

Лекція 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЕОДЕЗІЮ

1. Предмет геодезії.
2. Історія та розвиток геодезії.
3. Значення геодезичних робіт у народному, лісовому і садово-парковому господарстві.

1. Предмет геодезії

Слово «*геодезія*» в перекладі з грецької мови означає землеподілення (geo – земля, desio – поділяю).

Геодезія – одна з найдавніших наук про Землю. Навіть сама назва предмета показує, що геодезія як наука виникла з практичних потреб людства, пов'язаних із вимірюваннями і діленням земельних ділянок. Сучасна геодезія є багатогранною наукою, яка розв'язує складні наукові, науково-технічні й інженерні задачі шляхом спеціальних вимірювань, що виконуються за допомогою геодезичних і інших приладів, та наступною математичною і графічною обробкою їх результатів.

Геодезія - наука про вимірювання, які виконують для визначення форми і розмірів Землі та зображення її поверхні на площині.

Із розвитком суспільства, з підвищенням рівня науки і техніки змінюється і зміст геодезії. В процесі свого розвитку геодезія розділилась на декілька напрямів або розділів, які з часом перетворились на ряд самостійних наукових і науково-технічних дисциплін.

Геодезію поділяють на *вищу геодезію* і *геодезію* чи *топографію*. Завданням *вищої геодезії* є визначення форми і розмірів Землі у цілому і розробка методів особливо точного визначення координат точок земної поверхні. **Геодезія (топографія)** розділ геодезії, присвячений питанням проведення вимірювань для зображення невеликих частин поверхні Землі на топографічних картах і планах.

Розробкою методики і технічних прийомів складання та видання графічних документів займається **картографія**. Останнім часом широко застосовується **аерофотогеодезія** - наука про методи одержання і перетворення фотознімків земної поверхні у топографічні карти і плани. Використанням радіохвиль і світлових хвиль для точних лінійних вимірювань займається **радіогеодезія**.

Предметом молодшої **космічної (супутникової) геодезії** є визначення і уточнення форми нашої та інших планет, визначення точних координат об'єктів, зйомка великих площ поверхні.

Питання застосування геодезії і топографії в різних галузях науки і техніки вивчаються **прикладною (інженерною) геодезією**.

Основними завданнями геодезії є:

- визначення розмірів і форми Землі;
- побудова на поверхні Землі мережі опорних геодезичних пунктів, тобто точне визначення положення окремих точок земної поверхні, які мають назву геодезичних пунктів; горизонтальне положення цих пунктів визначається їх географічними координатами (широтами і довготами) або координатами в іншій, доцільно обраній системі; вертикальне положення геодезичних пунктів визначається їх висотами, відстанями по вертикальній лінії від поверхні, яка взята за початкову (нульову);
- вивчення змін, які відбуваються на поверхні Землі, деформацій земної кори, рухів материків, переміщення берегових ліній і т. ін.;
- визначення на основі державної геодезичної мережі (ДГМ) пунктів розрядних геодезичних мереж, точок (пунктів) зйомочної мережі відносно яких безпосередньо визначають положення об'єктів місцевості;
- вивчення методів вимірювання ліній і кутів на поверхні землі, під землею (в шахтах, тунелях) за допомогою спеціальних геодезичних приладів;
- виконання різних вимірювальних робіт при вишукуванні, які виконуються з метою проектування і будівництва споруд, перенесення проектів цих споруд у натуру;
- вивчення методів обчислювальної обробки результатів вимірювань з використанням ЕОМ.

2. Історія та розвиток геодезії

Найдавнішою картографічною пам'яткою на території сучасної України є доісторична «Межиріч-карта» - рисунок на уламку бивня мамонта. На території нашої країни перші письмові документи про застосування геодезії відносяться до часів Київської Русі. У літописі 996 року є вказівки про порядок користування землею. У 1068 році князь Гліб виміряв по льодові відстань від Тамані до Керчі.

Геодезичні роботи у XIII-XV сторіччях застосовувались при переписові землі, коли лінії вимірювались мотузками, а кути описувались текстом. У 1639 році французький інженер-картограф Гійом де Боплан, який перебував на службі в польського короля, склав карту під назвою «*Tadula Geographica Ukminska*» (Українська географічна карта).

Геодезичні дисципліни викладали у Києво-Могилянській академії, Харківському колегіумі, Львівському, а згодом і в Київському університетах. За короткий період державного відродження України в 1918-1919 роках було створено Головну геодезичну управу в складі Військового міністерства, планувалось створення Корпусу українських геодезистів. За час свого існування геодезична управа видала 54 аркуші спеціальної карти України в масштабі 1:1050000, фізичну карту України та два планшети Києва.

Постановою Кабінету Міністрів України від 1 листопада 1991 року № 306 було створене Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів, яке наприкінці 1999 року увійшло до складу новоствореного Міністерства екології та природних ресурсів України як департамент геодезії, картографії та кадастру.

12 липня 2005 року, Постановою Кабінету Міністрів України № 550 «Про утворення урядових органів державного управління», у складі Міністерства охорони навколишнього природного середовища Державна служба геодезії, картографії та кадастру (Укргеодезкартографія) зі статусом урядового органу державного управління у сфері геодезії, картографії та кадастру була знову відроджена. Свої функції (управлінські, виконавчі, контрольні, спостережні, дозвільні, регуляторні тощо) Укргеодезкартографія здійснює відповідно до Положення про Державну службу геодезії, картографії та кадастру, яке затверджене Постановою Кабінету Міністрів України від 24 вересня 2005 року № 979.

Розроблення державної політики і нормативно-правове регулювання діяльності у сфері картографо-геодезичного виробництва здійснює Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Надання державних послуг і управління державним майном у зазначеній сфері – прерогатива Державної служби геодезії, картографії та кадастру.

Сьогодні топографо-геодезичну і картографічну виробничу й наукову діяльність здійснюють Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, науково-виробничі, виробничі та конструкторсько-виробничі підприємства, картографічна фабрика – усього 31 підприємство та організація. Із них у м. Києві розташовано 8 підприємств та організацій, у Вінниці – 4, решта – в Артемівську, Донецьку, Івано-Франківську, Житомирі, Львові, Лубнах, Маріуполі, Мукачевому, Полтаві, Рівному, Сімферополі, Севастополі, Сумах, Тернополі, Торезі, Ужгороді, Харкові, Херсоні, Чернівцях.

3. Значення геодезичних робіт у народному, лісовому і садово-парковому господарстві, землеустрої

Геодезія має велике значення для розвитку господарства країни. Особлива роль їй належить при картографуванні, вивченні природних багатств, в оборонній справі. Будь яке значне будівництво починається з укладання проекту, що неможливо без плану місцевості, де буде будова. Тому будівництво починається із геодезичних робіт.

Геодезія відіграє важливу роль при проведенні землевпорядкування. Чисто геодезичною роботою є перенесення проекту у натуру. Геодезичні роботи також проводять при плануванні лісокористування, озелененні і благоустрою території населених пунктів.

Землеустрій передбачає:

- встановлення (відновлення) на місцевості меж адміністративно-територіальних утворень, землеволодінь і землекористувань;

- складання схем землеустрою, розроблення техніко-економічних обґрунтувань використання та охорони земель відповідних адміністративно-територіальних утворень;
- складання проектів впорядкування існуючих землеволодінь і землекористувань та створення нових;
- складання проектів відведення земельних ділянок;
- встановлення в натурі (на місцевості) меж земельних ділянок;
- складання проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозмін, упорядкування угідь, а також розроблення заходів щодо охорони земель;
- проведення топографо-геодезичних, картографічних, ґрунтових, геоботанічних та інших обстежень і розвідувань земель.

Тест

1. Картографія за структурою являє собою цілу систему картографічних дисциплін, до якої не входить:
 - А дисципліна, яка розробляє способи вимірювань на картах різних масштабів;
 - Б за структурою являє собою цілу систему картографічних дисциплін
 - В наука про вимірювання, які виконують для визначення форми і розмірів Землі та зображення її поверхні на площині
2. Геодезію поділяють на:
 - А картографічну топоніміку і вищу геодезію
 - Б картографічну інформатику і вищу геодезію
 - В картометрію і топографію
 - Г вищу геодезію і геодезію (топографію)
3. Питання застосування геодезії і топографії в різних галузях науки і техніки вивчаються:
 - А геологією
 - Б прикладною (інженерною) геодезією
 - В кібернетика
 - Г радіогеодезією
4. До основних завдань геодезії **не** належить:
 - А побудова на поверхні Землі мережі опорних геодезичних пунктів
 - Б розробка методики і технічних прийомів складання та видання картографічних документів;
 - В вивчення змін, які відбуваються на поверхні Землі
 - Г виконання різних вимірювальних робіт при вишукуваннях, які виконуються з метою проектування і будівництва споруд
5. Геодезичні дисципліни найдавніше викладали у:
 - А Донецькому університеті
 - Б Острозькій академії
 - В Києво-Могилянській академії
 - Г Львівській політехніці
6. Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України створене у листопаді:
 - А 1991 року
 - Б 1999 року
 - В 2005 року
 - Г 2014 року
7. Землевпорядні роботи **не** передбачають:
 - А встановлення (відновлення) на місцевості меж адміністративно-територіальних утворень, землеволодінь і землекористувань
 - Б розроблення техніко-економічних обґрунтувань використання та охорони земель відповідних адміністративно-територіальних утворень
 - В вивчення та оцінку запасів природних ресурсів
 - Г складання проектів впорядкування існуючих землеволодінь і землекористувань та створення нових
8. Землевпорядні роботи **не** передбачають:

- А** складання проектів відведення земельних ділянок
- Б** реалізацію розроблених заходів щодо охорони земель
- В** складання проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозмін
- Г** проведення топографо-геодезичних, картографічних, ґрунтових, геоботанічних та інших обстежень і розвідувань земель.

Лекція 2. ПОНЯТТЯ ПРО ФОРМУ І РОЗМІРИ ЗЕМЛІ ТА ГЕОГРАФІЧНІ КООРДИНАТИ

Розвиток уявлень про форму Землі. Розміри земної кулі. Фізико-географічне значення форми і розмірів Землі

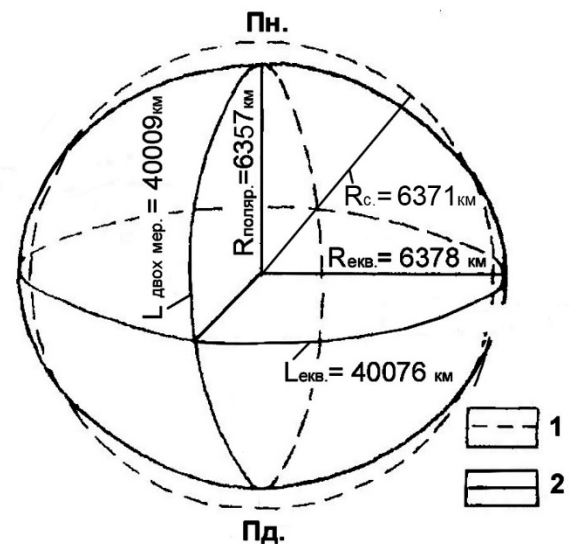
Земля, як і інші планети Сонячної системи, має кулясту форму. Її діаметр становить в середньому 12 742 км. Оскільки людина бачить лише невелику частину Землі, земна поверхня здається їй плоским кругом. Тому багатьох давніх народів було уявлення про те, що Земля плоска. Пізніше, у Древній Греції в часи Гомера (IX—VIII ст. до Хр.), Землю уявляли злегка опуклим диском, який з усіх боків омиває океан.

У часи Піфагора (VI ст. до до Хр.) стали припускати, що Земля — куля. *Перші докази кулястості Землі належать давньогрецькому вченому Арістотелю (IV ст. до Хр.).* До них він відносив спостереження за місячними затемненнями, під час яких тінь від Землі, що насувається на поверхню Місяця, завжди кругла; зміна виду зоряного неба при русі по меридіану; розширення обрію при піднятті.

Першим, хто визначив розміри земної кулі, був давньогрецький учений Ератосфен (III—II ст. до Хр.). Він визначив довжину дуги великого кола Землі в 1° , а тоді розрахував довжину всього кола Землі. Вона виявилася рівною близько 40 000 км.

У період середньовіччя, аж до XV ст. вчення про кулястість Землі відкидалося. У кінці XV ст. починається період великих географічних відкриттів. *Христофор Колумб, вірячи, що Земля має форму кулі, шукав західний шлях до Індії і відкрив — Америку (1492 р.). Фернан Магеллан і його супутники зробили перше кругосвітнє плавання (1519—1522 рр.).* Від тоді вже Землю стали зображати у вигляді об'ємної моделі — **глобуса**. Перший глобус діаметром більш як 0,5 м був виготовлений німцем Мартіном Бехаймом (1492 р.).

У зв'язку з розвитком знань про природу Землі уявлення про її форму продовжували удосконалюватися. Отже, на сьогодні можна стверджувати, що наша планета має кулясту форму — тобто дуже близьку до форми кулі. Земля, як і інші планети Сонячної системи, обертається навколо уявної осі. Завдяки кулястій формі Землі і її осьовому обертанню на земній поверхні є дві відносно нерухомі точки — **полюси** (точки, де уявна вісь Землі перетинається із земною поверхнею). Лінію перетину поверхні земної кулі уявною площиною, яка перпендикулярна осі Землі і проходить через її центр називають **екватором**. **Екваторіальний радіус** Землі (у площині екватора) становить понад 6378 км, а **полярний радіус** (співпадає із уявною піввісю Землі) — близько 6357 км. Отже, екваторіальний радіус Землі на 21,4 км довший від полярного. Довжина великого кола проведеного через обидва полюси складає близько 40009 км, а довжина екватора — 40076 км.



1 - поверхня кулі; 2 - поверхня еліпсоїда.
Мал 2. Співвідношення розмірів земного еліпсоїда і кулі

Для створення точних карт, на яких відображені невеликі території, враховується сплюснутість Землі. За основу створення карт у цьому випадку береться уявна правильна геометрична фігура, яка

має форму і розміри близькі до Землі. Її назвали **еліпсоїдом обертання**, або **сфероїдом** – тобто фігурою утвореною обертанням еліпса навколо коротшого діаметра (осі). Для створення карт світу, материків Землю приймають за правильну кулю із **середнім радіусом 6371 км**, оскільки різниця екваторіального і полярного радіусів є дуже незначна – становить близько 1/300 від реального екваторіального радіуса Землі. **Довжину екватора** приймають при цьому за **40000 км**.

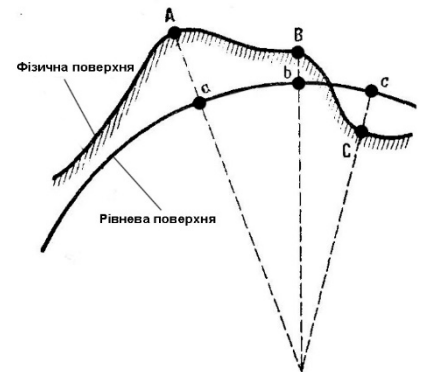
Щоб відобразити реальні форми земної поверхні, яку називають **фізичною поверхнею Землі**, науковці придумали теоретичну (уявну) поверхню, яку назвали **рівневою**. Вона відповідає поверхні Світового океану, яка уявно продовжена в межах всіх ділянок суходолу з умовою, що у кожній точці вона перпендикулярна до **прямовисної лінії** (лінії вздовж якої спрямовується будь який підвішаний над земною поверхнею тягарець). Уявне геометричне тіло, яке обмежене рівневою поверхнею, називають **геоїдом**, що у дослівному перекладі означає «землеподібний».

Абсолютна висота точок реальної (фізичної) земної поверхні за своїм змістом є висотою над рівнем моря, тобто над рівневою поверхнею (поверхнею геоїда). Усі висоти і глибини точок твердої земної поверхні проєктуються на поверхню геоїда і відображаються на картографічних творах.

Маса Землі становить близько $6 \cdot 10^{18}$ т, а площа поверхні Землі — 510 млн км². Близько 149 млн км² (29%) припадає на сушу і 361 млн км² (71%) на поверхню Світового океану.

Форма і розміри Землі мають велике географічне значення. Куляста фігура Землі обумовлює зменшення кута падіння сонячних променів на земну поверхню від екватора до полюсів. Це у свою чергу призводить до перерозподілу тепла на поверхні Землі, а також до закономірної зміни природних процесів і явищ у географічній оболонці у напрямку від екватора до полюсів.

Розміри і маса Землі визначають таку силу земного тяжіння, що утримує атмосферу визначеного складу та гідросферу, без яких неможливе життя. Розподіл площі між Світовим океаном і суходолом також суттєво впливає на розподіл температур, опадів, живих організмів.



Мал. 3. Проектування точок фізичної поверхні на рівневу поверхню геоїда

Тест із підтеми

- Земля, як і інші планети Сонячної системи, має форму:
А кулясту Б круглу В еліпса
- Перші докази кулястості Землі належать давньогрецькому вченому:
А Гомеру Б Арістотелю В Ератосфену
- Першим достатньо правильно визначив розміри земної кулі:
А Гомер Б Колумб В Ератосфен.
- Точки, де уявна вісь Землі перетинається із земною поверхнею, називають:
А крайніми точками; Б полюсами.
- Екватором називають:
А лінію перетину поверхні земної кулі уявною площиною, у якій знаходиться вісь Землі;
Б лінію перетину поверхні земної кулі уявною площиною, яка перпендикулярна осі Землі і проходить через її центр.
- Екваторіальний радіус Землі становить:
А 6378 км Б 6357 км В 6371 км Г 12742 км
- Довжина великого кола, проведеного через обидва полюси, дорівнює:
А 40009 км Б 40076 км В 6371 км Г 12742 км
- Середній діаметр Землі приймають за:
А 6 371 км Б 12 742 км В 40 000 км Г 21,4 км
- Як називають теоретичну поверхню, що відповідає поверхні Світового океану, яка уявно продовжена в межах всіх ділянок суходолу з умовою, що у кожній точці вона перпендикулярна до прямовисної лінії?
А фізичною Б прямовисною; В рівневою
- Уявне геометричне тіло, яке обмежене рівневою поверхнею, називають:
А сфероїдом Б геоїдом В еліпсоїдом обертання
- Висоту точок реальної (фізичної) земної поверхні над рівневою поверхнею (поверхнею геоїда), називають:
А фізичною Б прямовисною; В абсолютною
- Площа поверхні Землі становить:
А 149 млн км² Б 361 млн км² В 510 млн км² Г 6 млрд км²
- На поверхню Світового океану від всієї площі Землі припадає:
А 21% Б 29% В 71% Г 78%

14. Куляста фігура Землі обумовлює те, що кут падіння сонячних променів на земну поверхню опівдні від екватора до полюсів:

А не змінюється

Б збільшується

В зменшується

15. Встановіть відповідність між поняттями, що характеризують розміри Землі та їх конкретними величинами:

- 1 екваторіальний радіус;
- 2 полярний радіус;
- 3 середній радіус Землі;
- 4 середній діаметр Землі.

1	2	3	4

А 6357 км;

Б 6371 км;

В 6378 км;

Г 12742 км;

Д 12714 км.

16. Встановіть відповідність між поняттями, що стосуються розмірів Землі та їх особливостями:

- 1 сфероїд;
- 2 геоїд;
- 3 правильна куля;
- 4 велике коло Землі.

1	2	3	4

А лінія перетину поверхні Землі площиною, що проходить через її центр;

Б об'ємна геометрична фігура, радіус якої відповідає середньому радіусу Землі;

В теоретична фігура утворена обертанням еліпса навколо коротшого діаметра;

Г лінія, яка співпадає з фізичною поверхнею Землі;

Д уявне геометричне тіло, яке обмежене рівневою поверхнею.

17. Вкажіть твердження, які правильно характеризують теоретичні фігури, які близькі за формою і розмірами до Землі:

- 1 геоїд це правильна геометрична фігура, екваторіальний радіус якої у кожній точці рівно на 21,4 км більший від полярного;
- 2 геоїд це фігура, утворена обертанням еліпса навколо коротшої осі;
- 3 геоїд це фігура, поверхня якої збігається з рівневою поверхнею Світового океану, яка уявно продовжена під усіма ділянками суходолу;
- 4 справжня фізична поверхня Землі з горами і западинами не збігається з поверхнею геоїда і відступає від неї на відстань від 0 до 11 кілометрів;
- 5 еліпсоїд обертання не використовується для створення точних карт, на яких відображені невеликі території;
- 6 для створення карт світу, півкуль, материків Землю приймають за правильну кулю із середнім радіусом 6371 км.

--	--	--

18. Вкажіть твердження, які правильно характеризують форму і розміри Землі:

- 1 площа поверхні Землі становить 361 млн км²;
- 2 екваторіальний радіус Землі більший від полярного приблизно на 21,4 км;
- 3 усі висоти і глибини точок твердої земної поверхні проектується на поверхню геоїда, а тоді відображаються на картографічних творах;
- 4 29% поверхні усієї земної кулі займає поверхня Світового океану;
- 5 середній радіус Землі становить 6357 км ;
- 6 розміри і маса Землі визначають силу земного тяжіння.

--	--	--

19. Вершина гори віддалена від геометричного центра Землі 6368,35 км. Яка абсолютна висота вершини (у метрах), якщо вона проектується на поверхню геоїда у точці з радіусом 6367,5 км?

--	--	--

1.1.3. Наслідки добового обертання Землі. Градусна сітка Землі. Глобус

Земля, як і інші планети Сонячної системи, бере участь одночасно в декількох видах руху. Головними рухами Землі є добове обертання навколо уявної осі і річний рух по орбіті навколо Сонця.

Обертання Землі навколо осі має цілий ряд важливих географічних наслідків. Одним з них є вплив на *фігуру Землі*. Сплюснутість Землі біля полюсів є результатом її обертання навколо осі.

З добовим обертанням Землі пов'язана *зміна дня і ночі, а отже й добова ритмічність явищ і процесів у географічній оболонці*. Загальновідомий добовий хід температури, денний і нічний місцеві вітри і т. д. Дуже яскраво виражений добовий ритм живої природи.

Важливим наслідком добового обертання Землі є *відхилення тіл, що рухаються горизонтально* (вітрів, морських течій і т. д.), від їхнього первісного напрямку: у *північній півкулі* — *вправо*, у *південній* — *вліво*. Воно зумовлене дією сили інерції – *силою Копіоліса*. Названа вона на честь французького вченого, який першим пояснив це явище. Найбільше ця сила впливає на тіла, що рухаються у меридіональному напрямку. З віддаленням від екватора і наближенням до полюсів відхилення наростає. На тіла, що рухаються вздовж екватора або паралельно до нього ця сила не діє.

Завдяки осьовому обертанню на земній поверхні є дві відносно нерухомі точки — полюси, які послужили основою побудови на земній кулі *градусної сітки Землі* з меридіанів і паралелей.

Меридіанами називають лінії між двома полюсам, які утворюються у результаті перетину поверхні земної кулі уявними площинами, у яких знаходиться вісь Землі. Простіше можна визначити меридіани як уявні лінії на земній поверхні, що з'єднують обидва полюси. Точний напрямок простягання меридіана у конкретній точці можна визначити опівдні, коли сонце найвище, за найкоротшою тінню від вертикальних предметів.

Екватор визначають як лінію перетину земної кулі уявною площиною, яка перпендикулярна до осі обертання Землі і проходить через її центр. Простіше можна стверджу, що це уявна лінія, яка ділить Землю на дві півкулі — північну і південну і проходить на однаковій відстані від обох полюсів.

Паралелі — лінії перетину поверхні земної кулі площинами, перпендикулярними до осі Землі. Інакше — це уявні лінії на поверхні Землі, що проходять паралельно до екватора. Якщо екватор є великим колом Землі, яке має довжину ледь більшу 40000 км, то паралелі є колами, довжини яких суттєво зменшуються з наближенням до полюсів.

Найзручніше ознайомитися з особливостями градусної сітки Землі, розглядаючи глобус. Адже ця зменшена у мільйони разів модель Землі *точно відображає особливості простягання паралелей і меридіанів*. До того ж глобус точно передає й усі відстані на земній поверхні, а отже довжину екватора, меридіанів, будь якої паралелі. Усі вони на глобусі є зменшеними у ту саму кількість разів, тобто виражені у масштабі глобуса.

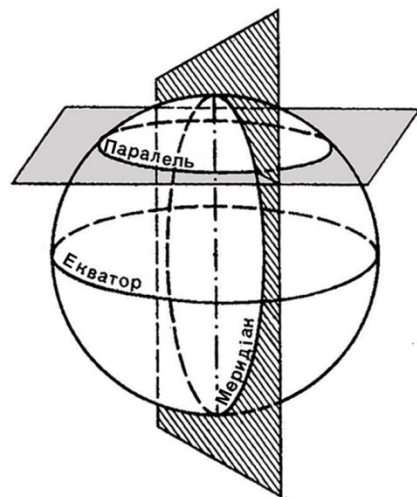
Масштабом глобуса називають відношення, яке показує у скільки разів зменшена Земна куля при створенні глобуса. Його прийнято вказувати на глобусі у двох формах запису. Відношення, яке виражається дробом, де в чисельнику одиниця, а в знаменнику число, яке показує, у скільки разів зменшено розміри Землі чи певної частини земної поверхні називають **числовим масштабом**. Записати його можна у вигляді звичайного дробу, але частіше передають як дію ділення. Найбільш поширеними зараз є глобуси у масштабі 1: 40000000. Це означає, що куля цього глобуса у 40 млн разів менша від Землі.

Іменований масштаб відрізняється від числового тим, що біля кожного числа записана назва одиниці вимірювання. Отримують іменований масштаб шляхом перетворення з числового. Для цього у чисельнику і знаменнику числового масштабу дописують сантиметри, а тоді величину знаменника перетворюють у більші одиниці вимірювання. Так, числовий масштаб 1:40 000 000 у формі іменованого матиме вигляд: в 1 см — 400 км. Його також вказують на глобусі.

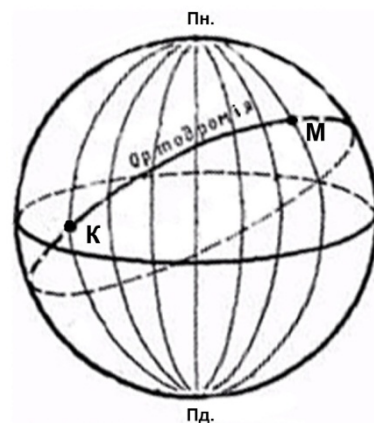
Незначна сплюснутість земної кулі є зовсім непомітною на глобусі, як і форми її поверхні. Тому можна вважати, що гладка куляста поверхня глобуса не спотворює співвідношення рельєфу з формою Землі. У порівнянні з розмірами самої Землі різниця екваторіального та полярного радіусів, а також нерівності земної поверхні надзвичайно малі. Так, різниця півосей, якщо б ми хотіли відобразити її на глобусі в масштабі 1: 40 000 000, становила б 0,46 мм. Найвища точка нашої планети — г. Джомолунгма, яка має абсолютну висоту вершини 8848 м, у масштабі цього ж глобуса мала б висоту 0,22 мм.

Глобус також правильно передає розподіл площі земної поверхні, зайнятої материками та океанами, відображає їх справжні форми і взаємне розташування.

Користуючись глобусом можна визначити найкоротшу відстань між будь якими двома точками на земній поверхні — **ортодромію**. Для їх визначення треба виміряти відстань між ними на глобусі за допомогою нитки. Приклавши нитку до лінійки, визначають її у сантиметрах. Отриману величину множать на іменований масштаб.



Мал. 6. Паралелі і меридіани на Земній кулі



Мал. 8. Ортодромія між точками К та М.

Тест із підтеми

1. До географічних наслідків осьового обертання Землі не належить:
 - А** сплюснутість фігури планети **Б** добовий хід температури
 - В** зміна пір року **Г** дія сили Коріоліса
2. Під дією сили інерції (сили Коріоліса) тіла, що рухаються горизонтально (вітри, морських течії), відхиляються від їхнього первісного напрямку у північній півкулі:
 - А** із заходу на схід **Б** зі сходу на захід
 - В** вправо **Г** уліво
3. Найбільше сила Коріоліса впливає на тіла, що рухаються:
 - А** вздовж екватора **Б** у меридіональному напрямку
 - В** вздовж паралелей **Г** під незначним кутом до паралелей
4. Основною для побудови градусної сітки Землі послужили:
 - А** паралелі; **Б** меридіани; **В** полюси.
5. Лінії між двома полюсам, які утворюються у результаті перетину поверхні земної кулі уявними площинами, у яких знаходиться вісь Землі, називають:
 - А** паралелями; **Б** меридіанами.
6. Відношення, яке показує у скільки разів зменшена Земна куля при створенні глобуса, називають:
 - А** масштабом; **Б** дробом.
7. Масштаб, який виражається дробом або дією ділення, де ділене одиниця, а дільник число, яке показує, у скільки разів зменшена та чи інша реальна відстань на глобусі чи іншому картографічному творі, називається:
 - А** іменованим; **Б** числовим.
8. Масштаб, який відрізняється тим, що біля кожного числа записана назва одиниці вимірювання, називають:
 - А** іменованим; **Б** числовим.
9. Масштаб в 1 см 800 км означає, що зображення на глобусі зменшене у:
 - А** 800 разів; **Б** 80000 разів; **В** 80000000 разів.
10. Найкоротшу відстань між будь якими двома точками на земній поверхні:
 - А** локсодромія; **Б** ортодромія.

11. Встановіть послідовність глобусів за масштабом від найбільшого до найменшого:

- А** в 1 см 500 км;
- Б** 1 : 100000000;
- В** в 1 мм 60 км;
- Г** в 1 см 8000 км.

1	
2	
3	
4	

12. Важливими географічними наслідками добового обертання Землі є:

- 1 об'єм і маса земної кулі;
- 2 зміна пір року на Землі;
- 3 сплюснутість Землі біля полюсів;
- 4 дія сили Коріоліса;
- 5 віддаленість Землі від Сонця;
- 6 добова ритмічність явищ і процесів у географічній оболонці.

--	--	--

13. Важливими особливостями градусної сітки Землі є:

- 1 паралелі є колами, довжини яких суттєво зменшуються з наближенням до полюсів;
- 2 меридіани – уявні лінії на земній поверхні, що з'єднують обидва полюси;
- 3 точний напрямок простягання меридіана у конкретній точці можна визначити за найкоротшою тінню від вертикальних предметів;
- 4 меридіан це уявна лінія, яка ділить Землю на дві півкулі — північну і південну;
- 5 паралелі це уявні лінії на земній поверхні, що з'єднують обидва полюси;
- 6 екватор визначають як лінію перетину земної кулі уявною площиною, яка паралельна до осі обертання Землі.

--	--	--

14. Вкажіть твердження, які правильно характеризують глобус:

- 1 правильна геометрична фігура, екваторіальний радіус якої на 21,4 км більший від полярного;
- 2 зменшена модель Землі;
- 3 картографічний твір, який найточніше передає форму Землі, взаєморозміщення паралелей і меридіанів;
- 4 фігура, утворена обертанням еліпса земних розмірів навколо коротшої осі;
- 5 картографічний твір, який правильно відображає розподіл площі земної поверхні, зайнятої материками та океанами;
- 6 зберігає масштаб відстаней тільки за напрямом меридіанів.

--	--	--

15. Скільки кілометрів відповідатиме 1 см на глобусі, якщо радіус глобуса становитиме 15, 9275 см?

--	--	--

Для розв'язку скористатися величиною середнього радіуса Землі.

16. Скільки сантиметрів становитиме на глобусі масштабу 1:50000000 меридіан, якщо велике коло Землі в усіх напрямках вважати рівним 40 000 км.

17. Скільки кілометрів становитиме ортодромія, якщо масштаб глобуса 1:250000000, а відстань на глобусі між точками склала 3,6 см?

1.1.4. Географічна широта і довгота

Градусна сітка дозволяє визначити місце розташування будь-якої точки на земній поверхні за допомогою географічних координат — широти і довготи.

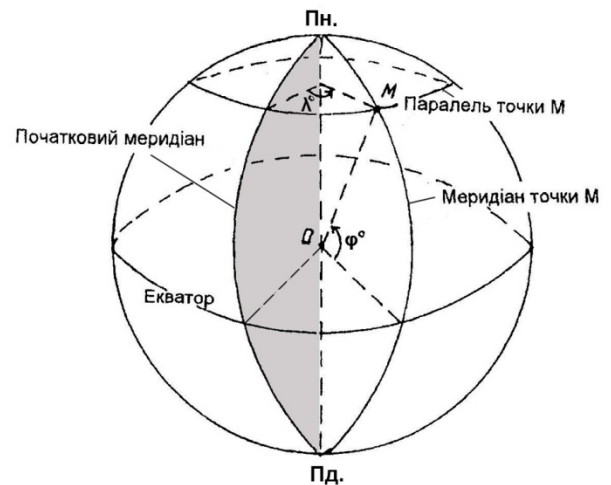
Географічна широта — кут між площиною екватора і прямовисною лінією до даної точки. Спрощено визначають широту як відстань від екватора до будь-якої точки на земній поверхні, яка виражена у градусах. Змінюється вона від 0° (екватор) до 90° (полюси). Розрізняють північну і південну широту. Зрозуміло, що усі точки, які лежать на одній паралелі, мають однакову географічну широту.

Географічна довгота — двогранний кут, який утворений площиною початкового меридіана і площиною меридіана, що проходить через дану точку. Спрощено можна визначити довготу як кутову відстань точки від початкового меридіана. За початковий (нульовий) прийнятий меридіан, що проходить через Гринвіцьку обсерваторію у передмісті Лондона. Він нічим не відрізняється від усіх інших меридіанів, але за міжнародною згодою відлік проводять саме від нього. У напрямку на схід від початкового меридіана довгота східна, а на захід — західна. Обидві довготи можуть набирати значень більше 0° , але менше 180° . Усі точки, що лежать на одному меридіані, мають однакову географічну довготу.

Відображення градусної сітки Землі на глобусах, як і на географічних картах називають **картографічною сіткою**. Картографічна сітка глобуса, на відміну від карт, абсолютно правильно відображає градусну сітку Землі, форми клітинок градусної сітки, а тому дозволяє визначати географічні координати будь-якої точки, які на глобусах також передаються з максимальною точністю.

Кожній парі географічних координат відповідає тільки одна точка на поверхні Землі, а отже і на поверхні глобуса. Найлегше визначати географічні координати точок перетину паралелей і меридіанів, які ще називають **вузловими точками картографічної сітки**. Цьому сприяє те, що на глобусі географічні довготи усіх меридіанів підписані на екваторі, а паралелей — на меридіанах 0° і 180° довготи.

Важче визначати на глобусі координати точок, що лежать у середині клітинок картографічної сітки глобуса, які утворено відрізками двох сусідніх паралелей і меридіанів. За формою на глобусі вони в основному є рівнобедреними сферичними трапеціями і тільки біля полюсів рівнобедреними сферичними трикутниками. Саме сферичність зображення клітинок на глобусі ускладнює визначення географічних координат, а тому зручніше їх визначати на географічних картах, які також точно передають географічні координати об'єктів на земній поверхні.



Географічні координати:
 φ° — географічна широта, λ° — географічна довгота

Мал. 7. Схема географічних координат точки на Земній кулі

Тест із підтеми

- Кут між площиною екватора і прямовисною лінією до даної точки:

А географічна довгота	Б географічна висота
В географічна широта	Г змінюється від 0 до 180°
- Географічна широта може мати найбільше значення:

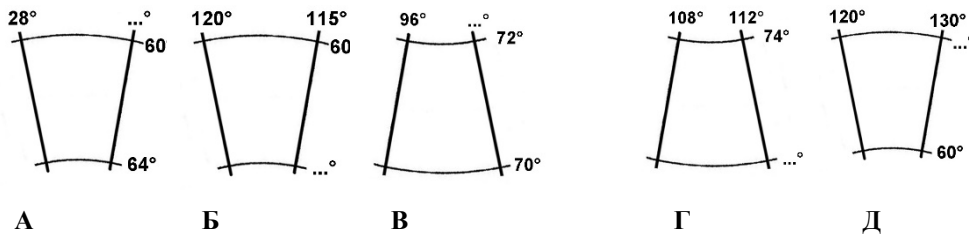
А 90°	Б 180°	В 270°	Г 360°
--------------	---------------	---------------	---------------
- Географічна довгота може мати найбільше значення:

А 90°	Б 180°	В 270°	Г 360°
--------------	---------------	---------------	---------------

4. Лінія з географічними координатами 0° ш. — це:
А гринвіцький меридіан **Б** екватор
В меридіан, протилежний до гринвіцького **Г** тропік
5. Столиця якої держави знаходиться на гринвіцькому меридіані:
А Великої Британії **Б** Іспанії **В** Франції **Г** Ісландії
6. Точка з координатами 0° ш., 0° д. — це:
А точка перетину 180° -го меридіана та екватора
Б точка перетину 0° -го меридіана та екватора
В точка перетину меридіана, протилежного до гринвіцького і екватора
Г точка перетину 0° -го меридіана та тропіка
7. Відображення паралелей і меридіанів на глобусах і картах утворюють:
А градусну сітку; **Б** картографічну сітку.
8. Точки перетину паралелей і меридіанів називають:
А вузловими; **Б** картографічними.
9. Паралелі і меридіани глобусів проведені через однакові інтервали у градусній мірі. Встановіть відповідність між географічними координатами та клітинками картографічної сітки, яким вони можуть відповідати:

- 1 98° сх. д.;
 2 65° пд. ш.;
 3 24° зх. д.;
 4 50° пд. ш.

1	2	3	4



10. Розташуйте географічні координати точок на одному з меридіанів у послідовності зростання їх віддаленості від південного полюса:

- А** 40° пд. ш.;
Б 80° пн. ш.;
В 60° пн. ш.;
Г 70° пд. ш.

1	
2	
3	
4	

11. Розташуйте географічні координати точок на екваторі у послідовності зростання їх віддаленості від нульового меридіана у східному напрямку:

- А** 140° сх. д.;
Б 180° д.;
В 50° зх. д.;
Г 20° сх. д.

1	
2	
3	
4	

12. Географічна широта:

- 1 спрощено її можна визначити як кутову відстань точки від початкового меридіана;
 2 кут між площиною екватора і прямовисною лінією до точки на земній поверхні;
 3 може набирати значень від 0° до 90° ;
 4 має однакові значення для усіх точок, що лежать на одній паралелі;
 5 може набирати значень від 0° до 180° ;
 6 має однакові значення для усіх точок, що лежать на одному меридіані.

--	--	--

13. Скільки становитиме менший двохгранний кут між меридіанами 64° зх. д. і 118° сх. д.?

--	--	--

14. Точка К знаходиться на меридіані 88° зх. д. Визначте географічні координати протилежної до неї точки, якщо відомо, що точка К розміщена на відстані 5000 км на північ від екватора.
15. Визначте координати точки Р, яка є протилежною до точки А, про яку відомо, що вона за широтою віддалена від південного полюса на 38° , а від меридіана 180° на 96° у східному напрямку.
16. Визначте координати точки К, яка є протилежною до точки Т, про яку відомо, що вона за широтою віддалена від північного полюса на 44° , а від меридіана 180° на 77° у західному напрямку.

Тема 3. ТОПОГРАФІЧНА КАРТА ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ (Лекція 1)

П л а н

1. Загальні уявлення про топографічні карти та плани, особливості їх побудови.
2. Разграфка і номенклатура топографічних карт

1. ВЛАСТИВОСТІ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ

- а) Уявлення про топографічну карту та її значення
- б) Особливості побудови та створення топографічної карти
- в) Топографічний план та спеціалізовані (галузеві) топокарти

а) Уявлення про топографічну карту та її значення

Топографічні карти – великомасштабні загальногеографічні карти, що відображають розміщення і властивості основних природних і соціально-економічних об'єктів місцевості. Підрозділяються на карти суші і карти шельфу і внутрішніх водойм. На топографічних картах суші з більшою чи меншою детальністю і точністю, що допускається масштабом, зображуються рельєф, водні об'єкти, рослинний покрив, населені пункти, шляхи сполучення й інші об'єкти.

Топографічні карти використовуються для вирішення широкого кола задач у господарської, наукової, оборонній областях.

У багатьох випадках топографічні карти служать основним джерелом інформації про місцевість.

Польові фізико-географічні, геологічні, геоботанічні й інші **дослідження** природного середовища дають плідні результати при всебічному використанні топографічних карт. Вони служать:

- а) путівниками по території, надійним засобом орієнтування,
- б) документом для фіксації матеріалів досліджень,
- в) джерелом одержання багатьох кількісних даних,
- г) основою для створення тематичних карт.

Топографічні карти широко застосовуються **при проектуванні і будівництві** населених пунктів, промислових, енергетичних і гідротехнічних споруд, шляхів сполучення, при меліораціях (осушення і зрошення земель, регулювання стоку вод і ін.). Вони необхідні при земле- і лісовпорядних роботах, а також для ведення сільського і лісового господарства.

Різнобічне застосування топографічних карт у **військовій справі** при керуванні військами, при орієнтуванні на марші й у бої, при складанні бойових графічних документів і спеціальних карт.

Робота з топографічними планами і картами є складовою частиною шкільного курсу географії, оскільки вони дають найбільш конкретне зображення об'єктів земної поверхні на площині і доступні розумінню школярів. Навички в читанні топографічних планів і карт полегшують учням перехід до вивчення і розуміння дрібномасштабних карт значних територій і всієї Землі.

б) Особливості побудови топографічної карти

Топографічні карти великих територій *видаються багатоаркушевиими серіями*. На кожному листі зображується порівняно невелика ділянка місцевості, у межах якого поверхня земного еліпсоїда практично близька до площини. Унаслідок цього спотворення, які неминучі при переході від поверхні еліпсоїда до площини, на топографічних картах дуже незначні, і в багатьох випадках їх не враховують, оскільки вони менше можливої точності вимірів по картах.

Для топографічних карт, як і для інших картографічних творів, *характерна генералізація зображення*, обумовлена головним чином *масштабом і особливостями картографованої території*. Вона виражається в тім, що навіть на детальних картах деякі об'єкти можуть бути відсутніми, контури об'єктів бувають узагальнені, розміри окремих об'єктів перебільшені, а їхні зображення зміщені.

Лист топографічної карти включає **а) картографічне зображення** (сукупність відомостей про місцевість), що відображене умовними знаками і побудоване на математичній основі, і **б) допоміжне оснащення**.

Комплекс елементів картографічного зображення топографічних карт обумовлений інструкціями і настановами для створення карт визначених масштабів і показаний у відповідних таблицях умовних знаків. *Математична основа*, що визначає геометричні закони побудови і геометричні властивості картографічного зображення, *забезпечує широкі можливості проведення картометричних робіт і одержання різноманітних кількісних характеристик* за топографічними картами.

До елементів оснащення цих карт відносяться дані і побудови, що забезпечують їхнє різнобічне використання: *таблиці умовних знаків, графічний масштаб, координатні сітки, графік закладень і деякі довідкові дані*. Додатково приводяться відомості про магнітне схилення, кут зближення меридіанів і ін.

Топографічні карти і плани найбільших масштабів (1:25000 і крупніше) створюються переважно за матеріалами аерофототопографічного знімання. При відсутності матеріалів аерофотознімання використовують мензульну і тахеометричну зйомку. Карти дрібніших масштабів одержують шляхом камерального складання за наявних картах більших масштабів. Карти, створювані шляхом польових зйомок, відносяться до *первинних*, а карти, що складаються в камеральних умовах за первинними, є *похідними картами*.

Усі питання створення топографічних карт в Україні, їхнього призначення, змісту, точності й інші визначаються «Основними положеннями по створенню топографічних карт», що розробляє (ГУГК) для карт і планів різних масштабів.

в) Топографічний план та спеціалізовані (галузеві) топокарти

Топографічний план – зображення обмеженої ділянки місцевості на

площині у великому масштабі, горизонтальну проекцію якого на еліпсоїд приймають за площину. План дає докладне зображення місцевості, його масштаб постійний у всіх точках на відміну від змінного масштабу карт великих територій.

Заміна поверхні еліпсоїда площиною викликає похибки в довжинах ліній і висотах, що залежать від розмірів картографованої ділянки. Так, при відстані 10 км похибка у довжині невелика, складає всього 0,01 м, при відстані 50 км – 1,02 м. Розміри ділянок, що можуть бути прийняті за площину, обумовлені необхідною точністю вимірів. Наприклад, якщо помилка 1 м на 50 км відстані, тобто 1:50 000, задовольняє ці вимоги, то на плані можливе зображення місцевості до 50 км у діаметрі. Однак похибки висотного положення точок будуть надмірно великі, і тому його розглядають як контурний план місцевості.

Топографічні плани створюються в масштабах **1:2000 і більше**. Вони використовуються при підготовці технічних проектів і будівництві інженерних споруд, розробці родовищ корисних копалин, у міському господарстві й ін.

У даному курсі розглядаються в основному властивості загальнодержавних топографічних карт великих масштабів (1:100000 і крупніше), що призначені для задоволення вимог багатьох галузей національного господарства.

У зв'язку з розширенням сфери застосування топографічних карт для вирішення господарських і наукових задач створюються **спеціалізовані (галузеві) топографічні карти**. Їхній зміст залежить від необхідності в одних випадках спростити основну топографічну карту, в інших випадках доповнити потрібними елементами (деталлями) зображення об'єктів. Спеціалізовані топографічні карти застосовують при проектуванні меліорації земель, у геологічній розвідці, гірничодобувній промисловості, для гідроенергетичного і дорожнього будівництва й інших галузей.

2. РАЗГРАФКА І НОМЕНКЛАТУРА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

а) Разграфка і номенклатура топокарт мільйонного масштабу.

б) Разграфка аркушів масштабів від 1:500000 і більше

а) Разграфка і номенклатура топокарт мільйонного масштабу

Топографічні карти великих територій включають велику кількість окремих аркушів. **Система розподілу карти на аркуші називається разграфкою.** Кожен лист обмежений відрізками паралелей і меридіанів, завдяки чому рамки аркушів точно вказують положення зображень території на земному еліпсоїді.

Для встановлення адреси листа карти служить система позначень – **номенклатура топографічних карт**, що залежить від масштабу карти і географічного положення зображеної території.

Разграфка і номенклатура топографічних карт засновані на разграфці і номенклатурі карти в масштабі 1:1 000 000. Разграфка на аркуші цієї карти здійснюється по паралелях, що лежать одна від другої **на 4°**, і по меридіанах, що віддалені **на 6°**.

Чотириградусні смуги між двома паралелями називаються **рядами** і **позначаються великими буквами латинського алфавіту**, починаючи від екватора (до півночі і півдня). Ряд А обмежений екватором і паралеллю 4°, ряд В – паралелями 4° і 8° і т.д. Повних рядів у кожній півкулі **22**.

Шестиградусні смуги між двома меридіанами називаються колонами і нумеруються арабськими цифрами з заходу на схід. Перша колона обмежена меридіанами з довготою 180° і 174° західної довготи, друга колона – 174° і 168° і т.д. Таким чином, Гринвіцький меридіан (0°) розмежовує 30 і 31 колони. Усю земну поверхню охоплюють **60 колон**.

Позначення листа мільйонної карти складається з букви ряду і номера колони. Наприклад, трапеція, розміщена між паралелями із широтою 48° і 52° пн.ш. і між меридіанами з довготами 30° і 36° сх.д., буде мати номенклатуру М – 36, тому що вона знаходиться в 13 поясі (тринадцята буква – буква М) і в 36 колоні, обмеженій меридіанами 30° і 36° сх.д. У міру наближення до полюсів колони і, отже, трапеції помітно звужуються, що приводить до необхідності на широтах 60 – 76° видавати аркуші здвоєними (12° по довготі), а північніше паралелі 76° – зчетвереними (24° по довготі) трапеціями.

б) Разграфка аркушів масштабів від 1:500000 і більше

Разграфка аркушів карт наступних, більш великих масштабів, будується так, що *кожному листу карти масштабу 1:1 000 000 відповідає ціле число аркушів цих карт.* Їхнє позначення утворені номенклатурою відповідного листа мільйонної карти з додатком російських букв і римських чи арабських цифр.

Масштаб	Одержується від ділення трапеції масштабу	На скільки частин	Додаткові познач.	Приклад номенклатури	Розміри рамок	
					По широті (взд. мер.)	По довготі (взд. парал.)
1:1 000 000	1:1 000 000	1	A,B,C...Z-ряд; 1,2,3...60- кол.	N-6	4°	6°
1:500 000	---	4	A, Б, В, Г	N-6-B	2°	3°
1:300 000	---	9	I, II, III...IX	III-N-6	$1^\circ 20'$	2°
1:200 000	---	36	I, II...XXXVI	N-6-XXI	$40'$	1°
1:100 000	---	144	1,2,3...144	N-6-122	$20'$	$30'$
1:50 000	1:100 000	4	A, Б, В, Г	N-6-72-B	$10'$	$15'$
1:25 000	1:50 000	4	a, б, в, г	N-6-72-B-в	$5'$	$7'30''$
1:10 000	1:25 000	4	1, 2, 3, 4	N-6-72-B-в-3	$2'30''$	$3'15''$

З укрупненням числового масштабу карти в 2 рази площа зображення збільшується в 4 рази. Унаслідок цього неможливо показати на одному стандартному листі в масштабі 1 : 500 000 ту ж територію, що і на листі карти мільйонного масштабу. Тому територію, охоплювану листом карти масштабу 1:1 000 000, поділяють середньою паралеллю і середнім меридіаном на 4 частини, одержуючи аркуші з розмірами 2° по широті і 3° по довготі. Аркуші позначають українськими великими буквами А, Б, В, Г, а номенклатура кожного з них складається з номенклатури вихідного аркуша карти масштабу 1:1 000 000 і однієї з цих букв.

Зі збільшенням масштабу до 1 : 200 000 вихідну трапецію, що покривається листом мільйонної карти, розбивають паралелями і меридіанами на 36 менших трапецій. Позначення аркушів цього масштабу складається з номенклатури вихідного листа карти масштабу 1:1 000 000 і однієї з римських цифр (I, II ... XXXVI), а розміри листа складають $40'$ по широті і 1° по довготі.

Лист карти масштабу 1 : 100 000 одержують розподілом листа мільйонної

карти на 144 частини, провівши меридіани через 30', а паралелі через 20'. Виділені в цих межах трапеції стотисячного масштабу нумеруються арабськими цифрами ліворуч праворуч і зверху вниз. Позначення листа складається з позначення листа мільйонної карти з додаванням арабської цифри (від 1 до 144), наприклад М- 36 -54.

Аркуші карт масштабів *крупніше 1:100000* одержують шляхом розподілу території, охопленої листом попереднього (більш дрібного) масштабу, на 4 частини. Таким чином, лист карти масштабу 1:50 000 утвориться розподілом листа стотисячної карти на 4 листи, його номенклатура складається з позначення листа карти 1 : 100 000 і однієї з букв А, Б, В, Г українського алфавіту. Розміри трапеції 10' по широті і 15' по довготі.

Аналогічно одержують аркуші карти масштабу 1:25 000, розділивши лист масштабу 1:50 000 на 4 частині і позначивши кожен чверть однієї з букв а, б, в, г українського алфавіту. Розміри трапеції 5' по широті і 7,5' по довготі. Повна номенклатура листа карти масштабу 1:25 000 утвориться з номенклатури п'ятдесятитисячного листа з додаванням малої літери.

Лист карти масштабу 1:10000 утвориться розподілом листа двадцятип'ятитисячної карти на 4 частини. Розміри листа: по широті 2,5', по довготі 3,75'. Позначення листа одержують додаванням до номенклатури листа масштабу 1:25 000 однієї з цифр 1, 2, 3, 4.

Лист карти масштабу 1:5 000 одержують розподілом листа карти масштабу 1 : 100000 на 256 частин і позначенням його номера арабськими цифрами після номенклатури відповідного листа, наприклад М-45–103 (216). Розмір листа 115 по широті і 152,5 по довготі.

Лист карти в масштабі 1:5000 поділяється на 9 аркушів, утворити аркуші карт масштабу 1:2 000, що позначаються малими літерами українського алфавіту а, б, в, г. Приклад: М-45–103 (216–д). Розміри листа: 25" по широті, 37,5" по довготі.

Для топографічних планів на ділянки площею менш 20 км² використовується прямокутна разграфка з розмірами рамок: для масштабу 1:5000- 40X40 см, для масштабів 1:2000–1: 500 50X50 см.

Номенклатура листа топографічної карти підписується над його північною рамкою, причому поруч у дужках *вказується назва найбільшого населеного пункту даної місцевості*. Номенклатуру аркушів, суміжних з даним листом, указують на рамках карти з відповідної сторони.

Для механізованого обліку карт застосовується цифрову номенклатуру, у якій букви замінені цифрами відповідно до порядкового номера букв в алфавіті, наприклад, замість позначення листа N-36–б дається N –36–2.

Тема 3. ТОПОГРАФІЧНА КАРТА ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

Лекція 2

П л а н

1. Рамки аркуша топографічної карти.
2. Картографічна проекція топографічних карт і прямокутні координати.
3. Масштаб. Вимірювання відстаней і площ на топокартах.

1. РАМКИ АРКУША

ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ.

Кожний аркуш топографічної карти має три рамки: *внутрішню, хвилинну і зовнішню*.

1) Внутрішня рамка карти - одержана в результаті розграфлення. Вона має вигляд *рівнобічної трапеції*, в якій бічні сторони — *відрізки географічних (дійсних) меридіанів*, а основи — *відрізки паралелей*. Інші меридіани і паралелі на аркуші топографічних карт не наносять.

Позначають внутрішню рамку тонкими суцільними чорними лініями і вона обмежує картографічне зображення аркуша карти. Довготи меридіанів і широти паралелей внутрішньої рамки позначають на виходах цих ліній в чотирьох кутках рамки карти. Щоб не переплутати значення довготи і широти, градуси довготи пишуть зліва від продовження меридіана (після перетину його з паралеллю, внаслідок чого утворюється кут рамки), а *хвилини і секунди довготи* — *вправо від меридіана*. Відповідно градуси широти підписують вище від продовження паралелі (між внутрішньою і хвилинною рамками), а *хвилини й секунди широти* — *під паралеллю*.

2) Хвилинна рамка - утворена двома паралельними лініями і знаходиться на деякій відстані (6—7 мм) від внутрішньої рамки. Дві вертикальні (бічні) *сторони хвилинної рамки поділені на хвилини широти, а дві горизонтальні (верхня і нижня) — на хвилини довготи*. Причому хвилини широти й довготи рамки послідовно (через одну) позначаються двома паралельними лініями і однією жирною суцільною лінією.

Останнім часом використовують топографічні карти на яких кожна хвилина широти і довготи поділена крапками на *6 частин, по 10" у кожній*. Крапки утворюють своєрідну додаткову *секундну рамку*, що дає змогу точно визначити географічні координати об'єктів на топографічній карті (широту й довготу в градусах, хвилинах секундах).

3) Зовнішня рамка - позначається товстими чорними лініями, паралельними хвилинній рамці. Вона має *декоративне значення*, надає карті закінченого вигляду, відділяє її поле від позарамкового оформлення (написів, графіків тощо) і концентрує увагу глядача на картографічному зображенні. У розривах зовнішньої рамки *записують номенклатури чотирьох суміжних аркушів карт* того самого масштабу.

2. КАРТОГРАФІЧНА ПРОЕКЦІЯ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ.

а) Картографічна проекція топографічних карт

б) Системи плоских прямокутних координат

а) Картографічна проекція топографічних карт

Для опрацювання результатів польових вимірювань прямокутні координати зручніші географічних, оскільки оперувати лінійними величинами, безперечно, простіше, ніж кутовими. Щоб побудувати систему простих координат і створити картографічне зображення на значну територію, необхідно поверхню референц-еліпсоїда розгорнути на площині. Але, як нам уже відомо, поверхня еліпсоїда без складок і розривів на площині не розгортається. Тому *спочатку необхідно спроектувати всі точки і лінії з кулі на циліндр або конус, а потім, коли розріжемо останні по твірних, розгорнути їх на площині*.

Серед різноманітних завдань, розв'язування яких пов'язане з використанням топографічних карт, велике значення мають різні вимірювання. Тому топографічні

карти повинні мати мінімальні спотворення, які походять від кривизни земної поверхні. Під час картографування значних територій кривизна Землі неминуче буде відчуватися і перенесене за допомогою картографічної проекції на площину зображення географічних об'єктів неминуче матиме зумовлені спотворення кутів, довжин ліній і площ. Проте ці спотворення можна врахувати.

Сучасна математична картографія розглядає **картографічну проекцію** як *аналітичну залежність між координатами точок на поверхні референц-еліпсоїда і координатами їх проекції на площині.*

Основна вимога до проекції для топографічних карт і систем плоских прямокутних координат полягає в тому, *щоб спотворення за рахунок проектування залишились за межами точності відповідних вимірювань*, а розміри частини земної поверхні, що проектується, були достатньо великі. Цим вимогам цілком відповідає рівнокутна поперечно-циліндрична проекція, загальну теорію якої розробив німецький математик К. Гаусс (1777—1855). Цю проекцію називають також **проекцією Гаусса—Крюгера**. Л. Крюгер (1857—1923) — німецький астроном і геодезист, продовжувач роботи Гаусса, в 1912 р. розрахував робочі формули цієї проекції, зручні для обчислень. За характером спотворення проекція рівнокутна, тобто така, що зберігає на площині кути зображуваних фігур. Карти масштабу 1 : 500 000 і більшого створюються саме в цій проекції. Застосування проекції Гаусса *дозволяє отримати практично без відчутних спотворень зображення досить великих ділянок земної поверхні, забезпечує можливість побудови на такій території системи плоских прямокутних координат*, яка є найбільш простою і зручною під час проведення топографо-геодезичних робіт.

б) Системи плоских прямокутних координат

Особливістю зональної системи плоских прямокутних координат Гаусса є те, *що земну поверхню умовно поділяють уздовж меридіанів на 60 координатних зон із сталою різницею довгот по 6° кожна.*

Для відображення кожної зони у поперечно-циліндричній проекції Гаусса земний еліпсоїд проектують на циліндр, вісь якого перпендикулярна до осі обертання Землі, а бічна поверхня дотикається до середнього (осьового) меридіана кожної зони. У результаті дістаємо плоске зображення 1/60 частини земної поверхні — **геодезичної зони**. Уся поверхня земної кулі розбита на шістдесят таких зон, дотичних по екватору. Проектування здійснюється з дотриманням такої умови: кожна безкінечно мала фігура на еліпсоїді зберігає свою форму на проекції. Цим *досягається рівність кутів на місцевості й карті*. Після проектування поверхню циліндра легко розгорнути на площину, якщо попередньо розрізати циліндр по твірних, дотичних до земних полюсів.

Межі зон на поверхні еліпсоїда проводять у системі географічних координат. Нульовий (Грінвіцький) меридіан є західною межею першої зони, а меридіан з довготою 6° — східною. Наступна зона обмежується меридіанами 6 і 12° тощо. Всього зон 60, і нумеруються вони *арабськими цифрами з заходу на схід проти ходу годинникової стрілки.*

Зональна система плоских прямокутних координат *створюється для кожної зони. На розгорнутій бічній поверхні циліндра осьовий меридіан та екватор будуть прямими взаємно перпендикулярними лініями, решта паралелей та меридіанів —*

кривими. Тому середній меридіан та екватор і є осями зональної системи координат. Зокрема, вісь абсцис (вісь X) —осьовий (середній) меридіан зони, вісь ординат (вісь 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. Відповідно і значення ординат на схід від осьового меридіана зони (абсциси) додатні, а на захід — від'ємні.

Протяжність кожної зони від екватора до Північного полюса становить 90° широти, або 10000 км, а протяжність дуги екватора — 6° довготи, або 666 км (округлено), тобто по 333 км на захід і схід від середнього меридіана зони. На північ від екватора довжина дуг паралелей протяжністю 6° довготи у кілометрах зменшується пропорційно косинусу широти. Наприклад, на широті 50° довжина дуги паралелі між меридіанами 36° і 42° дорівнює близько $50^\circ = 428,2$ км. Територія України розташована на північ від екватора і займає 4 зони — з 4-ї до 7-ї включно.

Положення точки визначається абсцисою X , рівною відстані від екватора, і ординатою Y , рівною відстані від осьового меридіана, і виражається в лінійних мірах — у кілометрах і метрах. Усі точки (пункти) території України мають додатні абсциси. Ординати у східній частині всіх зон додатні, а в західній — від'ємні. Це створює труднощі під час обчислювальних робіт. Для зручності абсцису (осьовий меридіан) кожної зони уявно переносять на захід на 500 км, внаслідок чого в усіх зонах ординати будуть також додатні, тобто зі знаком «плюс».

Координати, одержані під час такого зміщення початку відліку, називаються *перетвореними* (умовними, приведеними). У зв'язку з тим, що кожна зона має свою вісь абсцис і початок координат, точки з однаковою абсцисою і ординатою повторюються в усіх зонах. Тому перед числом, що характеризує перетворену ординату, треба писати номер зони.

Ускладнення під час використання зональної системи координат виникають у тих випадках, коли топографічні і геодезичні роботи проводяться на суміжних ділянках, розміщених у двох сусідніх зонах. Координатні лінії таких зон знаходяться під кутом одна до одної. Для усунення ускладнень, що виникають, і введено смугу перекриття зон, в якій координати точок можуть бути вираховані у двох суміжних системах. Ширина смуги перекриття 4° , по 2° у кожній зоні.

Прийнята система координат забезпечує застосування на практиці відносно невеликого числа зон і однаковість зв'язку між ними. Вперше цю систему в СРСР було застосовано в 1928 р., а в 1932 р. її затверджено як загальнодержавну. З прийняттям для геодезичної основи еліпсоїда Красовського її назвали системою координат 1942 р.

Лінія координатної сітки, яка паралельна осьовому меридіану (вертикальна лінія сітки), і напрям географічного меридіана, що проходять через одну й ту ж точку в межах зони, не збігаються. Вони утворюють деякий кут \square який називається **Гауссовим зближенням** меридіанів.

Гауссове зближення, як і зближення меридіанів, вважається східним (і 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 супроводжується знаком «мінус».

в) Визначення прямокутних

координат

Для визначення прямокутних координат точок за топографічною картою і для нанесення точок на топографічну карту за їхніми прямокутними координатами користуються координатною сіткою, утвореною рівновіддаленими взаємно перпендикулярними лініями, проведеними паралельно осям абсцис ХХ і ординат УУ. Лінії цієї сітки квадратів проводять на відстані 1 або 2 км (взятих у масштабі карти), і тому часто їх називають кілометровими лініями, а сітку прямокутних координат — кілометровою сіткою.

Кілометрові лінії не паралельні внутрішній рамці топографічної карти, тому що прямі осі координат не паралельні кривим меридіанам і паралелям. Ординати і абсциси виходів ліній координатної (кілометрової) сітки, виражені в кілометрах, підписані між внутрішньою і хвилинною рамками карти. Абсциси горизонтальних - ліній, паралельних екватору, виписані вздовж бокових рамок, ординати вертикальних ліній, паралельних осьовому меридіану — вздовж верхньої і нижньої рамок.

Поблизу кутів карти прямокутні координати ліній сітки підписуються повністю, причому перші дві цифри більш дрібним шрифтом, ніж дві останні. Біля проміжних ліній виписують збільшено тільки дві останні цифри, щоб уникнути повторень. *Абсциса Х якої-небудь точки дорівнюватиме найкоротшій відстані від цієї точки до екватора, а ордината у — найкоротшій відстані від осьового меридіана.* У всіх точок, що лежать на одній лінії абсциси, рівні ординати, так само як і у всіх точок, що лежать на одній лінії ординаті, рівні абсциси.

Прямокутна координатна сітка дає змогу розглядати і обернену задачу, тобто знайти місце точки на карті за її відомими прямокутними координатами.

Приблизна вказівка місцеположення точки на карті полягає в тому, щоб назвати *квадрат кілометрової сітки*, в якому дана точка знаходиться. Для цього достатньо вказати значення двох ліній сітки, що взаємно перетинаються, обмежуючи квадрат із заданою точкою.

3. МАСШТАБ. ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНЕЙ І ПЛОЩ НА ТОПОКАРТАХ

- а) Масштаб топокарт, його види
- б) Точність побудов
- в) Вимірювання відстаней на картах.
- г) Визначення площ ділянок

а) Масштаб топокарт, його види

Масштабом топографічних карт називається відношення довжини лінії на карті до довжини горизонтальної проекції відповідної лінії на місцевості. На рівнинних територіях, при невеликих кутах нахилу фізичної поверхні, горизонтальні проекції ліній дуже мало відрізняються від довжин самих ліній, і в цих випадках можна вважати масштабом відношення довжини лінії на карті до довжини відповідної лінії на місцевості, тобто ступінь зменшення довжин ліній на карті щодо їхньої довжини на місцевості.

Масштаб вказується під південною рамкою листа карти у вигляді відношення чисел (числовий масштаб), а також у виді іменованого і лінійного (графічного) масштабів.

Лінійний масштаб служить для визначення на картах довжин ліній у натуральному розмірі. Це пряма, розділена на рівні відрізки, що відповідають «круглим» десятковим числам відстаней місцевості

Відрізки a , що відкладаються вправо від нуля, називаються **основою масштабу**. Відстань на місцевості, що відповідає основі, називається **величиною лінійного масштабу**.

Для підвищення точності визначення відстаней крайній ліворуч відрізок лінійного масштабу поділяється на більш дрібні частини – *найменші поділки лінійного масштабу*. Відстань на місцевості, що виражається однією такою поділкою, є **точністю лінійного масштабу**. При числовому масштабі карти 1:100000 і основі лінійного масштабу в 1 см величина масштабу буде 1 км, а точність масштабу (при найменшій поділці в 1 мм) – 100 м.

б) Точність побудов

Точність вимірів по картах і точність графічних побудов на папері зв'язані як з *технічними можливостями вимірів*, так і зі *здатністю людського зору*. Точність побудов на папері (**графічну точність**) прийнято вважати рівною 0,2 мм. Здатність нормального зору близька до 0,1 мм.

Гранична точність масштабу карти – відрізок на місцевості, що відповідає 0,1 мм у масштабі даної карти. При масштабі карти 1:100000 гранична точність складає 10 м, при масштабі 1:10 000 вона буде дорівнює 1 м. Очевидно, що можливості зображення на цих картах контурів у їхніх дійсних обрисах будуть дуже різні.

Масштаби топографічних карт у значній мірі обумовлюють добір і детальність показу зображуваних на них об'єктів. Зі зменшенням масштабу, тобто зі збільшенням його знаменника, губитися детальність зображення об'єктів місцевості.

Для задоволення різноманітних потреб галузей господарства, науки й оборони країни необхідні карти різних масштабів. Для державних топографічних карт України розроблений ряд стандартних масштабів, заснованих на метричній десятковій системі мір.

У комплексі загальногеографічних карт виділяють власне **топографічні карти** масштабів 1:5000–1:200000 і **оглядово-топографічні** карти масштабів 1:500000 і 1:1000000. Останні уступають у точності і детальності зображення місцевості, але окремі аркуші охоплюють значні території, і ці карти використовують для загального ознайомлення з місцевістю, для орієнтування при русі з великою швидкістю.

в) Вимірювання відстаней на картах

При вимірюванні відстаней по картах варто пам'ятати, що в результаті *одержують довжини горизонтальних проекцій ліній*, а не довжини ліній на земній поверхні. Однак при малих кутах нахилу різниця в довжині похилої лінії і її горизонтальної проекції дуже мала і може не враховуватися. Так, наприклад, при куті нахилу 2° горизонтальна проекція коротше самої лінії на 0,0006, а при 5° – на 0,0004 її довжини.

При вимірюванні на картах відстаней у гірських районах дійсну відстань на похилій поверхні можна обчислити за формулою: $S = D / \cos a$, де D – довжина горизонтальної проекції лінії S , a – кут нахилу. Кути нахилу можна виміряти на топографічній карті. виправлення в довжини похилих ліній приводяться також у

таблицях.

Для визначення довжини відрізка прямої між двома точками в розхил циркуля-вимірника беруть з карти заданий відрізок, переносять на лінійний масштаб карти і одержують довжину лінії, виражену в земних мірах (метрах, кілометрах).

Аналогічним способом вимірюють довжини ламаних ліній, беручи в розхил циркуля кожен відрізок окремо і потім підсумовуючи їхньої довжини. Вимірювання відстаней по кривих лініях (по дорогах, границях, ріках і т. ін.) більш складні і менш точні. Дуже плавні криві вимірюють як ламані, розбивши попередньо на прямолінійні відрізки. Звивисті лінії вимірюють малим постійним розхилом циркуля, переставляючи його («крокуючи») по усіх вигинах лінії. Очевидно, що малозвивисті лінії варто вимірювати при дуже малому розхилі циркуля (2–4 мм). Знаючи, якій довжині на місцевості відповідає розхил циркуля, і підраховавши число його установок по всій лінії, визначають загальну її довжину. При цих вимірах застосовують чи мікрОВимірник - пружинний циркуль, розхил якого регулюється гвинтом, пропущеним через ніжки циркуля.

Для виміру кривих ліній користаються також приладом – **курвіметром**. Коліща, що знаходиться в нижній частині приладу, котять по вимірюваній кривій. Система передач повідомляє рух коліщати стрілці. По розподілах шкали на циферблаті визначають, яку відстань пройдена коліщам по карті. Отримана відстань, виражена в сантиметрах. Її переводять у натуральну величину. Довжини кривих ліній, обмірюваних на карті, менші від справжніх величин, тому що їхнє зображення завжди трохи узагальнене – дрібні звивини об'єднані чи зовсім згладжені.

г) Визначення площ ділянок

Визначення площ ділянок на топографічних картах засновано на геометричній залежності між площею фігури і її лінійних елементів. **Масштаб площ дорівнює квадрату лінійного масштабу**. Якщо сторони прямокутника на карті зменшені в n раз, те площа цієї фігури зменшиться в n^2 разів.

Для карти масштабу 1:10000 (1 см – 100 м) масштаб площ буде дорівнює (1:10000) м² чи 1 см² – (100 м)², тобто в 1 см² – 1 га, а на карті масштабу 1:1 000 000 у 1 см² – 100 км².

Для виміру площ по картах застосовують графічні й інструментальні способи. Застосування того чи іншого способу вимірів диктується формою вимірюваної ділянки, заданою точністю результатів вимірів, необхідною швидкістю одержання даних і наявністю необхідних приладів.

Геометричний спосіб. При вимірюванні площі ділянки з прямолінійними границями поділяють її на прості геометричні фігури, вимірюють площі кожної з них геометричним способом і, підсумовуючи площі окремих ділянок, обчислених з урахуванням масштабу карти, одержують загальну площу об'єкта. Об'єкт із криволінійним контуром розбивають на геометричні фігури, попередньо спрямивши границі з таким розрахунком, щоб сума відсічених ділянок і сума надлишків взаємно компенсували один одного. Результати вимірів будуть до деякої міри наближеними.

Вимірювання площ ділянок, що мають складну неправильну конфігурацію, частіше роблять за допомогою **палеток і планіметрів**, що дає найбільш точні результати.

Сіткова палетка являє собою прозору пластину (із пластику, органічного скла,

кальки) з награвірованою чи накресленою сіткою квадратів. Палетку накладають на вимірюваний контур і по ній підраховують кількість кліток і їхніх частин, що виявились усередині контуру. Частки неповних квадратиків оцінюються на око, тому для підвищення точності вимірів застосовуються палетки з дрібними квадратами (зі стороною 2–5 мм). Перед роботою на даній карті визначають площу одного осередку в земельних мірах, тобто ціну поділки палетки.

Крім сіткових палеток, застосовуються точкові і паралельні палетки, що представляють собою прозорі пластини з награвірованими крапками чи лініями. Крапки ставляться в одному з кутів осередків сіткової палетки з відомою ціною поділки, потім лінії сітки видаляють. Вага кожної крапки дорівнює ціні поділки палетки. Площа вимірюваної ділянки визначається шляхом підрахунку кількості крапок усередині контуру, і множенням цієї кількості на вагу крапки.

На паралельній палетці награвіровані рівновіддалені і паралельні прямі. Вимірювана ділянка виявиться розділеним на ряд трапецій з однаковою висотою при накладенні на нього палетки. Відрізки паралельних ліній усередині контуру посередині між лініями є середніми лініями трапецій. Вимірявши всі середні лінії, множать їхню суму на довжину проміжку між лініями й одержують площу всієї ділянки (з урахуванням даного масштабу).

Вимір площ значних ділянок здійснюється на картах за допомогою планіметра. Найбільш розповсюдженим є **полярний планіметр**, робота з якого не представляє великої складності. Однак теорія цього приладу досить складна.

Прилад має два важелі і обчислювальний механізм Полюсний важіль з'єднаний шарніром з обвідним важелем, а його інший кінець спирається на нерухомий полюс – важкий циліндр з вмонтованою голкою, що при роботі кріпить папір до столу і забезпечує нерухомість полюса. Обвідний важіль на одному кінці має шпиль для обведення вимірюваного контуру фігури, а біля іншого його кінця закріплений рахунковий механізм. Коліща при русі шпилья котяться по папері, його рухи передаються черв'ячною передачею на рахунковий механізм.

Тема 3. ТОПОГРАФІЧНА КАРТА ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

Лекція 3

П л а н

1. Визначення прямокутних і географічних координат точок
2. Кути напрямів і зв'язок між ними.
3. Визначення кутів напрямів на топографічній карті

1. ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОГРАФІЧНИХ КООРДИНАТ ТОЧОК НА ТОПОКАРТАХ

Щоб визначити географічні координати точки А, необхідно через цю точку провести паралель за допомогою лінійки та олівця таким способом, щоб краї верхнього ребра лінійки на вертикальних шкалах (шкалах широти) хвилинної рамки сполучали однойменні поділки (хвилини) та їх частки (секунди). Потім на будь-якому кінці паралелі на хвилинній рамці необхідно полічити, скільки хвилин міститься між південною стороною рамки і паралеллю точки А, і одержане число хвилин додати до широти південної сторони рамки.

Якщо паралель точки А проходить на північ від позначки хвилинної поділки, то слід полічити кількість десятисекундних поділок, а частки їх визначити на око.

Аналогічно, користуючись шкалами хвилин північної та південної сторін рамки, визначаємо і географічну довготу точки.

Розв'язавши задачу, обернену цій, можна знайти ці точки на топографічній карті за її географічними координатами. Зауважимо, що описаний вище спосіб значення географічних координат точок за топографічними картами та нанесення точок на топографічні карти за їхніми географічними координатами залежить від масштабу карти, від похибок графічних побудов, від точності карти.

2. КУТИ НАПРЯМІВ І ЗВ'ЯЗОК МІЖ НИМИ.

- а) Вихідні напрямки і кути
- б) Магнітне схилення та зближення меридіанів
- в) Азимути і дирекційний кут
- г) Румби

а) Вихідні напрямки і кути

*Напрямок будь-якої лінії на місцевості можна визначити відносно іншого напрямку, тобто визначити кут між вихідним (початковим) напрямом і лінією, напрям якої вимірюємо. За вихідні напрями прийняті: **географічний** (дійсний), **осьовий** (середній дійсний меридіан зони, прийнятий за вісь якої-небудь системи плоских прямокутних координат) і **магнітний** (що збігається з напрямом вільно підвішеної магнітної стрілки) **меридіани**.*

*Лінії візування на місцевості мають два напрями: **прямий**, якщо розглядати заданий напрям від якої-небудь початкової точки до кінцевої, і **зворотний** — від кінцевої точки до початкової (у зворотному напрямі). Виходячи з-цього, розрізняють **прямі і зворотні кути напрямку**. Залежно від прийнятого початкового напрямку розрізняють **азимут географічний (дійсний), азимут магнітний, дирекційний кут**.*

б) Магнітне схилення та зближення меридіанів

Щоб визначити орієнтувальні кути і взаємозв'язки між ними, необхідно знати величини *магнітного схилення та зближення меридіанів*.

Точки, де сходяться магнітні силові лінії, називають **магнітними полюсами**. Магнітні полюси знаходяться всередині Землі і не збігаються з географічними, тому в кожній точці поверхні Землі між географічним меридіаном і напрямом магнітної стрілки (магнітним меридіаном) утворюється горизонтальний кут δ , який і називають **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 дійсного меридіана. Схилення δ змінюється із зміною місця і часу. На топографічних картах *під південною рамкою зазначають середнє магнітне схилення в даному районі та величину його зміни за рік*.

У топографії **зближення меридіанів** (γ) розглядають як *горизонтальний кут у заданій точці між її географічним меридіаном (вертикальною стороною внутрішньої рамки топографічної карти) і лінією, паралельною осі абсцис X або осьовому меридіану зони*. 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).

в) Азимути і дирекційний кут

Азимутом A називається двогранний кут у градусах, який відлічують за ходом годинникової стрілки від північного напрямку площини меридіана точки спостереження до вертикальної площини, що проходить через цю точку і заданий напрям. Азимути можуть мати значення від 0 до 360°. Залежно від того, який з меридіанів є початковим напрямом, азимут може бути *астрономічним* (дійсним), *геодезичним*, *географічним* або *магнітним*. **Географічний азимут A_d** відлічують від північного напрямку географічного меридіана, **магнітний азимут A_m** — від північного напрямку магнітного меридіана. Так само, як і географічні координати, географічний азимут — узагальнене поняття азимутів астрономічного й геодезичного..

Географічний і магнітний азимути пов'язані залежністю $A_d = A_m \pm \delta$ з врахуванням знака магнітного схилення.

Азимути можуть бути прямі і зворотні. Оскільки 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.

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

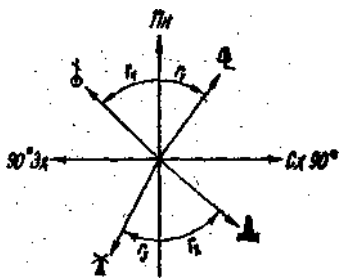
Розрізняють *прямі і зворотні дирекційні кути*. Зворотний дирекційний кут відрізняється від прямого на 180°.

Залежність між географічним азимутом і дирекційним кутом має вигляд $A_d = \alpha \pm \gamma$

Щоб, перейти від величини магнітного азимута до дирекційного кута, слід увести поправку на магнітне схилення та зближення меридіана, тобто на алгебраїчну різницю магнітного схилення і кута зближення меридіанів, що називається **поправкою напрямку**.

г) Румби

Іноді орієнтування ліній зручніше виражати гострими кутами — румбами. **Румбом R** називають гострий горизонтальний кут, який відлічується від найближчого напрямку меридіана (північного або південного) до заданого напрямку лінії. За величиною румби можуть бути від 0° до 90°. Назва румба залежить від вихідного меридіана, так само як і азимутів.



Румби бувають дійсними або магнітними, а якщо їх відлічують від осьового меридіана зони, то вони називаються дирекційними, або осьовими. Румби супроводжуються назвою чверті, в якій проходить лінія, оскільки градусна величина румбів напрямів може бути однаковою, наприклад, ПнСх: 35° , ПдСх: 55° , ПдЗх: 24° , ПнЗх: 48° .

Румби, як і азимути та дирекційні кути, також можуть бути прямими і зворотними. Прямі й зворотні румби за абсолютною величиною залишаються рівними, міняються тільки їхні назви на протилежні, тобто вони відрізняються на 180° .

Для різноманітних геодезичних розрахунків вимагається знання зв'язку між орієнтувальними кутами. Цей зв'язок залежить від взаємного розміщення меридіанів і величин магнітного схилення і зближення меридіанів. Під час роботи з топографічною картою ці відомості можна одержати зі схеми взаємного розміщення вихідних напрямів, яка дається зліва під південною рамкою кожного аркуша карти.

3. ВИЗНАЧЕННЯ КУТІВ НАПРЯМІВ НА ТОПОГРАФІЧНІЙ КАРТІ

- Вимірювання дирекційних кутів
- Визначення азимутів на топокартах

а) Вимірювання дирекційних кутів

Вимірювання і побудова кутів напрямку на карті здійснюються способом безпосереднього вимірювання транспортиром. На топографічних картах напрям осьового меридіана зони зображується на всій площі кожної зони у вигляді вертикальних ліній координатної сітки зональної системи прямокутних координат, що друкуються на кожному аркуші топографічної карти.

Щоб виміряти дирекційний кут, необхідно визначити, в якій координатній чверті розміщується заданий напрям, і наближено знайти його величину. Потім у початковій точці заданого напрямку необхідно провести пряму, паралельну кортикальній лінії сітки, і відмітити олівцем кут, який необхідно виміряти. Якщо заданий напрям перетинає яку-небудь лінію сітки, дирекційний кут можна вимірювати й точці їх перетину.

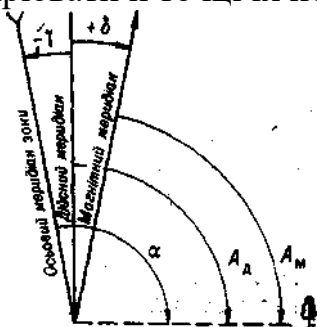


Схема взаємного розміщення вихідних напрямів

Щоб уникнути значних похибок під час вимірювання дирекційних кутів,

необхідно виміряти їх доповнення до 180° або 360° і порівняти результати обох вимірювань. У випадку істотних розбіжностей вимірювання слід повторити. Застосування кругових транспортирів значно спрощує роботу.

б) Визначення азимутів на топокартах

Географічні (на карті визначаються азимути геодезичні) та магнітні азимути безпосередньо на карті звичайно не вимірюються, оскільки для цього необхідно наносити на неї напрями дійсного і магнітного меридіанів, а обчислюються за відомими значеннями дирекційного кута за формулами взаємозалежності між кутами орієнтування. Необхідні для цього значення магнітного схилення і зближення меридіанів є під південною стороною рамки аркуша карти (алгебраїчний спосіб).

Тема 3. ТОПОГРАФІЧНА КАРТА ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

Лекція 4

П л а н

3. Географічний зміст топографічних карт. Топографічні умовні знаки.
4. Відображення фізико-географічних елементів змісту на топографічних картах.
5. Відображення фізико-географічних елементів змісту на топографічних картах

1. ГЕОГРАФІЧНИЙ ЗМІСТ ТОПОГРАФІЧНИМ КАРТ. ТОПОГРАФІЧНІ УМОВНІ ЗНАКИ

- а) Зміст топографічної карти
- б) Види умовних знаків.

а) Зміст топографічної карти

Зміст топографічної карти — це сукупність відомостей про відображену на карті територію. Картографічне зображення будови земної поверхні та розміщених на ній природних і соціально-економічних об'єктів становить географічний зміст топографічних карт. Карта, як графічна модель фізичної поверхні Землі, дає чітку уяву про загальний характер місцевості та її найважливіші особливості. Цю інформацію про місцевість несуть *картографічні умовні знаки*, які застосовуються на картах для позначення місцезнаходження різноманітних географічних об'єктів і явищ, а також їхніх кількісних і якісних характеристик.

Надзвичайна різноманітність зображуваних на картах предметів і явищ спричиняє велику кількість і різноманітність умовних знаків. Тому до знаків ставлять дуже високі вимоги: *графічна простота, наочність, достатня виразність і відмінність кожного від решти, характеристика основних властивостей відображуваного об'єкта, легке запам'ятовування* тощо.

Зображений об'єктів місцевості на топографічних картах, яке дістають методом ортогонального знімання, практично подібне й одномасштабного фотознімка. Місцевість на карті виглядає так, ніби ми її бачимо з висоти пташиного польоту. На карті передаються зовнішні контури об'єктів із збереженням їхніх характерних особливостей.

Картографічними засобами відображення є різні графічні знаки, кольорові і буквено-цифрові позначення і написи, особливості яких визначаються призначенням

і змістом конкретної карти або групи карт.

б) Види умовних знаків.

Відмінність карти від аерофотознімків, таблиць, макетів та інших географічних моделей, які відображають земну поверхню, полягає перш за все в тому, що елементи зображення передаються умовними знаками. Вони дають уявлення про предмет, явище, процес, їх розміщення, якісні та кількісні характеристики.

Розрізняють декілька видів умовних знаків. Ті об'єкти, які виражаються у масштабі карти, передаються *контурними* або *площадними умовними знаками*. Вони складаються з контуру (наприклад, лісу чи болота) і його заповнення (колір, штрихування тощо).

Позамасштабні умовні знаки використовуються для об'єктів, які не можна відобразити в масштабі карти. Ними показують на дрібномасштабних картах родовища корисних копалин, електростанції, міста. На вигляд вони можуть бути геометричними фігурами, схематичними малюнками, буквеними символами.

Об'єкти великої протяжності, але малої ширини (річки, дороги, кордони) наносять *лінійними умовними знаками*. Тільки довжина їх відображена в масштабі, а ширина - довільна.

Крім перелічених трьох видів умовних знаків, на картах є ще **пояснювальні знаки** (стрілки, що показують напрями течії річок), а також написи, буквені та цифрові позначення.

Цифрами позначають абсолютну висоту гір, глибину морських западин, вказуючи об'єкт точкою. Наприклад, на карті України у Карпатах легко відшукати г. Говерлу з висотою 2061 м.

Усі букви виконуються друкованим шрифтом, причому *величина і форма букв передає якісну і кількісну характеристику назв*.

Підбирають і їх колір. Так, *назви гір*, здебільшого, пишуть коричневим, а *назви річок, озер* — голубим. По можливості написи збігаються з напрямками гір, рівнин і т.д. Доцільно, щоб вони не виходили за межі об'єктів.

Для додаткової характеристики об'єктів і передачі їхніх різновидностей на топографічних картах *площові, лінійні і позамасштабні умовні знаки* використовуються в поєднанні з *пояснювальними написами* (повними або скороченими), пояснюючи якісь особливості їх.

Умовні знаки мають деякі відміни для карт різного призначення й масштабу. Усього на топографічних картах використовують близько *350 умовних знаків і понад 400 скорочених пояснювальних підписів*.

Система використаних умовних знаків і позначень для кожної карти разом з поясненням їх називається *легендою*. Іноді в легенді даються також деякі додаткові відомості, які не відображені на карті умовними знаками.

Під час читання карти, вивчення за нею місцевості слід мати на увазі одну важливу особливість *усякого картографічного зображення: воно за змістом завжди бідніше за дійсність*. Пояснюється це тим, що всі об'єкти, які існують на земній поверхні, неможливо відобразити на одній карті. Створюючи топографічні карти, з усієї маси об'єктів, які необхідно відобразити на них, доводиться відбирати якусь певну частину і наносити тільки їх.

Розробка умовних знаків є одним з основних завдань картографії.

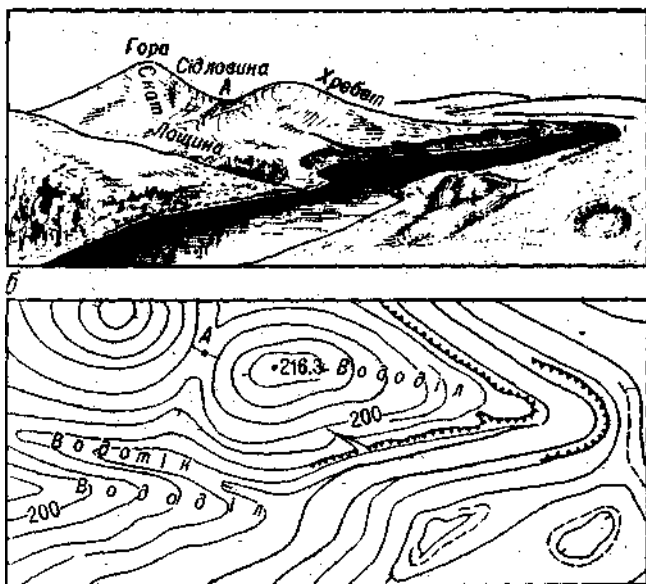
2. ВІДОБРАЖЕННЯ ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗМІСТУ НА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТАХ

а) Значення рельєфу

б) Спосіб зображення рельєфу на карті

а) Значення рельєфу

Одним з важливих компонентів географічного середовища, який впливає на клімат, гідрографію, рослинність є рельєф місцевості, під яким розуміють сукупність нерівностей земної поверхні. Від рельєфу значною мірою залежить розміщення населених пунктів, господарське освоєння території, здійснення будівництва об'єктів, тому його слід враховувати під час проектування інженерних споруд.



Відомо п'ять основних форм рельєфу: *гора, улоговина, хребет, балка (видолинок) і сідловина*.

1. Гора – підвищення земної поверхні, що має, як правило, конічну чи куполоподібну форму. Від вершини гори в усі сторони розходяться схили.

2. Улоговина – добре помітна на місцевості замкнута чашкоподібна западина. Невелика улоговина називається *ямою*.

3. Хребет — витягнута в одному напрямку височина. Лінія уздовж хребта, якої в протилежні сторони розходяться схили, називається вододілом чи топографічним гребенем.

4. Балка — витягнуте заглиблення, що знижується в одному напрямку. Лінія, що з'єднує нижчі точки на дні лощини, називається водозливом.

Балки, які розташовані на рівнині чи на пологішому схилі гори і мають різко окреслені межі, від яких до дна *лощини* йдуть стрімкі схили, називають **ярами**.

Великі широкі балки з пологистими схилами і малонаклонним дном називають **долинами**, а вузькі, з дуже круглими схилами, — **ущелинами**, якщо вони прорізають гірський хребет.

5. Сідловина — понижена частина хребта чи витягнутої гори, розташована між двома сусідніми вершинами.

Основні орографічні лінії (вододіли, тальвеги, бровки, підосви тощо) становлять скелет рельєфу і створюють уявлення про ступінь його розчленованості.

б) Спосіб зображення рельєфу на карті.

Задача відображення рельєфу на картах дуже складна, оскільки на плоскому

листі паперу повинні бути показані об'ємні, опуклі й увігнуті форми, їхньої висоти, розміри, крутість схилів. Зображення рельєфу повинне бути вимірним.

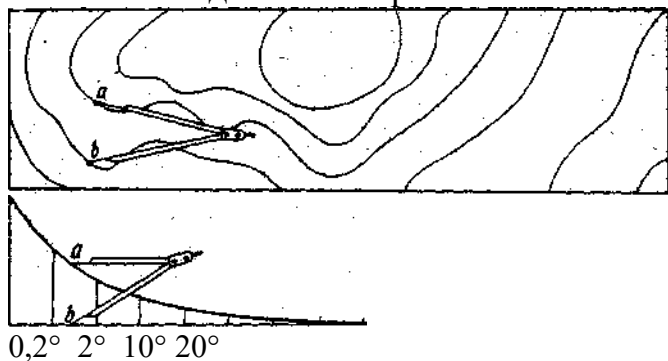
На топографічних картах рельєф зображують за допомогою *горизонталей*, що доповнюються вказанням висот характерних точок місцевості й умовних знаків окремих елементів і форм рельєфу.

Горизонталь — це уявлювана лінія на фізичній поверхні Землі, усі точки якої мають однакову висоту над рівнем моря, тобто абсолютна висота уздовж кожної горизонталі постійна. Якщо розсікти якусь форму рельєфу горизонтальними площинами, кожна лінія перетину буде мати постійну висоту; вона в такий спосіб є горизонталлю.

Січні площини будують через рівні проміжки по висоті, і отримані лінії перетину проєктують променями на загальну площину (карту). Так на карті одержують зображення рельєфу системою горизонталей у виді замкнутих кривих ліній. Обриси горизонталей, мабуть, обумовлені зовнішнім виглядом форм рельєфу, а їхня кількість на даній карті — найбільшою різницею висот на території.

Різниця висот двох сусідніх основних горизонталей називається **висотою перетину рельєфу**. Проміжки на карті між двома сусідніми горизонталями називаються **закладенням**. Закладення завжди менше, ніж відстань між тими ж крапками на схилі.

Крутість схилу виражається через кут нахилу α . При постійній висоті перетину H зміна крутості схилу зумовлює зміну **закладення**: чим більше кут нахилу, тим менше закладення на карті.



Визначення крутості схилу по шкалі закладень.

Крутість схилу визначають за цим графіком так: розхилом циркуля-вимірювача беремо закладення між точками *a* і *b* на суміжних горизонталях і прикладаємо до графіка закладень.

Величина нахилу земної поверхні (крутість схилу) часто характеризується не через кут α , а похилом **I**. **Похил** — це відношення величини перевищення місцевості до горизонтальної протяжності, на якому воно спостерігається. Похил виражається звичайно десятковим дробом у тисячних частках (чи у відсотках). Так, при похилі дороги, рівному $0,015$, на відрізку в 1000 м підйом складе 15 м. Ухил залізничного полотна на складних ділянках показаний на спеціальних табличках, установлених на стовпах біля дороги.

Від висоти перетину залежить детальність зображення рельєфу на карті. При рідких січних площинах, тобто при великій висоті перетину ряд особливостей форм земної поверхні не буде відбитий.

На топографічних картах застосовують стандартні висоти перетину рельєфу. Наприклад, при картографуванні рівнинних і горбистих територій прийняті наступні

висоти перетину: на карті масштабу 1:25000—5 м, 1:50000—10 м, 1:100000—20 м. Горизонталі, що мають стандартну різницю висот, називаються **основними**. Горизонталі проводять суцільними тонкими коричневими лініями.

Вказівка про прийняту на даній карті висоту перетину дається під лінійним масштабом карти у виді фрази «Суцільні горизонталі проведені через...».

Абсолютні висоти окремих горизонталей підписуються в спеціальних розривах горизонталей. При цьому верх цифр спрямований убік підвищення схилу. На картах для більшої наочності товщає *кожна п'ята горизонталь*.

На пологістих схилах іноді розташовані важливі деталі рельєфу (западини, узвишся, уступи), що при стандартній висоті перетину не відіб'ються на карті. У цих випадках між основними січними площинами вводять *додаткові горизонталі*, що утворюються при цьому, показують на карті переривчастими лініями.

Висотними оцінками називаються підписи абсолютних висот у метрах найвищих точок вершин, нижчих крапок западин, крапок на перегінах схилів. Нерідко відмітки даються для орієнтирів (перехрестя доріг, окремі будинки й ін.). Абсолютна висота дзеркала води в ріці чи озері називається **врізом** води, її значення проставляється на береговій лінії водяних об'єктів.

Для показу на картах ряду форм рельєфу, що не виражаються горизонталями в масштабі карти, застосовують умовні позначки. Такі *зображення курганів, скал-останців, окремо лежачих каменів, зсувів, осипів з піску, чи каменів щебеню, а також ярів, карстових лійок, вимоїн, крутих обривів і задернованих уступів*.

Деякі з цих знаків супроводжуються кількісними показниками. Наприклад, даються висота обривів, ширина і глибина ярів у метрах. *Штучні форми рельєфу (насипи, виймки, і ін.) показують на картах знаками чорного кольору, зображення природного рельєфу дається коричневим кольором*.

в) Гідрографічна сітка

Гідрографічна сітка відображується на топографічних картах дуже детально і всебічно, тому що значення її надзвичайно велике як для формування природних особливостей території, так і для господарства й оборони країни.

На топографічних картах відображують усі водні об'єкти та їхні елементи: узбережжя і берегову лінію морів; озера, водосховища, ставки, інші природні і штучні, водойми; річки, струмки, канали і канами; джерела, мінеральні й гарячі витoki, криниці, гідротехнічні споруди. Ці *об'єкти залежно від розмірів і масштабу карти зображуються площадними або лінійними умовними знаками, які доповнюються буквеними і цифровими позначеннями. Незначна частина об'єктів відображується позамасштабними знаками (криниці, джерела)*. Вивчення гідрографічних об'єктів на картах полегшується тим, що вони виділені кольором: синім — берегова лінія, річки, ширина яких не виражається в масштабі карти, та ін.; голубим — водні простори.

На картах показують всі річки, озера, водосховища, ставки та інші водойми, які виражаються в масштабі карти.

Річки, струмки елементи річкової сітки зображують так, щоб видно було стабільність водотоку, наявність підземних ділянок і таких, що пропадають. Наносяться водоспади, пороги, броди та інші елементи, які характеризують умови судноплавства. Джерела, ключі, мінеральні і гарячі витoki характеризуються за

складом води.

Зображення річок і каналів супроводжується вказівкою про їх ширину, глибину, швидкість і напрям течії, відмітки урізів (рівнів) води. Відмітки урізів (абсолютні висоти рівня води) підписують біля берегової лінії великих

Криниці та джерела детально показують на картах у степовій та пустинній місцевості, а в інших районах їх наносять тільки поза населеними пунктами. Позначають також ті криниці та джерела, які мають значення орієнтирів. Графічний знак криниці доповнюється скороченою вказівкою якості води, глибини та інших характеристик. Особливо виділяються артезіанські криниці.

Моря, озера, річки, канали мають підписи — географічні назви. Шрифтові особливості підписів, підкреслення назв об'єктів, відображають його розмір, транспортне значення (наприклад, судноплавні річки і канали підписуються без виділення заголовної букви в назві, несудноплавні — з виділенням заголовної букви).

На топографічні карти наносять рослинність і ґрунти, які належать до повсюдно поширених і тісно зв'язаних між собою елементів географічного ландшафтів. Їх поєднання в багатьох випадках визначає загальний характер місцевості і створює особливі умови для життєдіяльності людей, наприклад, у лісисто-болотних, пустельно-степових, тундрових та інших районах.

На топографічних картах неможливо з вичерпною повнотою відобразити детальні відомості про рослинність і ґрунти. На них відображуються тільки основні, найбільш важливі відомості про ці природні компоненти, за якими можна судити про прохідність місцевості, умови огляду території та її господарське використання. Для цього рослинність класифікують за зовнішнім виглядом переважаючих форм, а ґрунти — за ознаками, які передають їхній склад і механічні властивості

На карти наносять передусім природну (*деревну*: ліси, гаї, окремі дерева; *чагарникову*, *трав'яну*, мохо-лишайникову) і культурну (парки, сади, виноградні ягідники, різні плантації тощо) рослинність. Деревну рослинність розрізняють залежно від породи дерев, висоти деревостану. Ділянки, зайняті лісом, виділяють фоном зеленого кольору (за винятком галявин і ділянок рідколісся, горілого, сухостійного і вирубаного лісу), на яких зазначають відповідним умовним знаком природний склад дерев та роблять напис про переважаючу породу. Праворуч від знака — кількісна характеристика лісу в метрах (*дріб, у чисельнику якого середня висота дерева, у знаменнику — середня товщина стовбурів дерев на висоті грудей людини, а ціле число — середня відстань між деревами*). Якщо площа лісу на карті займає менше 2 см², кількісну характеристику деревостану не вказують. Мінімальна площа ділянок, які відображують на картах умовним знаком лісу, 4 мм² (у масштабі карти). Ділянки менших розмірів наносять вибірково, при цьому ділянки, що мають значення орієнтирів, передають умовним знаком окремого гаю.

Чагарникову рослинність з поділом на суцільні зарості та окремі кущі показують відповідними умовними знаками рівномірно по площі, зайнятій чагарниками.

Трав'яну рослинність на картах показують лише на окремих ділянках, для яких вона є однією з основних характеристик місцевості, її ландшафтних особливостей; при цьому виділяють окремо *степову і лучну* рослинність. Умовними знаками позначають очеретяні зарості; мохову і лишайникову рослинність відображують загальним умовним знаком.

Культурні насадження на картах позначають умовними знаками, які рівномірно розміщують на всій площі, і забарвлюють зеленим кольором, світлішим, ніж ліс.

На топографічних картах виділяють також ділянки з характерною поверхнею: піски, галечники, кам'янисту чи глинисту поверхню (такири), солончаки тощо. Окремими умовними знаками показують горбисту, купинясту та іншу поверхню.

Болота на топографічних картах відображують за ступенем прохідності на: прохідні, важкопрохідні і непрохідні, за характером трав'яного покриття на трав'янисті, мохові та очеретяні.

Для кращої наочності карти знаки боліт і солончаків зафарбовують синім, ґрунтів — коричневим та оранжевим (такири) кольорами.

Для об'єктів, які не виражаються в масштабі карти, і мають суттєве значення для характеристики місцевості, використовуються позамасштабні знаки (зображення куща, дерева або групи дерев).

г) Соціально-економічні елементи змісту топографічних карт, їх види і способи відображення

Населені пункти є одним з найважливіших соціально-економічних елементів змісту будь-якої географічної карти. Вони характеризують ступінь освоєння людиною території та рівень її економічного розвитку, визначають військово-стратегічне значення району. В основу класифікації населених пунктів для їх відображення на географічних картах покладені такі ознаки: тип поселення, кількість жителів і політико-адміністративне значення. Ці ознаки відображуються на картах розміром і накресленням букв (шрифтом) офіційних назв населених пунктів.

Розмір букв змінюється із зменшенням кількості жителів у поселенні та із зміною політико-адміністративного статусу. Виняток становлять центри районних і сільських Рад, які позначаються підписами під назвою населених пунктів символів: РР (районна Рада) і СР (сільська Рада). Кількість будинків у поселеннях сільського типу позначають арабськими цифрами під власною назвою.

Відображуються населені пункти досить детально площинними, позамасштабними і лінійними умовними знаками, доповненими власними назвами, пояснюючими підписами, цифровими характеристиками.

З різною повнотою, що визначається масштабом, на картах показують планування населених пунктів (нові обриси будівель, забудованої території, вулиць, вуликів, ділянок зелених насаджень, незабудовані території) та їх структуру (характер поєднання названих ві складових поселення).

Усередині населених пунктів серед масової забудови виділяють головні будівлі, промислові об'єкти, установи зв'язку, вокзали, станції, школи, лікарні тощо, що характеризує їх транспортне, культурне й економічне значення. В межах населених пунктів забудовані частини розбивають у квартали, які на картах, масштабів 1: 50 000 покривають штрихуванням або зафарбовують жовтим і оранжевим кольорами.

Зображення населених пунктів завжди піддається узагальненню, ступінь якого залежить від масштабу карти і конкретних особливостей самих пунктів.

Проте зовнішні обриси населеного пункту, його структура і планування повинні бути передані з можливо більшою наочністю та повнотою, що допускається масштабом карти.

На топографічних картах залежно від розмірів відображають масштабними (контурними) або позамасштабними умовними знаками промислові об'єкти.

Біля багатьох з них ставлять пояснювальні підписи, які доповнюють якісну характеристику об'єкта. Наприклад, біля умовного знака діючої вугільної шахти ставлять скорочений підпис «шах.вуг.», газової свердловини — «газ.». З промисловими об'єктами тісно пов'язані установи та лінії зв'язку. До сільсько-господарських об'єктів, які позначаються на картах, відносять пасіки, загони для худоби, межові знаки тощо. Як і установи зв'язку, їх показують масштабними (контурними) або позамасштабними лінійними знаками, залежно від площі, яку вони займають на карті, і масштабу карти. Із сільськогосподарських угідь показують ріллю, вигони, сіножаті та інше.

Соціально-культурні об'єкти — вузи, лікарні, санаторії, дитячі садки, обсерваторії, станції, науково-дослідні заклади тощо — позначають відповідними умовними знаками та пояснюючими скороченими підписами.

д) Шляхи сполучення — залізниці, автомагістралі

І шосе, поліпшені та ґрунтові (польові) дороги, стежки тощо — відображають на топографічних картах досить докладно. Зображення дороги супроводжується показом придорожних споруд.

Шляхову сітку показують лінійними умовними знаками у вигляді однієї або декількох ліній, які доповнюються кольоровим забарвленням, цифровими і буквеними пояснюючими позначеннями. Ширина умовних знаків доріг трохи більша від їх справжньої ширини, тому точне місцезнаходження доріг визначається за осью лінією знака. Придорожні споруди показуються плановими обрисами позамасштабними умовними знаками з пояснюючими підписами.

Залізниці на картах відображають за кількістю колій (одно-, дво-, триколіїні), за шириною колії (широко- і вузькоколіїні), за характером тяги (електрифіковані, з дизельною тягою, підвісні), за станом (діючі, які будуються, розібрані). Крім самих колій, особливими умовними знаками на картах показують пов'язані з ними споруди — залізничні станції, будинки, мости, труби й інші транспортні об'єкти. Уздовж залізниць дають зображення станцій, роз'їздів, платформ і пунктів зупинок, інших споруд, а також насипів і виїмок із зазначенням відносної висоти чи глибини їх, мостів, тунелів тощо. Особливим знаком показують трамвайні колії, фунікулери, підвісні дороги.

Автостради, шосе і поліпшені дороги наносять усі, незалежно, від густоти шляхової мережі.

Уздовж умовного знака автостради чи шосе в розриві знака підписують їхні характеристики — ширину проїжджої частини і всього шляхового полотна (цифрами у метрах), матеріал покриття (буквеними позначеннями).

На автогужових дорогах наносять усі мости і труби для стоку води. Біля умовного знака моста підписують його характеристику у вигляді дробу: *чисельник - довжина і ширина моста у метрах, знаменник — вантажопідйомність у тоннах. Буква перед дробом — матеріал покриття (Д — дерев'яний, М — металевий, ЗБ — залізобетонний, К — кам'яний)*. Уздовж доріг показують автобусні станції, готелі, їдальні, лікарні, телефонні станції, бензоколонки, кілометрові стовпи і покажчики доріг.

На топографічні карти наносять **державні кордони**, кордони полярних володінь, межі автономних республік, областей та інших одиниць адміністративно-територіального поділу. На великомасштабних картах показують також межі адміністративних районів, міських земель, інших землекористувачів.

Кордони проводять пунктирними лініями різного рисунку й розміру. На ділянках, де сходяться 2—3 кордони, показують один — вищої політико-адміністративної одиниці.

Пункти державної геодезичної які належать до опорних пунктів, що надійно закріплені на місцевості, правлять за основу під час проведення геодезичних вимірювань і топографічних зйомок, оскільки їх носять на топографічні карти дуже точно.

Відображаються опорні пункти позамасштабними умовними знаками, біля яких ставлять відмітки абсолютної висоти центрів пунктів і поверхні Землі, а також власні назви.

Крім геодезичних пунктів, на картах певними умовними знаками відображують місцеві предмети, які добре помітні, тому є надійними орієнтирами.

Тема 3. ТОПОГРАФІЧНА КАРТА ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

Лекція 5

П л а н

6. Орієнтування на місцевості різними способами
7. Рух на місцевості за азимутом

1. ОРІЄНТУВАННЯ НА МІСЦЕВОСТІ РІЗНИМИ СПОСОБАМИ

- а) Поняття “орієнтування”
- б) Визначення сторін горизонту

а) Поняття “орієнтування”

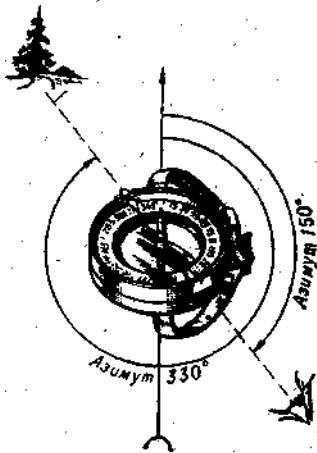
Орієнтуватись на місцевості — це значить визначити своє місцезнаходження відносно сторін горизонту і навколишніх місцевих предметів, знайти потрібний напрям руху. В процесі орієнтування розв'язуються *два основні питання: де знаходиться пункт призначення і куди необхідно рухатись, щоб потрапити до нього.* Надійність і швидкість орієнтування на місцевості залежать від наявності добрих орієнтирів та вміння вибрати їх, умов роботи (погода, час доби), якості карти і, звичайно, досвіду людей, які виконують це завдання.

Орієнтування — процес, який здійснюється *безперервно під час руху* на місцевості. На добре знайомій місцевості орієнтування здебільшого відбувається підсвідомо за звичкою, без компаса і карти, а на незнайомій — це справа досить складна, воно виконується різними способами без карти або за топографічною картою.

Щоб зорієнтуватися на незнайомій місцевості, *потрібно насамперед визначити сторони горизонту, а потім своє місцезнаходження.* Для цього виявляють, де і які знаходяться населені пункти, куди ведуть видимі на місцеві дороги, які предмети слід використати як орієнтири для контролю за правильним напрямом подальшого руху.

б) Визначення сторін горизонту

Для орієнтування за сторонами горизонту на місцевості найкращим є компас Адріанова, який має візирний пристрій, що дає змогу візувати в будь-якому напрямі.



Вимірювання магнітних азимутів за компасом

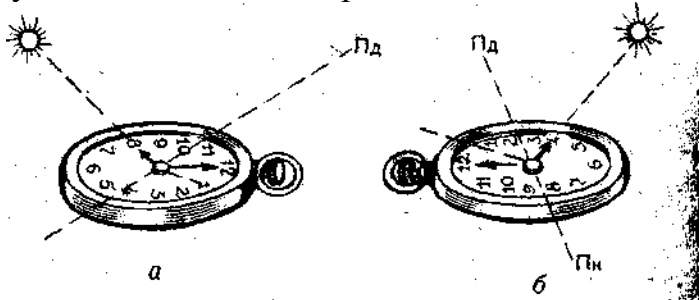
Компасом можна визначити напрям на місцевості за допомогою *вимірювання його магнітного азимута*, як це зображено на малюнку.

За допомогою компаса можна розв'язати і зворотну задачу, тобто за відомим магнітним азимутом відшукати на місцевості напрям на предмет. Але щоб відшукати зворотний шлях за тим же маршрутом, який було пройдено, доводиться користуватися зворотним азимутом. Зворотний азимут, як відомо, відрізняється від прямого на 180° . Отже, щоб одержати зворотний азимут, необхідно додати до прямого 180° (якщо прямий азимут менший 180°) або відняти цю величину (якщо він більший 180°).

Якщо немає компаса і карти, то знаходити і витримувати необхідний напрям руху можна **за Сонцем і зорями**. Приблизно визначити сторони горизонту за Сонцем можна виходячи з того, що в нашій півкулі Сонце о 6-й год за місцевим часом знаходиться на сході, о 12-й год — на півдні, о 18-й год — на заході. Видимий шлях Сонця по небосхилу становить дугу 15° за годину ($360^\circ : 24$), тому знаючи час, можна (а Сонцем визначити напрям сторін горизонту: за різницею часу в момент спостереження і в полудень (12-а година) знаходимо кут, на який зміщено положення Сонця в даний момент від напрямку на південь. Тільки **в дні рівнодення (21.III, 23.IX) Сонце сходить точно на сході**, а заходить на заході.

Де сходить Сонце в інші дні на різних широтах?

Більш точно сторони горизонту можна визначити **за Сонцем і годинником**. Щоб відшукати напрям меридіана (полуденну лінію), необхідно, тримаючи годинник горизонтально, повернути його так, щоб годинна стрілка вказувала на Сонце. Бісектриса кута між годинною стрілкою і напрямом на цифру «12» на циферблаті годинника покаже напрям на південь. Цей спосіб дає найкращі результати взимку, а влітку тільки в північних районах, коли Сонце не піднімається високо над зонтом.

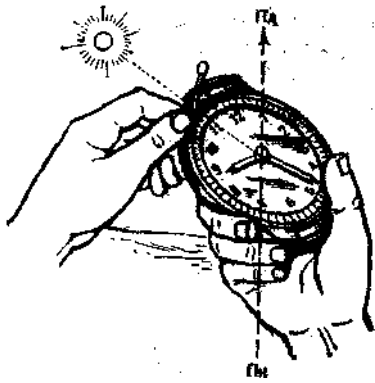


Пн.

Орієнтування за Сонцем і годинником: а—до полудня; б—після полудня

У південних районах, де Сонце підіймається високо над горизонтом, наприклад в Криму, годинник слід тримати не горизонтально а під кутом 40° до площини горизонту. Візуально на циферблаті знаходимо середину дуги між годинною стрілкою і цифрою «12», прикладаємо до цього місця сірник перпендикулярно до площини циферблата.

Не змінюючи положення годинника відносно горизонту, необхідно повернутися з ним так, щоб тінь від сірника пройшла через центр циферблата. Цифра «12» при цьому вкаже напрям на південь.



Можна визначити сторони горизонту в сонячний за **переміщенням вершини тіні**. Для цього на рівній площадці встановлюємо жердину (тичку) і помічаємо камінцем положення вершини тіні; через 15—20 хв помічаємо її; нове положення. Якщо з'єднаємо прямою обидві позначки, то матимемо напрям, близький до напрямку захід — схід, а перпендикулярний до нього — напрям є північ — південь.

У безхмарну ніч сторони горизонту найпростіше **визначати за Полярною зорею**, напрям на яку збігається з напрямом географічного меридіана, і вона завжди показує з точністю до 1° напрям на північ. Полярну зорю на небосхилі легко знайти за сузір'ям Великого Воза. Для цього уявно продовжуємо пряму, що проходить через дві крайні зорі «ковша», і відкладаємо на ній відстань, у п'ятикратній відстані між цими зорями. У цьому місці знаходиться Полярна зоря — кінцева зоря ручки «ковша» Малого Воза.

Наближено визначати сторони горизонту можна і **за місцевими предметами і їх ознаками**. Багато з них зумовлені розміщенням предметів відносно Сонця, з чим і пов'язані деякі прояви органічного життя. Цей спосіб використовують як допоміжний і в тих випадках, коли немає можливості застосувати інші, більш надійні і точні способи орієнтування. Так, *кора на деревах, які окремо стоять у лісі, здебільшого товща з північної сторони*; на південній стороні вона буває сухіша, твердіша і світліша. На стовбурах хвойних дерев на освітленій, південній, стороні, *бувають натіки і згустки смоли*. Па сосні вторинна потріскана кора на північній стороні піднімається вище по стволу, ніж на південній.

На скелях і окремо лежачих каменях, дерев'яних і черепичних дахах, деревах *мохи і лишайники частіше покривають північну сторону*.

Мурашники майже завжди розташовуються з південної сторони стовбурів дерев, пеньків або чагарників; південна сторона мурашника більш полого, ніж північна. Ягоди і фрукти під час дозрівання скоріше забарвлюються з південної сторони.

У великих лісових масивах сторони горизонту можна встановити за *просіками, які прокладаються за напрямом північ — південь і схід — захід*.

Вівтарі православних і лютеранських церков повернені до сходу, а поперечна частина на хрестах, розташованих на церквах, показує напрям північ — південь.

2. РУХ НА МІСЦЕВОСТІ ЗА АЗИМУТОМ

- а) Орієнтування карти
- б) Визначення точки стояння на карті
- в) Рух за азимутами

а) Орієнтування карти

Найбільш надійним є *орієнтування за топографічною картою або аерофотознімком*. На початку руху орієнтуємо карту, звіряємо з місцевістю, визначаємо на ній точку стояння і, якщо вимагається, наносимо необхідні предмети і напрям руху.

Зорієнтувати карту — це означає розмістити її так, щоб напрями бокових рамок аркуша були повернені північ, тобто збіглися з напрямом географічного меридіана, тоді всі напрями й лінійні об'єкти на карті (дороги, лінії електропередачі, річки тощо) будуть паралельними відповідним напрямам і об'єктам на місцевості.

Найкраще карту *орієнтувати за лініями місцевості*, візирною лінійкою (на добре помітні на місцевості орієнтири, позначені на карті) та компасом.

Під час орієнтування карти за лінійними орієнтирами, наприклад за дорогою, треба стати на дорозі й *визначити місце (точку) свого стояння*. Для цього, тримаючи карту горизонтально, повертаємо її так, щоб умовний знак дороги на карті (лінія дороги) збігся з напрямом на місцевості, а зображення двох орієнтирів знаходилось, як і вони самі, зліва і справа від дороги.

Орієнтуючи карту *за напрямом на вибраний орієнтир*, треба прикласти на ній ребро візирної лінійки до точки стояння і до умовного знака орієнтира. Потім, повернувшись обличчям до орієнтира, підняти карту до рівня ока, щоб проти нього був кінець візирної лінійки, суміщеної і з точкою стояння. Візуючи вздовж верхнього ребра лінійки, повертаємо карту (не лінійку!) так, щоб лінія візування була спрямована на орієнтир. У такому положенні: карта буде зорієнтована точно.

Щоб зорієнтувати карту *за компасом*, треба *прикласти його до східної або західної вертикальної лінії внутрішньої рамки карти, тобто до географічного (дійсного) меридіана*. Причому нульовий діаметр лімба компаса (поділки 0—180° або Пн—Пд) точно суміщаємо з лінією дійсного меридіана. За схемою меридіанів, яка дається під південною рамкою аркуша карти в її лівому кутку, визначаємо величину магнітного схилення. Потім, *не змінюючи положення компаса, повертаємо карту так, щоб проти північного кінця магнітної стрілки встановилась позначка 0°*.

Якщо ж нульовий діаметр лімба компаса суміщати не з вертикальною лінією рамки, а з вертикальною лінією координатної сітки, то при такому орієнтуванні карти проти північного кінця магнітної стрілки *треба встановити поділку лімба, що відповідає величині поправки напрямку*.

б) Визначення точки стояння на карті

Точку стояння на карті визначають *за місцевими предметами і характерними деталями форм рельєфу*. Без особливих труднощів її визначають тоді, коли спостерігач знаходиться біля точкового орієнтира (геодезичного пункта, окремого дерева, криниці чи джерела тощо). В цьому випадку карту зіставляємо з місцевістю і знаходимо на ній зображення даного об'єкта. Якщо біля точки стояння немає предмета, позначеного на карті, то її визначаємо на око за найближчими орієнтирами на місцевості, зображеними умовними знаками, попередньо зорієнтувавши карту.

Під час руху бездоріжжям точку стояння визначають *засічкою*. Для цього спочатку орієнтуємо карту за компасом. Потім, *розпізнавши не менше двох об'єктів, візують на них лінійкою чи олівцем, зберігаючи положення зорієнтованої карти*. Накресливши лінії візування, дістаємо засічку, *тобто точку стояння*. Для більшої точності доцільно провізувати на третій орієнтир і, зробити *подвійну засічку*.

в) Рух за азимутами

По малознайомій закритій місцевості без доріг, у горах, лісі, пустині або вночі, тобто в умовах обмеженої видимості, *рухаються за азимутами*. Найважливіше у цьому способі уміти точно додержувати за компасом потрібного напрямку і тим самим забезпечити вихід до наміченого пункту.

Зорієнтувавши карту, *намічаємо на ній маршрут руху, вибираємо для точок повороту добре виражені на місцевості точки — орієнтири*. Потім транспортиром вимірюємо дирекційні кути кожної ділянки маршруту і, ввівши поправку напрямку, визначаємо магнітні азимуты. Крім того, вимірюємо відстані (довжини) кожної ділянки (від одного повороту до іншого), переводимо їх у пари кроків і визначаємо час проходження кожної ділянки. Результати вимірювань і обчислень записуємо в таблицю. Після цього на карті креслимо чіткими тонкими лініями кольоровим олівцем маршрут і наносимо дані з таблиці. Якщо карти немає, то складаємо схему маршруту руху.

Під час руху за магнітним азимутом на кожній точці повороту знаходимо за компасом потрібний напрям. Якщо видимість добра, *намічаємо на лінії руху помітний орієнтир і рухаємось у його напрямі*. Якщо видимість погана і по азимуту руху орієнтира немає або його не рухаємось за компасом; у цьому разі через незначні проміжки часу зупиняємось, щоб заспокоїти магнітну стрілку, звіряємо покази магнітної стрілки із записаним магнітним азимутом, вносимо поправку в напрям, а продовжуємо рухатися, відлічуючи пари кроків.

Якщо час руху обмежений, то зупинок не робимо і показання компасної стрілки контролюємо в процесі намагаючись спокійно тримати компас у руці.

Під час руху *треба використовувати найменшу можливість для зіставлення карти з місцевістю*. Вночі, якщо немає хмар, орієнтуються ще й за Полярною зорею. Щоб не збитися з маршруту, кожні 15 хв перевіряють правильність руху.

До сучасних способів орієнтування, які забезпечує автоматичне визначення відстаней, напрямів і координат автомашини, яка рухається, належить **гіроскопічне орієнтування** — метод визначення астрономічних (дійсних) азимутів напрямів на земній поверхні, в якому вимірювання здійснюється **гіротеодолітом**. Чутливим елементом його є **маятниковий гіроскоп** — технічний пристрій, що характеризується високою чутливістю, до його основи в просторі, але малою чутливістю до нахилу, поштовхів та вібрації. Під час руху в автомобілем обов'язковою умовою точності орієнтування є його неперервність. **Гіроскоп** служить для визначення напрямку курсу і на відміну від магнітного компаса не піддається впливу феромагнітних сил. Напрямок руху контролюється за кутомірною (курсовою) шкалою приладу. Відстані пройдені машиною, фіксуються лічильником спідометра. Гіроскопічне орієнтування аналогічне рухові за азимутами.

Тема 4. ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ

Лекція 1

П л а н

1. Знімання місцевості та їх види.
2. Лінійні вимірювання.
3. Кутові вимірювання.

4. Висотні вимірювання.

1. ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ ТА ЇХ ВИДИ

Сукупність робіт, які виконуються на земній поверхні з метою одержання плану, карти або профілю, називають **зйомкою (зніманням)**. Знімання місцевості здійснюються способом опрацювання матеріалів аеро- та космічних знімків та способом **безпосередніх** наземних вимірювань. Тому зйомку поділяються на два основних види: **повітряну (дистанційну) та наземну**.

Основними діями під час **безпосередніх наземних** знімків місцевості є *геодезичні вимірювання*: 1) *лінійні*, в результаті яких визначаються відстані між точками місцевості; 2) *кутові*, які визначають горизонтальні і вертикальні кути між напрямками на задані точки; 3) *висотні* (вертикальні, або *нівелювання*, в результаті яких визначаються перевищення між точками місцевості).

Склад робіт у кожній зйомці залежить від виду кінцевої продукції.

I. Якщо зйомка здійснюється для одержання плану із зображенням ситуації, то її називають **горизонтальною, або плановою** (контурною).

II. **Висотне знімання** здійснюється з метою обчислення висот точок земної поверхні.

III. Знімання, *результатом, якого повинен бути одержаний, план або карта із зображенням ситуації та рельєфу, називається висотно-плановим або топографічним*. Тобто при топографічній зйомці поряд з іншими діями здійснюється вимірювання з метою визначення висот точок місцевості, тобто *нівелювання*.

2. ЛІНІЙНІ ВИМІРЮВАННЯ

Необхідним елементом будь-якого виду знімків є **лінійні вимірювання** з метою визначення горизонтальних відстаней (закладень) між точками місцевості. Довжини ліній місцевості вимірюються **безпосереднім** або **опосередкованим** способом: кожному з цих способів властиві свої прилади і методи вимірювань.

I. **Безпосередній спосіб** базується на *прямому вимірюванні ліній місцевості механічними лінійними приладами*, до яких належать мірні стрічки, рулетки і дроти. Процес вимірювання довжин ліній безпосереднім способом полягає в послідовному накладанні мірного приладу в створ лінії.

II. При **опосередкованому способі** довжину лінії визначають як *функцію встановлених геометричних або фізичних співвідношень*. Геометричні співвідношення використовують для аналітичних обчислень шуканих відстаней за *вимірними базисами і кутами*, а також в *оптичних далекомірах*.

Залежно від призначення і виду геодезичних робіт, вимог до їх точності, а також умов вимірювань можуть застосовуватися ті чи інші способи або прилади для вимірювання довжин ліній.

I. Безпосередні вимірювання відстаней передбачають застосування перш за все **мірних (землемірних) стрічок** зі шпильками і ручками на кінцях. Довжини мірних стрічок дорівнюють 20, 24 або 50 м. Стрічки виготовляють із сталі або інвару (сплав 64% сталі та 36% нікелю, який характеризується виключно малим температурним коефіцієнтом лінійного розширення) у вигляді смуги шириною 15—20 мм і товщиною 0,4—0,5 мм. Для зручності користування стрічки намотують на залізні кільця. Розрізняють стрічки *штрихові*, довжина яких дорівнює відстані між штрихами,

Під час вимірювання відстаней нитковим далекоміром величину змінного базису виражають числом n поділок далекомірної рейки, видимих під кутом. Значення n знаходимо як різницю відліків на рейці, взятих по нижній і верхній далекомірних нитках.

До переваг ниткового далекоміра слід віднести простоту обладнання і зручність застосування, до недоліків порівняно низьку точність вимірювання відстаней, які становлять 1 : 200 — 1 : 400. Останнє зумовлене впливом на результати вимірювань несприятливих зовнішніх умов неточністю відліків по рейці, великою товщиною неточністю коефіцієнта далекоміра і поділок рейки

Світло- і радіодалекоміри належать до групи електромагнітних далекомірів, які працюють на принципі вимірювання часу проходження електромагнітними хвилями відстаней. Якщо позначити швидкість поширення електромагнітних хвиль через V , а час проходження ними відстані, що вимірюється, через i , то ця відстань визначиться за формулою:

Швидкість поширення електромагнітних хвиль відома: у вакуумі вона дорівнює 299 792 456 м/с, а в повітрі може бути визначена з урахуванням показника заломлення повітря, який залежить від температури, тиску і вологості середовища. Для визначення часу i існують два методи: *імпульсний і фазовий*. Імпульсний метод застосовується під час вимірювання великих відстаней, але з малою точністю. В геодезії більше поширення одержали фазові далекоміри, які мають високу точність вимірювання.

Світлодалекоміри — це прилади для визначення відстаней за допомогою світлового променя. Принцип дії, світлодалекоміра полягає в тому, що від джерела світла через модулятор електромагнітні хвилі передаються на відбивач, встановлений у точці, до якої вимірюється відстань. Від відбивача хвилі повертаються на приймальний пристрій, суміщений з передавачем. Приймальний пристрій передає одержані сигнали через підсилювач на табло індикатора, де і висвічуються результати вимірювань у кінцевому вигляді.

Сучасні світлодалекоміри діляться на чотири типи і забезпечують вимірювання відстаней: високоточними до 50 км із серединою квадратичною похибкою не більшою 5 см, технічними — до 5 км із середньою квадратичною похибкою 5 см.

Радіодалекоміри працюють у сантиметровому діапазоні ультракоротких радіохвиль, їхня перевага над світловими у тому, що діють за будь-яких атмосферних умов (крім сильних дощів), у будь-який час доби і на відстані понад 150 км, Принцип роботи радіодалекомірів мало відрізняється від світлодалекомірів. Тут функції відбивача виконують тверді природні об'єкти.

3. КУТОВІ ВИМІРЮВАННЯ

а) Принцип вимірювання кутів

При топографо-геодезичних роботах вимірюють не кути між напрямками на місцевості, а їх ортогональними проекціями в горизонтальній й вертикальній площинах.

Геометричний принцип вимірювання реальних горизонтального й вертикального кутів характеризується схемою.

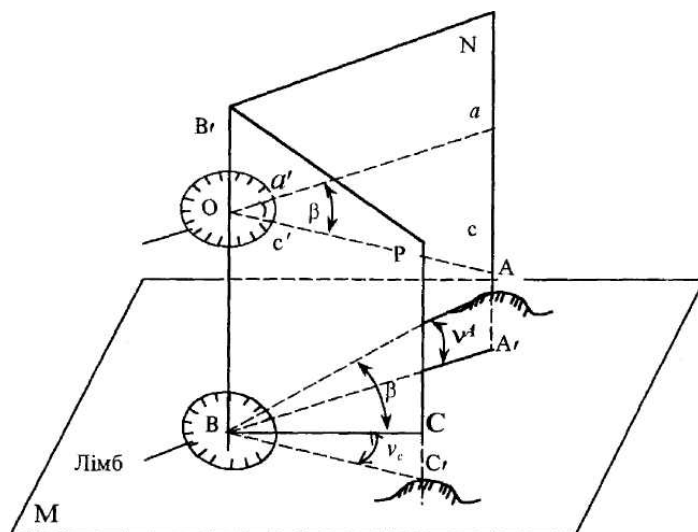


Рис. 1. Схема вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів на місцевості

Нехай маємо точки А, В та С, одна з яких В є вершиною горизонтального кута АВС, сторони АВ й ВС якого не лежать в одній площині. Попередньо проєктують сторони кута АВ й ВС на горизонтальну площину М так, щоб вершина кута В належала цій площині. На сторонах кута АВ й ВС будують дві вертикальні площини N й Р. В результаті на горизонтальній площині М виникають лінії перетину ВА' й ВС, що утворюють горизонтальну проєкцію кута місцевості АВС. Для визначення планового положення точок А, В й С вимірюють горизонтальний кут А'ВС, мірою якого є двогранний кут між площинами N й Р. Цьому куту рівний будь-який кут, вершина якого знаходиться на прямовисному ребрі ВВ' двогранного кута А'В'С, а сторони його лежать в площині, що паралельна площині М. Горизонтальні кути мають значення від 0° до 360° .

Для визначення величини кута, наприклад в градусній мірі, в будь-якій точці на ребрі ВВ' двогранного кута А'В'С, розміщують горизонтальний круг з поділками, що називається **лімбом**, так, щоб його центр О був на прямовисній лінії ОВ. В результаті перетину площини лімба площинами N й Р утворюється певний кут $a'bc$, який за побудовою дорівнює куту $\angle A'BC$.

Визначаючи за поділками лімба відліки за ходом годинникової стрілки, обчислюють значення горизонтального кута.

Правило обчислення горизонтального кута на місцевості можна сформулювати так: щоб одержати значення горизонтального кута, необхідно від відліку на правий напрям (за ходом годинникової стрілки) відняти відлік на лівий напрям. Якщо відлік на правий напрям менший за значення від лівого відліку, то до нього додають 360° і знову віднімають лівий відлік.

Для визначення перевищення між точками вимірюють вертикальні кути, тобто кути нахилу. Під **вертикальним кутом** розуміють кут між стороною та її проєкцією на горизонтальну площину. Відповідно до геометричної принципової схеми вертикальним кутом сторони ВА буде кут $\angle A'BA = +\gamma_a$, а сторони ВС буде кут

$C'BC = -\gamma_c$. Якщо сторона вище проекції, то кут вважають позитивним, якщо нижче — від'ємним. Вертикальні кути приймають значення в межах від -90° до $+90^\circ$.

Для вимірювання вертикальних кутів κ_a й γ_c лімб розміщують прямовисно відповідно в площинах N й P . За результатами відліків по вертикальному лімбу обчислюють значення вертикальних кутів.

Описаний принцип вимірювання кутів на місцевості реалізується в кутомірному приладі, що називається **теодолітом**.

б) Типи теодолітів та загальна будова теодоліта Т-30

Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів при топографо-геодезичних роботах виконують геодезичним приладом — теодолітом. Теодоліти класифікують *за точністю, призначенням, конструктивними особливостями та мірою автоматизації окремих операцій*.

За точністю теодоліти бувають високоточні (середня квадратична похибка вимірювання кутів $m_p = 0,5-1,0''$), точні ($m_p = 2-5''$) і технічні ($m_p = 15-30''$);

за конструктивними особливостями — *прості, повторювальні, з компенсатором біля вертикального крута й автоколімаційні*;

за призначенням — *спеціальні, кодові, маркшейдерські й технічні*.

Серійно випускаються такі типи теодолітів: Т05, Т1, Т2, Т15 і Т30. Цифра означає середню квадратичну похибку вимірювання кута за один прийом (у секундах).

Кожний тип теодоліта має свої конструктивні особливості. Однак, належачи до одного типу приладів для вимірювання кутів, усі вони мають **загальні основні частини**: зорова труба, рівні, горизонтальний (з лімбом і алідадою), і вертикальний круги, відлікові системи і встановлювальні пристрої, підставки і піднімальні гвинти.

Принципова схема теодоліта забезпечує виконання основних геометричних умов: *вісь обертання приладу мусить бути вертикальною; площина лімба — горизонтальною; площина візування — вертикальною*. При вимірюванні кутів найбільше значення має дотримання взаємного розміщення частин теодоліта відповідно до таких умов

Зорова труба дозволяє при виконанні вимірювальних робіт точно візувати на значно віддалені від приладу предмети. До її складу входять об'єктив 1, лінза 2, кремальєра 3, сітка ниток 4 й окуляр 5. Сітка ниток призначена для точного й одномоментного наведення на ціль візування.

Теодоліт Т30 призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів у теодолітних і тахеометричних ходах, а також для виконання топографо-геодезичних робіт на місцевості.

Теодоліт Т30 складається з вертикального й горизонтального кругів із скляними лімбами, зорової труби 1, відлікового мікроскопа 2, ручки фокусування 5, дзеркала для підсвічування 3, затискних 4 й навідних мікрометричних 6 гвинтів труби 1, підставки 7, затискних і навідних гвинтів лімба 8 і алідади 9.

Теодоліт Т30 має оптичну систему, яка дає змогу виконувати водночас відліки по горизонтальному й вертикальному кругам за допомогою мікроскопа.

Мікроскоп розміщений біля окуляра зорової труби. Поле зору теодолітів Т30. До комплекту теодоліта Т30 входять також штатив, орієнтир-бусоль, висок, футляр з чохлом та запасні інструменти й приладдя.

4. ВИСОТНІ ВИМІРЮВАННЯ

Висотна оцінка будь-якої точки земної поверхні є її третьою координатою — крім двох планових, обумовлених у системі географічних чи прямокутних координат. На картах, як відомо, приводяться *абсолютні висоти точок*, тобто висоти, визначені щодо поверхні геоїда (рівня моря). При висотних зйомках місцевості неможливо щораз прив'язуватися до рівня моря, тому за початкові (вихідні) висоти приймають відомі абсолютні висоти точок державної висотної мережі.

Визначення висот точок зводиться до встановлення *перевищень* H між відомою висотою вихідної точки і точкою, висоту якої потрібно визначити. Комплекс вимірних робіт з визначення висотних характеристик топографічної поверхні досліджуваної місцевості називається *нівелюванням*.

Нівелювання при цих роботах полягає у вимірюванні різниці висот обумовленої точки B і опорного пункту A , висота якого відома, тобто перевищення h_{AB} . Шукана абсолютна висота точки B (H_B) визначається алгебраїчним підсумовуванням висоти вихідної точки A із знайденим перевищенням: $H_B = H_A + h_{AB}$. Якщо точка B вище точки A , то перевищення *позитивне*, у зворотньому випадку воно *негативне*.

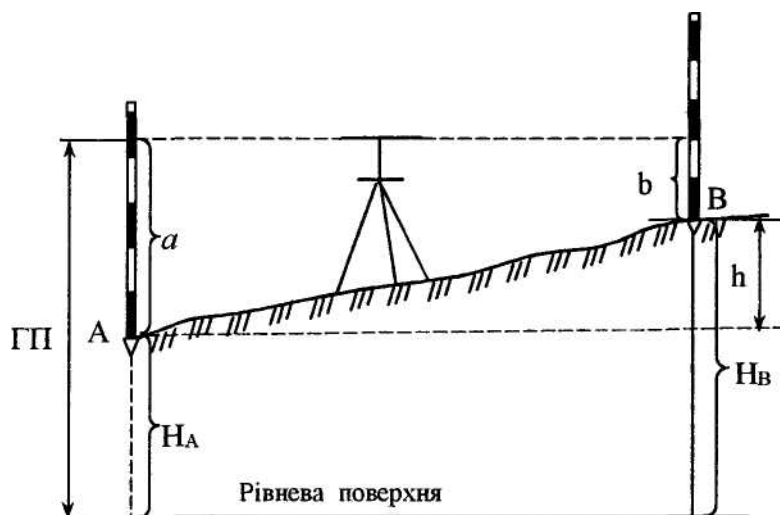


Рис. 1. Принцип геометричного нівелювання.

H_A – висота точки A ; a , b – відліки на нівелірних рейках.

h – перевищення ($h = a - b$). H_B – шукана висота точки B $H_B = H_A + h_{AB}$

Найчастіше на ділянці, що знімається, немає пункту з відомою абсолютною висотою (*репера*). У цьому випадку висоти точок аналогічно визначають від умовної рівневої поверхні і їх називають *умовними відмітками*.



Рис. 2. Співвідношення абсолютної, умовної і відносної висот

Співвідношення абсолютної (H) і умовної (H_1) висот і перевищення h точок приведено на малюнку 2. Як відомо, обмежені ділянки місцевості, у межах яких кривизна рівневої поверхні надто мала, приймаються за горизонтальну площину, тому під час зйомок систему таких рівневих поверхонь, зображених на малюнку 2 у виді дуг, можна умовно представити у виді горизонтальних паралельних прямих.

Основні методи нівелювання наступні:

- 1) *геометричне*,
- 2) *тригонометричне*,
- 3) *фізичне і його різновид — барометричне*.

При зйомці положення умовної рівневої поверхні визначається горизонтальним напрямком візирного променя геодезичного приладу — *нівеліра*, а величини відрізків a і b вимірюються за допомогою установлених вертикально рейок у точках з відомою висотою, що вимірюється.

Нівелір установлюється посередині між точками A і B , зорову трубу направляють спочатку назад на рейку точки A , потім для визначення переднього відліку вперед на рейку точки B (перевищення якої визначається). Її прийнято називати *передньою*, а точку A , щодо якої визначається h , *задньою*; відповідно називають і рейки і пікетні точки, чи пікети (ПК). Звідси формула перевищення $h = a - b$ викладається так: перевищення між двома точками дорівнює відліку на задню рейку мінус відлік на передню рейку. На місцевості пікети відзначають кілочками, забитими до рівня землі, і сторожками.

Для проведення нівелювання необхідний: нівелір тієї чи іншої конструкції, штатив, на якому він установлюється, дві нівелірні рейки. Сучасні нівеліри по конструктивних особливостях поділяються на дві групи:

I - нівеліри з циліндричним рівнем (рівневі нівеліри) і

II – нівеліри з компенсаторами (система хитких призм, що автоматично встановлює лінію візування в горизонтальне положення).

Нівеліри в основному складаються з:

- зорової труби із сіткою ниток для узяття відліків по рейці,
- встановного рівня, що забезпечує горизонтальне положення лінії візування,
- підставки (триніжка) з піднімальними гвинтами для приведення приладу в горизонтальне положення. Труба насаджена на вертикальну вісь, що може обертатися у втулці підставки.

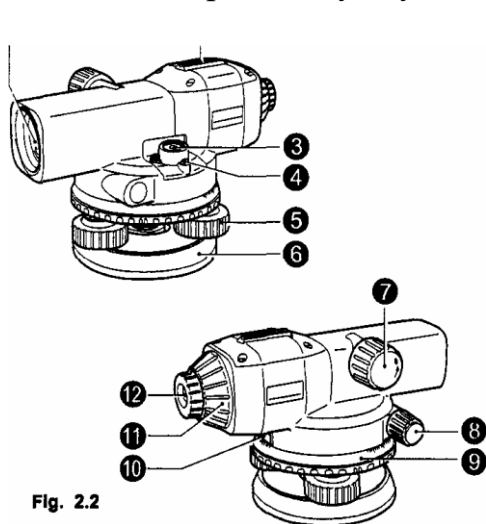


Fig. 2.2

Мал. 2. Будова нівеліра С4: 1. - об'єктив; 2. - коробка сітки ниток; 4 - круглий ватерпас; 5 - регулювальні гвинти; 6 - основа підставки; 7 — гвинт фокусування; 9. - горизонтальний круг; 10. - горизонтальна основа; 11. - гвинт регулювання сітки; 12 - окуляр.

Тема 4. ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ

Лекція 2

1. Планові знімання місцевості

2. Основні види планових знімань.

1. ПЛАНОВІ ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ

а) Види планових знімань, основні відмінності між ними

1. Планові (горизонтальні) знімання, результатом яких є контурне, планове зображення місцевості на аркуші паперу в заданому масштабі *без висотної характеристики*, здійснюються визначенням довжини і напрямку ліній місцевості. Іншими словами, *планові знімання включають лінійні та кутові вимірювання*. Визначення напрямів здійснюється як *вимірюванням горизонтальних кутів між лініями на місцевості, так і прокреслюванням напрямів на горизонтальній площині (на папері) прямо в польових умовах*. Виходячи з цього, планові знімання бувають *кутомірні та кутонарисні*.

1.1. Під час кутомірної знімання ситуації (місцевих предметів) *напрямо на предмет, що знімається, зі станції вимірюють у градусах і хвилинах від напрямку північного кінця магнітного меридіана до лінії візування за допомогою компаса чи точніших приладів*.

Залежно від інструменту, яким знімають, кутомірну зйомку поділяють на *теодолітну, бусольну (компасну) та екерну*.

У підсумку з поля приносять *таблицю із даними про кути та відстані до об'єктів*. Складаючи у камеральних умовах план за допомогою кутомірної знімання, *точку, з якої знімали, позначають як станцію*. Через неї проводять магнітний меридіан, від північного кінця якого транспортом відкладають вимірний азимут і проводять лінію візування на об'єкт.

1.2. Під час кутонарисного знімання об'єкта над станцією встановлюють *планшет (майбутній план), який орієнтують за напрямом магнітного меридіана*. Із станції, позначеної на планшеті точкою, за допомогою візирної лінійки проводять *олівцем лінію візування на предмет, що знімається (окреме дерево, наприклад)*. Місце дерева на плані знаходять, відкладаючи на проведеній лінії візування вимірну відстань від станції до дерева у заданому масштабі.

Залежно від інструменту, яким знімають, *кутонарисну поділяють на мензульну й окомірну*.

Відстані від місця встановлення інструмента (станції) до характерних точок об'єктів, а також розміри об'єктів вимірюють різними способами.

Щоб показати на папері планові контури місцевих предметів і їх взаємне положення, достатньо спочатку нанести характерні точки цих об'єктів, а потім за ними накреслити відповідні контури. Кількість точок, необхідних для відображення тих чи інших об'єктів, залежить від їх розміру і контурів. Наприклад, *для відображення на плані:*

- об'єктів, які займають на місцевості малу площу і відображуються на карті позамасштабним умовним знаком (криниця, окреме дерево, стовп тощо), досить однієї точки;
- прямолінійного об'єкта (просіка, канава, вулиця, лінія електропередачі тощо) потрібно нанести дві точки;
- ламані і криволінійні контури (дорога, річка, межі лісу, болота, озера тощо) відображуються по точках поворотів і характерних згинів. Після нанесення характерних точок на плані їх сполучають лініями і дістають відображення даного об'єкта.

Зйомку ділянки місцевості здійснюють у певній послідовності. Спочатку оглядають місцевість, виявляють її особливості і вибирають точки для створення опорної знімальної сітки. Якщо це можливо, то точки «прив'язують до пунктів державної геодезичної сітки», вимірюючи від одного з опорних пунктів відстані і напрями до якоїсь точки знімальної сітки. Проте часто положення точок знімальної сітки визначають в умовній системі, відносно точки з довільно взятими координатами. Потім, спираючись на одержані точки, здійснюють зйомку.

в) Способи зйомки планового положення точок

Для одержання планового положення об'єктів застосовують декілька способів зйомки — *полярних координат, засічок, обходу, перпендикулярів, створів*. Вибір способу зйомки залежить від характеру і виду, об'єкта, що знімається, рельєфу місцевості та масштабу, в якому потрібно скласти план.

1. При способі полярних координат (полярних напрямів) положення ряду точок місцевості визначається відстанню від відомої точки і кутом від відомого вихідного напрямку. За відому точку беруть точку стояння інструмента, яка вже нанесена на зображення місцевості або має відомі координати. За вихідний здебільшого служить напрям дійсного або магнітного меридіана. При кутомірних зйомках вимірюють кути напрямку на необхідні точки, а при кутонарисних зйомках напрями на об'єкти, що знімаються, одночасно креслять вздовж лінії візування на строго орієнтованому плані.

2. Спосіб біполярних координат (засічки) — це спосіб визначення положення на плані третьої точки за двома заданими. Засічки поділяються на *прямі і зворотні*. Пряму засічку застосовують тоді, коли знімальник з двох відомих точок повинен визначити положення третьої. Ця невідома точка може знаходитись на значній відстані і навіть бути недосяжною (наприклад, на другому березі річки чи на протилежній стороні болота тощо). Від відомих точок визначають *азимуту напрямів на третю точку* (при кутомірній зйомці) або прокреслюють їх на орієнтованому плані (при кутонарисній зйомці), тоді в їх перетині одержують шукану точку. Найкращі результати одержують при куті засічки, близькому до 60° , Оскільки цього важко досягти в польових умовах, то слід прагнути до того, щоб кут засічки був *не більшим 120° і не меншим 60°* . Спосіб прямої засічки широко застосовують під час кутомірних і кутонарисних зйомок віддалених або недосяжних об'єктів.

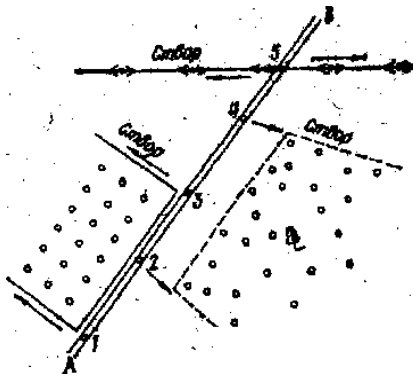
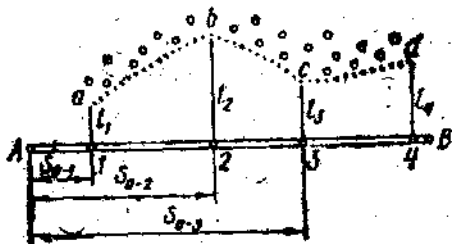
3. Для зйомки доріг у лісі, вулиць у населених пунктах та інших закритих контурів користуються *способом обходу*. При цьому зйомник рухається по лінії зйомки (обходить контур) і вимірює довжини прямолінійних сторін ходу та їх напрями, наприклад азимуту. Замість азимутів можна виміряти горизонтальні кути

між сторонами ходу (наприклад, у теодолітній зйомці) або напрями цих ліній можна одержати графічно, прокреслюванням на орієнтованому плані.

4. Зйомку звивистого контуру (наприклад, озера, річки, берега тощо) здійснюють **способом перпендикулярів** (ординат або прямокутних координат). Для цього уздовж контуру прокладають знімальний хід або магістраль а потім з характерних точок опускають перпендикуляри на лінію ходу. Довжини перпендикулярів, а також відстані до їх основи від початкової точки ходу вимірюють одним із способів, залежно від бажаної точності зйомки.

5. Прямолінійні межі об'єктів або напрями окремих прямих ліній, розміщених під деяким кутом до знімального ходу, по якому переміщується зйомник, можна одержати **способом створів** (промірів). Знаходячись на лінії знімального ходу АВ, можна знайти точки (1, 2, 3, 4) перетину сторін об'єкта, що знімається, з лінією ходу і з них визначити напрям потрібних ліній (на малюнку зображені стрілками). За допомогою способу створів знімають лінії зв'язку та електропередачі, газо- і нафтопроводи, огорожі, будинки, межі полів тощо.

Під час зйомок ділянки використовують здебільшого ряд способів, поєднаних між собою залежно від місцевих умов зйомки. Результати польових вимірювань записують у спеціальні журнали і абрис-схематичне креслення ділянки місцевості, яку знімають. Успіх роботи значною мірою залежить від повноти та ретельності цих записів.



2. ОСНОВНІ ВИДИ ПЛАНОВИХ ЗЙОМАНЬ

а) Бусольна зйомка і її види

Бусольна зйомка місцевості — це горизонтальна зйомка малої точності. Для виконання зйомки можна користуватися також звичайними компасами. Але через дуже низьку ціну поділки компаса (-3° , -5°) користуються в основному більш досконалими приладами цього типу — бусолями. Як самостійний метод її застосовують для зйомки невеликих ділянок місцевості, а як допоміжний — для зйомки ситуації під час інших, більш точних методів зйомок.

Суть бусольної зйомки полягає в тому, що на лініях ходу вимірюють орієнтувальні кути — азимуту або румби. Тобто вона, як і теодолітна зйомка належить до **кутомірних зйомок**.

Бусольна зйомка буває 1) **площадна** і 2) **маршрутна**.

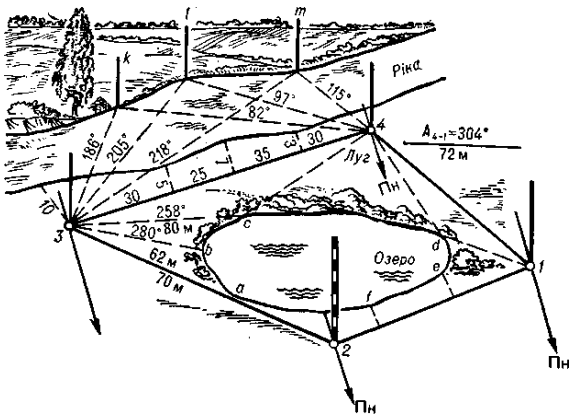
I. Площадна зйомка може здійснюватись двома способами: а) із створенням опорної знімальної сітки та 2) **полярним способом**.

1). Під час площадної зйомки із створенням опорної знімальної сітки на

місцевості її утворюють прокладанням замкнутого ходу (полігону 1—2—3—4). Довжини сторін ходу вимірюють рулеткою двічі і беруть середню величину. За бусоллю (або компасом) визначають прямі і зворотні магнітні азимуты напрямів сторін ходу і обчислюють середні значення прямих азимутів. Одержані дані записують у журнал. Потім у характерних точках контуру, що знімається, встановлюють віхи і їхнє положення визначають різними способами, залежно від їх відстані і розміщення відносно точок опорної сітки. Всі дані записують у журнал, а розміщення точок знімальної сітки і об'єктів місцевості замальовують у вигляді абрису.

Опрацювання польових вимірювань починається з побудови полігону за азимутами й довжинами сторін. Напрям сторін одержують за транспортиром відносно заздалегідь побудованої лінії магнітного меридіана. Положення характерних точок місцевості наносять відкладаючи азимуты і відстані від точок і сторін полігону. Точки на плані з'єднують лініями, узгоджуючи з малюнком на абрисі і одержують план озера, річки тощо.

2). В умовах відкритої місцевості і доброї прохідності дані для побудови плану невеликої ділянки можна одержати полярним способом. Для цього бусоль встановлюється на штативі, дець у центрі ділянки, з таким розрахунком, щоб усі об'єкти, які необхідно зняти, були видимі з неї. На ці точки вимірюють азимуты, а також відстані до них.



2) Завданням **маршрутної бусольної зйомки** є створенні плану знімального ходу і зйомка смуги місцевості вздовж нього. Така необхідність часто виникає в експедиціях, походах і на екскурсіях. Під час проходження маршруту одночасно створюються опорна сітка і проводиться зйомка. Опорними точками при цьому є здебільшого точки повороту ходу. Відстані до знімальної точки найчастіше вимірюються кроками або рулеткою, азимуты сторін ходу і напрями на об'єкти — бусоллю або компасом. Зйомку проводять способом *прямої засічки, створів, ординат, іноді полярним способом*.

Польовими документами під час маршрутної зйомки є **журнал і абрис**. Зняті об'єкти на абрисі показують умовними знаками, азимуты і відстані записують у журнал. План бусольної зйомки будується аналогічно плану ділянки.

Відстані, виміряні кроками, можна перерахувати і виразити в метрах або для їх відображення на плані простіше побудувати лінійний масштаб кроків. За допомогою циркуля вимірювача довжини сторін ходу наколюються за відповідними напрямками.

За основу масштабу кроків під час його побудови беруть відрізок, якому відповідає ціле число пар кроків (50, 100, 200 тощо). Визначають довжину вибраної основи в масштабі зйомки і здійснюють графічну побудову лінійного масштабу. Наприклад,

необхідно побудувати масштаб кроків для зйомки в масштабі 1 : 10000, а середня пара кроків зйомника на місцевості дорівнює 1,80 м. Візьмемо за основу масштабу 100 пар кроків. При довжині пари кроків 1,80 м ста парам кроків відповідає 180 м. У масштабі 1 : 10000 на плані цій відстані відповідає 18 мм. Якщо відкладемо кілька разів цей відрізок на прямій і розділимо крайню ліву основу на десять частин, то одержимо лінійний масштаб з ціною поділки 10 пар кроків. Для зручності роботи масштаб кроків часто будують не на плані, а на окремій смужці паперу, наклеєній на картон. Відстані на плані відкладають без циркуля за краєм цієї смужки.

б) Неув'язка полігону і способи її усунення

Маршрут, який закінчився на місцевості в початковій точці, тобто замкнутий маршрут, теоретично на плані повинен зобразитися також замкнутим. Але внаслідок помилок вимірювань у полі і під час побудови плану нагромаджуються помилки, в результаті чого сторони ходу дещо змістяться і кінцева точка не «накладається» на початкову. Відрізок *що залишається* називається *лінійною неув'язкою ходу*. Вона не повинна перевищувати 1/200 частину від периметра ходу. Якщо ж під час накладання ходу на план виявлено неув'язку, більшу від допустимої, необхідно перевірити всю побудову плану. У випадку, якщо план виконано правильно, а неув'язка більша допустимої, необхідно повторити польові вимірювання.

Якщо неув'язка одержаного полігону (багатокутного ходу) не перевищує допустимої, полігон слід *ув'язати методом паралельних ліній*. При цьому неув'язку розподіляють *рівномірно за кількістю точок полігону* або краще *пропорційно довжинам його сторін, будуючи спеціальний трикутник ув'язок*. Для цього на папері проводять пряму лінію, на якій відкладають послідовно довжини всіх сторін ходу (можна в дрібнішому масштабі, ніж основний план). У кінцевій точці ходу 1' встановлюють перпендикуляр і на ньому відкладають величину неув'язки (в масштабі основного плану). Кінець перпендикуляра з'єднують прямою з першою точкою ходу. Із точок 2', 3', 4', 5' встановлюють перпендикуляри до перетину з гіпотенузою трикутника, які й дадуть величини ув'язок у відповідних точках ходу на плані. Полігон ув'язують переміщенням його вершин на ці довжини паралельно напрямку зміщення кінцевої точки ходу.

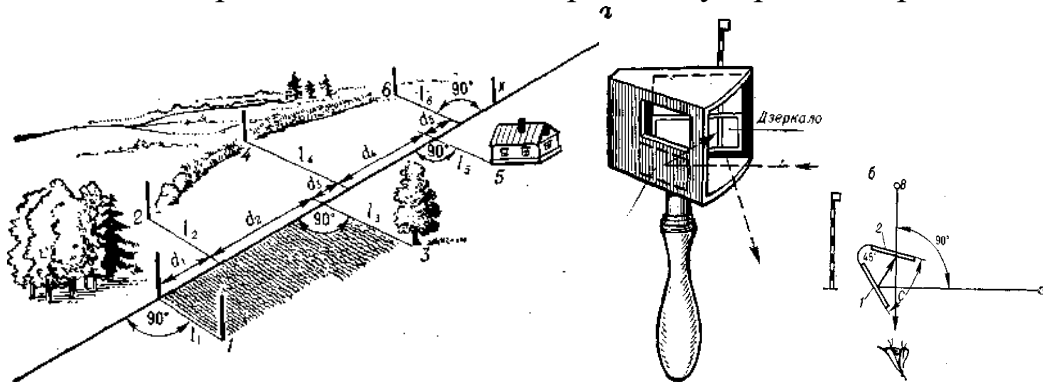
Внаслідок порівняно невисокої точності польових вимірювань під час зйомки ув'язку можна здійснювати пропорційно кількості точок ходу. В цьому разі відрізок лінійну неув'язку полігону, а) ділять на 5 рівних частин (кількість сторін), потім кожну точку (2, 3, 4) переміщують паралельно відрізкові /'— /. Величина зміщення другої точки становитиме 1/5 частину неув'язки, зміщення третьої — 2/5 неув'язки тощо. Очевидно, що точка /' буде зміщена на відрізок неув'язки і стане на місце точки /. Так полігон буде ув'язано.

Після побудови лінії ходу на папір наносять ситуацію за даними абрису.

в) Екерна зйомка

Екерна зйомку застосовують для одержання планів невеликих ділянок з нескладною ситуацією способом промірів. Для цього на ділянці, що знімається, або довкола неї прокладають основний хід, сторони якого взаємно перпендикулярні. З характерних точок контура (1, 2, 3, 4, 5, 6), що знімається, на знімальний хід опускають перпендикуляри (ординати), їх довжини і відстані між ними вимірюють

Результати польових вимірювань, як і під час всякої кутомірної зйомки, фіксуються у вигляді абриса. На мал. 61 дано абрис, одержаний під час зйомки ділянки, зображеної на мал. 60. Для побудови прямих кутів на місцевості використовуються екери різної конструкції. Досить прості хрестоподібні екери, які неважко виготовити самому. На поздовжніх осях дощечок проведено взаємно перпендикулярні прямі, а на їхніх кінцях вбито тонкі цвяхи. Якщо візувати вздовж однієї пари цвяхів a і b , а потім, не зрушуючи екера з місця, дивитися вздовж другої пари c і d , то одержимо два взаємно перпендикулярних напрями.



Більш компактним є *дводзеркальний відбивний екер*. Верхня частина його являє собою тригранну призматичну коробку, відкриту з одного боку. На двох інших гранях у верхній частині зроблено прямокутні вирізи, а в нижній частині з внутрішнього боку приріплено два дзеркала. Кут між дзеркалами

Промінь, попадаючи на одне дзеркальце, відбивається від нього, падає на друге і теж відбивається. Кут перетину променя, який увійшов до екера і який вийшов з нього, дорівнює 90° . Під час побудови прямого кута екер тримають вертикально в руці над вершиною кута C . В одному із дзеркал знаходять зображення віхи A , яка стоїть у напрямі однієї сторони кута потім переводять погляд у віконце над дзеркалом і показують помічникові, де повинна стояти віха у перпендикулярному напрямі B . Очевидно, що зображення першої віхи в дзеркалі і другої віхи у віконці повинні злитися в одну лінію.

д) Теодолітна зйомка

Теодолітна зйомка — це горизонтальна зйомка місцевості, яку виконують за допомогою кутомірного приладу — теодоліта і сталевий мірної стрічки, рулетки (або оптичного далекоміра). Під час виконання цієї зйомки вимірюються горизонтальні кути і відстані. В результаті зйомки одержують контурний або ситуаційний план місцевості із зображенням контурів і місцевих предметів.

Тема 8. ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ

Лекція 3

П л а н

1. Висотні знімання (нівелювання)

2. Планово-висотні зйомки

1. ВИСОТНЕ ЗНІМАННЯ

а) Нівелювання за допомогою нівеліра

Якщо визначення перевищень між двома точками здійснюється з однієї *станції* (станція — місце постановки нівеліра), то нівелювання називається **простим**. Нівелювання між точками, що далеко знаходяться одна від іншої, чи розташованими на порівняно крутому схилі, проводять з декількох станцій, що утворюють *нівелірний хід*. Такий вид нівелювання називається **послідовним**. *Сполучними точками* називають точки (пікети), загальні для двох суміжних станцій.

Попередньо по трасі нівелірного ходу проводиться **пікетаж** (розмічаються місця станцій і пікетних точок). Для цього через кожні 100 чи 200 м (рідше 50 м) забивають урівень із землею кілочок і поруч з ним другий кілочок — «сторожок», що виходить на 15—20 см над рівнем землі. На сторожку відзначається номер пікету. Рахунок пікетам ведеться від початкового кілочка, що нумерується нулем (ПК0), далі ПК 1, ПК 2 — і так до кінця траси. За номером пікету легко визначити пройдену відстань від ПК 0, наприклад 28 пікет показує відстань $28 \times 100 \text{ м} = 2,8 \text{ км}$.

Точки, що визначають мікроструктуру рельєфу (перегини схилів, невеликі котловинки чи підняття, характерні переломи ліній і т.п.), як і кути повороту лінії ходу, дуже рідко збігаються з пікетами. Для того щоб вони були відображені на профілі, необхідно довідатися їхні висотні оцінки. У цих точках теж забивають кілочки і ставлять сторожки і називають їх **плюсовими**, тому що відстань, обмірювана до них від попереднього пікету, плюсують до їх номерів (наприклад, ПК16+38).

Інструмент по черзі встановлюється на станціях I, II, III і т.д., а рейки в точках (пікетах) 0, 1, 2, 3 і т.д. Перевищення визначають по лінії ходу між пікетами 0 і 1, 1 і 2, 2 і 3 і т.д., тобто між сполучними точками. Таким чином, перевищення останньої і першої точок буде дорівнює алгебраїчній сумі перевищень між окремими пікетами:

У замкнутому ході сума перевищень теоретично повинна бути рівною нулю ($E=0$). Хід, виконаний у прямому і зворотному напрямку по одній і тій же лінії нівелювання, є різновидом замкнутого ходу. У цьому випадку сума перевищень прямого ходу повинна бути дорівнює сумі перевищень зворотного ходу, але зі зворотним знаком:

Нівелювання на кожній станції виконується в такий спосіб: рейки встановлюють на пікетах, відстані між якими на рівнині складають 100—200 м. На станції, посередині між пікетами, установлюють нівелір і приводять трубу в горизонтальне положення. Відліки по рейках беруть у такій послідовності:

- 1) по чорній стороні задньої рейки; 2) по чорній стороні передньої рейки;
- 3) по червоній стороні передньої рейки; 4) по червоній стороні задньої рейки.

Результати відліків по рейках записують у журнал геометричного нівелювання. Варто врахувати, що якщо початкові відліки по червоних сторонах рейок відрізняються на 100 від початкових відліків по чорних сторонах, то значення метрів і дециметрів беруть по перевищенню, отриманому по чорних сторонах рейок, усередненню підлягають тільки сантиметри і міліметри. Переконавши, що отримані перевищення по чорній і червоній стороні рейок однакові чи не відрізняються один від одного більше чим на 4 мм, нівелір переносять на наступну станцію. Хід завершується зйомкою останньої точки траси, оцінка якої, як і початкової, відома заздалегідь.

По обчислених висотних оцінках («оцінкам Землі») будують профіль. Географічна

ситуація по обидва боки траси (30—40 м з кожної сторони) фіксується в пікетажній книжці в умовних топографічних знаках.

На пересіченій місцевості і, зокрема, на крутих і коротких схилах використання нівеліра утруднене, тому що горизонтальний візирний промінь апарата може пройти вище задньої рейки й упреться в землю нижче передньої. У такій ситуації приходить ся вводити додаткові станції і пікети. Застосування способу *ватерпасовки* дозволяє уникнути цього.

б) Ватерпасовка

Ватерпасовка як найбільш простий вид геометричного нівелювання знаходить широке застосування в шкільній практиці й у краєзнавчій роботі. Вона незамінна при нівелюванні і побудові поперечних профілів ярів, балок, крутих обривів, валів, насипів і т.п.

Інструментами для ватерпасовки служать дві *легкі рейки* довжиною близько 2 м із сантиметровими розподілами і *ватерпас* — накладний рівень. Принцип ватерпасовки полягає в тому, що одна рейка встановлюється вертикально, інша, що імітує візирний промінь нівеліра, — горизонтально (контролюється ватерпасом). Відрізок вертикальної рейки (установленої нулем униз) від землі до горизонтальної рейки визначає перевищення A двох сусідніх точок, а довжина, відлічена по горизонтальній рейці від землі до вертикальної, — закладення a . Сума всіх перевищень дає відносну висоту першої і кінцевої точок, а сума всіх горизонтальних — горизонтальне проєкцію схилу.

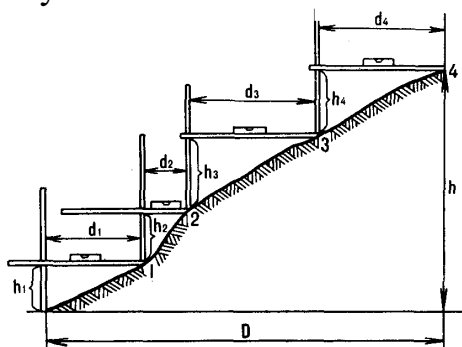


Схема ватерпасовки

Запис відліків по рейках зручно вести у виді східчастого абрису, де вказуються перевищення (по вертикалі) і закладення (по горизонталі) у сантиметрах. По ньому в камеральних умовах легко побудувати профіль.

Перевищення цієї точки над вихідною буде дорівнює 1 м. Потім послідовно шкільний нівелір переносять в інші точки по схилі. Ведення абрису спрощується тим, що перевищення між точками постійно (1 м), тому записується тільки горизонтальна відстань між точками (по вимірі чи кроками рулеткою). У школі прилад застосовується для виміру висоти крутого схилу пагорба, річкової долини, кургану і т.п.

в) Тригонометричне нівелювання

Тригонометричне нівелювання — це метод визначення різниці висот точок земної поверхні за результатами вимірювання кута нахилу (V) лінії візування з однієї точки на іншу та горизонтальної відстані ($с$) між цими точками.

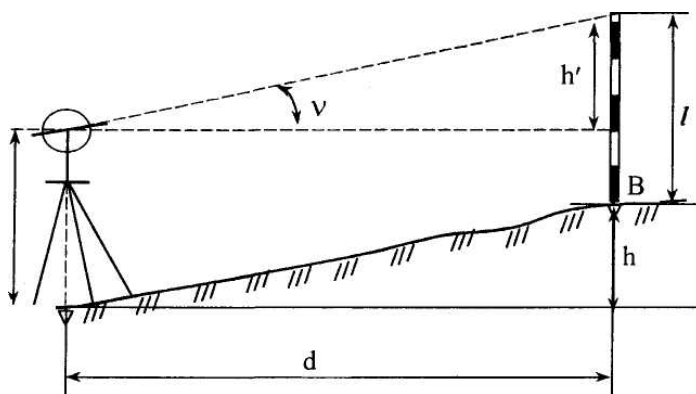


Рис. 3. Суть тригонометричного нівелювання

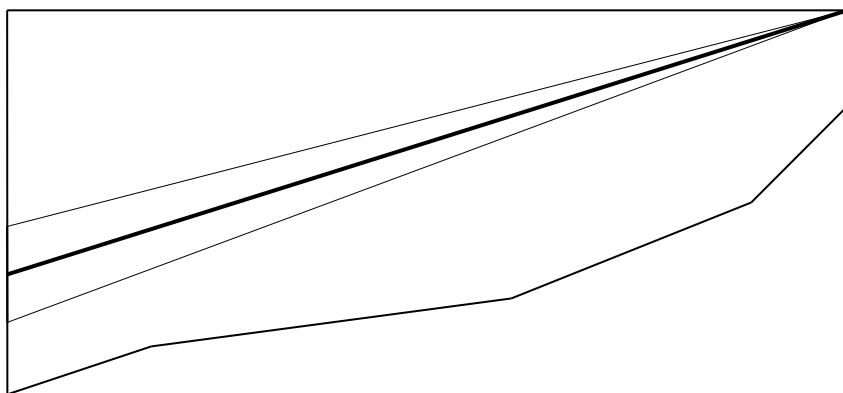
За відомими величинами довжини рейки (l) та вимірюваної величини висоти приладу обчислюють перевищення між точками за повною формулою тригонометричного нівелювання

$$H = D \operatorname{tg} v$$

Якщо візувати на мітку, що прикріплена до рейки на висоті приладу ($I = I$), то перевищення визначають за скороченою формулою тригонометричного нівелювання

У випадку, коли відстань між точками вимірюють нитковим віддалеміром, перевищення між точками обчислюють, відповідно, за формулами:

$$D$$



Відстань за далекоміром – $d = Kn$;

Горизонтальна проекція – $D = Kn \cdot \cos v$;

Висота – $h = 0,5d \cdot \sin 2v$

г) Фізичне (барометричне) нівелювання

Фізичне нівелювання засноване на закономірності зміни атмосферного тиску зі зміною абсолютної висоти місця: з підйомом над рівнем моря тиск падає, зі спуском — підвищується. Нівелювання, при якому визначається різниця висот двох точок (перевищення), за даними зміни атмосферного тиску, обмірюваного в цих точках, називається барометричним.

Барометричне нівелювання дає можливість швидко визначати абсолютні висоти точок місцевості, воно також використовується для зйомки рельєфу високогірної і сильно пересіченої території.

За різницею тиску, як відзначалося вище, з урахуванням метеорологічних умов можна обчислити і різниця висот двох не дуже віддалених одна від одної точок. Для цієї мети застосовують поняття *баричного ступеня висот відстані по вертикалі в метрах, на якому атмосферний тиск міняється на 1 мм ртутного стовпа*. За формулою Бабіне:

$$H = 16\,000 \cdot (1 + 0,004 \, t_1 - t_2/2) \cdot B_1 - B_2 / B_1 + B_2,$$

Для середньої смуги України баричний ступінь складає 10,5 м/мм. Якщо його позначити $_{\text{DH}}$,

то

$$H = _{\text{DH}} \cdot (B_1 - B_2)$$

2. ПЛАНОВО-ВИСОТНІ ЗЙОМКИ

Висотно-планові (спільні) зйомки здійснюють з метою одержання плану, що відображає географічну ситуацію місцевості і її рельєф, тобто зйомкою визначається як планове положення, так і висоти точок місцевості.

Така зйомка ще називається тахеометричною. Вона виконується тахеометрами, тобто теодолітами, оснащеними вертикальними кругами і далекомірами. При цьому на місцевості вимірюють горизонтальні і вертикальні кути і відстані до точок. За результатами вимірювань у камеральних умовах будується топографічний план місцевості, тобто план із зображенням рельєфу. Даний вид зйомки набув значного поширення в інженерній практиці.

За допомогою кутомірної зйомки одержують планове положення об'єктів, а оцінки висот тригонометричним. Отже зйомку здійснюють у такій послідовності:

1) Прокладають тахеометричні ходи – система ламаних ліній, яка служать для створення знімальної мережі.

2) Після створення знімальної мережі знімають планову ситуацію і рельєф. При цьому горизонтальні кути вимірюються одним повним прийомом, відстані – далекоміром. Зйомка ведеться в основному полярним способом.

Для цього:

- напрямки на точки зйомки визначають по горизонтальному колу теодоліта або його бусолі.
- у точках, що визначають найважливіші об'єкти планової ситуації й елементи рельєфу, ставлять далекомірні рейки;
- по них вимірюють відстані і беруть відліки по вертикальному колу, потім визначають кут нахилу і перевищення. Обчислення ведуть за допомогою спеціальних таблиць. Висоту пікетів одержують, підсумовуючи висоту станцій і перевищення точок.

Вимірювання кутів за допомогою теодоліта

Приведення теодоліта у робочий стан включає центрування, нівелювання приладу й фокусування зорової труби.

Центрування — встановлення центра лімба або осі алідади на одній прямовисній лінії з вершиною кута. Для центрування теодоліт пересувають разом з штативом над точкою доти, поки висок не розміститься над нею. При наявності центрира у його полі зору має бути видно точку. Потім послаблюють становий гвинт і пересувають теодоліт по горизонтальній головці штатива доти, поки висок або хрестик сітки ниток центрира не суміститься з точкою. Після закінчення операції закручують становий гвинт.

Нівелювання теодоліта — приведення площини лімба в горизонтальне положення або осі алідади в прямовисне положення трьома піднімальними гвинтами. Для нівелювання теодоліта розміщують рівень, обертаючи алідаду при відкритому затискному гвинті, паралельно двом піднімальним гвинтам. Обертаючи ці гвинти в різні боки, виводять бульбашку рівня на середину. Потім повертають алідаду разом з рівнем у напрямі третього гвинта, тобто на кут, близький до 90°. Обертаючи тільки третій піднімальний гвинт, знову приводять бульбашку рівня на середину алідади. Дії повторюють доти, поки бульбашка рівня не залишатиметься на середині при будь-якому положенні алідади на лімбі.

Фокусування зорової труби — отримання в полі зору труби чіткого зображення сітки ниток і предмета, який спостерігають.

Чітке зображення предмета отримують обертанням кільця кремальєри. Для отримання чіткого зображення сітки ниток наводять трубу на освітлений предмет. Обертаючи окуляр, домагаються чіткого зображення сітки ниток.

Вимірювання кутів теодолітом ТЗ0 способом прийомів при вимірюванні горизонтальних кутів найпоширеніший при інженерно-топографічних роботах на місцевості. При цьому способі горизонтальний кут β отримують як різницю відліків при крузі «праворуч» й «ліворуч» двох напрямів, що виходять з однієї точки.

Кут обчислюють так:

- а) перший напівприйом вимірювання кута при крузі «праворуч»

$$\beta_{\text{п}} = a_n - a_n;$$

- б) другий напівприйом вимірювання кута при крузі «ліворуч»

$$\beta_{\text{л}} = a_{\text{л}} - a_{\text{л}};$$

- в) середнє значення вимірюного кута з обох напівприйомів

$$\beta_{\text{ср}} = 0,5 (\beta_{\text{п}} + \beta_{\text{л}});$$

де $a_{nl}, a_{,,}, a_{\phi}, a_{ni}$ — відліки по лімбу горизонтального круга відповідно на точки 1 і 3 при кругах «праворуч» й «ліворуч».

0°

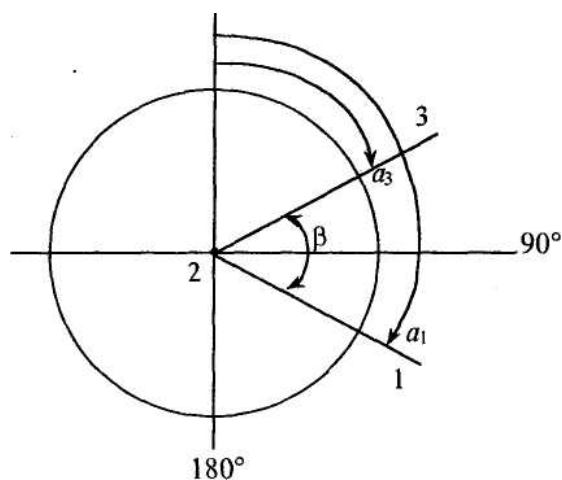


Схема вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів

Порядок вимірювання кутів способом прийомів такий: встановлюють теодоліт у вершині кута й приводять його у робочий стан. Перший прийом виконують при крузі «праворуч». Закріплюють лімб затискним гвинтом, відкріплюють алідаду і зорову трубу. Спочатку наближено, а потім закріпивши алідаду й трубу, орудуючи навідними гвинтами алідади й труби, точно наводять центр сітки ниток на точку 1. Беруть відлік по горизонтальному колу, який записують у журнал. Відкріплюють алідаду, наводять центр сітки ниток на точку 3. Знову на горизонтальному крузі беруть відлік, який записують у табл.

Для контролю й зменшення похибок приладу горизонтальний кут вимірюють при крузі «ліворуч». Для цього переводять трубу через zenit. Закріплюють алідаду й відкріплюють лімб. Змістивши лімб приблизно на 90° , закріплюють його й відкріплюють алідаду. Знову візують зорову трубу на точку 1. Закріплюють алідаду його в журнал. Закріплюють лімб. Рухом алідади за ходом стрілки годинника послідовно візують на точки 2, 3 і 4, беруть при цьому відліки, які записують у журнал. Напівприйом закінчують повторним наведенням і відліком на початковий пункт 1. Якщо початковий і кінцевий відліки не відрізняються більше як на подвійну точність відлікового пристрою, приступають до другого напівприйому.

При закріпленому лімбі переводять трубу через zenit. Рухом закріпленої алідади проти ходу стрілки годинника послідовно візують на всі точки й беруть відлік. Відлік на точку 1 записують в останній рядок табл. 9.8. Відліки на наступні пункти в другому напівприйомі записують знизу вгору. Якщо різниця між відліками в першому й другому напівприйомах на початковий напрям 1 не перевищує подвійну точність теодоліта, обчислюють середній відлік з двох напівприймів. Його записують у наступну графу табл. і віднімають від усіх інших відліків на наступні напрями 1, 3 і 4. Наведені напрями на точки 2, 3 і 4 — це величини кутів між цими напрямками.

Для вимірювання **вертикальних кутів** теодоліт установлюють над точкою й приводять його основну вісь у прямовисне положення. При крузі «праворуч» візують зорову трубку на точку *M*. Закріплюють затискні гвинти алідади й трубу. Мікрометричними гвинтами труби й алідади суміщають сітку ниток з точкою. Закріплюють затискні гвинти алідади й труби. Перевіряють, чи знаходиться на середині бульбашка рівня біля алідади горизонтального крута. Роблять відлік по вертикальному колу *R* і записують його в журнал.