із окомірним зніманням. На плані фіксуються положення барометричних станцій і стрілками вказують напрями «скелетних» ліній рельєфу – вододілів, схилів, тальвегів тощо [3, 10, 23].



Питання для самоконтролю

1. Розкрийте суть висотного і планово-висотного знімання місцевості.
2. Що таке нівелювання і в яких випадках його застосовують?
3. Що називається геометричним нівелюванням і як воно проводиться?
4. В чому полягає принцип геометричного «нівелювання з середини»?
5. Як відбувається «нівелювання вперед»?
6. Пояснити принцип роботи з нівеліром.
7. Що таке нівелірні ходи і як їх прокладають?
8. Що називається ватерпасуванням і як його здійснюють?
9. Що називається тригонометричним нівелюванням?
10. В чому полягає особливість тахеометричної зйомки?
11. Які є типи тахеометрів і як вони працюють?

2.4. АЕРОФОТОЗЙОМКА. КОСМІЧНЕ ЗНІМАННЯ

Фототопографія – дисципліна, яка вивчає способи створення топографічних карт і планів із використанням фотознімання. Фотографування може бути виконане як із літальних апаратів, так із точок на земній поверхні. Відповідно виділяють *аерофототопографічне* та *наземне фотографічне (фототеодолітне)* знімання.

Аерофототопографічне знімання є основним видом державного картографування великих територій. На відміну від мензульного чи фототеодолітного знімання воно найбільш повно відповідає високим вимогам, які висувають до картографування великих територій. Крім топогеодезичного виробництва, його застосовують при географічних, геологічних, гідрологічних дослідженнях, земле- та лісовпорядних роботах, в будівництві.

До комплексу аерофотознімальних робіт входять: власне аерознімання та отримання аерофотознімків, топографо-геодезичні та фотограмметричні роботи. Галузь знань, яка вивчає способи визначення розмірів, форм та просторове розміщення положення предметів за фотознімками, називається фотограмметрією.

За методом отримання та обробки знімків місцевості та за характером продукції розрізняють:

- *комбіноване знімання* – об'єднання фотограмметричної обробки аерофотознімків із мензульним зніманням;
- *стереотопографічне знімання* – використання стереоскопічної властивості пари аерофотознімків.

Аерознімання здійснюють за допомогою спеціальних топографічних аерофотоапаратів – повністю автоматизованих приладів, які керуються електронними командами. Аерофотоапарати мають спеціальні пристрої для зменшення вібрації. У аерофотокамери оптична вісь вертикальна, а фокусна відстань постійна. Прикладну рамку в момент експонування щільно притискають до фотоплівки, внаслідок чого на аерофотознімок переносять дві пари міток, рівень та час проведення аерофотознімання, їх зображення дає можливість знайти головну

точку аерофотознімка та положення оптичної осі в момент знімання.

Основними частинами аерофотоапарату є:

- 1) **аерофотокамера** – цілнометалічний корпус, який з'єднує в єдине ціле корпус (із об'єктивом і затвором) і касету;
- 2) **касета** – 60 м аерофотоплівки шириною 19 мм або 30 мм, що дає можливість тримати 300 аерофотознімків розмірами 18×18 см або 190 аерофотознімків розмірами 30×30 см; є касети по 120 м шириною 19 мм;
- 3) **аерофотоустановка** із амортизаційним пристроєм, яка служить для кріплення аерофотоапарата на літаку і поглинання вібрації на літаках гвинтомоторної групи; на сучасних літаках застосовуються гіростабілізатори;
- 4) **командний пристрій**, який керує роботою аерофотокамери.

Для аерофотознімання застосовують різні типи фотоплівки, що дає можливість тримати чорно-білі, кольорові та спектрзональні аерознімки.

Під час польоту аерофотоапарат автоматично здійснює увесь повний аерофотознімальний цикл: експонує (відкриває і закриває об'єктив), перемотує плівку для нового кадру, вирівнює плівку в площину. В результаті повторення циклу отримують неперервний аерофільм – ряд суміжних аеронегативів.

Залежно від характеру польоту аерофотознімання є одинарне (знімаються окремі об'єкти), маршрутне (вдovж певного напрямку чи маршруту) та площинне (багатомаршрутне).

При аерозніманні, щоб створити топографічні карти прокладають прямолінійні маршрути, як правило, із заходу на схід і в зворотньому напрямі на постійній висоті (якщо це можливо). Експонування проводять так, щоб аерофотознімки в маршруті перекривалися. Перекриття двох суміжних знімків в одному маршруті називається повздожнім перекриттям аерофотознімків p_x ; його значення повинно бути не менше 60% від площі одного із знімків. Відстань між маршрутами встановлюють так, щоб між знімками сусідніх маршрутів теж було перекриття – поперечне перекриття аерофотознімків p_y (не менше 30%).

Якщо аерофотознімання виконують при прямовисному положенні оптичної осі аерофотоапарата чи відхилення від цієї осі не перевищує 3° , знімання називається плановим, а аерофотознімки – *плановими*. Наразі на аерофотоапаратах встановлюються гіростабілізуючі пристрої, які забезпечують майже прямовисне положення осі, а відхилення осі від вертикального в межах 15-30'. Якщо відхилення осі аерофотоапарата відсутнє, аерознімання вважається горизонтальним, аерофотознімки – горизонтальними і дають можливість проводити вимірювання на них із досить високою точністю.

Якщо кут нахилу осі складає понад 3° , знімання називається перспективним, а знімки – перспективними.

Для створення топографічних карт масштабу 1:10 000 масштаб аерофотознімання повинен становити 1:10 000 – 1:15 000, масштабу 1:25 000 – 1:20 000 – 1:35 000, масштабу 1:50 000 – 1:35 000 – 1:60 000, масштабу 1:1000 000 – від 1:60 000 до 1:120 000.

Первинними матеріалами аерофотознімання є негативи і контактні відбитки розміром 18 см × 18 см. Послідовне накладання знімків за тотожними точками і контурами називається монтажем, а зменшена репродукція монтажу – первинна фотосхема. Матеріали аерофотознімання не володіють властивостями топографічних карт [3, 10,].

Аерофотознімок – зображення фізичної поверхні Землі в центральній проекції. При плановому зніманні промені зору із місцевості проходять через вузлову точку об'єктива S і дають зображення бо на плівці, яка є картинною площиною. При зніманні плоскої поверхні на паралельну їх картинну площину на фотоплівці утворюється зменшене подібне зображення об'єктів відповідної території. Масштаб планового аерофотознімка рівнинної ділянки залежить від висоти польоту літака та фокусної відстані фотокамери.

Масштаб перспективного аерофотознімка, отриманого при значному відхиленні осі, помітно змінюється в межах аерофотознімка. Місця, що відділені від центра проектування якнайдалі, будуть мати менший масштаб. В районі головної точки знімка та навколо неї буде

загалом зберігатися подібність фігур. На такому знімку виникають спотворення за рахунок відхилення осі.

На аерофотознімках зазнають спотворень такі об'єкти як: високі дерева, дзвіниці, вежі, башти, висотні будинки – по радіусах від центральної точки аерофотознімка. Крім того, масштаби аерофотознімків одного й того ж маршруту можуть змінюватись із зміною висоти.

Отже, аерофотознімки в будь-якому випадку не є плановим зображенням місцевості. При створенні топографічних карт вони потребують складної обробки.

Топографічне дешифрування аерофотознімків – процес розпізнавання об'єктів місцевості на аерофотознімках, встановлення їхніх кількісних та якісних характеристик та позначення відповідними умовними знаками, або ж процес отримання різнорідної інформації про земну поверхню за аерофотознімком. При цьому відбувається знаходження, розпізнавання об'єктів, визначення їхньої географічної суті, встановлення їх кількісних та якісних характеристик, закріплення результатів вивчення на знімку чи карті умовними знаками. Дешифрування – основний етап при створенні та оновленні топографічних карт.

Залежно від призначення дешифрування може бути загальногеографічне (або топографічне) та галузеве (лісотопологічне, геологічне, еоморфологічне, ландшафтне, фунтове, геоботанічне, військове тощо).

Топографічне дешифрування – найуніверсальніший вид дешифрування, який охоплює дешифрування гідро мережі, рослинності, населених пунктів, шляхів сполучення, засобів зв'язку, кордонів та меж. Дешифрування проводять з метою знаходження та отримання характеристик тих об'єктів, які повинні зобразитися на топографічній карті. Дешифрування може бути польовим, камеральним та комбінованим.

Польове дешифрування проводять безпосередньо в польових умовах, а об'єкти розпізнають на місцевості через співставлення аерофотознімків із місцевістю. На місцевості проектують маршрути

дешифрування в такий спосіб, щоб охопити якомога більшу територію. Маршрути повинні проходити по таких місцях, дешифрування яких в натурі забезпечить камеральне розпізнавання контурів на всій іншій території знімання і отримання характеристик об'єктів, які не визначаються приладами.

Дешифрування на маршрутах виконується в смузї шириною 250 м в лісах і 500-1 000 – на відкритій місцевості. Станції дешифрування та еталонні площі вибирають в найбільш типових місцях або найскладніших для дешифрування місцях для відповідного ландшафту. В межах кожної станції детально вивчають всі структури зображення для встановлення взаємозалежності між топографічними об'єктами та зображенням їх на аерофотознімкові.

Камеральне дешифрування аерофотознімків проводять в лабораторних умовах. Для цього використовують альбоми-еталони дешифрування, на яких представлені найважливіші та характерні елементи ситуації типових ландшафтів. Порівнюють еталон із аерофотознімком.

Найкращі результати дає поєднання польового і камерального дешифрування – комбіноване дешифрування. На вибраних наперед ключових ділянках проводять детальне попереднє польове розпізнавання об'єктів і створюються еталони. Решта території розпізнається в порівнянні із еталоном в лабораторних умовах.

Дешифрування можна проводити візуально і за допомогою спеціальної апаратури. Дешифрувальник у своїй роботі опирається на знання основних географічних особливостей досліджуваної території.

Щоб правильно розпізнати предмети, використовують їх дешифрувальні ознаки, які поділяють на прямі та опосередковані. До прямих ознак належать форма, розмір, колір, тінь об'єктів, структура фотозображення.

Форма зображення є основною дешифрувальною ознакою. На планових аерофотознімках плоских об'єктів передають через їхні обриси (поля, водойми). Вертикальні об'єкти (вежі, башти, високі дерева, труби) в центрі зображають в ортогональній проекції, а на краях знімка вони відкидають тінь.

Розмір зображення залежить від масштабу знімка.

Колір (тон) – ступінь потемніння фотоемульсійного покриття або ж яскравість зображення об'єктів. Різна тональність на знімкові зумовлена різною властивістю поглинання та кольором об'єктів, умовами їхнього освітлення, оптико-технічними властивостями аерофотоапаратури і фотоматеріалів.

Тінь об'єктів – ознака, за допомогою якої розпізнають високі предмети. Тінь є падаюча і власна. Падаюча тінь відкидається на поверхню землі чи інші предмети. За нею можна судити про форму вертикальних предметів, які мають малі планові розміри (крони окремих дерев, труби, опори ЛЕП, пункти державної геодезичної мережі), а довжина тіні залежать від висоти Сонця та висоти самого предмета. Тінь залежить також від нахилу поверхні, на яку падає тінь.

Структура зображення (малюнок) зумовлена повторюваністю та характером розміщення окремих деталей зображення. Розрізняють аморфний (безструктурний) малюнок, (спокійна водна поверхня, луки) і структурний – плямистий, зернистий, крапковий, смугастий тощо.

Непрямі дешифрувальні ознаки вказують на наявність та властивості об'єкта, який не зображений на аерофотознімкові або не визначений за прямими ознаками. Вони широко використовуються при спеціальних видах дешифрування (бхід на річці тощо).

Стереотопографічне знімання істотно зменшує обсяг польових топографо-геодезичних робіт. Для отримання об'ємної моделі місцевості за знімком використовують стереопару аерофотознімків – два суміжних знімки із перекриттям та спеціальні прилади. При огляді двох зображень одного і того ж об'єкту в стереоскопічних приладах лівим оком спостерігають ліве зображення, правим – праве. Такий огляд дає можливість отримати стереоскопічну модель місцевості.

Для дешифрування й обробки знімків застосовують складний дзеркально-лінзовий стереоскоп ЛЗ, який служить для рисування рельєфу на знімках за висотними відомими точками, для

дешифрування знімків, складання проекту планово-висотної прив'язки аерофотознімків. У стереоскопі є дві пари паралельних дзеркал, розташованих під кутом 45° до площини знімків.

Для обробки аерофотознімків гірських районів використовують стереокомпаратори, стереометри, стереопроектори.

Стереокомпаратори служать для згущення мережі опорних точок, стереометр – для рисування горизонталей, стереопроектор і стерео трансформатор – для нанесення контурів і рисування рельєфу [3, 10,].

Найважливішим завданням космічного знімання є усебічне вивчення Землі, її природних ресурсів, динаміки природних і соціально-економічних явищ, охорони довкілля, вивчення та освоєння планет і космічного простору. Методика дистанційного зондування із космосу базується на реєстрації результатів спостереження і створення на цій основі картографічних документів різного типу незалежно від використаних засобів знімання.

Сьогодні матеріали космічної зйомки досить часто використовують для створення ортофотопланів, а також електронних карт і планів, адже космічна зйомка стала більш доступною. При обробці матеріалів космічної зйомки з роздільною здатністю на місцевості більше 2 метрів не потребує дотримання режимних вимог, що суттєво прискорює процес отримання необхідної інформації та її використання.

В Україні використовують дані ще створеної за часів Радянського Союзу експериментальної космічної системи вивчення природних ресурсів Землі і довкілля. Визначені два напрями отримання обробки і використання даних космічного зондування – оперативного й довготривалого характеру. Космічна система ВПРЗ може включати як постійно діючі, так і залучені основні компоненти:

- 1) АКА типу "Метеор" (висота польоту до 900 км. нахил осі – $81,2^\circ$);
- 2) пілотовані КА - КК серії "Союз", ОС "Мир", МКС (до 400 км, нахил $-51,6^\circ$);
- 3) КА серії «Космос» (200-250 км, $81,2^\circ$);

- 4) літаки-лабораторії (до 10 км);
- 5) наземні засоби прийому космічної інформації;
- 6) буйкові станції;
- 7) пересувні комплекси для контактних вимірювань;
- 8) стаціонарні засоби контактних вимірювань;
- 9) сітка наземних і морських полігонів;
- 10) сітка засобів і систем міжгалузевої і галузевої (цільової) обробки інформації [10].

З 1972 р. в США функціонують супутники Ландстат (EPST, висота до 900 км). Ведеться багатозональне оптико-механічне сканерне і кадрове знімання. В 1978 р. запусчено експериментальний супутник HCMM (550-640 км), призначений для теплового зондування і океанографічний супутник Сісат. З 1981 р. діє система Шаттл-Спейс. Ведеться дослідження в широких зонах спектра електромагнітного випромінювання. Планується запуск супутників Стереосат і Мансат для топографічного картографування в масштабах 1:10 000 і 1:50 000.

Європейським космічним Агентством (ESA) створена КС Спейслаб, оснащена космічною апаратурою, сканерами, радіолокатором бічного огляду. З 1986 р. функціонує французький ресурсний супутник ЗРОТ із знімальними камерами і багатоелементними світлоприймачами (для топографічного картографування в масштабі 1:100 000 і 1:50 000 та оновлення топографічних карт в цих масштабах).

Створені ресурсні супутники у Великобританії, в Індії, Японії, Китаї, Чилі, Республіці Корея. Функціонує український супутник "Січ-1", готується запуск нових супутників цієї серії. Діє міжнародна космічна станція, на якій побував і український космонавт Л. Каденюк [10].

Для сучасної картографії й топографії мають значення такі параметри матеріалів космічного зондування:

- **спектральний діапазон знімання:** відповідно матеріали космічного знімання поділяють на три основні групи: видимий і ближній інфрачервоний (світловий), тепловий і радіодіапазон.

Електромагнітні хвилі, відбиті чи генеровані об'єктами земної поверхні, класифікують за їх довжиною. Ділянки оптичних хвиль (0,0001-1 000 мкм) входять ультрафіолетовий (менше 0,4 мкм), видимий (0,4-0,8 мкм) і інфрачервоний діапазони. Видимий діапазон, у якому око розрізняє кольорові відтінки, поділяють на зони із позначенням кольорів: фіолетовий (390-450 нм), синій (450-480 нм), блакитний (480-510 нм), зелений (510-550 нм), жовто-зелений (550-575 нм), жовтий (575-585 нм), оранжевий (585-620 нм), червоний (620-800 нм). Інфрачервоний діапазон поділяють на піддіапазони ближнього (менше 1,5 мкм), середнього (1,5-3 мкм) і дальнього (понад 3 мкм). Видимий і ближній інфрачервоний діапазони об'єднують в загальний світловий діапазон. Найбільше значення для картографування мають матеріали знімань у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах;

- **вид** знімків: фототопографічні, телевізійні, фототелевізійні, сканерні, теплові інфрачервоні, радіометричні, радіолокаційні, мікрохвильові радіометричні. Фотографічні знімки отримують фотоапаратом із борта космічної станції і опрацьовують після його приземлення. Розрізняють чорно-білі інтегральні, чорно-білі зональні, кольорові інтегральні і спектрональні знімки. Телевізійні знімки отримують телекамерою на борту носія і передають телеканалом на Землю. Фототелевізійні знімки отримують фотографічною системою на борту космічного корабля і передають на Землю за допомогою телеканалу. Сканерні знімки складаються із багатьох окремих, послідовно отриманих елементів зображення шляхом передачі на фотоприймач сигналів від сканера (сканер – дзеркало, що коливається), який проглядає місцевість впоперек руху космічного корабля. Зображення місцевості отримують у вигляді неперервної стрічки, яка складається із смуг (стрічок), які видно на знімках. Широко застосовують багатозональне сканерне знімання. Теплові інфрачервоні знімки отримують в тепловому інфрачервоному діапазоні. Вони реєструють теплове

випромінювання об'єктів на поверхні Землі. Холодні об'єкти на них зображаються освітленими тонами, теплі – темними. Радіолокаційні знімки отримують в ультракороткохвильовому радіодіапазоні шляхом випромінювання (локації) досліджуваної території (об'єктів) і реєстрації відбитого випромінювання за допомогою бортових приймачів (активне зондування). Має ті переваги, що його можна проводити в будь-який час і будь-яку погоду. Мікрохвильові радіометричні знімки отримують в ультракороткохвильовому радіодіапазоні, які фіксують випромінювання Землі (пасивна радіометрія). Має ті ж переваги, що й попереднє знімання;

- **масштаб та оглядовість знімків**, коли глобальні і континентальні за оглядовістю знімки мають масштаб дрібніший від 1:10 000 000 і охоплюють територію площею 10^8 км²; регіональні знімки мають масштаб 1:10 000 000-1:1 000 000 і охоплюють площу 10^5 км², локальні знімки мають масштаб крупніший від 1:1 000 000 і охоплюють території площею 10^4 км².
- **допустима (роздільна) здатність** – мінімальна лінійна величина зображених на знімках деталей місцевості. За ступенем допустимості розрізняють знімки із дуже низькою (десятки кілометрів), низькою (одиниці кілометрів), середньою (сотні метрів), високою (десятки метрів) допустимою здатністю;
- **детальність знімків**, що передбачає кількість інформації на одиниці площі знімка. Розрізняють знімки малої (робота з ними можлива тільки в масштабі оригіналу), середньої (їх можна збільшувати в два рази) та високої (їх можна збільшувати до 10 разів) детальності;
- **інформативність знімків** – обсяг інформації, отримання якого можливе при використанні знімків 80% всього обсягу знімків припадає на знімки у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах.
- **Матеріали космічного знімання мають такі властивості:**
- вони охоплюють величезні площі (в тисячі разів більші, ніж

- аерофотознімки);
- вони одночасні (або майже одночасні);
 - вони генералізовані;
 - вони комплексні;
 - вони регулярно повторювані (їх можна використовувати для дослідження динаміки явищ).

Матеріали космічного знімання знаходять своє застосування:

- при поновленні топографічних карт й поділі їх на окремі території, особливо важкодоступні;
- для створення и оновлення загальногерграфічних та тематичних карт середніх та дрібних масштабів;
- для розробки нових типів карт для господарських цілей;
- для цілей комплексного вивчення й картографування природних умов і ресурсів.

Дешифрування матеріалів космічного знімання може бути візуальним, інструментальним і машинним (автоматизованим) чи їх поєднанням. Найчастіше використовують візуальне та візуально-інструментальне дешифрування.

Етапи дешифрування:

- збір картографічної інформації, її огляд та оцінка;
- ознайомлення із літературними і картографічними матеріалами регіону;
- підготовка і перетворення знімків з метою підвищення їхньої інформативності та виразності;
- власне дешифрування;
- оформлення результатів дешифрування.

При дешифруванні використовуються ті ж дешифрувальні ознаки, що й при дешифруванні аерофотознімків.

Матеріали космічного знімання знаходять застосування майже у всіх сферах людської діяльності [10, 12, 14, 15].



Питання для самоконтролю

1. Що називається фототопографією?
2. В чому полягає процес аерофотозйомки?
3. Які властивості аерофотознімків?
4. Як визначають масштаб для аерофотознімків?
5. Як здійснюють дешифрування аерофотознімків?
6. Які є види дешифрування аерофотознімків?
7. Що є складовою камерального дешифрування аерофотознімків?
8. Як проводиться польове дешифрування?
9. Яке основне завдання аерокосмічного знімання?
10. За допомогою яких систем здійснюють аерокосмічне знімання?
11. Які параметри матеріалів космічного зондування?
12. В чому полягає спектральний діапазон знімання?
13. Як поділяють аерокосмічні знімки за видом?
14. Якою інформативністю володіють аерофотознімки?
15. Як здійснюють дешифрування аерокосмічних фотознімків?

ТЕСТИ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

Тестові завдання зі спеціальності

«Картографія з основами топографії»

(1-й рівень оцінюється в один бал за кожне запитання, 2-й рівень – два бали, 3-й рівень – три бали)

1 рівень

1. Розділ картографії, який вивчає географічні карти, їх елементи, види й розвиток, називається:

- а) математичною картографією;
- б) картознавством;
- в) історією картографії;
- г) картографічною топонімікою.

2. Математична основа географічної карти складає:

- а) геодезичну основу;
- б) масштаб;
- в) зображення рельєфу;
- г) карти-врізки.

3. За фігуру Землі приймають:

- а) сфероїд;
- б) кулю;
- в) еліпсоїд;
- г) геоїд.

4. Внутрішня рамка топографічної карти служить для:

- а) визначення топографічних координат;
- б) обмеження картографічного зображення;
- в) обмеження карти від елементів оснащення.

5. При побудові топографічних карт земну кулю розбивають на ... зон:

- а) 90;
- б) 180;
- в) 60;
- г) 30.

6. Однією пунктирною лінією показують просіки, що мають ширину:

- а) до 10 м;
- б) до 20 м;
- в) до 30 м;
- г) до 40 м.

7. Еккерне знімання відносять до знімання:

- а) фототеодолітного;
- б) планового;
- в) кутомірного;
- г) окомірного.

8. Порушення геометричних форм географічних об'єктів називають:

- а) головним масштабом карти;
- б) окремим масштабом карти;
- в) спотворенням;
- г) картографічною проекцією.

9. Головними чинниками генералізації є:

- а) особливості картографованої території;
- б) масштаб, тематика та призначення карти;
- в) величина зображення території;
- г) величина застосованих картографічних знаків.

10. Оглядові карти стосовно загальногеографічних карт відносяться до:

- а) великомасштабних карт;

- б) середньомасштабних карт;
- в) дрібномасштабних карт;
- г) планів.

2 рівень

1. За початок висот в Україні приймають нульову позначку футштока на морі:

- а) Азовському;
- б) Чорному;
- в) Середземному;
- г) Балтійському.

2. За масштабом виділяють карти:

- а) Світового океану;
- б) крупно масштабні;
- в) дрібномасштабні;
- г) материків.

3. Для числового масштабу 1:25 000 масштаб становить:

- а) 1 см 1 га;
- б) 1 см 6,25 га;
- в) 1 см 10 га;
- г) 1 см 25 га.

4. За основу в розграфленні 1 номенклатурі беруть карту масштабу:

- а) 1:5 000 000;
- б) 1:1 000 000;
- в) 1: 2 500 000;
- г) 1:500 000.

5. Колір на топографічній карті застосовують для передачі характеристик об'єктів:

- а) тільки якісних;
- б) тільки кількісних;
- в) і якісних, і кількісних.

6. Тахометричне знімання відноситься до:

- а) висотного;
- б) планового;
- в) планового-висотного;
- г) аерофотографічного.

7. Довільними проекціями називають проекції, у яких:

- а) зберігається подібність форм;
- б) зберігається рівність кутів;
- в) спотворюються і кути і площі;
- г) спотворюються площі.

8. У псевдоциліндричних проекціях паралелі зображають:

- а) кривими лініями;
- б) прямими лініями;
- в) дугами ексцентричних кіл;
- г) дугами концентричних кіл.

9. Карти населення відносяться до карт:

- а) загальногеографічних;
- б) соціально-економічних;
- в) природних явищ;
- г) дорожніх.

10. Для побудови геоботанічних карт переважно застосовують спосіб:

- а) ареалів;
- б) якісного фону;
- в) кількісного фону;
- г) ізоліній.

3 рівень

1. Карти-врізки відносяться до географічної карти:
 - а) картографічного зображення;
 - б) математичної основи;
 - в) елементів оснащення;
 - г) елементів додаткової характеристики.

2. Відстань на місцевості, яка відповідає основі лінійного масштабу, називається:
 - а) його точністю;
 - б) його величиною;
 - в) ступенем зменшення;
 - г) трансверсаллю.

3. Аркуш карти масштабу 1 : 100 000 має номенклатуру:
 - а) L-36- А;
 - б) L-36-76;
 - в) L-36-76-Г;
 - г) L-36-76-Г-б.

4. Зона Гаусса обмежена:
 - а) меридіанами, проведеними через 6°;
 - б) паралелями, проведеними через 6°;
 - в) меридіанами, проведеними через 3°;
 - г) паралелями, проведеними через 3°.

5. Кут між істинним і магнітними меридіанами називають;
 - а) поправкою на пряму;
 - б) зближенням меридіанів;
 - в) румбом;
 - г) схиленням магнітної стрілки.

6. Крутизна схилу виражають через:

- а) похил;
- б) закладання;
- в) кут нахилу;
- г) висоту перерізу рельєфу.

7. Мензульне планово-висотне знімання має за мету:

- а) створення плану місцевості в камеральних умовах;
- б) створення плану місцевості безпосередньо в польових умовах;
- в) створення плану місцевості на основі дешифрування аерофотознімків;
- г) створення плану місцевості на основі дешифрування космічних знімків.

8. Рівновеликими проекціями називають проекції , у яких:

- а) відсутні спотворення довжин за одним із головних напрямів;
- б) відсутні спотворення площ;
- в) відсутні спотворення кутів;
- г) відсутні спотворення форм.

9. Спосіб ізобат доповнюють методом:

- а) відміток висот;
- б) відміток глибин;
- в) штрихів;
- г) суцільною відмивкою.

10. Напрямок і потужність міграційних потоків передають способом:

- а) лінійних знаків;
- б) картодіаграми;
- в) структурних значків;
- г) знаків рухів.

ЛІТЕРАТУРА

ОСНОВНА

1. Гедымин А.В. Практикум по топографии с основами топографии / А.В. Гедымин, Г.Ю. Грюнберг, М.И. Малых. – М.: Просвещение, 1981. – 148 с. 2. Земледух Р.М. Картография з основами топографії / Р.М. Земледух. – К.: Вища школа, 1993. – 456 с. 3. Загородній В.В. Основи топографії і картографії / В.В. Загородній. – К.: Радянська школа 1977. – 134 с.
3. Земледух Р.М. Картография з основами топографії / Р.М. Земледух. – К.: Вища школа 1993. – 456 с.
4. Картография с основами топографии. [Учебник для студентов естеств.-геогр. фак. пед. ин-тов] / Под ред. А.В. Гедымина. Ч.1. [Понятие о географической карте. Топографическая карта. Съёмка местности] – М.: Просвещение, 1973. – 160 с.
5. Картография с основами топографии: [учеб. Пособие для студентов пед. ин-тов по спец. «География»] / Г. Ю. Грюнберг, Н. А. Лапкина, Н.В. Малахов, Е.С. Фельдман. – М.: Просвещение, 1991. – 368 с.
6. Коренной П.Ф. / Полевая практика по топографии / П.Ф. Коренной, А.В. Соломко. – Минск: Вышшая школа, 1980. – 143 с.
7. Никитин Н.Д. Полевая практика по топографии / Н.Д. Никитин. – М.: Просвещение, 1969. – 142 с.
8. Топография с основами геодезии [ученик для студ. геогр. спец. ун-тов] / А.П.Божок, К.И. Дрич, С.А. Евтифеев. – М.: Высш. шк., 1986. – 304 с.
9. Топографія з основами геодезії [підручник] / А.П.Божок, В.Д.Барановський, К.І. Дрич та ін. [За ред. А.П. Божок] – К.: Вища шк., – 1995. – 275 с.
10. Топографія. Картографія [Курс лекцій. Навчальний посібник] / М.В. Потокій. – Тернопіль, 2002. – 151 с.

РЕКОМЕНДОВАНА

11. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: т. 1 / К.М.Антонович. – М.: ФГУП Картогеоцентр, 2005. – 334 с.
12. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: т. 2 / К.М.Антонович. – М.: ФГУП Картогеоцентр, 2006. – 359 с.
13. Аэрокосмические методы в географических исследованиях [для экономико-географов]. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 112 с.
14. Аэрокосмические методы географических исследований / В.М. Сердюков, Г.А. Патыченко, Д.А. Синельников. – К.: Вища шк. Головное из-во, 1987. – 223 с.
15. Аэрокосмические методы в социально-экономической географии / [под. ред. Ю.Ф. Книжникова] – М., изд. Моск. ун-та, 1983. – 203 с.
16. Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация / А.М. Берлянт. – М.: Мысль, 1986. – 240 с.
17. Берлянт А.М. Геоиконика / А.М. Берлянт. – М.: 1996. 208 с.
18. Берлянт А.М. Виртуальные геоизображения / А.М. Берлянт. – М.: Научный мир, 2001. – 56 с.
19. Богомолов Л.А. Топографическое дешифрирование природного ландшафта на аэроснимках / Л.А. Богомолов. – М.: ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ, 1963. – 197 с.
20. Военная топография. – М.: Воениздат, 1976. – 276 с.
21. Военная топография / [под. ред. А.С. Николаева] – М.: Военное изд., 1977. – 332 с.
22. Верещака Т.В. Топографические карты: научные основы содержания / Т.В. Верещака. – М.: МАИК Наука/Интерпериодика, 2002. – 319 с.
23. Геодезия. Геодезические и фотограмметрические приборы. [Справочное пособие] – М.: Недра, 1991. – 429 с.
24. Гиргшберг М.А. Геодезия / М.А. Гиршбергер. – М.: Недра, 1967. – 384 с.
25. Дьяков Б.Н. Геодезия / Б.Н. Дьяков. – М.: Недра, 1993. – 171 с.
26. Дьяков Б.Н. Геодезия. Общий курс / Б.Н. Дьяков. – Новосибирск: СГГА, 1997. – 173 с.

27. Иваньков П.А. Основы геодезии, топографии и картографии / П.А. Иваньков. – М.: Просвещение, 1972. – 248 с.
28. Инженерная геодезия / [под ред. проф. Л.С. Хренова]. – М.: Высшая школа, 1985. – 352 с.
29. Куликов В.М. Топография и ориентирование в туристическом путешествии / В.М. Куликов, константинов Ю.С. – М.: 2001. – 74 с.
30. Куприн А.М. Топография для всех / А.М.Куприн. – М.: Недра, 1976. – 169 с.
31. Куштин И.Ф. Геодезия. / [Учебно-практическое пособие]. И.Ф. Куштин. – М.: Издательство ПРИОР, 2001. – 448 с.
32. Куштин И.Ф. Инженерная геодезия / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов на Дону, Феникс. 2002. – 426 с.
33. Теодолиты. Общие технические условия. – М.: Стандартиздат, 1986. – 15 с.
34. Маслов А.В. Геодезия / А.В. Маслов, А.В. Гордеев. – М.: Недра, 1988. – 616 с.
35. Медведев Е.М. Лазерная локация земли и леса / Е.М. Медведев, И.М. Данилин, С.Р. Мельников – Москва-Красноярск, 2007. – 230 с.
36. Поклад Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднёв. – М.: Академический проект, 2007. – 592 с.
37. Роцин А.Н. Занимательная геодезия / А.Н. Роцин. – К.: Рад. шк., 1989. – 237 с.
28. Топографія. Геодезія. Аерокосмічні методи дослідження Землі. Картографія / [словник-довідник / укладач М.В. Потокій] – Тернопіль, 2003. – 122 с.