

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

О. В. Афанасьєв, С. Г. Нестеренко

КАРТОГРАФІЯ.
КАРТОГРАФІЯ І ТОПОГРАФІЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів денної форми навчання першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти за спеціальностями 193 – Геодезія та землеустрій і
101 – Екологія)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

Афанасьєв О. В. Картографія. Картографія і топографія: конспект лекцій для студентів денної форми навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальностями 193 – Геодезія та землеустрій) і 101 – Екологія / О. В. Афанасьєв, С. Г. Нестеренко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 106 с.

Автори:

канд. техн. наук, доц. О. В. Афанасьєв,

канд. техн. наук, доц. С. Г. Нестеренко

Рецензент

Ю. Б. Радзінська, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 02.08.2021.

© О. В. Афанасьєв, С. Г. Нестеренко, 2021

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Тема 1 Вступ до картографії.....	6
1.1 Картографія як наука, її структура.....	6
1.2 Місце картографії у системі наук.....	8
1.3 Основні відомості про карту, її властивості, функції та сфера використання.....	10
1.4 Основні елементи географічної карти.....	13
1.5 Класифікація карт.....	14
Тема 2 Загальні положення математичної картографії	16
2.1 Поняття про форму Землі.....	16
2.2 Поняття про картографічні проєкції.....	18
2.3 Картографічні проєкції видом меридіанів і паралелей.....	19
2.4 Картографічні проєкції за характером спотворень.....	25
2.5 Координатні сітки географічних карт, їх види, призначення.....	28
2.6 Прямокутні координати.....	32
Тема 3 Загальні відомості про картографічні проєкції	37
3.1 Вибір картографічних проєкцій.....	37
3.2 Сутність і зміст картографічної генералізації.....	40
3.3 Способи картографічної генералізації.....	42
Тема 4 Способи картографічного зображення	46
4.1 Способи картографічного зображення. Спосіб лінійних значків. Спосіб ізоліній. Спосіб якісного фону. Спосіб кількісного фону. Спосіб локалізованих діаграм. Точковий спосіб. Спосіб ареалів. Спосіб знаків руху. Спосіб картодіаграм. Спосіб картограм. Написи на картах.....	46
Тема 5 Основи цифрової картографії	61
5.1 Теорія цифрового картографування місцевості.....	62
5.2 Зміст цифрових карт та вимоги до них.....	64
5.3 Технологічні основи створення цифрових карт та планів.....	71
5.4 Збір топографічної інформації при цифровому картографуванні місцевості.....	73
5.5 Технічні засоби цифрування карт та опрацювання цифрової картографічної інформації та формування цифрових карт.....	76
5.6 Візуалізація цифрової картографічної інформації комп'ютерними засобами.....	79

Тема 6 Програмні та технічні засоби візуалізації картографічної інформації.....	82
6.1 Сучасні програмні продукти геоінформаційних систем та провідні виробники геоінформаційних картографічних пакетів.....	82
6.2 Системи автоматизованого картографування.....	86
6.3 Принципи класифікації та кодування картографічної інформації.....	87
6.4 Контроль якості створення цифрових карт.....	89
Тема 7 Топографія.....	95
7.1 Загальні відомості.....	95
7.2 Класифікація топографічних карт та їхні масштаби.....	96
7.3 Призначення топографічних карт.....	96
7.4 Умовні знаки на топографічних картах.....	99
7.5 Читання карт.....	101
7.6 Координатна сітка топографічних карт.....	103
Список рекомендованих джерел.....	105

ВСТУП

Конспект лекцій з картографії підготовлений для студентів денної форми навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти навчання за спеціальностями 193 – Геодезія та землеустрій; 101 – Екологія.

Метою навчальної дисципліни «Картографія» є сформувати у студентів систематизовані картографічні знання та вміння роботи з картографічними творами.

Метою навчальної дисципліни «Картографія і топографія» є формування у здобувачів освіти систематизованих теоретичних знань з дисципліни та практичних навичок.

Основними завданнями вивчення дисциплін «Картографія» та «Картографія і топографія» є ознайомити студентів із картознавством і загальною теорією картографії, математичною та цифрової картографією та основами складання карт, методикою картографічного моделювання; показати значення картографії у сучасному світі.

Вивчення предмета та набуття картографічної культури обов'язково передбачають широке використання вітчизняних і зарубіжних загально-географічних та тематичних карт, комплексних атласів, а також знайомство з комп'ютерними картографічними програмами, роботою з геопорталами, картографічними сервісами мобільних операторів, принципи LBS-навігації.

Для написання конспекту лекції використані матеріали відповідно до наведеного списку використаних джерел.

ТЕМА 1

ВСТУП ДО КАРТОГРАФІЇ

План

- 1.1 Картографія як наука, її структура.
- 1.2 Місце картографії у системі наук.
- 1.3 Основні відомості про карту, її властивості, функції та сфера використання.
- 1.4 Основні елементи географічної карти.
- 1.5 Класифікація карт.

1.1 Картографія як наука, її структура

Картографія (від грецького «chartes» – аркуш папірису та «grafo» – описувати) – важлива дисципліна в системі географічних наук.

За державним стандартом термінів, *картографія* – це галузь науки, техніки й виробництва, що охоплює вивчення, створення та використання картографічних творів.

Картографічний твір – це твір, головною частиною якого є картографічна модель реального світу. Картографічні твори, власне, і становлять предмет картографії як науки.

Це визначення узгоджується із традиційним розумінням картографії як науки про географічні карти, методи їх створення та використання. Існує і таке розуміння картографії як науки, яка охоплює теорію, методику та технічні прийоми створення та використання картографічних творів.

Географи основну увагу приділяють науковому напрямку картографії. Так, відомий російський картограф К. О. Саліщев дійшов висновку, що картографія – це «наука про відображення та дослідження явищ природи й суспільства – їхні розміщення, властивості та зміни в часі – через картографічні

зображення як просторові образно-знакові моделі». У цьому визначенні – суть особливостей картографії.

Таке визначення вказує на предмет наукової картографії, на те, що вивчає ця наука. Предметом картографії є відображення об'єктів природи та суспільства, їхніх властивостей, взаємозв'язків та змін у просторі й часі. А відображення об'єктів і явищ відбувається специфічною графічною (образно-знаковою) мовою – географічною картою. Отже, предметом картографії є не сама карта, як матеріальний об'єкт, а географічний простір – взаєморозміщення об'єктів і явищ природи та суспільства

Отже, **картографія** – це науково-технічна дисципліна, яка розробляє технологічні прийоми створення геопросторових моделей об'єктів, процесів та явищ, а також вивчає способи, прийоми та методи укладання та видання карт за допомогою електронних засобів візуалізації.

Як кожна наука, картографія має свої методи виконання наукових і практичних завдань. До них належать картографічне моделювання та картографічний метод дослідження, за допомогою яких створюють картографічні моделі, розробляють прийоми їх аналізу, застосування та перетворення з метою вивчення реального світу й набуття нових знань.

Картографічне моделювання базується на трьох головних принципах:

- математичної формалізації, що забезпечує перехід від сферичної поверхні Землі до площини за допомогою картографічних проєкцій;
- картографічної символізації, тобто на використанні систем умовних знаків;
- картографічної генералізації, тобто на доборі основного й суттєвого, а також його доцільному узагальненні відповідно до призначення, тематики та масштабу карти.

1.2 Місце картографії у системі наук

Особливості картографії як науки відображаються в її структурі. Вона являє собою досить розгалужений комплекс наукових і технічних дисциплін: одні з них мають багатовікову історію, міцну науково-технічну базу, інші виникли недавно й перебувають у стадії становлення.

Сучасна картографія складається з низки розділів:

1. Теорії картографії – розділу, який вивчає загальні проблеми, предмет і метод картографії як науки, а також окремі питання методології створення й використання карт; загальну методику використання картографічних творів у наукових і практичних цілях; розвитку технічної бази картографування та методів створення й застосування карт.

2. Математичної картографії – розділу, який вивчає математичну основу карт, розробляє теорію картографічних проєкцій, методи побудови картографічних сіток, характер і розподіл спотворень на картах.

3. Проєктування та складання карт – розділу, який вивчає та розробляє методи та технологію лабораторного (камерального) виготовлення карт.

4. Оформлення карт і картографічної семіотики – розділу, який розробляє мову карти, теорію та методи побудови систем картографічних знаків та їх кольорове оформлення.

5. Видання карт – технічної дисципліни, яка вивчає та розробляє технологію друку, розмноження, поліграфічного оформлення картографічної продукції;

6. Картознавства – розділу, який охоплює вивчення географічних карт, їхніх елементів, види, розвиток.

7. Історії картографії, яка вивчає теорію ідей, понять, методів картографії, розвиток картографічного виробництва, а також старі картографічні твори.

8. Картографічного джерелознавства, яке розробляє методи систематизації картографічних джерел, необхідних для складання карт.

9. Картографічної інформатики, яка вивчає та розробляє методи збору, зберігання та видачі споживачам інформації про картографічні твори та джерела.

10. Картографічної топоніміки, яка вивчає географічні назви, їхнє смислове значення з точки зору правильної передачі на картах.

11. Використання карт – розділу, у якому розробляються теорія та методи застосування картографічних творів у різних сферах практичної, наукової, культурно-освітньої діяльності.

Тісні зв'язки картографія має з такими науками:

1) суспільними (філософією, психологією, лінгвістикою, економікою, історією, демографією тощо);

2) математичними (матаналізом, аналітичною геометрією, теорією інформації, математичною статистикою тощо). Знання цих наук картографія залучає для обґрунтування картографічних проєкцій, системи координат для визначення положення об'єктів картографування;

3) технічними (автоматикою, поліграфією, електронікою, приладобудуванням, напівпровідниковою та лазерною технікою, матеріалознавством тощо). Наслідком цього є удосконалення та створення нового картографічного обладнання, підвищення технічного рівня картографічного виробництва;

4) геодезією (через використання даних про форму й розміри Землі та інших планет, гравітаційне та магнітне поля, методи вимірювань і знімань місцевості, способи переходу від поверхні земного еліпсоїда до площини);

5) аерокосмічними методами, з отриманням дистанційної інформації, її прив'язкою, корекцією, фотограмметричною обробкою та дешифруванням;

6) поєднання картографії з технічною графікою та мистецтвом забезпечують гармонійне поєднання художніх і функціональних властивостей картографічних творів;

7) науками про Землю (геологією, геофізикою, геохімією, екологією), де карта є одним з основних засобів пізнання дійсності;

8) особливо тісні зв'язки з географією – унаслідок їхньої взаємодії сформувався новий напрям у тематичній картографії – географічна картографія – наука про відображення та дослідження географічних систем через географічні карти та інші картографічні моделі.

Отже, на сьогодні відбувається розширення зв'язків картографії з іншими науками, що привело до перебудови самої картографії, її внутрішньої структури. З'явилися нові галузі картографії, нові суміжні, вузлові та зв'язувальні наукові напрями на пограниччі картографії з іншими науками. Картографія перетворилася із колись єдиної науки в систему наукових дисциплін зі складними взаємозв'язками, перекриттям та перетином сфер інтересів. Відбувається посилена комп'ютеризація та космологізація сучасної картографії. При цьому картографія зберігає міцні зв'язки із материнською наукою – географією.

1.3 Основні відомості про карту, її властивості, функції та сфера використання

Основними ознаками географічної карти є такі:

- 1) карта – це засіб для одночасного огляду розміщених на земній поверхні об'єктів, оцінки їхнього взаємного розташування, співставлення у просторі;
- 2) карта завжди будувалася як зменшене зображення (карта володіє масштабністю);
- 3) для побудови карти як плоского зображення застосовуються математичні закони;
- 4) зміст карти передається через знаки;
- 5) карта є умовним зображенням;
- 6) на карті передаються лише найголовніші, типові риси місцевості (карта – генералізоване зображення).

Отже, **географічна карта** – це зменшене, узагальнене, умовнознакове зображення земної поверхні на площині, побудоване за певними

математичними законами, яке показує розміщення, властивості та зв'язки явищ природи й суспільства, є особливим засобом пізнання, який дає можливість одночасно оглядати ці явища, оцінювати їхнє взаєморозміщення, зіставляти у просторі їх властивості.

Державним стандартом термінів карта визначається «...як математично визначене, зменшене, генералізоване зображення земної поверхні, іншого небесного тіла чи космічного простору, яке показує розташовані чи спроектовані на нього об'єкти в прийнятій системі координат».

Властивості карти:

1. Подоба в просторі й часі, що виявляється через:

- геометричну подобу, тобто відповідність форми й розмірів реального об'єкта та його зображення;
- подоба в часі, що означає правильну передачу стану й розвитку об'єктів і явищ на певний, вказаний на карті момент часу;
- подоба відносин – карта повинна давати уявлення про взаємне положення, територіальну співвідпорядкованість та зв'язки об'єктів реального світу.

2. Змістовна відповідність – визначається рівнем вивченості явища, повнотою та вірогідністю інформації, обґрунтованою методикою складання і правильним доббором об'єктів і явищ.

3. Абстрактність. Карта не є фотографія. Вона становить узагальнену та формалізовану модель території.

4. Аналітичність і синтетичність. З одного боку, карта здатна роздільно показувати процеси та явища, що в реальному житті діють спільно, з другого – вона забезпечує цілісне зображення явищ, які в реальному житті існують ізольовано.

5. Метричність. Можливість виконувати на карті різні вимірювання, що можуть бути трьох видів:

- кількісні – вимір відстаней, координат, кутів, площ;
- якісні – віднесення об'єкта до тієї чи іншої класифікаційної категорії;

– бальні оцінки – присвоєння тому або іншому об'єкту чи його різновиду визначеної кількості балів.

6. Однозначність. Кожному об'єкту карти відповідає єдиний, цілком визначений об'єкт реального світу (але не навпаки – не всякий об'єкт реального світу відображається на карті). Будь-яка точка чи лінія на карті має лише один, зафіксований у легенді зміст.

7. Наочність і оглядовість. Можливість швидкого зорового сприйняття як усієї зображеної на карті території загалом, так і її найважливіших і найістотніших елементів.

Карта створює зорову модель території, відображає наявні знання про зображені об'єкти та явища, дозволяє знайти закономірності в їхньому розподілі на поверхні.

8. Інформативність – здатність карти зберігати й передавати інформацію про об'єкти та явища реального світу.

Функції карти:

1. Комунікативна. Зберігання й передача просторової інформації.

2. Оперативна. Безпосереднє виконання на карті різних практичних завдань (навігація, військова справа, надзвичайні ситуації, екологія, сільське господарство тощо)

3. Конструктивне застосування карт для розробки й реалізації господарських і соціальних проектів, тобто проектування та будівництва різних інженерних споруд.

4. Пізнавальна. Використання карт для досліджень у просторі й часі об'єктів та явищ природи й суспільства, придбання нових знань про ці об'єкти та явища.

5. Прогностична. Використання карт для передбачення явищ природи й суспільства, їх поширення у просторі й зміни в часі, а також їхніх майбутніх станів (прогноз розвитку ерозії, змивання ґрунтів, підтоплення, заболочування, опустелювання, винищення лісів тощо на підставі аналізу різночасних карт на ту саму територію).

Сфера використання карт для пізнання навколишньої дійсності надзвичайно широка й охоплює практично всі сфери людської діяльності. Карти є носіями інформації, вони дозволяють вивчати будь-який об'єкт без його відвідування. Карты використовують як путівник під час пересування в будь-якому середовищі, вони дають можливість орієнтуватися на місцевості. Карты є основою для інженерного проектування транспортних шляхів, об'єктів промислового та сільськогосподарського призначення, організації території з урахуванням особливостей природного середовища. За картами здійснюють державне та регіональне планування економічного та соціального розвитку, адміністративне й господарське управління територіальними утвореннями – від населеного пункту до країни загалом. Карты є складником забезпечення навчального процесу. Важко переоцінити роль карт як засобу наукових досліджень. Карты також є джерелом знань, засобом розповсюдження цих знань та вирішення багатьох завдань суспільного життя.

1.4 Основні елементи географічної карти

Будь-яка карта складається з таких елементів:

1. Математична основа – це математично зумовлені способи побудови карти. Вона включає:

а) геодезичну основу, яка пов'язана з формою Землі та її розмірами, початком координат і початком висот;

б) масштаб – число, яке показує, у скільки разів відбулося зменшення розмірів земного еліпсоїда до розміру його моделі. Це так званий головний масштаб, однак, при переході від сферичної поверхні еліпсоїда до площини (карти) він не може бути збережений у всіх місцях карти;

в) картографічну проєкцію – математично визначений спосіб зображення поверхні земного еліпсоїда на площині. Сфероїдальну поверхню земного еліпсоїда неможливо зобразити на площині без спотворень.

2. Картографічне зображення є основною частиною карти. Це відомості про об'єкти та явища, зображені на карті. Для їх передачі застосовуються умовні позначення, які поділяються на площинні, лінійні та позамасштабні. Так, картографічне зображення загально-географічної карти включає показ семи елементів: рельєфу, гідромережі, рослинного й ґрунтового покриву, населених пунктів, шляхів сполучення й засобів зв'язку, кордонів і меж, об'єктів господарства та соціальної сфери. Воно повинно відповідати двом вимогам –геометричній точності та географічній відповідності.

3. До елементів оснащення належить назва карти, її легенда, рамки, картографічна (чи кілометрова) сітка, записи масштабу. Легенда карти – зведення використаних картографічних позначень із необхідними до них поясненнями, а також графіки для вимірювання за картами – відстаней, кутів чи напрямів, координат, крутизни схилів.

4. До елементів додаткової характеристики належать текстові (вихідні) дані, карти-врізки, профілі, діаграми, графіки, таблиці тощо.

Елементи оснащення та елементи додаткової характеристики полегшують використання карти. Усі елементи карти об'єднують їх компонуванням – визначенням місця кожного елемента щодо інших: рамки відносно території картографування, легенди, допоміжного оснащення та додаткових даних.

1.5 Класифікація карт

Різноманітність карт вимагає їх групування за певними ознаками.

1. За територіальним охопленням: світові, півкуль, Світового океану та його частин, материків та їхніх частин, окремих держав та їхніх частин, міст, сіл, землекористувань.

2. За тематикою всі географічні карти поділяються так:

2.1 Загально географічні.

2.2 Тематичні:

2.2.1 Карти природних явищ. Серед карт природних явищ виокремлюють групи карт: загальні фізико-географічні (ландшафтні та фізико-географічного районування); геологічні (стратиграфічні, тектонічні, неотектонічні, літолого-фаціальні, четвертинних відкладів, гідрогеологічні, корисних копалин, сейсмічні, вулканізму, інженерно-геологічні); геофізичні; геохімічні; рельєфу земної поверхні; кліматичні; океанографічні; гідрологічні; ґрунтові; геоботанічні; зоогеографічні; охорони природи.

2.2.2 Карти соціально-економічних явищ. Серед карт соціально-економічних – карти населення, економічні, соціальної інфраструктури, політичні та політико-адміністративні, історичні.

3 За масштабом:

3.1 Великомасштабні (1:100 000 і більші).

3.2 Середньомасштабні (1:200 000 до 1:1 000 000).

3.3 Дрібномасштабні (дрібніші від 1:1 000 000).

4. За призначенням географічні карти поділяють так:

4.1 Довідкові (інвентаризаційні та оцінки природних умов і ресурсів, інвентаризаційні та оцінки економічних ресурсів, планування й розміщення продуктивних сил, проєктні, оперативно-господарські, навігаційні та дорожні).

4.2 Навчальні (учбові, науково-довідкові, культурно-освітні, туристські).

Окрім із видів, виділяють типи карт – за широтою теми, прийомами досліджень картографованого явища, характером узагальнення, об'єктивністю та практичною спрямованістю інформації.

Контрольні запитання

1. Назвіть три основні принципи картографічного моделювання.
2. Назвіть елементи карти.
3. Які компоненти карти становлять її математичну основу?
4. Для чого слугують допоміжне оснащення та додаткові дані?
5. Перелічіть властивості карти.
6. Які види вимірювань можна виконувати на карті?

7. Перелічіть функції карти.

8. Наведіть класифікацію карт за масштабом, тематикою, призначенням та територіальним охопленням.

ТЕМА 2

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ КАРТОГРАФІЇ

План

2.1 Поняття про форму Землі.

2.2 Поняття про картографічні проєкції.

2.3 Картографічні проєкції за видом меридіанів і паралелей.

2.4 Картографічні проєкції за характером спотворень.

2.5 Координатні сітки географічних карт, їхні види, призначення.

2.6 Прямокутні координати.

2.1 Поняття про форму Землі

Поверхня Землі, яку прийнято називати фізичною або топографічною поверхнею, становить сполучення океанів і материків зі складними геометричними формами. Океани займають майже 3/4 площі планети, а нерівності суші незначні порівняно з її площею, тому фігура Землі визначається поверхнею Світового океану. Це підтверджується і знімками, що отримані з космічних літальних апаратів.

Говорячи про форму (фігуру) Землі, мають на увазі не фізичну її поверхню, що становить складне сполучення височин і низин, гір і долин, а деяку уявлювану (умовну) поверхню середнього рівня Світового океану в спокійному стані, що як би покриває всю нашу планету та перпендикулярна в будь-якій її точці до напрямку стрімкої лінії (напрямку сили тяжіння).

Така форма Землі нагадує триосьовий еліпсоїд, або сфероїд. Уявлення про Землю як про еліпсоїд (або сфероїд) загалом вірні, але насправді поверхня Землі складніша. Найбільш подібною до сучасної фігури Землі є фігура, яка дістала назву «геоїд», що в перекладі означає «землеподібний».

Геоїд – власне Земля як планета та фігура, якою характеризують її форму. Поверхня геоїда повторює вільну, спокійну поверхню води у Світовому океані, яка уявно продовжена під материками так, що вона скрізь перпендикулярна до напряму сили тяжіння.

Поверхня рельєфу (фізична поверхня), сфероїда та геоїда Форма та розміри Землі були математично обґрунтовані геодезистом О. О. Ізотовим у 1940 р., а змодельована ним фігура, на честь відомого радянського геодезиста Ф. М. Красовського була названа *еліпсоїдом Красовського* (рис. 2.1). На сьогодні параметри еліпсоїда Красовського підтверджені сучасними методами досліджень, зокрема з залученням даних штучних супутників Землі, і становлять:

- екваторіальний радіус – 6 378,254 км;
- полярний радіус – 6 356,863 км;
- полярне стиснення – 1/298,25.

За цими параметрами були обчислені площа поверхні Землі – 510 млн. км², її об'єм – $1,083 \times 1\,012 \text{ км}^3$ і маса – $5,976 \times 10^{27}$ г.

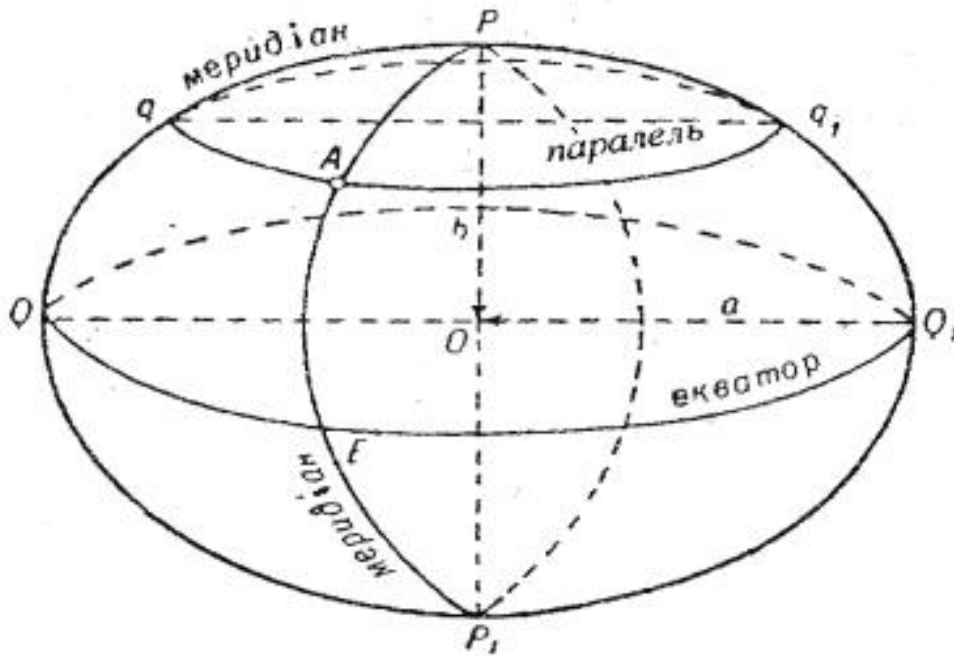


Рисунок 2.1 – Еліпсоїд Красовського

2.2 Поняття про картографічні проєкції

Зображення поверхні земного еліпсоїда або його об'ємної моделі – глобуса на площині, тобто на карті, пов'язане із деформацією довжин ліній, кутів між напрямками, а також площ ділянок. Величина та характер цих деформацій залежить:

- від розмірів території, що підлягає картографуванню;
- від способу переносу земної поверхні на площину.

Математичні способи зображення на площині земної поверхні й називаються картографічною проєкцією.

Для кожної карти повинна бути підібрана проєкція, яка забезпечить використання цієї карти за призначенням. При виборі проєкцій велике значення має характер і розподіл спотворень та вид картографічної сітки. Умови, прийняття для побудови картографічної сітки, можна видозмінювати, а відповідно, в такий спосіб створювати різні за видом і властивостями спотворення картографічні проєкції.

Прийнято класифікувати картографічні проєкції за двома незалежними один від одного ознаками:

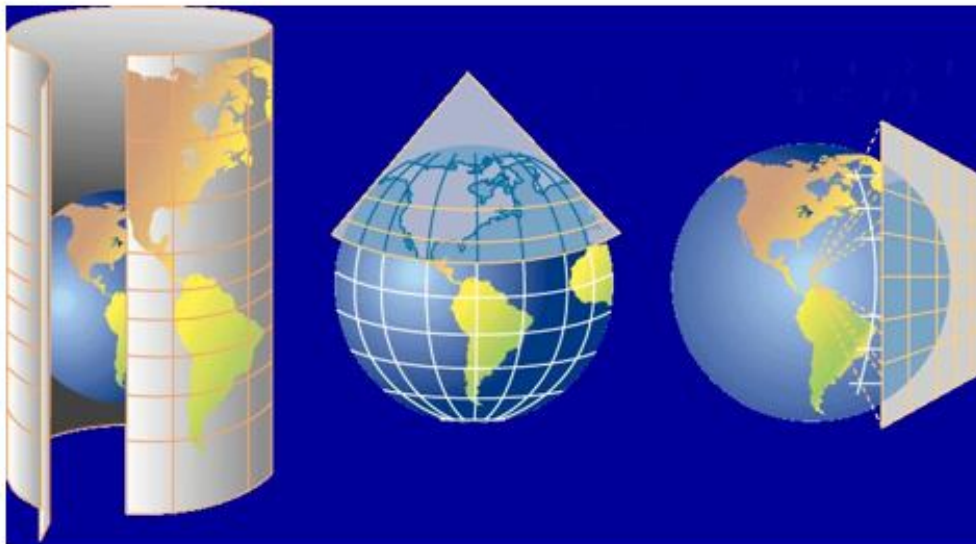
- за видом меридіанів і паралелей (градусної сітки) на проєкції;
- за властивостями відображення або за характером спотворення (деформації).

2.3 Картографічні проєкції за видом меридіанів і паралелей

Географічне положення певних точок земної поверхні визначається, як відомо, їхніми координатами. Тому математична задача побудови картографічного зображення полягає в проєктуванні на площину (карту) кулястої поверхні Землі за умови суворого дотримання однозначної відповідності між координатами точок на земній поверхні й координатами їхнього зображення на карті.

У картографічній проєкції меридіани та паралелі зображуються системою прямих або плоских кривих ліній. В основі всякої картографічної проєкції лежить той чи інший спосіб зображення градусної сітки.

Залежно від способів переносу градусної сітки з глобуса на площину карти бувають такі проєкції: азимутальні, циліндричні, конічні (рис. 2.2).



Циліндричні

Конічні

Азимутальні

Рисунок 2.2 – Види картографічних проєкцій залежно від поверхні, що розгортається

При проектуванні глобуса на екран, розміщений біля Північного або Південного полюсів, одержують *азимутальну полярну (нормальну)* проєкцію. Картинна площина дотикається поверхні еліпсоїда у точці полюса (рис. 2.3, а) або перпендикулярна до осі обертання Землі (рис. 2.4, б). Вона дає правильне уявлення про полярні області. Спотворення на цих картах збільшуватиметься в міру віддалення від полюса.

Якщо прикласти екран до екватора глобуса та спроектувати кожну його точку, ми матимемо карту в азимутальній екваторіальній (поперечній) проєкції. Картинна площина дотикається поверхні еліпсоїда на екваторі, а нормаль у точці дотику лежить у екваторіальній площині (рис. 2.3, в). У цій проєкції будують карти півкуль.

Скошені азимутальні проєкції, коли картинна площина дотикається поверхні еліпсоїда в точці, розташованій між полюсами й екватором, а нормаль у точці дотику утворює з віссю обертання Землі деякий кут z (рис. 2.3, г).

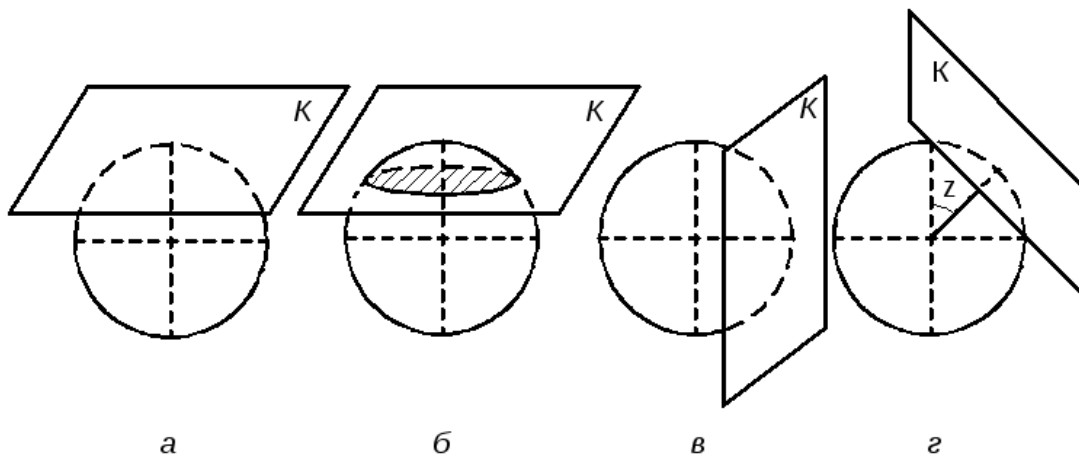


Рисунок 2.3 – Азимутальні проєкції

Загальне рівняння азимутальної проєкції:

$$\delta = c\Delta L, \quad (2.1)$$

де δ – кут між меридіанами;

c – коефіцієнт пропорційності;

ΔL – різниця довгот, а паралелі дугами концентричних кіл із центром у S і радіусом:

$$\rho = f(B). \quad (2.2)$$

Проектування глобуса на бічні поверхні циліндра дасть *циліндричну проєкцію*. Спотворення обрисів земної поверхні при циліндричній проєкції збільшується в міру віддалення від екватора до полюсів. Тому вона зручна для зображення країн, розташованих поблизу екватора. Меридіани й паралелі в цій проєкції є паралельними лініями, які перетинаються під прямим кутом.

Циліндричні проєкції можуть бути *нормальні*, коли вісь циліндра збігається з віссю обертання Землі (рис. 2.4, а, б), *поперечні* – вісь циліндра лежить у площині екватора (рис. 2.4, в) і *скошені* – вісь циліндра складає з віссю обертання Землі деякий кут z (рис. 2.4, г).

Загальне рівняння циліндричних проєкцій:

$$\begin{aligned}x &= f(B), \\y &= cL,\end{aligned}\tag{2.3}$$

де B – широта;

L – довгота;

c – коефіцієнт пропорційності.

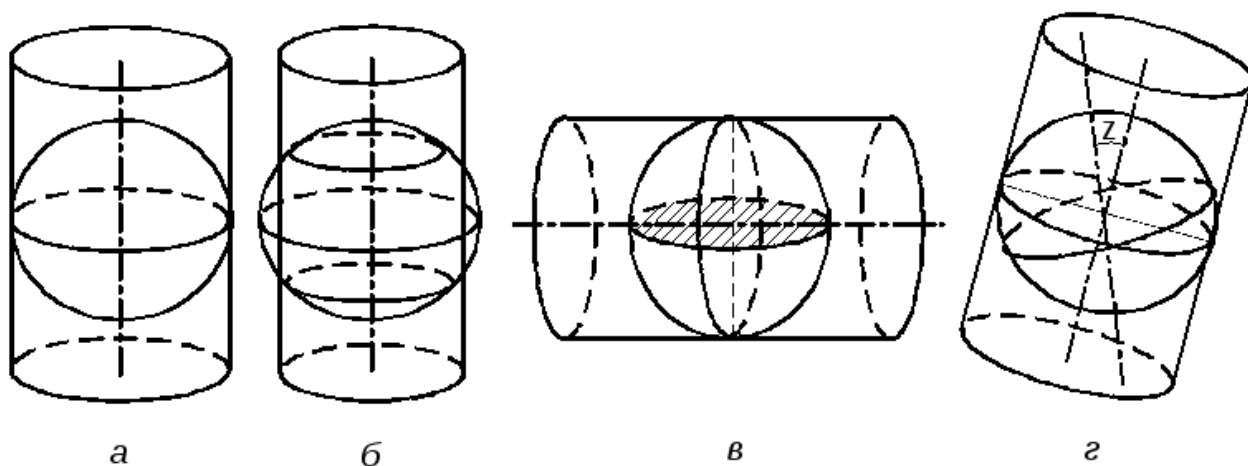


Рисунок 2.4 – Циліндричні проєкції

Для зображення країн середніх широт користуються *конічною проєкцією*. Її одержують при проектуванні глобуса на стінки конуса. У конічній проєкції меридіани зображуються прямими лініями, які розходяться променями з однієї точки, а паралелі показані дугами кіл зі спільним центром у тій точці, що була вершиною конуса. У цій проєкції точний масштаб зберігається на паралелі, до якої конус дотикався до глобуса. Чим далі від цієї паралелі, тим більше на карті спотворюються обриси земної поверхні.

Як і циліндричні, конічні проєкції поділяються на три групи: *нормальні*, коли вісь конуса збігається з віссю обертання Землі (рис. 2.4, а, б), *поперечні*, коли вісь конуса лежить у площині екватора (рис. 2.4, в), *скошені*, коли вісь конуса складає з віссю обертання деякий кут z (рис. 2.4, г).

У конічній проєкції меридіани зображуються прямими, що сходяться в полюсі проєкції S під кутом:

$$\delta = c\Delta L, \quad (2.4)$$

де c – коефіцієнт пропорційності,

ΔL – різниця довгот, а паралелі дугами концентричних кіл з центром у S і радіусом:

$$\rho = f(B), \quad (2.5)$$

тобто є функціями широти.

Існують також змішані види проєкцій, а саме псевдоконічні, псевдоциліндричні та поліконічні проєкції.

Псевдоконічними називаються такі проєкції, у яких паралелі нормальної сітки зображуються дугами концентричних кіл, а меридіани – кривими лініями, симетричними щодо середнього меридіана, що зображується прямою, перпендикулярною до паралелей. Ці проєкції відрізняються від конічних видом меридіанів. Вигляд картографічної сітки псевдоконічної проєкції показаний на рисунку 2.5, а.

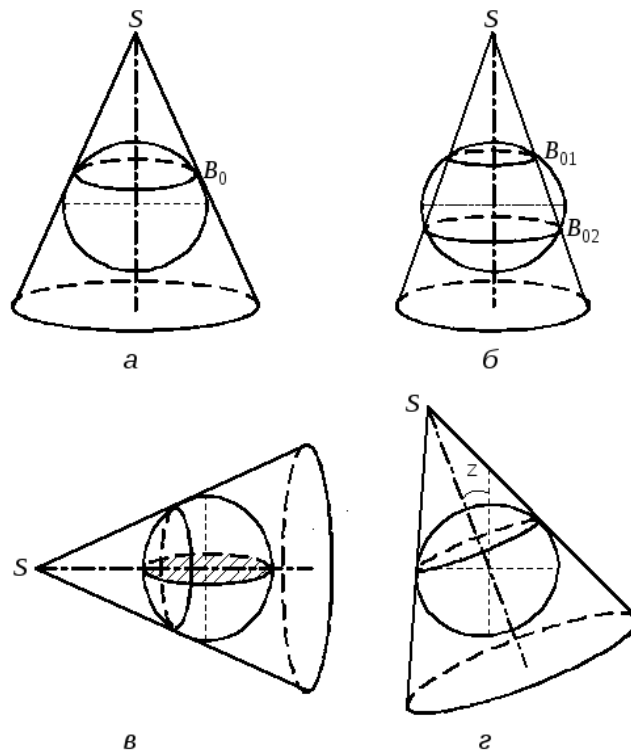


Рисунок 2.5 – Конічні проєкції

Псевдоциліндричними називаються такі проєкції, у яких паралелі нормальної сітки зображуються рівнобіжними прямими, а меридіани – кривими лініями, симетричними щодо середнього меридіана, що зображується прямою, перпендикулярною до паралелей. Ці проєкції відрізняються від циліндричних видом меридіанів. У псевдоциліндричних проєкціях ізоколи мають вигляд складних кривих ліній, симетричних щодо екватора й середнього меридіана, до того ж закон наростання перекручувань може бути різним (рис. 2.6, б).

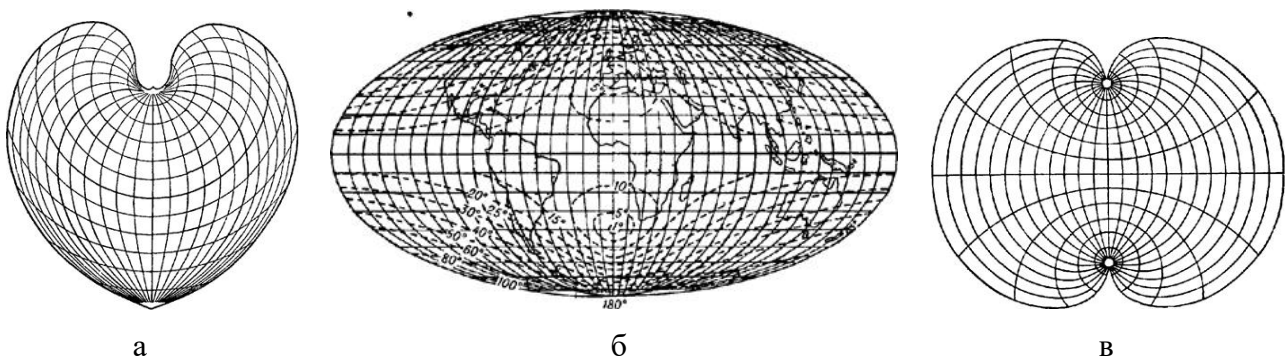


Рисунок 2.6 – Псевдоконічні, псевдоциліндричні та поліконічні проєкції

Поліконічними називаються такі проєкції, у яких паралелі нормальної сітки зображуються різноцентровими колами, а меридіани – кривими лініями, симетричними щодо середнього меридіана, що зображується прямою, перпендикулярною до паралелей (рис. 2.6, в).

2.4 Картографічні проєкції за характером спотворень

Спотвореннями називаються порушення геометричних властивостей ділянок земної поверхні та розташованих на них об'єктів при їх зображенні на площині.

У загальному випадку при зображенні поверхні еліпсоїда або кулі на площині спотворенню підлягають кути, лінії та площі, в окремих випадках кути та площі не спотворюються.

Про характер і величину спотворень на карті можна говорити, співставляючи картографічну сітку з градусною сіткою глобуса.

На глобусі всі меридіани, паралелі розміщені на однаковій відстані один від одного. Тому всі клітинки градусної сітки між двома сусідніми паралелями мають на глобусі однакову форму й розміри, а осередки між меридіанами звужуються та зменшуються за величиною на північ і південь від екватора.

Тому ознаками спотворення карт є неоднакова форма й різні осередки між суміжними паралелями (спотворення площі), різні за величиною відрізки меридіанів між паралелями (спотворення довжини ліній і неоднаковий масштаб у різних частинах карти), відхилення від прямого кута величини кутів між меридіанами й паралелями на карті (кутові спотворення).

Спотворення довжин базове спотворення. Інші спотворення логічно впливають із нього. Спотворення довжин на карті виражається в тому, що масштаб довжин на ній змінюється при переході від однієї точки до іншої, а також при зміні напрямку в цій точці. Унаслідок цього співвідношення лінійних розмірів географічних об'єктів передаються зі спотвореннями. Судити про

наявність на карті спотворень довжин можна шляхом порівняння величин відрізків меридіанів між сусідніми паралелями на глобусі та на карті.

Спотворення довжин означає несталість масштабу плоского зображення. Воно проявляється у зміні масштабу від точки до точки, і навіть в одній і тій самій точці залежно від напрямку.

Це означає, що на карті існує два види масштабу:

– головний, він підписується на карті, це масштаб еліпсоїда, розгортанням якого отримана карта. Головний масштаб довжини – відношення, що показує, в скільки разів зменшені лінійні розміри моделі земного еліпсоїда при їх зображенні на карті. Він зберігається тільки в місцях карти, де немає спотворення довжини.

Головним масштабом називають відношення довжини відрізка dL на глобусі, що став підставою для складання карти, до довжини цього самого відрізка dl_0 на поверхні еліпсоїда:

$$M = \frac{dL}{dl_0} \quad (2.1)$$

Частковий масштаб – їхнє нескінченне число на карті, він змінюється не тільки при переході від однієї її точки до іншої, але й в одній точці при зміні напрямку. Таким масштабом називають відношення нескінченно малого відрізка dl , узятого на карті в заданій точці за заданим напрямком, до відповідного нескінченно малого відрізка dl_0 , узятого на поверхні еліпсоїда:

$$\mu = \frac{dl}{dl_0} \quad (2.7)$$

Відхилення локального масштабу від головного визначається відношенням:

$$C = \frac{\mu}{M} = \frac{dl}{dL} \quad (2.8)$$

З виразу (2.8) випливає:

якщо $C = 1$, локальний масштаб дорівнює головному й деформації в заданій точці за заданим напрямком відсутні;

якщо $C > 1$, локальний масштаб більше головного;

якщо $C < 1$, локальний масштаб дрібніше головного.

Спотворення площ виражається в тому, що масштаб площ у різних місцях карти різний і порушуються співвідношення площ різних географічних об'єктів. Для виявлення спотворення площ необхідно порівняти площі клітинок картографічної сітки, які обмежені сусідніми паралелями (наприклад, екватором і паралеллю із широтою 10° пн. ш. чи 10° пд. ш. На карті західної та східної півкуль площі цих клітинок однакова).

Спотворення кутів полягає в тому, що кути між напрямками на карті не відповідають горизонтальним відповідним кутам на поверхні земного еліпсоїда (на місцевості). На карті це виражається у відхиленні кута перетину меридіанів із паралелями від прямого. Спотворення кутів зумовлюють спотворення форм географічних об'єктів.

Спотворення форм полягає в тому, що фігури об'єктів на карті не подібні до фігур відповідних об'єктів на поверхні земного еліпсоїда. Наявність спотворень форм встановлюється шляхом співставлення форм клітинок картографічної сітки, обмежених двома сусідніми паралелями).

Усі види спотворень на карті пов'язані між собою. Особливий характер мають зв'язки між спотвореннями площ і спотвореннями кутів. Вони на карті перебувають в протиріччі: зменшення одного веде до збільшення іншого. Немає карти без спотворень, але є карти, на яких один із видів спотворень відсутній.

У межах карти величина певного виду спотворень змінюється. Але на карті є точки чи лінії, де спотворення цього виду відсутні. Такі місця називаються точками чи лініями нульових спотворень.

Залежно від характеру та розмірів спотворень проєкції поділяють на рівнокутні, рівновеликі й довільні (рис. 2.7).

Рівнокутні проєкції зберігають без спотворень кути та форми малих об'єктів, однак у них сильно деформуються довжини ліній і площі об'єктів. За картами, створеними в рівнокутній проєкції, зручно прокладати маршрути суден і літаків, оскільки виміряні на таких картах кути точно відповідають кутам на місцевості, які можуть фіксуватися приладами.



Рисунок 2.7 – Проєкції за видами спотворень

Рівновеликі проєкції не спотворюють площ, однак форми об'єктів і кути в них сильно спотворені.

Довільні (рівнопрямій) проєкції мають усі види спотворень, але вони розподіляються на карті найвлучніше. Наприклад, існують проєкції з мінімальними спотвореннями в центральній частині, зате вони різко зростають на краях карти.

2.5 Координатні сітки географічних карт, їхні види, призначення

Координатами називаються кутові або лінійні величини, що визначають положення точок на якій-небудь поверхні або в просторі.

Існує багато різних систем координат. Для визначення положення точок на земній поверхні застосовуються переважно географічні, плоскі прямокутні й полярні координати.

У системі географічних координат місце розташування проєкції точки на рівневій поверхні визначається двома координатами – кутами: широтою та довготою (рис. 2.8).

Широтою точки φ називається кут, що утворений прямовисною лінією в заданій точці та площиною екватора. Цей кут відраховується від площини екватора на північ або на південь, змінюючись від 0 до 90. Широта буває північна (+) і південна (-).

Довготою точки λ називається двограний кут, що укладений між площиною початкового (Гринвічського) меридіана та площиною меридіана, що проходить через певну точку. Від початкового нульового меридіана довготу відраховують на схід і захід, до 180. Відповідно, довгота називається східною (+) та західною (-).

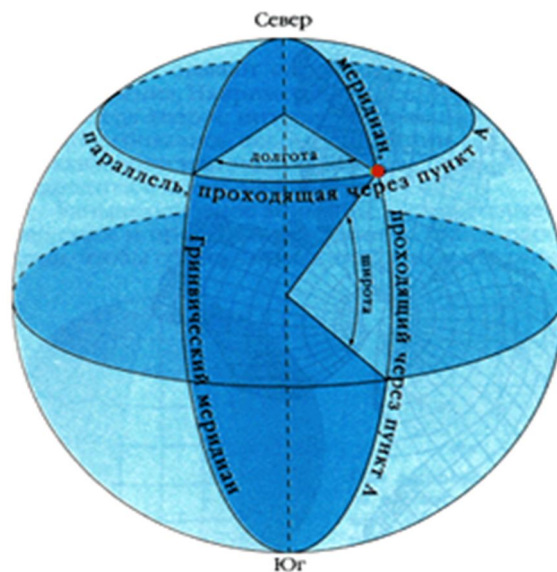


Рисунок 2.8 – Географічні координати

На топографічних картах зазвичай подані обидві системи координат. Географічна система координат (Градусна сітка) представлена двома меридіанами (західними та східними) і двома паралелями (південної та північної) обмежують малюнок карти. У лівому нижньому кутку, де перетинається західний географічний меридіан із південної географічної паралеллю наведені чисельні значення координат φ і λ у градусах, хвилинах і секундах, прийняті за початок звіту для цієї карти (рис. 2.9). Подальший відлік

за рамковою шкалою, що розділена на хвилини (чергування білих і чорних відрізків) і секунди (чорні точки які ділять хвилину на 6 частин по 10 секунд).

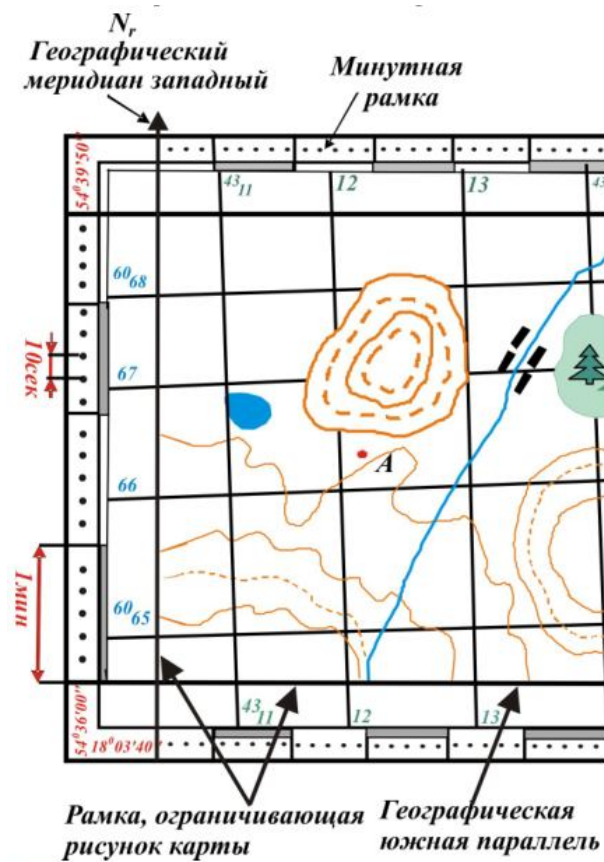


Рисунок 2.9 – Географічні координати на карті

Для визначення широти необхідно за допомогою трикутника опустити перпендикуляр із точки А на градусну рамку на лінію широти та прочитати праворуч або ліворуч за шкалою широти, відповідні градуси, хвилини та секунди (рис. 2.10).

Для визначення довготи необхідно за допомогою трикутника опустити перпендикуляр із точки А на градусну рамку лінії довготи та прочитати зверху чи знизу відповідні градуси, хвилини, секунди (рис. 2.11).

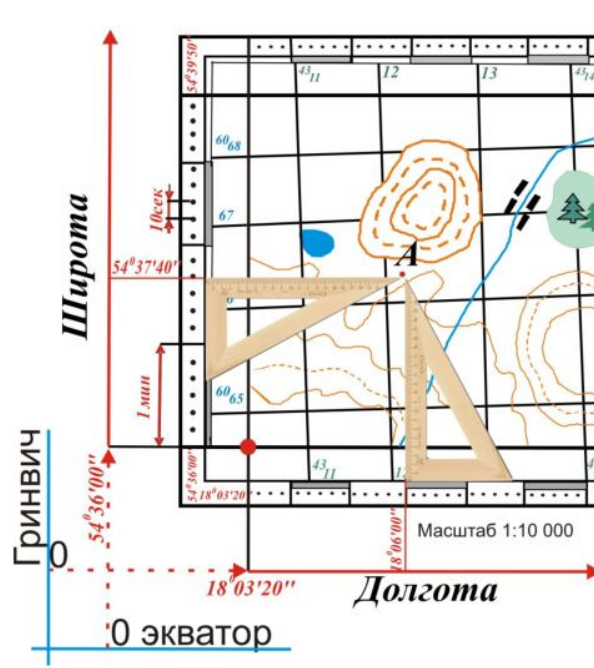


Рисунок 2.10 – Визначення широти

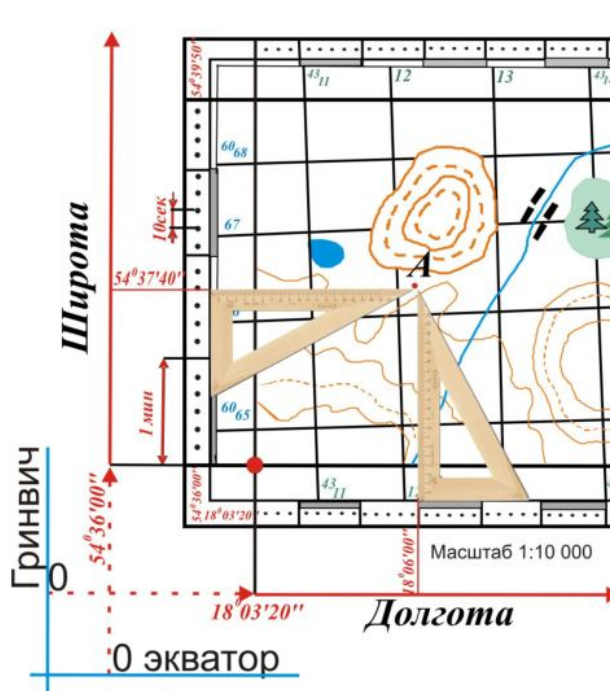


Рисунок 2.11 – Визначення довготи

Рамками листів топографічних карт є меридіани й паралелі. Широти південної та північної рамок і довготи західної та східної рамок підписують в кутах рамок листа карти. Різниця широт і довгот рамок або

розміри рамок листів топографічних карт постійні для кожного масштабу (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Розміри рамок

Масштабы	Размеры рамок	
	по φ	по λ
1 : 1 000 000	4°	6°
1 : 500 000	2°	3°
1 : 200 000	40'	1°
1 : 100 000	20'	30'
1 : 50 000	10'	15'
1 : 25 000	5'	7,5'
1 : 10 000	2,5'	3,75'

2.6 Прямокутні координати

Прямокутна система координат заснована на визначенні точки на площині відносно двох координатних вісей – X та Y.

Для визначення прямокутних координат точки (X, Y) за картою необхідно допомогою трикутника опустити перпендикуляри з точки A на лінію кілометрової сітки X і Y (рис. 2.12).

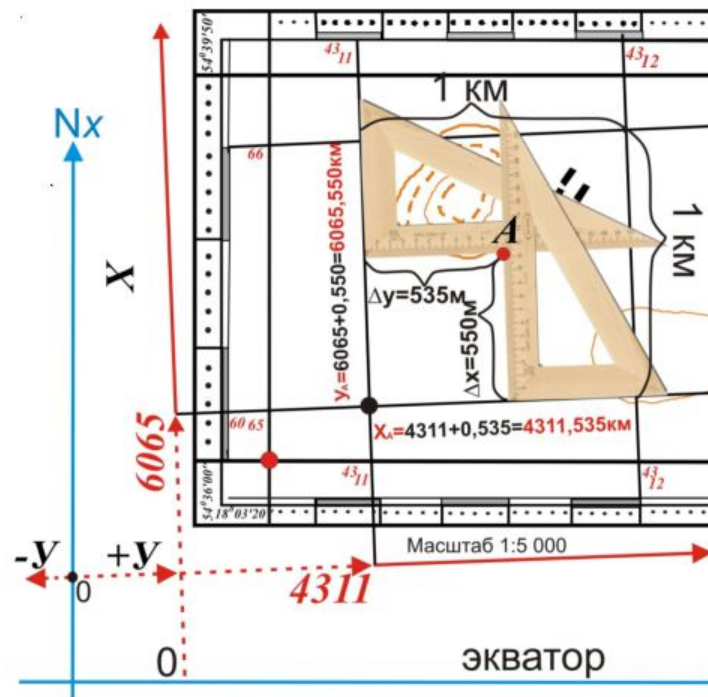


Рисунок 2.12 – Визначення прямокутних координат

У картографії та топографії використовують дві системи прямокутних координат: умовну й зональну Гауса – Крюгера.

Умовну (місцеву або довільну) систему прямокутних координат застосовують під час точних знімань невеликих ділянок місцевості, рівневу поверхню яких можна вважати площиною, тобто знімати без урахування кривизни Землі.

Для обробки й нанесення на план результатів польових вимірювань доцільно використовувати прямокутні координати, оскільки лінійні величини (кілометр, метр, сантиметр) відкладати зручніше й точніше, ніж градусні (градус, мінута, секунда) у географічній системі координат.

Зональна система прямокутних координат завдячує своєю назвою німецькому математику К. Гаусу (1777–1855 рр.), який розробив теорію поперечно-циліндричної рівнокутної проєкції для використання її у цій системі, та німецькому астроному й геодезисту С. Крюгеру, продовжувачу роботи Гауса.

Особливістю зональної системи Гауса – Крюгера є те, що земну поверхню умовно поділяють уздовж меридіанів на 60 зон по 60 довготи кожна. Відлічують зони від Гринвіцького меридіана на схід.

Для зображення кожної зони проєкції Гауса земний еліпсоїд проєктують на циліндр, вісь якого перпендикулярна до осі обертання Землі, а бічна поверхня дотикається до осьового меридіана кожної зони. У результаті дістають плоске зображення 1/60 частини земної поверхні, яка називається геодезичною зоною. Уся поверхня земної кулі має вигляд шістдесяти таких зон, дотичних по екватору (рис. 2.13).

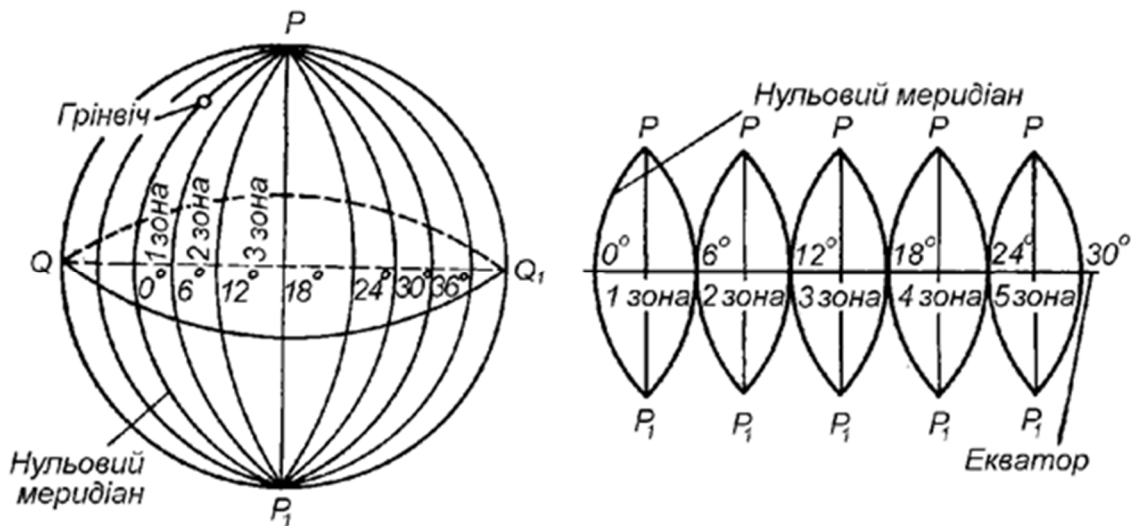


Рисунок 2.13 – Зональна система прямокутних координат Гауса – Крюгера

Рамка карти (англ. Map margin, Framework; нім. Kartenrahmen; фр. Filet d'encadrement) – система ліній, що обрамляють топографічну карту, надають їй завершеного вигляду, несуть інформаційне навантаження, що дозволяє визначати планові координати об'єктів.

Кожен аркуш топографічної карти обмежований лініями, що утворюють рамку топографічної карти, яка, зі свого боку, складається з таких компонентів:

1. Зовнішньої рамки, або декоративної (англ. Exterior margin) – широкої лінії, яка надає карті закінченого вигляду й ніби відокремлює її поле від позарамкового оформлення. Проводиться паралельно до внутрішньої рамки.

Зовнішня рамка має вигляд потовщеної лінії. На картах останніх років видань вона становить одне ціле з хвилинною рамкою.

2. Внутрішньої рамки (англ. Neat line; нім. Kartenfeldrandlinie; фр. Orle) – рамки, яка обмежує зображення місцевості на карті. Має вигляд тонкої лінії. Північна та південна сторони рамки – відрізки паралелей, східна й західна – відрізки меридіанів, значення яких визначається загальною системою розграфлення топографічних карт. Значення довготи меридіанів і широти паралелей, що обмежують аркуш карти, підписуються біля кутів рамки: довгота на продовженні меридіанів, широта на продовженні паралелей.

3. Хвилинної рамки (нім. Minutenleiste) – рамки топографічної карти, на якій показані виходи меридіанів і паралелей через певну кількість хвилин. Розташовується між внутрішньою та зовнішньою рамками. Внутрішня решітка – трапеція з вертикальних і горизонтальних ліній, утворена меридіанами та паралелями відповідно. Хвилини широти й довготи по чергово позначаються двома паралельними лініями й однією жирною. Зі свого боку, кожна хвилина широти й довготи поділена точками на шість однакових частин, по 10" (секунд) у кожній. Кількість хвилинних відрізків на північній і південній сторонах рамки дорівнює різниці значень довготи західної та східної сторін. На західній і східній сторонах рамки кількість відрізків визначається різницею значень широти північної та південної сторін.

У розривах середньої частини кожної сторони зовнішньої рамки зазначають номенклатуру суміжних аркушів.

На картах масштабу 1:500 000 і 1:1 000 000 дається картографічна сітка паралелей і меридіанів, а на картах масштабу 1:10 000 – 1:200 000 – координатна сітка, або кілометрова, оскільки лінії її проводяться через ціле число кілометрів (1 км у масштабі 1:10 000 – 1:50 000, 2 км у масштабі 1:100 000, 10 км у масштабі 1:200 000).

Контрольні запитання

1. Від чого залежать спотворення, що виникають при зображенні поверхні еліпсоїда на карті?
2. Що є головним масштабом карти?
3. Що є локальним масштабом карти?
4. Які проєкції називають рівнопроміжними? Назвіть їхні властивості.
5. Які проєкції називають рівнокутними? Назвіть їхні властивості.
6. Які проєкції називають рівновеликими? Назвіть їхні властивості.
7. Чи існують проєкції, де цілком відсутні деформації довжин ліній?
8. Як здійснюється розгорнення сферичної поверхні на площину в циліндричних проєкціях? Наведіть класифікацію циліндричних проєкцій.
9. Як здійснюється розгорнення сферичної поверхні на площину в конічних проєкціях? Наведіть класифікацію конічних проєкцій.
10. Як здійснюється розгорнення сферичної поверхні на площину в азимутальних проєкціях? Наведіть класифікацію азимутальних проєкцій.
11. Як відображаються паралелі та меридіани на псевдоконічні проєкції?
12. Як відображаються паралелі й меридіани на псевдоциліндричні проєкції?
13. Як відображаються паралелі та меридіани на поліконічні проєкції?
14. Опишіть зональну систему прямокутних координат Гауса – Крюгера.

ТЕМА 3

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КАРТОГРАФІЧНІ ПРОЄКЦІЇ

План

- 3.1 Вибір картографічних проєкцій.
- 3.2 Сутність і зміст картографічної генералізації.
- 3.3 Способи картографічної генералізації.

3.1 Вибір картографічних проєкцій

Вибір картографічної проєкції для тієї або іншої карти складне завдання, що по своїй суті одного визначеного рішення не має. Суворо встановлених правил тут не існує. Однак можна відзначити низку основних умов, що визначають цей вибір. До таких умов належать:

- цільова настанова карти;
- положення та конфігурація на земній поверхні території, що картографується;
- розмір території, що картографується;
- особливості компонування карти;
- спеціальні та додаткові вимоги.

У цільовій настанові карти повинне бути зазначене її призначення (для школи, вузу або для спеціальних цілей: точних картометричних робіт, для загального огляду тощо) і вид (стінний, настільна або окремий аркуш атласу). Цільовою настановою карти насамперед вирішується питання, якою повинна бути її проєкція за характером перекручувань. Рішення приймається залежно від того, чи потрібно на карті зберегти рівність кутів або площ або для цієї карти рівнокутність чи рівновеликість зображення мають другорядне значення. Зазвичай для оглядових карт, що тісно пов'язані з топографічними й оглядово-топографічними картами та для яких важливе значення має збереження напрямків, застосовують рівнокутні проєкції; для політичних і економічних

карт, на яких важливо зберегти правильне співвідношення площ окремих країн і територій, застосовують рівновеликі проєкції та для навчальних карт, на яких немає потреби в збереженні одних властивостей зображення завдяки збільшенню перекручування інших, застосовують рівно-проміжні й довільні проєкції. Зазначений підхід до вибору проєкцій є розповсюдженим, однак його не завжди дотримуються.

Положення на земній поверхні території, що картографується, і її конфігурації визначають вибір проєкції за видом меридіанів і паралелей нормальної картографічної сітки. Оскільки карт екваторіальних країн кращими будуть нормальні циліндричні проєкції; для карт країн, розташованих у помірному поясі й витягнутих за паралелями – нормальні конічні проєкції; для карт полярних областей і країн, що мають округлу форму, а також для карт півкуль – азимутальні й перспективні проєкції; для карт країн, витягнутих за меридіаном – поперечно-циліндричні проєкції; для карт країн, витягнутих по довільній дузі великого кола, – косі циліндричні проєкції тощо

Розмір території, що картографується, також впливає на вибір проєкції. Наприклад, для карт світу недоцільно застосовувати конічні й азимутальні проєкції, оскільки вони в цьому випадку будуть давати великі перекручування. Для світових карт сьогодні широко використовуються псевдоциліндричні та інші проєкції (за характером перекручувань довільні та рівновеликі). Нерідко застосовуються й циліндричні проєкції (наприклад, довільна циліндрична проєкція Урмаєва). Для карт материків зазвичай вживаються рівновеликі азимутальні проєкції, наприклад, для карт Європи, Азії, Північної Америки, Південної Америки, Австралії й Океанії – рівновелика коса азимутальна проєкція Ламберта, а для карт Африки – рівновелика поперечна азимутальна проєкція Ламберта.

У поняття компонування карти входить розміщення на аркуші (на аркушах) карти картографічного зображення, додаткових зведень (врізних карт) і елементів зарамкового оформлення. Від особливостей компонування карти

залежить вибір проєкції за видом меридіанів і паралелей нормальної картографічної сітки.

Серед спеціальних вимог, що впливають на вибір проєкції, можна виокремити вимоги, пов'язані з призначенням карти. На морських картах необхідно, щоб локсодромія зображувалася прямою лінією. Таку вимогу, як відомо, задовольняє проєкція Меркатора. Якщо необхідно, щоб на карті зображувалася прямою лінією ортодромія, то в цьому випадку варто застосувати центральну перспективну проєкцію. На маршрутних польотних картах повинні зберігатися довжини за заданим найкоротшим маршрутом і всі напрямки та кути. Очевидно, що для цих карт кращими будуть рівнокутні косі циліндричні проєкції, на циліндрі, що дотикається земної кулі по дузі великого кола, що збігається з заданим маршрутом.

Як проєкцію, що задовольняє додатковим вимогам, можна вказати довільну косу перспективну-циліндричну проєкцію професора М. Д. Соловйова для навчальних карт.

Додаткові вимоги до цієї проєкції такі:

- полюс повинен зображуватися точкою;
- зображення північно-західної та північно-східної частин повинні мати менші повороти, ніж у конічних проєкціях (менша кривизна паралелей);
- вид меридіанів і паралелей на карті повинен давати уявлення про кулястість земної поверхні.

При виборі проєкції для тієї або іншої карти необхідно також враховувати наявний у цьому плані досвід із раніше виданих карт.

На закінчення необхідно відзначити, що, вирішуючи питання про вибір картографічної проєкції, варто мати на увазі, що основною цінністю тієї або іншої проєкції є не простота побудови меридіанів і паралелей і не вигляд картографічної сітки, а величина та розподіл перекручувань у проєкції. Правильно обраною варто вважати ту проєкцію, під час застосування якої в центральній частині карти перекручування відсутні або є незначними;

найбільші ж перекручування рівномірно розподіляються на краях зображення території, що картографується.

3.2 Сутність і зміст картографічної генералізації

Навантаження карти, тобто її заповнення умовними знаками й написами, повинна бути такою, щоб, з одного боку, карта добре читалася – перевантажена карта погано читається, а з іншого боку – карта повинна представляти всю ту інформацію, що вона може дати відповідно до свого призначення, масштабу і задуму укладача. Інакше кажучи, навантаження карти повинне бути оптимальним.

Важлива роль в оптимізації навантаження карти належить генералізації.

Картографічна генералізація – добір і узагальнення зображуваних на карті об'єктів, а також їхніх якісних і кількісних характеристик відповідно призначенню карти, її масштабу й особливостям картографованої території.

Очевидно, генералізація пов'язана з масштабом, тобто зі зменшенням загального розміру зображення, і обумовленим цим недостатчею місця на карті. Однак такий підхід до генералізації буде сильно спрощеним. Генералізація необхідна не тільки через нестачу місця, але й для переходу від простих об'єктів і явищ до узагальнюючих об'єктів і явищ більш високого порядку.

Отже завдання генералізації полягає не тільки в усуненні інформації, що стала надмірною, але й у виявленні основних, найістотніших, найтипівіших характеристик об'єктів і явищ, що підлягають картографуванню.

У результаті абстрагування від подробиць і усунення зайвої інформації генералізація дозволяє одержати якісно нові знання про картографовані об'єкти та явища. Отже, у процесі генералізації з одного боку йде втрата інформації про подробиці, деталі низького порядку, а з іншого боку – відкривається можливість одержати інформацію про об'єкти та явища більш високого порядку.

Як приклад, розглянемо генералізацію населеного пункту. При переході до менших масштабів на першому етапі здійснюється перехід від зображення окремих будівель і їхніх деталей до забудованих і незабудованих кварталів. У результаті одержуємо інформацію про загальне планування населеного пункту.

Далі, при переході до ще менших масштабів зменшується кількість кварталів усередині та згладжуються зовнішні обриси, поки не одержимо замкнутий контур населеного пункту. Межею генералізації замкнутого контуру буде точка.

Очевидно, при цьому буде втрачена інформація про форму й густоту вулиць, форму території та площу, що займає населений пункт. Одночасно ми одержимо новий геометричний образ – розсип точок, що дає інформацію про взаємне розміщення населених пунктів у конкретній місцевості, про відстані між ними, про зв'язок їхнього розташування з різними природними й соціально-виробничими комплексами.

У природоохоронному картографуванні генералізація дозволяє перейти від окремих об'єктів і явищ до цілісних екосистем.

Отже, генералізація дозволяє:

- показати типові об'єкти та їхні ознаки, зберігаючи та навіть підкреслюючи характерні індивідуальні риси окремих об'єктів;
- узагальнити (спростити) зовнішні обриси об'єктів, зберігаючи при цьому загальну подобу зображення реальному об'єкта;
- зберегти, наскільки це можливо, точність положення основних і характерних точок і ліній, а також точність взаємного положення об'єктів при значному зменшенні масштабу;
- сполучити максимальне навантаження карти з її читаністю.

Генералізація має дві мети: дотримати, за можливості, геометричну точність і зберегти при цьому змістовну відповідність. Генералізація, з одного боку, поліпшує сприйняття картографічного образу, а з іншого боку – створює перешкоди для точних кількісних вимірювань.

Основні фактори, що визначають напрямок генералізації:

1. Тема карти, її призначення й умови користування. Наприклад, для управління, довідкова, навчальна, туристична; кишенькова, настільна чи настінна.

2. Масштаб карти. Як відзначалося раніше не тільки з технічних причин, але й по суті : більше охоплення території вимагає іншого підходу.

3. Особливості зображуваної території та своєрідність картографованих об'єктів (порізаність узбережжя, меандри рік, конфігурація ярово-балкової мережі).

4. Наявність джерел для складання карти та їхня якість.

5. Обрана система умовних знаків.

3.3 Способи картографічної генералізації

Зміст карти обмежують тільки тими об'єктами та явищами, що відповідають темі й призначенню карти. Усі інші об'єкти та явища виключаються.

Наприклад, на карту забруднення поверхневих вод наносять тільки ті підприємства, що скидають промислові стоки. Або на карту мережі громадського транспорту наносять житлові та промислові зони, місця масового відпочинку, торгові центри. При цьому немає ніякої необхідності показувати міські інженерні мережі.

Процес добору багатоступеневий. Він включає:

- добір предметних областей, тобто елементів змісту карти;
- добір усередині кожної предметної сфері конкретних об'єктів і їхніх частин;
- добір якісних і кількісних характеристик за кожною предметною сферою;
- добір суттєвих зв'язків між об'єктами.

Навантаження карти – функція чотирьох величин: масштабу карти; густоти об'єктів на місцевості; значення об'єктів; розміру умовних знаків.

Добір може здійснюватися на підставі кількісного цензу (ценз – максимальне чи мінімальне значення якого-небудь показника), тобто встановлюється межа добору.

Приклади: показати ареали, площа яких на карті не менше 25 мм²; показати на карті електричні кабелі та повітряні лінії електропередач напругою 10 кіловольт і вище та ін.

Ценз може бути вибірним, тобто як виняток необхідно показати окремі конкретні об'єкти.

Можливий добір по нормі. Наприклад, підписати не більш 5 висот точок на 1 дм² карти.

Цензи та норми можуть змінюватися залежно від особливостей району, який потрібно показати на карті.

Геометрична просторова генералізація – це продумане спрощення й узагальнення контурів лінійних і площадкових об'єктів, при якому зберігаються суттєві й необхідні з точки зору призначення карти особливості відображуваних об'єктів.

Узагальнення здійснюється в такій послідовності:

- виявлення найбільш характерних точок і ліній контуру;
- виключення дрібних нехарактерних деталей, а також деталей, розміри яких нижче порога зорового сприйняття та технічних можливостей відтворення;
- перебільшення масштабного зображення важливого об'єкта для його виділення серед інших;
- зміщення зображення менш важливого об'єкта при малій відстані між об'єктами.

3. Узагальнення кількісних характеристик здійснюється шляхом переходу від безперервної шкали до ступневої або укрупненням інтервалів ступневої шкали. При цьому кількісні показники усередині шкали не знаходять відображення.

Наприклад: виключення кількості поверхів будинків; збільшення висоти перерізу рельєфу горизонталями; зменшення числа ступіней за рівнем забруднення; скорочення числа ступіней в угрупованні населених пунктів.

4. Узагальнення якісних характеристик здійснюється шляхом скорочення якісних розходжень для даної категорії об'єктів або виключенням нижчих ступіней класифікації.

Наприклад: заміна матеріалу покриття доріг на два види – із твердим покриттям і ґрунтові; заміна знаків хвойних, листяних і змішаних лісів одним загальним знаком лісу.

5. Перехід від простих до складніших моделей здійснюється шляхом уведення збірних позначень: окремі дерева замінюють загальним знаком смуги озеленення, парку чи скверу; окремі будівлі поєднують у міський квартал; території промислових підприємств, що прилягають одна до одної, поєднують у загальну територію промислової зони; розсип точок поєднується в ареал; виключають заболочені ділянки у лісі, чагарнику або сіножаті, замінивши їх загальним контуром заболоченого лісу, чагарника або сіножаті відповідно.

Усі способи генералізації не існують самі по собі, незалежно один від іншого. Вони тісно взаємозалежні. Застосування одного зі способів, як правило, майже неминуче спричиняє застосування інших.

Для правильної генералізації необхідно розуміти сутність відображуваних об'єктів і явищ: обумовленість конфігурації вулиць рельєфом і річковою мережею; зв'язок мережі міського транспорту з плануванням міста та щільністю населення; зв'язок ареалів забруднення з джерелами викиду тощо.

Основні труднощі генералізації – протиріччя між геометричною точністю карти та її змістовною вірністю. Якщо карта використовується для вимірів важлива геометрична сторона, якщо ж для оглядових цілей – змістовна.

На сьогодні генералізація – складний евристичний, тобто творчий, процес, що поки не вдається автоматизувати.

Контрольні запитання

1. Назвіть умови вибору картографічної проєкції.
2. Що є картографічною генералізацією?
3. Яка роль генералізації в оптимізації навантаження карти?
4. Що відбувається при генералізації: втрата інформації чи виявлення нової інформації?
5. Які цілі має генералізація?
6. Перелічить фактори, що визначають генералізацію.
7. Перелічить способи генералізації.
8. Як і в якій послідовності здійснюється добір картографованих явищ при генералізації?
9. Як здійснюється узагальнення кількісних характеристик при генералізації?
10. Як здійснюється узагальнення якісних характеристик при генералізації?
11. У чому полягають основні труднощі генералізації?

ТЕМА 4

СПОСОБИ КАРТОГРАФІЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ

План

4.1 Способи картографічного зображення. Спосіб лінійних значків. Спосіб ізоліній. Спосіб якісного фону. Спосіб кількісного фону. Спосіб локалізованих діаграм. Точковий спосіб. Спосіб ареалів. Спосіб знаків руху. Спосіб картодіаграм. Спосіб картограм. Написи на картах.

4.1 Способи картографічного зображення. Спосіб лінійних значків. Спосіб ізоліній. Спосіб якісного фону. Спосіб кількісного фону. Спосіб локалізованих діаграм. Точковий спосіб. Спосіб ареалів. Спосіб знаків руху. Спосіб картодіаграм. Спосіб картограм. Написи на картах.

Картографічне зображення (cartographical imagery) – це основний елемент будь-якої карти, що за допомогою графічних та інших засобів розкриває її зміст.

Перше завдання картографічного зображення – правильно передати інформацію про земну поверхність (її окрему ділянку), про природні та суспільні явища, що на ній відбуваються, до користувача.

По-друге, картографування певної території та явищ на ній може виконуватися з метою пошуку певних взаємозв'язків та закономірностей. Тому правильний вибір способів, за допомогою яких на карті буде передаватися інформація про ті чи інші об'єкти та явища, їхні положення, форму, розміри, якісні ознаки та динаміку, визначає такі фундаментальні характеристики карти як наочність та читаність карти, і внаслідок цього її придатність для використання за тією метою, для якої вона була створена.

Варто відзначити, що об'єкти та явища, що відображаються на картах, є дуже різноманітними за своїми ознаками. Так, деякі характеристики місцевості, як наприклад, рельєф чи клімат мають безперервний характер, інші мають чітко

виражений характер локалізації. Одні об'єкти та явища є сталими (а точніше можуть вважатися такими на певному інтервалі часу), а інші постійно змінюються або мають періодичний характер. Отже, оскільки за змістом карти є дуже різноманітними, то й способи подання на них інформації дуже різняться.

Спосіб значків (sign method) – спосіб картографічного зображення, що застосовується для відображення на карті локалізованих на місцевості об'єктів і явищ відповідними умовними позначеннями – різних за формою, розмірами та кольорами значків (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Різноманітні умовні знаки відображають розташування основних виробництв на економічній карті Хорватії

За формою значки поділяють на геометричні, буквені та наочні.

Геометричні – це прості геометричні фігури (коло, зірочка, трикутник), що позначають певні об'єкти.

Буквені – це одна або пара перших букв назви об'єкта, явища, або букви їхнього загальноприйнятого позначення чи скорочення (наприклад, позначення хімічних елементів на геохімічній карті).

Наочні значки – це значки за зовнішнім виглядом схожі до певного об'єкта місцевості (наприклад, рисунок автобуса для позначення автостанції або чашки – для кафе).

Спосіб лінійних знаків (linear sign method) – використовується для зображення на карті різних лінійних об'єктів (наприклад, меж політико-адміністративного поділу, вододільний ліній тощо), об'єктів лінійної протяжності, ширина яких не виражається в масштабі карти (наприклад, річки та дороги), а на деяких тематичних картах також ліній немалої протяжності доволі витягнутих об'єктів (наприклад, лінії основних напрямків гірських хребтів, тектонічні лінії тощо). Передача якісних і кількісних характеристик, а також їхня зміна з часом досягається в способі лінійних знаків за допомогою рисунка, кольору, структури лінійних знаків, а деколи й їхньої ширини (рис. 4.2). За допомогою лінійних знаків на топографічній карті подаються дороги, водотоки, лінії електропередач. Використання лінійних знаків різної ширини та рисунка дозволяє передати інформацію про ширину річок.



Рисунок 4.2 – Топографічна карта з використанням лінійних знаків:

- 1 – річки завширшки від 5 до 30 метрів,
- 2 – річки та струмки завширшки до 5 метрів

Спосіб ареалів (area method) – зображення на карті певних ділянок земної поверхні за допомогою відповідних площових картографічних позначень. Цей спосіб широко використовується, наприклад, на різноманітних картах

рослинного покриву та тваринного світу, оскільки дозволяє наочно відобразити території поширення певного виду тварин або рослин (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 – Геоботанічна карта, де за допомогою способу ареалів показано райони поширення в Європі окремих видів рослин:

■ – кам'яного дубу, ■ – ковила Лессінгова, ▨ – аллепської сосни, ■ – луазелеурії лежачої, ▨ – еріки крестолитяної

Спосіб знаків руху (motion sign method) – використовується для зображення на карті різноманітних просторових переміщень, як природних (морські течії, діяльність вітрів за деякий проміжок часу), так і соціально-економічних (міграція населення, перевезення вантажів). Цим способом, використовуючи різні графічні засоби, можна показати на карті напрям і швидкість переміщення, кількість, якість та інші дані явищ, що переміщуються в просторі. Графічними засобами в способі знаків руху є стрілки (наприклад, для зображення вітрів при цьому кількісний бік характеризується товщиною стрілки, що залежить від сили вітру, а якісний – кольором, (наприклад, теплі та холодні вітри зображуються різними кольорами), а також стрічки різного кольору або рисунка (штрихування тощо) і ширини. Знаки руху можуть точно зображувати напрям переміщень, тобто дотримуючись, наприклад, зображених на карті залізниць чи судноплавних річок, або схематично, коли, наприклад,

стрілка відповідних форми й ширини з'єднує пункти, між якими здійснюється переміщення.

На рисунку 4.4 зображена кліматична карта, де за допомогою знаків руху – стрілок різного кольору подається інформація про переважні напрямки вітрів у літній та зимовий період.

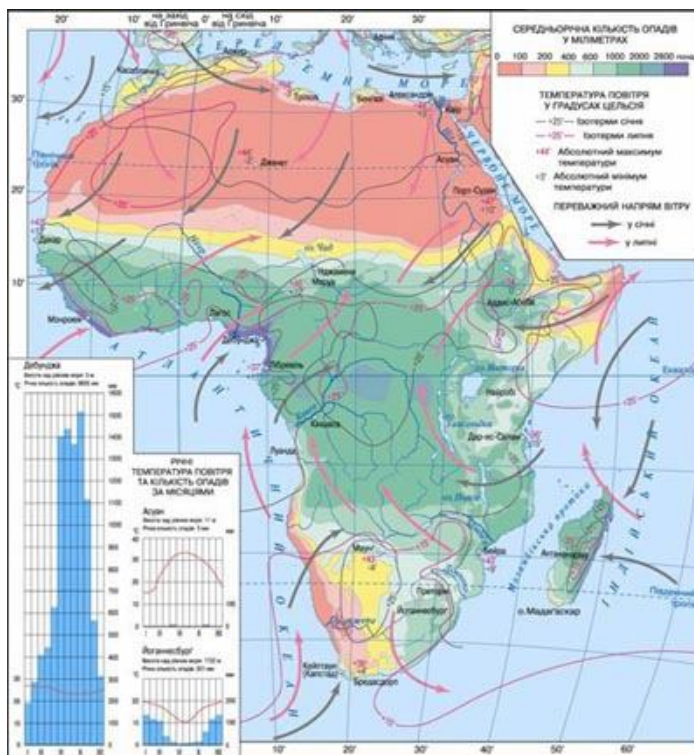


Рисунок 4.4 – Кліматична карта

Спосіб ізоліній (isoline method) – використовується для зображення на карті неперервних і поступово змінюваних і до того ж суцільно поширених на якомусь просторі явищ за допомогою ізоліній. За допомогою ізоліній на картах відображають, наприклад, рельєф, температури, час настання певних подій та інше (рис. 4.5).

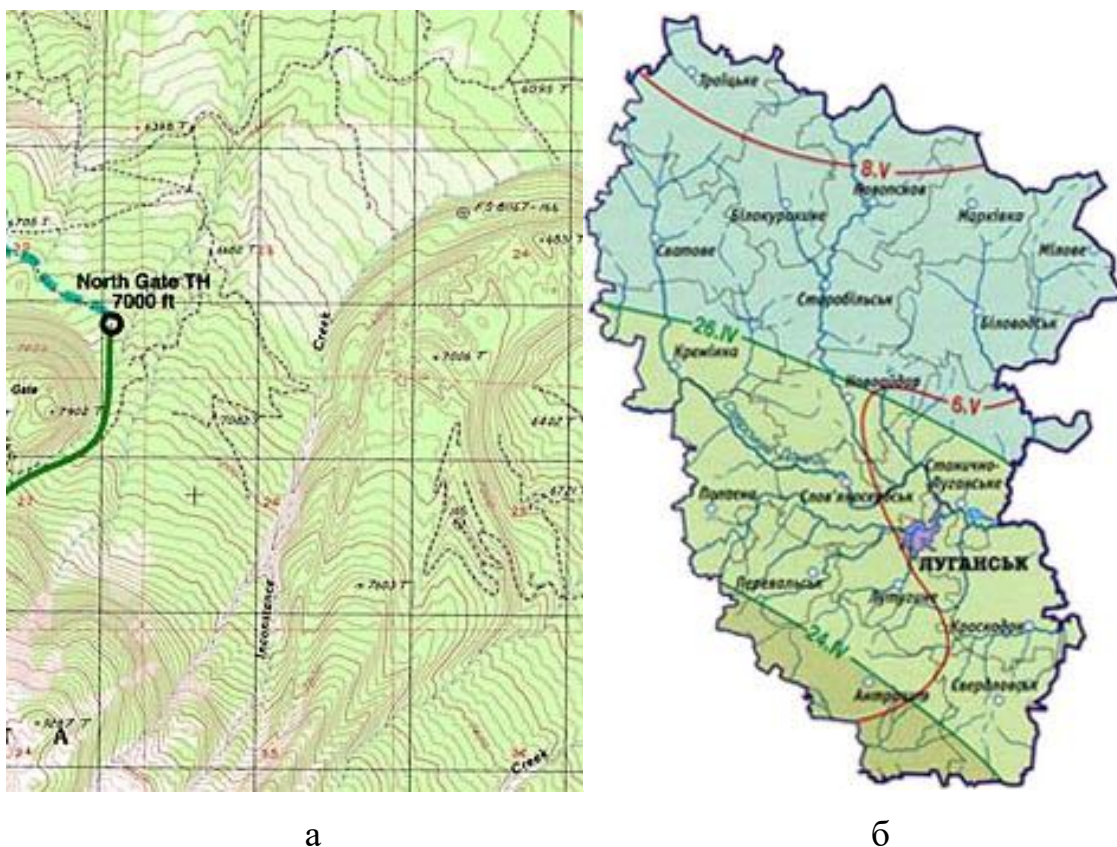


Рисунок 4.5 – Спосіб ізоліній:

- а – на топографічній карті горизонталями показують рельєф місцевості;
- б – на фенологічній карті ізофенами подають інформацію про дати настання певних фенофаз рослин

Деколи для наочності простір чи смугу між ізолініями зафарбовують відповідними кольорами або заштриховують. Спосіб ізоліній використовується також для подання на картах і деяких характеристик, що мають насправді дискретний характер. Прикладом такої характеристики може бути щільність населення.

Спосіб крапок (dot method) – використовується для зображення на карті масових поширених об'єктів та явищ за допомогою відповідної кількості однакового розміру крапок, розташування яких відповідає розташуванню та концентрації цих об'єктів місцевості, а кожна крапка певного розміру відповідає однакової кількості одиниць зображуваного на карті об'єкта чи явища. У цьому способі важливим є визначення так званої ваги крапки, тобто

кількості об'єктів, якій на карті відповідає одна крапка. Наприклад, однією крапкою якогось розміру може позначатися кількість випадків захворювання на певну хворобу на медико-географічній карті тощо. Деколи на одній і тій самій карті застосовують крапки двох і більше вагових категорій. Використовуючи різнобарвні крапки, можна подавати на карті якісні характеристики об'єктів та явищ. За допомогою крапок різного кольору на карті відображено розселення представників різних етнічних груп (рис. 4.6).



Рисунок 4.6 – Карта розселення представників різних етнічних груп

Спосіб кількісного фону (quantitative background method) – спосіб зображення на карті кількісних відмінностей деякого явища, суцільно поширеного на території, що картографується. За допомогою різних кольорів на кліматичній карті світу показано річну кількість опадів у різних регіонах (рис. 4.7).

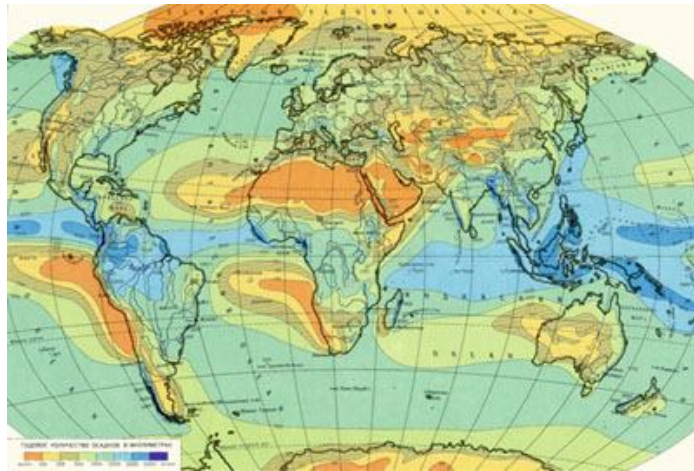


Рисунок 4.7 – Кліматична карта світу

Цю територію поділяють на однакові частини за певними кількісними показниками, після чого однотипні частини зафарбовують відповідним кольором або заштриховують. Спосіб кількісного фону використовується, наприклад, для складання карт вмісту основних речовин у ґрунті, карт щільності населення та інших.

Спосіб якісного фону (qualitative background method) – спосіб зображення на карті якісних особливостей чи відмінностей певних явищ, суцільно або масово поширених на території, що картографується. Суть способу полягає в тому, що згідно з розробленою класифікацією картографічного явища зображувану територію поділяють на якісно однорідні ділянки, які зафарбовують відповідним кольором або заштриховують. Допускається поєднання фонового забарвлення зі штрихуванням. Спосіб якісного фону використовують для складання ботанічних, геологічних, ґрунтових, етнічних та інших карт. За допомогою різних кольорів фону на геологічній карті подається інформація про типи відкладень та порід (рис. 4.8).

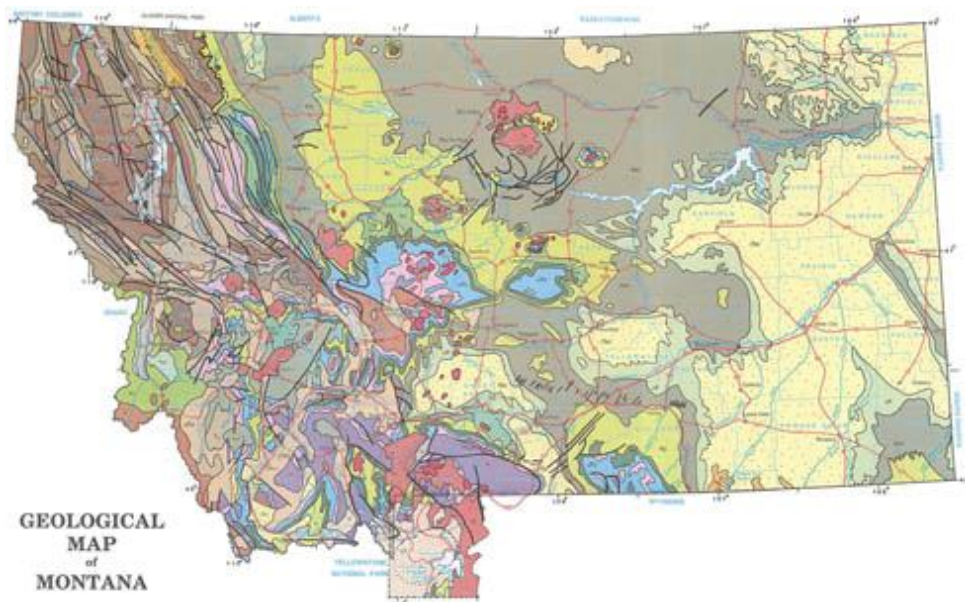


Рисунок 4.8 – Геологічна карта

Спосіб картограм (collation maps method) – спосіб зображення середньої інтенсивності певного кількісного за своєю характеристикою явища в межах наявних на карті територіальних одиниць, найчастіше адміністративних, за допомогою графічних засобів площового відображення (наприклад, фонове забарвлення, штрихування); при цьому інтенсивність графічних позначень відповідає інтенсивності зображуваного явища. На рисунку 4.9 способом картограм подається інформація щодо щільності населення Іспанії.

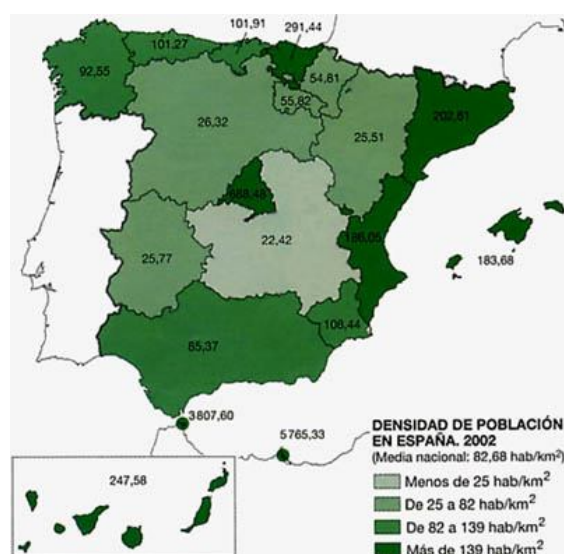


Рисунок 4.9 – Карта щільності населення Іспанії

Спосіб картодіаграм (maps diagram method) – спосіб зображення на карті за допомогою діаграм сумарної (кількісної) величини якогось явища, що стосується певної територіальної одиниці (рис. 4.10).

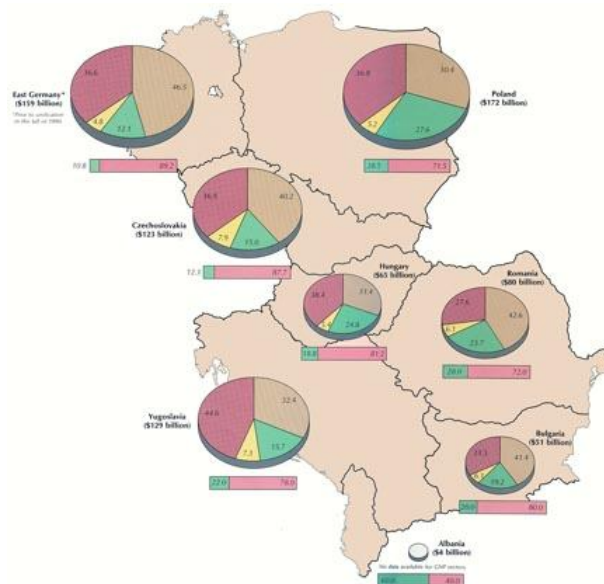


Рисунок 4.10 – Структурні діаграми відображають величину ВВП країн Східної Європи у 1990 році та долю різних галузей економіки

Діаграмні фігури можуть бути: лінійні – у вигляді стовпчиків, смужок тощо; об’ємні куби, кулі тощо. Діаграмні фігури можуть бути ще й структурні: фігура поділена на частини відповідно до величини зображуваного явища (наприклад, круг подає кількість населення області, а площові сектори круга – національний склад населення).

Спосіб локалізованих діаграм (localized diagrams method) – використовується для картографування за допомогою графіків і діаграм як явищ, локалізованих у певних точках, так і явищ суцільного поширення на певній території, при цьому точки локалізації можуть бути підписані, або й без підпису, але мають бути локалізовані хоч би за виходами картографічної сітки. Локалізація може бути здійснена також у вибраних клітинках карти заздалегідь визначеного розміру. Спосіб локалізованих діаграм застосовується для карт, що характеризують сезонні та періодичні явища, їхню зміну та повторюваність. За

допомогою локалізованих діаграм на рисунку 4.11 подано обсяг та склад промисловості в основних містах Японії у 1971 році.

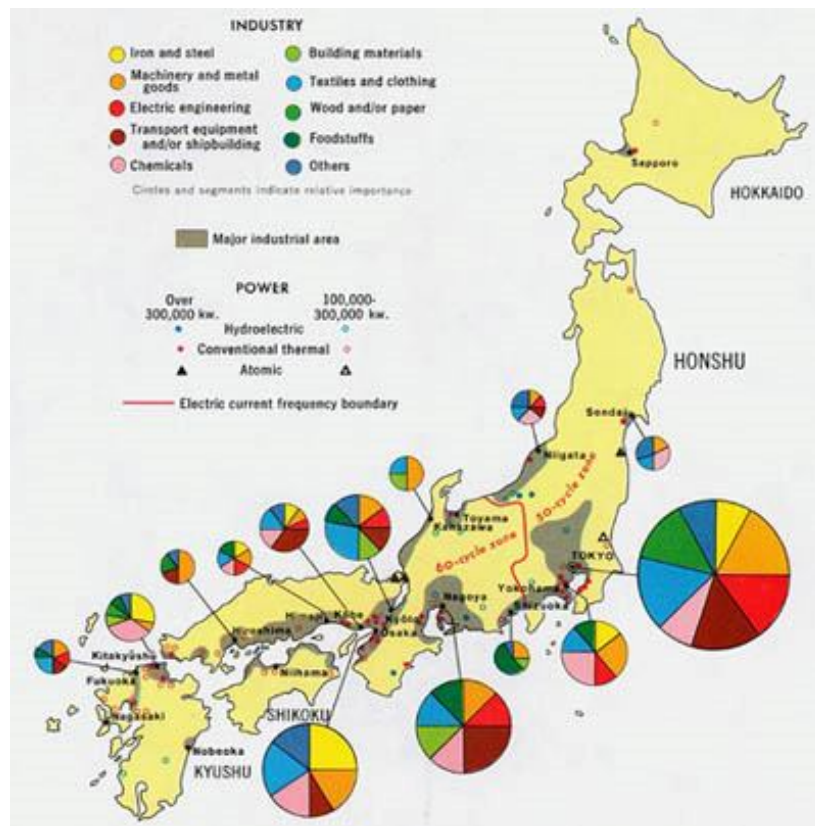


Рисунок 4.11 – Карта обсягу та складу промисловості

Спосіб тіньової пластики (shadow plastics method) – зображення на картах форм рельєфу відтінюванням їхніх схилів. Серед способів тіньової пластики – штриховий спосіб відображення рельєфу та відмивання рельєфу. Штриховий спосіб зображення рельєфу ґрунтується на сприйнятті тіней, що створюють уявлення випуклих і увігнутих форм рельєфу (рис. 3.12, а). Штриховий спосіб зводиться до нанесення на карту коротких ліній різної товщини залежно від стрімкості схилу. Штрихи відіграють роль тіні, просвіт між ними – елемент світла. Відмивання рельєфу – це створення полутонового зображення при заданому напрямку освітлення місцевості (рис. 3.12, б). Відмивання рельєфу широко застосовується на дрібномасштабних фізичних та топографічних картах.



а

б

Рисунок 4.12 – Використання методів тіньової пластики дозволяє підкреслити рельєф місцевості:

а – подання рельєфу штриховим способом; б – відмивання рельєфу

Спосіб перспективного зображення або фізіографічний – це один зі способів подання на картах інформації про рельєф місцевості. Цей спосіб походить з далекої давнини, коли для відображення гірських хребтів, окремих гір та значних холмів на карті малювався рисунок відповідно гор або хребтів (рис. 4.13). Цей спосіб є наочним, але не дозволяє якісно визначати висоти рельєфу. Сьогодні він застосовується здебільшого для відображення рельєфу на туристичних картах та картах-ілюстраціях, що включаються до популярних видань.

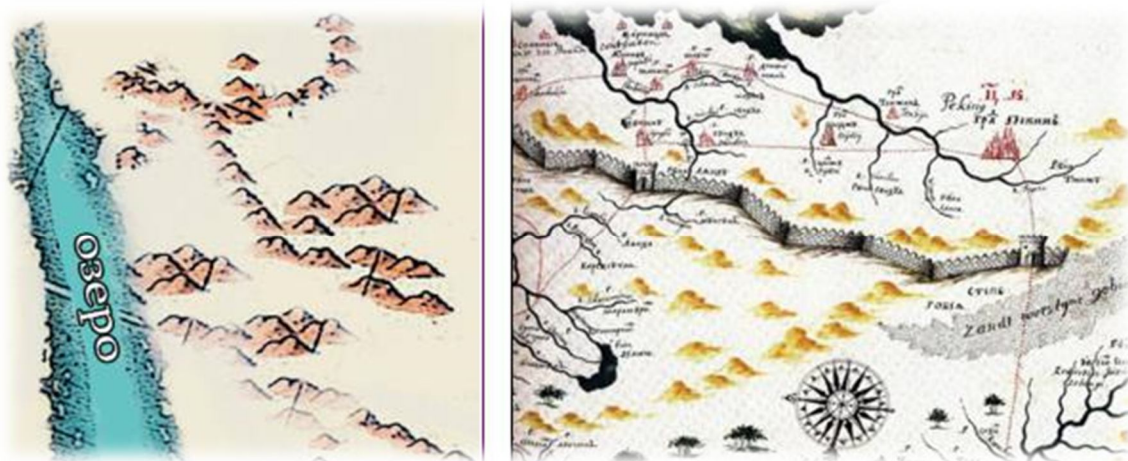


Рисунок 4.13 – Карти, зображені фізіографічним способом

Спосіб гіпсометричного забарвлення – спосіб картографічного зображення рельєфу земної поверхні та дна морів і океанів, який полягає в пошаровому зафарбуванні висотних ступенів відповідними для них кольорами або відтінками. Гіпсометричного зображення наочно подає різницю в абсолютних висотах різних ділянок земної поверхні (рис. 4.14).



Рисунок 4.14 – Гіпсометричне зображення

Зазвичай цей спосіб використовується для підвищення наочності даних про рельєф на дрібномасштабних картах та в атласах. Часто застосовується спільно зі способом ізоліній. Для відображення рельєфу вводиться шкала

кольорів, наприклад, «що вище, то темніше», «що вище, то світліше» або «чим вище, тим тепліші та насиченні кольори». Спосіб гіпсометричного забарвлення дуже широко використовується на різноманітних картах для передачі даних про глибини. У цьому випадку використовують різноманітні відтінки синього кольору – «чим глибше, тим темніше».

Крім наведених вище способів картографічного зображення, інформація на картах подається також за допомогою різноманітних підписів – інформація про назви населених пунктів, річок, урочищ, призначення промислових об'єктів та інші відомості (рис. 4.15).



Рисунок 4.15 – Використання підписів на карті

Виокремлюють три типи підписів на картах:

- топоніми – власні географічні назви об'єктів місцевості: населених пунктів, гір, річок тощо.;
- терміни – загальногеографічні, геологічні, соціально-економічні та інші поняття, що стосуються об'єктів карти;
- пояснювальні підписи – якісні та кількісні характеристики об'єктів карти, підписи ліній картографічної сітки, хронологічні підписи. Наприклад, це підписи переважальної породи дерев у лісі («дуб», «сосна»), якості води в водоймах («прісна», «солена»), характеристики промислових та соціальних об'єктів тощо.

Для підписів на картах використовуються спеціальні картографічні шрифти. Їхня особливість – це добра читаність на фоні кольорового зображення, компактність та придатність для друку. Картографічні шрифти

розрізняються за шириною букв, інтенсивністю кольору, нахилом, наявністю підсічок та за висотою букв.

Для топографічних карт зазвичай нормативно встановлюється, які підписи слід наносити на карту, які скорочення використовуються для пояснювальних підписів, які шрифти мають використовуватись для підпису різноманітних власних назв і які для пояснювальних підписів. При цьому колір, розмір та тип шрифту, що використовується для підпису об'єкта, сам може розглядатися як певна характеристика об'єкта. Наприклад, залежно від того, до якої категорії «місто», «селище» чи «село» належить населений пункт і скільки в ньому мешканців, використовуються різні картографічні шрифти з різною висотою букв для підпису назви населеного пункту.

Контрольні запитання

1. Для зображення яких об'єктів використовують лінійні значки? Наведіть приклади.
2. Для зображення яких об'єктів і явищ доцільно застосовувати спосіб ізоліній? Наведіть приклади.
3. Які особливості зображення способом ізоліній?
4. Що являє собою якісний фон? У яких випадках його застосовують? Наведіть приклади.
5. Що являє собою кількісний фон? Для відображення яких явищ його застосовують? Наведіть приклади.
6. Для відображення яких явищ використовують локалізовані діаграми? Наведіть приклади.
7. Для зображення яких явищ доцільно застосовувати точковий спосіб? Наведіть приклади.
8. Для зображення яких об'єктів і явищ слугує спосіб ареалів? Наведіть приклади.
9. Які особливості способу ареалів?

10. Які природні й соціально-економічні явища зображують способом знаків руху? У яких конкретних формах застосовується цей спосіб? Наведіть приклади.

11. Для відображення яких явищ застосовують спосіб картодіаграм? Наведіть приклади.

12. Яка принципова різниця між картодіаграмою та локалізованим значком?

13. Для зображення яких явищ використовують спосіб картограм? Наведіть приклади.

14. Яка істотна різниця між способом картограм і способом кількісного фону?

ТЕМА 5

ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ КАРТОГРАФІЇ

План

5.1 Теорія цифрового картографування місцевості.

5.2 Зміст цифрових карт та вимоги до них.

5.3 Технологічні основи створення цифрових карт та планів.

5.4 Збір топографічної інформації при цифровому картографуванні місцевості.

5.5 Технічні засоби цифрування карт та опрацювання цифрової картографічної інформації та формування цифрових карт.

5.6 Візуалізація цифрової картографічної інформації комп'ютерними засобами.

5.1 Теорія цифрового картографування місцевості

Цифрову картографію можна уявити у чотирьох змістовних формах:

- розділ картографічної науки;
- виробничої індустрії;
- нової технології;
- інструмент візуалізації зображень картографічної продукції.

Передусім, як розділ картографічної науки, цифрова картографія займається дослідженням і відображенням просторового розташування різних об'єктів діяльності суспільства, всіляких природних явищ, їх цифрового моделювання та взаємозв'язків.

Із застосуванням та використанням автоматизованих процесів виготовлення, нових комп'ютерних технологій та різноманітного візуального ряду зображень цифрова картографія має особливу популярність, як у споживачів, так і фахівців. Виготовлення картографічної продукції, як індустріального виробництва, є багатофункціональним технологічним процесом із застосуванням сучасних технологій і мають попит електронного продукту.

Порівнюючи всі попередні та справжні можливості різних способів побудови карт, зокрема економічний складник ринкової ефективності, можна виокремити такі переваги цифрової картографії:

- передача точної інформації про об'єкт, практично виключає можливість отримання помилок, у зв'язку з використанням у розрахунках комп'ютерної автоматизації;
- швидкість обробки й отримання підсумкового результату з більш високою продуктивністю праці;
- більш економічний спосіб створення карт із меншими витратами праці;
- можливість і зручність, як редагування, так і періодичного оновлення карт на тій самій математичної та геодезичної основі.

Варто також зазначити, що цифрова картографія займає все більше місця в світовому інформаційному потоці, проникає в різні сфери цікавою сучасного життя й завойовує значні верстви користувачів своєї продукції, створюючи в такий спосіб підвищений попит.

Цифрове картографічне виробництво для отримання певних результатів у сучасному своєму вигляді займається такими виробничими процесами:

- розробкою цифрових типових карт та інших, необхідних для цього картографічних матеріалів у вигляді масивів інформації всій сукупності об'єктів;
- створенням тематичних карт з використанням вже наявних цифрових математичної та картографічної основ;
- ведення цифрових баз даних різної інформації;
- цифрове картографування за супутниковими й аерофотографічними знімками;
- цифрове застосування побудови топографічних карт.

Цифрова картографія становить технологічний продукт, який представляє картографічне виробництво, яке складається з таких виробничих процесів:

- редакційного підготовчого періоду складання цифрової карти;
- вхідного контролю вихідних матеріалів;
- класифікації об'єктів підготовлюваної документації;
- кодування об'єктів;
- опису об'єктів цифрової карти;
- редагування карт;
- контролю якості;
- оновлення;
- перетворення в обмінний формат;
- перетворення в заданий формат;
- оцифрування матеріалів карт;
- векторизація карт;
- автоматизації картографічної генералізації;
- зведення цифрових карт;
- контроль зведення карт.

5.2 Зміст цифрових карт та вимоги до них

Термін «цифрова карта» протягом понад двадцятилітньої історії змінювався й розвивався разом із розвитком технологій цифрового картографування та зміною відомчої належності організацій. Протягом тривалого періоду цифрові карти створювалися в Державному управлінні геодезії та картографії колишнього СРСР, де було подано таке визначення цифрової карти: «цифрова модель земної поверхні, сформована з урахуванням законів картографічної генералізації в прийнятих для карт проєкції, розграфці, системі координат і висот».

Більшість визначень цього періоду базувалися на положенні, що цифрова карта повинна бути копією її паперового аналога.

На сьогодні з'явилася велика кількість доступного програмного забезпечення та вихідних даних, які дозволяють створювати найрізноманітніші зображення, що мають з картами тільки спільну координатну основу. На позначення таких зображень А. М. Берлянт (1996 р.) уведений у науковий обіг термін «ге зображення». Геозображення (geoimage, georepresentation) – будь-яка просторово-часова масштабна генералізована модель земних (планетних) об'єктів або процесів, яка подана в графічній образній формі. Розрізняють:

- двовимірні плоскі геозображення (2D geoimages, flat geoimages), наприклад, карти, плани, електронні карти, аеро- й космічні знімки;
- тривимірні, або об'ємні, геозображення (3D geoimages, volumetric geoimages), наприклад, стереомоделі, анагліфи, блок-діаграми, картографічні голограми;
- динамічні геозображення (dynamic geoimages), тобто анімації, картографічні фільми, мультимедійні карти й атласи.

Унаслідок того що карта сама є моделлю будь-якої місцевості, усе частіше виникають думки, що цифрова карта не повинна бути копією паперової карти з її системою умовних знаків (моделлю моделі), а безпосередньо

відображати реальну дійсність, використовуючи власний арсенал засобів створення зображення та різноманітних джерел даних. За ступенем ускладнення зв'язків між окремими елементами підсумкової карти й використання спеціальних програмних та технічних засобів створення карт до цього часу склалася така система визначень.

Цифрова карта (digital map) – цифрова модель місцевості, створена шляхом цифрування картографічних джерел, фотограмметричної обробки даних дистанційного зондування, цифрової реєстрації даних польових зйомок або іншим способом. Цифрова карта є основою для виготовлення звичайних паперових, комп'ютерних, електронних карт, вона входить до складу картографічних баз даних, є одним із найважливіших елементів інформаційного забезпечення ГІС і може бути результатом функціонування ГІС.

Основними складниками цифрової карти є координатна система та набір елементарних графічних об'єктів, що відображають місце розміщення просторових обрисів відповідних реальних об'єктів чи явищ. У більшості ГІС-пакетів цифрові карти подаються окремим картографічним шаром і містять тільки однотипні об'єкти, а також є основою одиницею збереження даних (файлом або групою зв'язаних файлів).

Електронна карта (electronic map) – картографічне зображення, яке візуалізоване на дисплеї (відеоекрані) комп'ютера на основі даних цифрових карт чи баз даних ГІС з використанням програмних і технічних засобів у прийнятій для карт проєкції та системі умовних знаків.

Картографічна база даних (cartographic data base, cartographic database) – сукупність взаємозалежних картографічних даних із будь-якої предметної (тематичної) сфери, подана в цифровій формі (зокрема у формі інших картографічних баз даних) за умови дотримання загальних правил опису, збереження та маніпулювання даними. Картографічна база даних доступна багатьом користувачам, не залежить від характеру прикладних програм і підпорядковується системі керування базами даних (СКБД).

Картографічний банк даних, КБД, (cartographic data bank, cartographic databank) – комплекс технічних, програмних, інформаційних і організаційних засобів збереження, обробки й використання цифрових картографічних даних. До складу КБД входять картографічні бази даних з окремих предметних (тематичних) сфер, система керування базами даних, а також бібліотеки запитів і прикладних програм. Розрізняють єдиний центральний картографічний банк даних (central (centralized) cartographic databank), що містить увесь фонд інформації з певної теми, і розподілений картографічний банк даних (distributed cartographic databank), що являє собою територіально роз'єднану систему регіональних і/або локальних КБД, об'єднаних у мережу під єдиним керуванням.

За оцінками різних дослідників, інформаційний обсяг різних цифрових карт і геозображень, що зберігаються в пам'яті комп'ютерів в усьому світі, вже в кілька разів перевищує обсяг паперових карт, і розрив постійно збільшується. У зв'язку з цим усе частіше виникають думки, що традиційна картографія має поступитися місцем новим комплексним дисциплінам – геоінформатиці, геоматиці, геоіконіці.

У картовидавничій практиці колишнього СРСР, а згодом – України, методи автоматизованої картографії використовуються понад 20 років, розроблена низка відомчих стандартів цифрових карт і автоматичних картографічних систем (АКС). Передусім ці системи призначені для автоматизації виробництва та збереження номенклатурних листків стандартних топографічних карт різних масштабів. Широко використовуються методи автоматизованого дешифрування космо- й аерофотознімків для відновлення карт і побудови горизонталей рельєфу. Водночас потреби більшості споживачів картографічної продукції значно випереджають можливості аерогеодезичних підприємств за термінами відновлення топокарт, а також за номенклатурою відображуваних об'єктів. У зв'язку з цим виникла велика кількість відомчих стандартів цифрової картографії, у яких топокарти необхідні тільки для початкового координатного прив'язування.

При складанні багатьох видів відомчих карт, наприклад, земельного кадастру, природоохоронних і надзвичайних ситуацій, використовується інформація з атрибутивних баз даних, даних дистанційного зондування, матеріали польових зйомок і описів. На методики й технології складання карт значно впливають галузеві підходи до виділення та класифікації просторових об'єктів, районування, просторової інтерполяції. Для одержання таких зображень використовуються програмні й апаратні засоби, не передбачені стандартами відомчої картографії. Оскільки такі картографування в наш час, як правило, виконуються програмними засобами ГІС, у науковій літературі все частіше вживається термін геоінформаційне картографування як визначення інтегрального напрямку, що передбачає методи автоматизованого картографування, обробки даних дистанційного зондування, геоінформатики та теоретичних методів системного картографування для конкретної предметної сфери.

Цифрові моделі місцевості – цифрові картографічні моделі, які містять в собі дані про об'єкти місцевості та їхні характеристики.

Цифрові моделі рельєфу (ЦМР, в англійській мові – Digital Elevation Model, DEM, інколи – Digital Terrain Model, DTM, хоча останній термін не є точним, оскільки його дослівним перекладом з англійської мови є термін «цифрова модель місцевості») – цифрові моделі місцевості, які містять в собі інформацію про її рельєф.

У геоінформатиці звичайно розуміють цифрове подання топографічної поверхні у вигляді регулярної мережі комірок заданого розміру (grid DEM) або нерегулярної трикутної мережі (TIN DEM). Ці дві форми подання ЦМР є на сьогодні взаємно конвертованими й мають практично однакові можливості щодо подання й аналізу рельєфу.

Відомо, що в геоморфології та картографії існують дещо інші підходи до трактування цього поняття. У коло визначення ЦМР згідно з цими підходами зазвичай входять форма задання вихідних даних і спосіб обчислення значень поля в заданих точках.

Дані про рельєф можуть бути отримані шляхом натурних вимірювань, зокрема топогеодезичні роботи на місцевості, промірні роботи на водоймах, дистанційне зондування, а також картометричні роботи. У зв'язку із цим можливі істотно різні форми задання цих даних:

1) із регулярним розміщенням точок на прямокутних, трикутних і шестикутних (гексагональних) сітках, отриманих при тахеометричній зйомці або спеціальних видах площинного нівелювання, а також у результаті картометричних робіт;

2) із нерегулярним поданням точок по структурних лініях, профілях, центрах площ, локальних точках, отриманих у результаті інструментального знімання чи картометричних робіт;

3) з ізолінійним заданням точок, розміщених по ізолініях рівномірно або з урахуванням складності їхнього рисунка, отриманих у процесі цифрування горизонталей топографічних карт.

Форма задання вихідних даних про рельєф, їх детальність і вірогідність визначають вибір різновиду ЦМР (grid або TIN), спосіб просторової інтерполяції в межах досліджуваної території, а також ступінь адекватності побудованої моделі рельєфу.

Найпоширенішим різновидом цифрової моделі рельєфу, що використовується, є цифрове подання топографічної поверхні у вигляді растра (растрова ЦМР, сіткова ЦМР, grid DEM). Побудова ЦМР у цьому випадку полягає в поширенні наявного обмеженого набору точкових даних про відмітки топографічної поверхні в прилеглі комірочки растра, що суцільно покриває дану територію, з використанням методів просторової інтерполяції.

Хороші результати дають локально-стохастичні методи просторової інтерполяції, відомі під назвою «кригінг-інтерполяція», чи просто «кригінг».

Кількість використовуваних методів аналітичного опису топографічних поверхонь, покладених в основу просторової інтерполяції даних опорних точок і побудови цифрових моделей, як впливає навіть із наведеного короткого огляду, досить велика. При цьому результати просторової інтерполяції різними

методами відрізняються один від одного, іноді досить суттєво. Окрему проблему становить вибір розміру комірки растра, що визначає ступінь генералізації рельєфу під час його моделювання.

Оцінка адекватності того чи іншого способу побудови ЦМР, вибір оптимального з них для конкретного характеру рельєфу й суті розв'язуваних завдань здебільшого повинні ґрунтуватися на результатах зіставлення реального рельєфу (або його картографічного подання) і побудованих цифрових моделей. Тільки локально-статистичні методи просторової інтерполяції дозволяють одержати незалежну оцінку точності інтерполяції в кожній точці заданої території, що ґрунтується на законі просторового розподілу відміток топографічної поверхні.

Цифрова модель рельєфу, що ґрунтується на TIN-моделі просторових даних, є сукупністю сполучених між собою плоских трикутних граней, що спираються на нерівномірно розміщену в просторі мережу точок із відомими відмітками топографічної поверхні. TIN-модель рельєфу дозволяє уникнути «надмірності» растрового різновиду ЦМР, що вимагає обов'язкового зберігання інформації про відмітки топографічної поверхні у всіх без винятку осередках растра. У TIN-моделі може зберігатися інформація тільки про відмітки характерних точок поверхні, розміщених на структурних лініях рельєфу, – вододілах, тальвегах, а також переломах поздовжнього та поперечного профілів схилів. У зв'язку з цим цей різновид ЦМР може забезпечити дуже компактне й досить ефективне і для візуального подання, і для виконання багатьох аналітичних процедур (обчислення відхилень, експозицій та ін.) зберігання інформації про рельєф заданої території. При цьому очевидно, що інформативність точкових даних про рельєф істотно зростає, і це висуває високі вимоги до точності їх дигітизування.

Цифрова карта місцевості (ЦКМ) – цифрова модель місцевості, записана на магнітний носій у встановлених структурі й кодах стосовно до визначеної математичної основи, проєкції та розграфленню, прийнятих для

карт, і що відповідає встановленим для конкретного використання вимогам за точністю та змістом.

Цифрові карти місцевості призначені для автоматизованого вивчення й оцінки місцевості, виконання розрахунків під час планування та проектування інженерних споруджень і рішення інших спеціальних задач в автоматизованих системах.

Цифрові карти місцевості повинні задовольняти таких вимогам:

- створюватися з розподілом інформації на номенклатурні аркуші, що покривають місцевість у рамках аркушів топографічної карти масштабу 1:25 000;

- створюватися в Системі координат 1942 р., у рівнокутній поперечно-циліндричній проєкції Гаусса;

- забезпечувати можливість машинного визначення даних про місце розташування об'єктів і їхніх характеристик;

- включати цифрові значення кількісних, якісних характеристик й кодів об'єктів у Єдиній системі класифікації та кодування картографічної інформації;

- мати класифікацію об'єктів і елементів місцевості, що відповідають класифікації, прийнятої для українських топографічних карт масштабів 1:25 000 і 1:50 000;

- мати сумарну середню квадратичну помилку взаємного планового положення твердих контурів у межах номенклатурного аркуша ЦКМ не більше 50 м; сумарну середню квадратичну помилку положення горизонталей по висоті не більше: 5 м – для менш пересічних районів; 10 м – для середньо пересічних районів; 20 м – для більш пересічних районів;

- додавати до масивів даних відповідних елементів змісту топографічної карти службово-довідкову інформацію (основні характеристики цифрової карти місцевості, наприклад: номенклатуру, грифа таємності, теоретичні розміри рамки аркуша топографічної карти, характеристики помилок цифрової інформації в плані та за висотою тощо);

– мати структуру уявлення інформації ЦКМ, що забезпечує можливість внесення змін і доповнень без перекручування наявних даних і погіршення їхніх точнісних характеристик.

Перелік об'єктів місцевості, що входять в цифрову карту, встановлюється в редакційних указівках (завданні).

5.3 Технологічні основи створення цифрових карт та планів

Технологія створення ЦКМ включає три основні етапи:

- підготовку вихідних картографічних матеріалів до цифрування;
- перетворення картографічної інформації в цифрову форму;
- обробку цифрової картографічної інформації та формування номенклатурного аркуша ЦКМ.

Підготовка вихідних картографічних матеріалів до цифрування полягає у виготовленні спеціальних графічних і текстово-табличних документів, що регламентують роботу операторів під час цифрування метричної та семантичної інформації.

На етапі перетворення картографічної інформації в цифрову форму виконуються:

- зчитування метричної інформації та перетворення її в цифрову форму;
- створення масивів семантичної інформації та їхній контроль;
- одержання контрольних графічних копій, що є графічним відображенням цифрової інформації про точкові, лінійні й майданні об'єкти місцевості, що включаються до складу ЦКМ, і слугують для контролю повноти й точності цифрування метричної інформації та правильності вибору напрямку відстеження лінійних і майданних об'єктів;
- виправлення помилкової цифрової картографічної інформації.

Контрольна графічна копія може бути отримана безпосередньо в процесі цифрування або після його закінчення.

На етапі обробки цифрової картографічної інформації та формування номенклатурного аркуша ЦКМ виконуються:

- злиття метричної та семантичної цифрової інформації;
- згладжування і стиск метричної цифрової інформації;
- облік деформації вихідних картографічних матеріалів і трансформування інформації в Систему координат 1942 р.;
- автоматичне зведення сусідніх номенклатурних аркушів (ділянок) ЦКМ;
- автоматична нарізка цифрової картографічної інформації, зчитаної з тиражних відбитків іноземного видання, і її зшивання;
- перетворення інформації в структуру збереження;
- розрахунок статистичних характеристик;
- нарізка цифрової інформації в межах рамки аркуша карти масштабу 1:25 000 при використанні як вихідних картографічних матеріалів топографічних карт масштабів 1:50 000 і 1:100 000.

На цьому технологічному етапі здійснюються програмний контроль замикання та виходу об'єктів на рамку аркуша карти, взаємної відповідності метрики й семантики, правильності структур уявлення інформації про певний клас об'єктів, а також виправлення виявлених помилок. Крім того, формується масив для одержання архівної графічної копії та складається висновок архівної семантичної копії.

Архівна графічна копія є засобом контролю якості обробки цифрової картографічної інформації та повноти її рекомендацій в ЦКМ.

Архівна семантична копія є засобом візуального контролю якості вихідної семантичної інформації.

Крім того, у технології реалізовані програмні методи логічного контролю цифрової картографічної інформації, а також перевірки інформації про рельєф.

5.4 Збір топографічної інформації при цифровому картографуванні місцевості

Карти як джерело просторових даних для ГІС, як і раніше, зберігають свою актуальність. Хоча частина матеріалів, отриманих методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і польової інструментальної зйомки, постійно зростає, на різних картах можна знайти різнобічну й відповідно формалізовану інформацію про багатьох реальних або виявлених різними методами просторових об'єктів.

Для просторового прив'язування й копіювання даних при побудові багатьох картографічних баз даних, зокрема тематичних карт і цифрових моделей рельєфу, використовуються топографічні карти – загально географічні карти універсального призначення, що докладно зображують місцевість. У кожній країні існує офіційно прийнята державна система картографічних проєкцій, масштабів, розграфлення та номенклатури карт та умовних знаків для топографічних карт. Великомасштабні топографічні карти (1:50 000, 1:25 000 і 1:10 000) створюються за матеріалами польових топографічних знімачів, а всі інші – складаються камерально за більш великомасштабними картами.

Одним із найважливіших елементів карт, що впливають на точність зображення об'єктів у просторі за координатами x , y , z , є координатна та висотна системи.

Для топографічних карт, створюваних у системі картографічних установ колишнього СРСР, а згодом і України, використовується координатна система Гаусса–Крюгера – система плоских прямокутних координат і рівнокутна картографічна проєкція з тією самою назвою. У проєкції Гаусса–Крюгера поверхня еліпсоїда на площині відображається по меридіанних зонах, ширина яких дорівнює 6° (для карт масштабів 1:500 000 – 1:10 000) і 3° (для карт масштабів 1:5 000–1:2 000). На аркушах топографічних карт відображається картографічна рамка як із географічними координатами (градуси/хвилини/секунди), так і топографічними координатами (метри

відносно початку координат зони). З урахуванням перекручувань проєкції, технології топографічної зйомки й додрукової підготовки листа карти, просторова похибка при відображенні будь-якого об'єкта на поліграфічному відбитку карти має не перевищувати 0,1 мм. З огляду на цю величину, можна визначити величину систематичної похибки і, відповідно, точність цифрової карти, побудованої на основі топокарти обраного масштабу. Для масштабу 1:200 000 закладена похибка становитиме близько 20 м, для 1:100 000 – 10 м, для 1:10 000 – 1 м. Отже, для одержання підсумкової точності цифрової карти 1 м і нижче необхідно використовувати топокарти масштабу 1:10 000 або матеріали спеціального топографічного знімання.

Для визначення висотних координатних систем використовуються референц-еліпсоїди – геометричні моделі усередненої поверхні земної кулі. У різних країнах використовуються різні еліпсоїди та початкові точки відліку висот (для топокарт, що виробляються в Україні, використовуються еліпсоїд Красовського й Балтійська система висот), тому під час використання топокарт різних країн потрібно порівнювати висотні системи. Проблема розбіжностей висотних систем загострилася з початком масового застосування приймачів супутникового визначення координат і висот. Система GPS використовує Всесвітню висотну систему WGS-84 і для її спільного використання з даними національних топокарт необхідно вносити відповідні виправлення.

За топографічними картами можна визначити й безпосередньо цифрувати такі просторові об'єкти:

- систему координат (географічну чи топографічну);
- місце розташування та висоти пунктів опорної геодезичної мережі;
- оцінки висот рельєфу, контури й глибину ерозійних форм;
- місце розташування гідрографічних об'єктів, оцінки урізів води, глибин, ширини русла, швидкості й напрямку течії;
- назву населеного пункту, кількість будинків, тип і контури великих будівель, кар'єрів тощо;

– тип покриття, ширину проїжджої частини й узбіччя для авто доріг, конструкцію, довжину й вантажопідйомність мостів, висоту (глибину) насипів і виїмок;

– контури лісових масивів або ділянок природної рослинності, тип деревних порід, висоту та густоту рослинності, ширину лісосмуг;

– місце розташування й тип елементів лінійної технічної інфраструктури (ЛЕП, трубопроводи).

Найдостовірнішим джерелом інформації про контури водних просторів, глибини та характер дна є навігаційні карти, що мають той самий масштабний ряд, що й топографічні.

Схеми внутрішньогосподарського землевпорядкування, що містять також інформацію про ґрунтовий покрив, зазвичай виготовляються в масштабах 1:25 000 і 1:10 000. Для населених пунктів існують архітектурні плани різних масштабів (1:5 000, 1:2 000, 1:500), на які нанесені вулична мережа, контури будинків, межі ділянок землекористування, підземні й наземні інженерні комунікації. Однак ці матеріали виконані в умовній системі координат, і для їх використання разом з іншими джерелами необхідне виконання певних просторових перетворень.

Різні загальногеографічні й тематичні карти також можуть бути джерелом даних для ГІС. Більшість таких карт виконана в масштабі дрібніше 1:1 000 000 у різних картографічних проєкціях і має значні лінійні або кутові перекручування. Цифрування таких матеріалів вимагає урахування параметрів картографічних проєкцій, дані про які є в більшості картографічних редакторів. У процесі обробки таких карт можуть знадобитися процедури загальної або локальної трансформації зображень для прив'язування системи координат джерела даних під систему координат загальної бази даних ГІС-проєкту.

5.5 Технічні засоби цифрування карт, опрацювання цифрової картографічної інформації та формування цифрових карт

При автоматизованому складанні карт, як правило, виокремлюють три основні етапи:

1) інформаційне забезпечення автоматизованого картографування (цифрування картографічної інформації за допомогою відповідних пристроїв уведення, створення баз і банків даних та ін.);

2) логіко-математичну обробку інформації на ЕОМ (переобчислення, трансформування числових даних для їх переведення у необхідну форму для автоматизованого виготовлення карт; обробку числової інформації для одержання нових кількісних та якісних показників і характеристик картографованих явищ; обробка числової інформації або виведення її в графічному або іншому вигляді за допомогою пристроїв виведення та ін.):

3) автоматизоване відтворення карт за допомогою пристроїв виведення (алфавітно-цифрових друкувальних пристроїв та їхніх сучасних модифікацій, автоматичних координатографів, графобудівників дисплеїв, мікрофільм-плотерів та ін.).

Основним методом підготовки картографічної інформації для її машинної обробки є перетворення вихідної графічної інформації у цифрову форму. Пристрої, які перетворюють графічну інформацію у цифровий вигляд, називаються цифрувачем або цифровими перетворювачами. Цифрові перетворювачі, які застосовуються в автоматизованих картографічних системах (АКС), класифікуються за способом цифрування, за ступенем і характером автоматизації цифрування та за іншими ознаками, що детально розглядається у курсі обчислювальної техніки.

У загальному випадку із усіх існуючих видів цифрувачів можливо виокремити чотири основних типи:

1) із ручним обведенням графічного (картографічного) зображення й автоматичною реєстрацією координат на машинному носії інформації;

2) з автоматичним обведенням графічного зображення та реєстрації, його поточних координат на машинному носіїв інформації;

3) з автоматичним зчитуванням графічного зображення шляхом його сканування (розгортки) з одночасною реєстрацією (записом) координат у пам'ять ЕОМ;

4) з автоматичним обведенням графічного зображення шляхом направленою векторного сканування у межах заданої смуги при постійному контакті картографа зі сканувальним пристроєм для керівництва рухом візира приладу.

Найширше застосовуються під час автоматизованого картографування цифрувачі першої групи – матричні цифрувачі (дигітайзери), і третьої – різноманітні сканери.

Дигітайзер – прилад для ручного цифрування картографічної та іншої графічної інформації, тобто перетворення її у цифрову форму у вигляді послідовності точок, положення яких визначається прямокутними декартовими координатами x і y .

Частіше під час картографування використовують дигітайзери планшетного типу, основними частинами яких є електронний планшет (в останніх закордонних моделях доповнений меню – невеликою частиною робочого поля (зазвичай лівий нижній кут планшета) у вигляді сенсорної клавіатури) і курсор (із дванадцятьма й більше клавішами). У картографії найпоширенішими є широкоформатні дигітайзери форматів А2 (420×594) – А0 (84×1189), із точністю цифрування не нижче 0,25 мм.

Серед переваг дигітайзерів перед сканерами необхідно виокремити такі:

– найвища точність цифрування (окремі дигітайзери мають розрішення до 10 000 dpi² і точність до 50 мкм) порівняно зі сканерними технологіями;

– можливість звичайного розшарування картографічного зображення окремими кольорами (монохромні сканери при напівтоновому скануванні можуть видати абсолютно не розбірні растри, а кольорові широкоформатні сканери дуже дорогі);

– можливість роботи з картографічними матеріалами, які мають велику товщину (до 5 мм), наприклад, із планами, які наклеєні на картон, тощо;

– можливість більш якісного цифрування картографічних матеріалів, які погано збереглися або дуже забруднені (як відомо, більшість сканерів висувають дуже великі вимоги до якісного стану картографічних матеріалів, які підлягають скануванню);

– одержання оцифрованої інформації у векторній формі, яка безпосередньо готова до використання у різних автоматизованих системах (растрові файли, які отримують при скануванні, перед безпосереднім введенням до ЕОМ потребують векторизації, а це завдання далеко нетривіальне й порівняно трудоміське);

– економічний фактор: вартість дигітайзерів порівняно з широкоформатними сканерами (до яких, крім того, необхідно придбати векторизатор і, як правило, достатньо дорогий комп'ютер із потужними ресурсами) на декілька порядків нижча, дигітайзери економічно ефективніші.

Автоматичне виведення картографічної інформації в ЕОМ з перетворенням цифрових даних після машинної обробки у картографічне зображення здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв виведення, до яких належать принтери, графобудівники (плотери), автоматизовані координатографи, мікрофільм-плотери та ін.

Автоматичний координатограф – це креслярський автомат, який має високу точність (менше 0,05 мм), невелику швидкість переміщення реєстраційного вузла (10 – 90 мм/с) і особливі способи нанесення зображення (креслення, вирізування, гравіювання, експонування та ін.) на відповідну робочу основу (папір, пластини, покриті шаром лаку або емалі, плівку з гравіювальним шаром фотоплівку, фотопластини та ін.).

Автоматичні координатографи використовують у картографічних роботах при виготовленні складальних оригіналів планів і карт на папері, пластику та інших основах, а також для виведення графічної інформації у вигляді схем,

графіків, профілів, блок-діаграм тощо. Проте автоматичні координатографи порівняно повільні у роботі й тому поступаються місцем графобудівникам.

Графобудівник – це креслярський автомат (пристрій відображення), призначений для виводу цифрової інформації із ЕОМ у графічній (а також і текстовій) формі на папір, пластик, фоточуттєвий матеріал або інший носій шляхом креслення, гравіювання, фотореєстрації світовим пером або іншим засобом.

5.6 Візуалізація цифрової картографічної інформації комп'ютерними засобами

Візуалізація (visualization, visualisation, viewing, display, displaying, синонім – графічне відтворення, відображення – у ГІС, комп'ютерній графіці й картографії) – проектування та генерація зображень, зокрема геозображень, картографічних зображень та іншої графіки на пристроях відображення (переважно на екрані дисплея) на основі вихідних цифрових даних і алгоритмів їхнього перетворення.

Крім екрана дисплея, картографічні зображення можуть бути відображені на великих екранах за допомогою проєкційної системи чи виведення у вигляді твердої копії на папері, плівці за допомогою принтера чи плотера.

Принтери – друкувальний пристрій – пристрій відображення текстової (алфавітно-цифрової) і графічної інформації, що базується на тому чи іншому принципі друку. Розрізняють друкувальні пристрої: пелюсткові, або ромашкові, принтери – послідовні шрифтові ударні пристрої типу механічних друкарських машинок (забезпечують тільки алфавітно-символьний друк і практично вийшли чи виходять із використання); матричні принтери з генерацією знака у вигляді точок растра шляхом удару голок друкуючої голівки по фарбувальній стрічці (з просторовим розділенням до 300 dpi), лазерні принтери, у яких зображення переноситься лазерним променем на папір чи інший матеріал методом ксерографії, забезпечуючи високе просторове розділення (зазвичай

300 – 1200 dpi) і аналогічні їм принтери з перенесенням зображення за допомогою матриці світлодіодних елементів, які називають світлодіодними принтерами; термопринтери та принтери з термопереносом, що базуються на принципі термодруку на термочуттєвому чи звичайному папері відповідно; струминні принтери з видавлюванням фарбувальної речовини через сопла форсунок (зазвичай до 1 200 dpi). За можливостями відтворення кольору принтери поділяються на багатокольорові та монохромні, або чорно-білі, принтери, що забезпечують штриховий і/чи напівтоновий друк.

Для друку великоформатних документів застосовуються технології розбиття на окремі сторінки з подальшим склеюванням. До принтерів також належать пристрої з технологією струминного друку для рулонних документів завширшки до 153 см. Відмінність високопродуктивних великоформатних принтерів із високим просторовим розділенням друку від плотерів (графопобудовників) растрового типу досить умовна.

Плотер – графобудівник, автоматичний координатограф – пристрій відображення, призначений для виведення даних у графічній формі на папір, пластик, фоточуттєвий матеріал чи інший носій шляхом креслення, гравіювання чи фотореєстрації іншим способом. Розрізняють планшетні плотери (flatbed plotter) із розміщенням носія на плоскій поверхні, барабанні плотери (drum plotter) із носієм, що закріплюється на обертовому барабані, рулонні, або роликові, плотери (roll-feed plotter) із креслярською голівкою, що переміщується в одному напрямку при одночасному переміщенні носія в перпендикулярному йому напрямку.

За принципом побудови зображення плотери поділяються на векторні й растрові. Векторні плотери створюють зображення пером чи олівцем. Растрові плотери, успадковуючи конструктивні особливості принтерів, створюють зображення шляхом рядкового відтворення та за способом друку поділяються на електростатичні плотери з електростатичним принципом відтворення, струминні – базуються на принципі струминного друку (видавлюванні фарбувальної речовини через сопла форсунок), лазерні –

відтворюють зображення з використанням світлового променя чи лазера, світлодіодні – відрізняються від лазерних плотерів способом перенесення зображення з барабана на папір, термічні плотери, мікрофільм-плотери, або фотоплотери з фіксацією зображення на світлочутливому матеріалі.

Контрольні запитання

1. Чим займається цифрова картографія?
2. Назвіть переваги цифрової картографії.
3. Перелічіть виробничі процеси цифрової картографії.
4. Дайте визначення цифровій карті.
5. Дайте визначення електронній карті.
6. Назвіть складники цифрової карти.
7. Дайте визначення цифровій карті місцевості.
8. Назвіть вимоги, яким мають задовольняти цифрові карти місцевості.
9. Назвіть основні етапи створення ЦКМ. Поясніть кожний з них.
10. Які просторові об'єкти можна цифрувати за топографічними картами?
11. Назвіть засоби цифрування карт. Вкажіть їхні переваги та недоліки.
12. Що таке візуалізація? За допомогою яких пристроїв вона може реалізовуватись?

ТЕМА 6
ПРОГРАМНІ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ
КАРТОГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

План

6.1 Сучасні програмні продукти геоінформаційних систем та провідні виробники геоінформаційних картографічних пакетів

6.2 Системи автоматизованого картографування.

6.3 Принципи класифікації та кодування картографічної інформації.

6.4 Контроль якості створення цифрових карт.

6.1 Сучасні програмні продукти геоінформаційних систем та провідні виробники геоінформаційних картографічних пакетів

Програмні засоби ГІС становлять сукупність тією чи іншою мірою інтегрованих програмних модулів, що забезпечують реалізацію основних функцій ГІС. Можна виокремити шість базових модулів:

- 1) введення та верифікації даних;
- 2) зберігання та маніпулювання даними;
- 3) перетворення систем координат і трансформації картографічних проєкцій;
- 4) аналізу й моделювання;
- 5) виведення й подання даних;
- 6) взаємодії з користувачем.

Останніми десятиріччями у світі розроблено велику кількість різноманітних геоінформаційних систем.

Запропоновано різні класифікації, кожна з яких певною мірою ранжирує існуюче різноманіття в певну кількість однорідних класів із використанням однієї або декількох ознак.

Зазвичай геоінформаційні системи класифікують за такими ознаками:

- за призначенням – залежно від цільового використання;
- за проблемно-тематичною орієнтацією – залежно від сфери

застосування;

– за територіальним охопленням – залежно від розміру території та масштабного ряду цифрових картографічних даних, що становлять базу даних ГІС.

За призначенням геоінформаційні системи поділяють на багатоцільові та спеціалізовані.

Багатоцільовими системами, як правило, є регіональні ГІС, призначені для виконання широкого спектра завдань, пов'язаних із регіональним керуванням. Спеціалізовані ГІС забезпечують виконання однієї або кількох близьких функцій. До них, як правило, належать геоінформаційні системи:

- інформаційно-довідкові;
- моніторингові;
- інвентаризаційні;
- прийняття рішень;
- дослідницькі;
- навчальні.

За проблемно-тематичною орієнтацією зазвичай виокремлюють типи геоінформаційних систем, що відповідають «основним сферам застосування ГІС», тобто:

- земельно-кадастрові;
- екологічні та природокористувальницькі;
- інженерних комунікацій і міського господарства;
- надзвичайних ситуацій;
- навігаційні;
- соціально-економічні;
- геологічні;
- транспортні;

- торгово-маркетингові;
- археологічні;
- військові;
- інші.

У категорії «інші» в цій класифікації може бути поійменована ще достатньо велика, до того ж така, що продовжує збільшуватися, кількість типів ГІС, оскільки сфера застосування ГІС не обмежена переліком зазначених вище сфер і розширюється далі.

За територіальним охопленням найлогічнішим є поділ геоінформаційних систем на такі:

- глобальні;
- загальнонаціональні;
- регіональні;
- локальні.

Глобальні геоінформаційні системи охоплюють або всю земну кулю, наприклад, як Глобальний банк природно-ресурсної інформації (GRID), або якусь її значну частину – як геоінформаційна система Європейського співтовариства «CORINE».

Загальнонаціональні ГІС, як це впливає із назви, охоплюють територію всієї країни, регіональні – якусь її частину, таку як економічний район, адміністративна область чи група суміжних областей, басейн великої річки тощо.

До категорії «локальні ГІС» належать геоінформаційні системи меншого територіального охоплення, але рекомендації щодо територіальних обмежень локальних ГІС відсутні. До цієї категорії зазвичай належать і муніципальні геоінформаційні системи (МГІС) – специфічна категорія геоінформаційних систем, що розробляються для території міста або його частини.

Програмні продукти компанії «ESRI» (США), найстарішого у світі виробника програмних засобів ГІС (фірма заснована в 1969 р.), сьогодні

представлені, насамперед, сімейством спеціалізованих програмних пакетів, які об'єднані під назвою «ArcGIS».

До складу «ArcGIS» входить багато інтегрованих програмних продуктів, призначених як для розробки й експлуатації геоінформаційних систем різного рівня складності, так і для геоінформаційного забезпечення виконання завдань, пов'язаних із використанням просторової інформації, включаючи польове знімання й роботу в комп'ютерних мережах, зокрема і в інтернеті.

Спеціалізований програмний ГІС-пакет із назвою ARC/INFO версії 1.0 був випущений фірмою «ESRI» у 1982 році. Протягом 80-х – 90-х років минулого століття пакет завоював панівні позиції у світі як повнофункціональна професійна інструментальна ГІС, призначена для розв'язання широкого спектра завдань, але насамперед пов'язаних із використанням природних ресурсів і охороною навколишнього середовища.

Фірма «Intergraph Corp» (Huntsville, Alabama, США) є одним із найвідоміших виробників програмного забезпечення ГІС. До основних розробок цієї фірми належать сімейства програмних продуктів «MGE» і «GeoMedia».

Компанія «Autodesk Inc» (США) є основним постачальником програмного забезпечення для систем автоматизованого проектування (САПР/CAD) і засобів мультимедіа на персональних комп'ютерах, що налічує понад 3 мільйонів клієнтів у більше ніж 150 країнах. «Autodesk» зробила значний внесок у створення ринку програмного забезпечення САПР для персональних комп'ютерів, коли в 1982 році вперше представила на ринку пакет «AutoCAD» – універсальний графічний редактор, що відразу одержав величезну популярність у світі. Сьогодні сімейство продуктів Autodesk застосовується практично на всіх стадіях і в різних видах проектування, включаючи архітектуру та цивільне будівництво, машинобудівне проектування, ГІС і картографію, кіно- й відеовиробництво, а також розроблення вебсторінок.

Фірма «Bentley Systems, Inc.» (BSI) (Exton, Pennsylvania, США) є розробником пакета автоматизованого проектування «MicroStation» з 1985 р.

Програма «Digitals» призначена для створення, редагування та переглядання топографічних і спеціальних карт, друку топографічних карт відповідно до вимог вітчизняних нормативних документів до умовних знаків, забезпечення робіт із землеустрою, веденню міського й земельного кадастрів. Програма розроблена в державному науково-виробничому підприємстві (НВП) «Геосистема» (м. Вінниця), що належить до Департаменту геодезії, картографії та кадастру Міністерства охорони навколишнього природного середовища України.

За підсумками досліджень фірми «PC GIS Company Datatech» (США), що займається аналізом світового ринку ГІС, перше місце в рейтингу програмних ГІС продуктів останніми роками займає пакет «MAPINFO», розроблений «Mapping Information Systems Corporation» (США) і має близько 150 000 користувачів у всьому світі.

6.2 Системи автоматизованого картографування

Основа системи автоматизованого картографування становлять банки даних цифрової картографічної та атрибутивної інформації. Тематичний банк даних, створений для обслуговування визначеної предметної області (наприклад, створення топографічних карт, архітектурних планів, кадастрових карт, геологічних, гідрологічних, автодорожніх, туристичних карт) містить визначений фіксований перелік об'єктів. Кожному об'єкту заздалегідь присвоюється визначений тип умовного знака й параметри їхнього відображення в різних типах карт; при відкритті визначеного картографічного шару одночасно відбувається і його оформлення в системі умовних знаків. Також при постійному картографуванні визначеної території у визначеному масштабі створюються спеціальні шаблони (templates), у яких указуються границі області відображення карти, масштаб карти, відображається стандартна легенда карти й елементи оформлення карти – рамка, заголовок, масштабна лінійка, стрілка північ-південь, текстові виноски, логотипи та ін. Для

одержання повноцінної карти в цьому випадку досить вибрати потрібний шаблон, далі відбувається завантаження необхідних тематичних шарів і їхнє оформлення.

Бібліотеки картографічних символів, ліній, заливок полігонів, палітр для відображення поверхонь, елементів допоміжного оформлення карт, картографічних легенд, таблиць, картодіаграм і звичайних діаграм є важливим ресурсом, що забезпечує можливості картографа-дизайнера щодо створення різних типів карт. У багатьох випадках до складу функціональних засобів ГІС-пакетів входять засоби створення та редагування точкових символів, штрихувань, текстур, типів ліній та ін., що дозволяють створювати бібліотеки картографічних символів для широкого кола карт та інших геозображень.

За необхідності одержання поліграфічних відбитків карт чи інших геозображень, створюваних із використанням різних ГІС-пакетів, до складу систем автоматизованого картографування входять спеціальні програмні модулі, призначені для контролю правильної передачі кольору та прискорення виведення на пристрої друку великоформатних карт.

Програмні модулі – денситометри – дозволяють коректно переходити від колірною представлення екрана (модель RGB) до колірною представлення пристроїв друку (модель СМΥК). Прискорення виведення на широкоформатні струминні плотери забезпечують програмні модулі – растеризатори, що перетворюють поле зображення векторних карт у масиви растрових пікселів, що складаються із сотень мільйонів елементів.

6.3 Принципи класифікації та кодування картографічної інформації

Єдина система класифікації та кодування картографічної інформації інформаційне забезпечення автоматизованої картографічної системи, яку складається із сукупності взаємоузгоджених класифікаторів картографічної інформації, засобів їх провадження й нормативних документів для їх складання, впровадження, удосконалення та контролю за впровадженням.

Під класифікацією розуміють поділ множини об'єктів на частини за їхньою подібністю чи розбіжністю відповідно до прийнятих методів. Є два методи класифікації: ієрархічний і фасетний.

Ієрархічний метод класифікації – це послідовний поділ множини (об'єктів) на підпорядковані класифікаційні угруповання. Множину, яка класифікується, поділяють на підпорядковані підмножини спочатку за деякою ознакою (основою поділу) великі угруповання, потім кожен з них – на низку подальших угруповань, які, зі свого боку, поділяються на менші, поступово конкретизуючи об'єкт класифікації. Між цими угрупованнями встановлюються відношення підпорядкованості (ієрархії).

Фасетний метод класифікації – це паралельний поділ множини об'єктів на незалежні класифікаційні угруповання. При цьому множина об'єктів, що характеризується деяким набором однакових для всіх об'єктів ознак (фасет), значення яких відповідають конкретним виразам зазначених ознак, може поділитися багаторазово і незалежно. Такий метод класифікації однорівневий, оскільки вхідна множина об'єктів поділяється на підмножини відповідно до значень ознак окремих фасетів.

Кодування – процес створення кодів (набору цифр, букв та цифр і букв) і присвоєння їх підмножинам об'єктів, отриманих у процесі класифікації. Особливістю кодування техніко-економічної інформації є те, що коди мають відображати її структуру, ідентифікувати об'єкти й описувати зв'язки між ними. Основне завдання кодування – забезпечення ідентифікації елементів множин, що класифікуються, та їхніх класифікаційних ознак.

Розрізняють два методи кодування: реєстраційний і класифікаційний.

Реєстраційні:

- порядковий метод кодування – це створення коду з чисел натурального ряду та його присвоєння. Він є найбільш простим, повним і однозначним;
- серійно-порядковий метод кодування – це створення коду з чисел натурального ряду, закріплення окремих серій чи діапазонів цих чисел за

об'єктами класифікації з однаковими ознаками його присвоєння; використовується для двознакових номенклатур.

Класифікаційні:

– послідовний метод кодування – це створення коду класифікаційного групування і (чи) об'єкта класифікації з використанням кодів послідовно розміщених підпорядкованих угруповань, що були отримані при ієрархічному методі класифікації, та його присвоєння;

– паралельний метод кодування – це створення коду класифікаційного групування і (чи) об'єкта класифікації з використанням кодів незалежних угруповань, що були отримані за фасетного методу класифікації, та його присвоєння.

Результати класифікації та кодування фіксуються в документах, що отримали назву класифікаторів. Класифікатор становить документ із систематизованим переліком назв і кодів класифікаційних угруповань або об'єктів класифікації.

6.4 Контроль якості створення цифрових карт

Якість є одним з основних керованих параметрів процесу створення цифрових карт поряд з їхнім складом, вартістю, інформаційними ресурсами.

Залежно від сфери використання цифрових карт до них висуваються різні вимоги. Ці вимоги (просторова точність, склад об'єктів, точність опису об'єктів) мають бути сформульовані ще на етапі проектування цифрової карти. Залежно від вимог просторової і семантичної точності підбираються вихідні картографічні матеріали, плануються додаткові польові знімання, складаються номенклатура та класифікація об'єктів, вибирається програмне забезпечення, периферійні пристрої введення даних та ін.

На сьогодні можна виокремити дві основні сфери використання цифрових карт:

1) як основи для створення різних паперових карт або картографічних ілюстрацій;

2) як основи для просторових вимірів, розрахунків, аналізу.

У першому випадку просторова точність визначається точністю поліграфічного відбитка створюваної карти й залежить від методу друку, системи умовних знаків, відображуваного масштабу та ін. Під час створення цього типу карт можна обмежитися візуальною подібністю картографічних об'єктів, просторова похибка допускається від 0,1–0,2 мм у видимому масштабі карти. Під час створення картосхем величина просторової похибки може не вважатися визначальним фактором якості, іноді в просторову основу свідомо вносяться перекручування для кращого відображення якісних, ілюстративних характеристик відображуваного явища або об'єктів.

У тому випадку, коли цифрова карта є основою для розрахунків відстаней, площ і обсягів у кадастрових, будівельних або навігаційних ГІС, просторові похибки можуть спричинити значні перекручування підсумкових просторових розрахунків, що, зі свого боку, призводить до похибок розрахунку вартості земельних ділянок, вартості будівництва, оподаткування та ін. У таких додатках просторова точність визначається точністю використовуваних приладових вимірів (до 0,1 мм на місцевості). Створення таких цифрових картографічних основ вимагає значних ресурсів і виконується тільки спеціалізованими організаціями, що мають відповідне технічне забезпечення та кваліфікованих фахівців.

На сьогодні в Україні найзначніший обсяг робіт із введення картографічних даних здійснюється в процесі трансформації паперових топографічних карт різних масштабів у цифрову форму.

Забезпечення якості створюваних цифрових карт можливе лише за умови високого рівня організації виробництва, що відповідає кваліфікації персоналу, який володіє спеціальними знаннями та навичками.

Підготовка цифрових картографічних матеріалів на базі топографічних карт проводиться відповідно до нормативних вимог.

Під час створення цифрових карт як вихідні картографічні матеріали використовують топографічні карти тих самих масштабів і незалежно від застосовуваної технології використовують такі параметри оцінки:

- повноту та правильність заповнення паспорта номенклатурного листа цифрової топографічної карти;
- точність планового розташування об'єктів;
- повноту об'єктового складу;
- повноту характеристик об'єктів;
- правильність визначення кодів об'єктів;
- правильність визначення характеристик об'єктів;
- відповідність формату;
- відповідність правилам цифрового опису.

Кількісна оцінка цифрових карт дається за допомогою:

- таблиць для оцінки точності планового розташування, де наведені максимально припустимі середні квадратичні похибки розташування об'єктів. Значення допуску залежать від типу об'єкта, масштабу, характеристик місцевості;
- розрахунків для обчислення одиничного показника якості, що визначається для кожного показника (правильність визначення коду об'єкта, повнота характеристик об'єкта тощо) і виражається у відсотках:

$$V = (J/K)100, \quad (6.1)$$

де V – одиничний показник якості;

J – абсолютна кількість об'єктів із похибками (може виражатися сумою об'єктів із похибками різного типу);

K – загальна кількість об'єктів цифрової карти.

Систематичні похибки при створенні цифрової картографічної продукції виникають унаслідок різних об'єктивних і суб'єктивних причин (відсутність необхідного обладнання, невідповідність технічних характеристик обладнання необхідної точності, відсутність чи слабка формалізація класифікаторів об'єктів, що цифруються, помилки введення через неопрацьовані інструкції з введення різних ситуацій, низька кваліфікація операторів, відсутність контролю).

До найпоширеніших помилок належать:

- порушення просторово-логічних зв'язків у цифровій карті з багат шаровою структурою, наприклад, на всій цифровій карті в місцях перетинання автомобільних доріг і рік, під об'єктом «міст» (кам'яний, бетонний, залізобетонний) відповідна частина об'єкта «ріка» відсутня;
- неправильне введення семантичної (атрибутивної) інформації;
- систематична невідповідність кода об'єкта та його найменування за прийнятим класифікатором цифровій топографічній карті;
- порушення характеру локалізації. Усі полігональні гідрографічні об'єкти на цифровій топографічній карті подані у вигляді лінійних. Лінії проведені по центру об'єктів;
- відсутність регламентувальних документів і вироблення операторами самостійного колективного рішення щодо цифрування тієї чи іншої ситуації;
- відсутність опису правил цифрування подібних ситуацій у регламентувальних документах за відсутності технології взаємодії оператора та коректора карт;
- систематична помилка в плановому розташуванні точкових об'єктів або вершин лінійних об'єктів через неточність оператора (наприклад, паралакс візира дигітайзера);
- усі об'єкти цифрової карти не мають координатного прив'язування;
- неадекватна вихідним матеріалам передача форми об'єктів цифрової карти через низьку кваліфікацію оператора та відсутність вихідного контролю.

У кількісній формі оцінка виражається одним числом – значенням показника якості, що відбиває визначену сукупність властивостей продукції. Наприклад, для показника якості «точність планового розташування об'єктів» середня квадратична похибка положення контуру рослинного покриву щодо вихідних картографічних матеріалів у масштабі цифрової топографічної карти 1:200 000 становить 0,2 мм.

Одним із найважливіших складників виробництва цифрових карт, що забезпечує їхню якість, є контроль якості. Виокремлюють такі види контролю:

- суцільний, при якому контролюються всі одиниці продукції;
- вибірковий – контролюється порівняно невелика кількість одиниць продукції із сукупності, до якої вона належить;
- статистично-вбірковий контроль, правила якого базуються на законах теорії ймовірностей і математичної статистики.

Загалом необхідний рівень якості цифрових карт досягається цілим комплексом заходів. З одного боку, це точне формулювання замовником і споживачем карти її змістовних характеристик, рівня просторової точності, вихідних матеріалів. З боку виконавця робіт необхідне розроблення чітких інструкцій персоналу щодо цифрування тієї чи іншої тематичної групи об'єктів, ідентифікації та класифікації об'єктів, порядку послідовного введення різних груп об'єктів. Залежно від виду робіт і їхньої критичності для якості карти загалом організуються контрольні заходи. Технічна документація підсумкової карти є важливим елементом для оцінки всієї виконаної роботи.

На сьогодні багато цифрових карт, особливо в неспеціалізованих установах і організаціях, виконується в ручному режимі, тому суб'єктивний фактор, тобто кваліфікація оператора й контролера, є основним стимулювальним фактором для збільшення кількості якісної цифрової продукції. Для підготовки кваліфікованого оператора для екранного або апаратного дигітизування необхідно кілька років практичної роботи за наявності відповідної геодезичної, картографічної або географічної освіти. Унаслідок цього все більш істотним фактором картографічного виробництва

стає зростання вартості кваліфікованої праці фахівців. Тому основною лінією зростання продуктивності цифрового картографування є подальший розвиток автоматизованих методів введення: підвищення якості розпізнавання картографічних образів сканованих карт і даних дистанційного зондування Землі.

Контрольні запитання

1. Перелічіть класифікацію геоінформаційні системи.
2. Перерахуйте найвідоміші програмні продукти, що використовуються для ГІС.
3. Що є основою системи автоматизованого картографування?
4. Що являє собою Єдина система класифікації та кодування картографічної інформації?
5. Назвіть методи кодування.
6. Назвіть документи, відповідно до вимог яких проводиться підготовка цифрових картографічних матеріалів.
7. За допомогою чого дається кількісна оцінка цифрових карт?

ТЕМА 7

ТОПОГРАФІЯ

План

- 7.1 Загальні відомості.
- 7.2 Класифікація топографічних карт та їхні масштаби.
- 7.3 Призначення топографічних карт.
- 7.4 Умовні знаки на топографічних картах.
- 7.5 Читання карт.
- 7.6 Координатна сітка топографічних карт.

7.1 Загальні відомості

Топографія – наука, що вивчає географічний та геометричний стан земної поверхні шляхом створення топографічних карт на основі наземних, повітряних і космічних знімачів.

Топографія – розділ геодезії, що вивчає земну поверхню, способи її вимірювання та зображення на плані або карті.

Основні наукові та практичні завдання топографії полягають у такому:

- розробці та вдосконаленні методів створення топографічних карт;
- способів зображення на карті;
- у використанні топографічних карт для виконання практичних і наукових завдань.

Топографічні карти є основою для створення географічних карт.

Топографічні карти – докладні, єдині за змістом, оформленням і математичною основою географічні карти, на яких зображені природні та соціально-економічні об'єкти місцевості з властивими їм якісними та кількісними характеристиками й особливостями розміщення.

Топографічний план – зображення на папері ортогональної проєкції невеликої ділянки місцевості. Плани складаються зазвичай у великих

масштабах; місцеві предмети на них характеризуються переважно детальніше, ніж на картах.

7.2 Класифікація топографічних карт та їхні масштаби

В Україні розрізняють топографічні карти як:

- 1) оглядові (1:1 000 000)
 - оглядово-топографічні (масштаб 1:500 000, 1:200 000);
- 2) топографічні:
 - дрібномасштабні (1:100 000);
 - середньомасштабні (1:50 000, 1:25 000);
 - великомасштабні (1:10 000);
- 3) топографічні плани (1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500).

7.3 Призначення топографічних карт

Топографічні карти необхідні для такого:

- проектно-дослідницьких робіт,
- геологічної розвідки,
- розробки родовищ корисних копалин;
- гідроенергетичного, транспортного будівництва.

Дрібномасштабні топографічні карти (рис. 7.1) застосовують для такого:

- виконання завдань науково-дослідного та прикладного характеру;
- використання природних ресурсів;
- економічного освоєння території;
- при генеральному проектуванні великих промислових комплексів;
- для навігації та інших роботах.

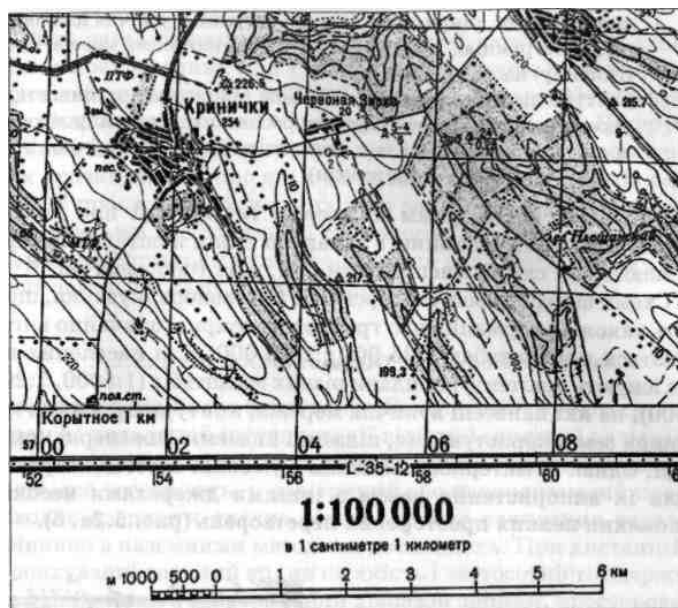


Рисунок 7.1 – Приклад дрібномасштабної топографічної карти

Топографічні карти середніх масштабів (рис. 7.2) використовують для такого:

- попереднього проєктування залізниць та автомобільних доріг;
- проведення геологічних досліджень;
- попередніх розрахунків при проєктуванні великих споруд.

Великомасштабні топографічні карти (рис. 7.3) використовують для географічних досліджень території, бо вони містять численну інформацію, яка відсутня та не може бути отримана з літературно-описових джерел.

Топографічний план (рис. 7.4) – зображення на папері ортогональної проєкції невеликої ділянки місцевості. Плани складаються зазвичай у великих масштабах; місцеві предмети на них характеризуються переважно детальніше, ніж на картах.

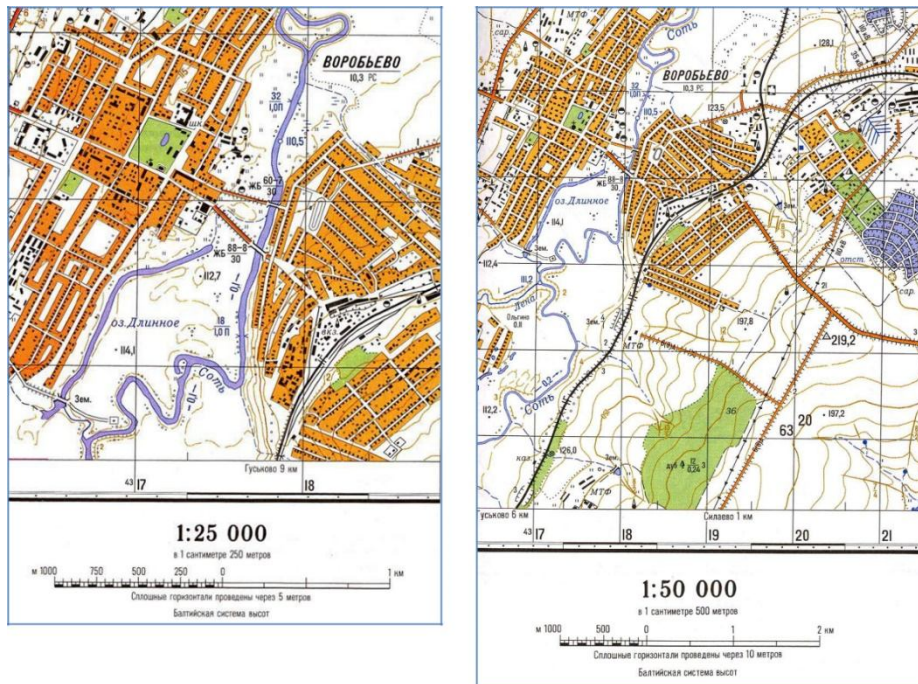


Рисунок 7.2 – Приклад середньомасштабної топографічної карти

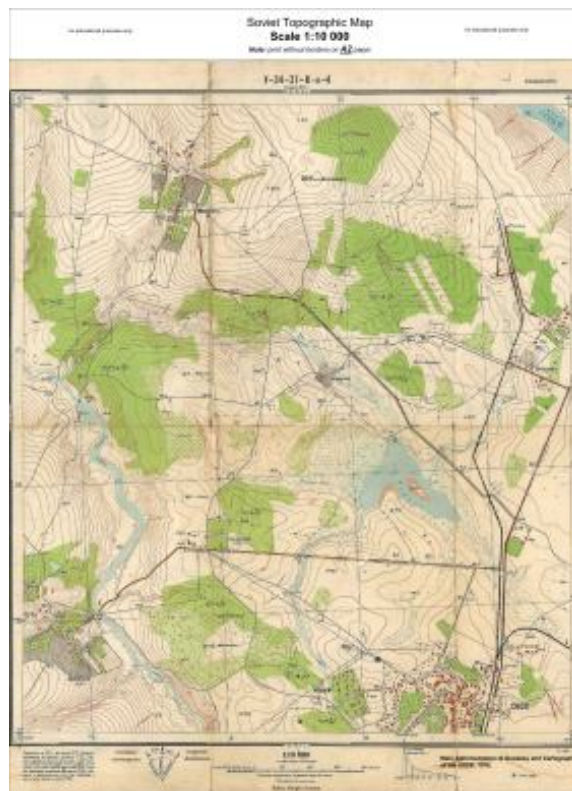


Рисунок 7.3 – Приклад крупномасштабної топографічної карти



Рисунок 7.4 – Приклад топографічного плану
a – М 1:500; *б* – М 1:2 000

7.4 Умовні знаки на топографічних картах

Умовний знак – загальноприйнятий спосіб зображення топографічного елемента на карті.

Умовний знак повинен бути максимально інформативний і зрозумілий користувачам при мінімумі знань.

Умовні знаки поділяють так (рис. 7.5):

- масштабні;
- позамасштабні;
- лінійні;
- пояснювальні.

Масштабні умовні знаки – знаки, що передають дійсні розміри об'єктів. Вони виражені у масштабі карти.

Складаються масштабні умовні знаки з контуру та позначаються штрихуванням, наприклад, контур лісу, чи болота.

Позамасштабні умовні знаки – знаки, що позначають об'єкти, які не виражені в масштабі карти. Схематичні малюнки, геометричні фігури, буквені

символи, такими знаками на карті позначають електростанції, населені пункти, родовища корисних копалин та інші об'єкти.

Лінійні умовні знаки – знаки, що передають лінійні об'єкти – річки, дороги, кордони, лінії зв'язку (річки, дороги, кордони, лінії зв'язку). До лінійних об'єктів також належать ізолінії.

Пояснювальні умовні знаки – це стрілки, які вказують напрямок течії річки, вітру тощо.

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

Рисунок 7.5 – Умовні знаки

7.5 Читання карт

Карта – засіб пізнання, зберігання та передавання просторової інформації.

Читання топографічної карти – процес зорового сприйняття та осмислювання картографічного зображення та отримання з нього цілісного уявлення про місцевість.

Читання карт можна умовно розподілити на два розділи:

- читання зовнішнього позарамкового оформлення;
- читання внутрішнього картографічного змісту.

До позарамкового простору належить все те, що знаходиться від внутрішніх рамок карти до її країв.

Розглядання позарамкового простору виконують у такій послідовності:

- розглядання північного й південного боку карти;
- оформлення західного та східного боку карти;
- характеристика зовнішньої хвилинної та внутрішньої рамок, кілометрової сітки та їх оформлення.

Рамка карти – система ліній, що окреслюють топографічну карту, надають їй завершеного вигляду, несуть інформаційне навантаження, що дозволяє визначати планові координати об'єктів.

Кожен аркуш топографічної карти обмежований лініями, що утворюють рамку топографічної карти, яка, зі свого боку, складається з таких компонентів:

1. Зовнішньої рамки – широкої лінії, яка надає карті закінченого вигляду й ніби відокремлює її поле від позарамкового оформлення. Проводиться паралельно до внутрішньої рамки. Зовнішня рамка має вигляд потовщеної лінії. На картах останніх років видань вона складає одне ціле з мінутною рамкою.

2. Внутрішньої рамки – рамки, яка обмежує зображення місцевості на карті. Має вигляд тонкої лінії. Північна та південна сторони рамки – відрізки паралелей, східна й західна – відрізки меридіанів, значення яких визначається загальною системою розграфлення топографічних карт. Значення довготи

меридіанів і широти паралелей, що обмежують аркуш карти, підписуються біля кутів рамки: довгота на продовженні меридіанів, широта на продовженні паралелей.

3. Хвилинної рамки – рамки топографічної карти, на якій показані виходи меридіанів і паралелей через певну кількість хвилин. Розташовується між внутрішньою та зовнішньою рамками. Внутрішня решітка – трапеція з вертикальних і горизонтальних ліній, утворена меридіанами й паралелями відповідно. Хвилини широти та довготи почергово позначаються двома паралельними лініями й однією жирною. Зі свого боку, кожна хвилина широти й довготи поділена точками на шість однакових частин, по 10" (секунд) у кожній. Кількість хвилинних відрізків на північній і південній сторонах рамки дорівнює різниці значень довготи західної та східної сторін. На західній і східній сторонах рамки кількість відрізків визначається різницею значень широти північної та південної сторін.

Читання внутрішнього картографічного змісту виконують у такій послідовності:

- населенні пункти;
- дорожня мережа;
- гідрографія;
- рельєф;
- ґрунтово-рослинний покрив.

Посередині та вище зовнішньої рамки карти розміщена номенклатура карти N-361-Б. Праворуч від номенклатури в дужках вказаний головний пункт (головний об'єкт змісту карти).

Як головний пункт використовуються:

- населені пункти;
- висоти;
- озера;
- інші об'єкти, що мають головне значення для листа карти.

Посередині південної рамки (рис. 7.6) розташовується чисельний, іменованний або лінійний масштаби.

Ліворуч від чисельного масштабу – схема відмінювання та зближення меридіанів (рис. 7.6).

Праворуч – графік закладень (рис. 7.6).

Західна рамка. Паралельно до рамки можуть бути нанесені мітки бригад, що виконували друк тиражу. Мітка мають вигляд кольорових точок.

Східна рамка вільна від оформлення.

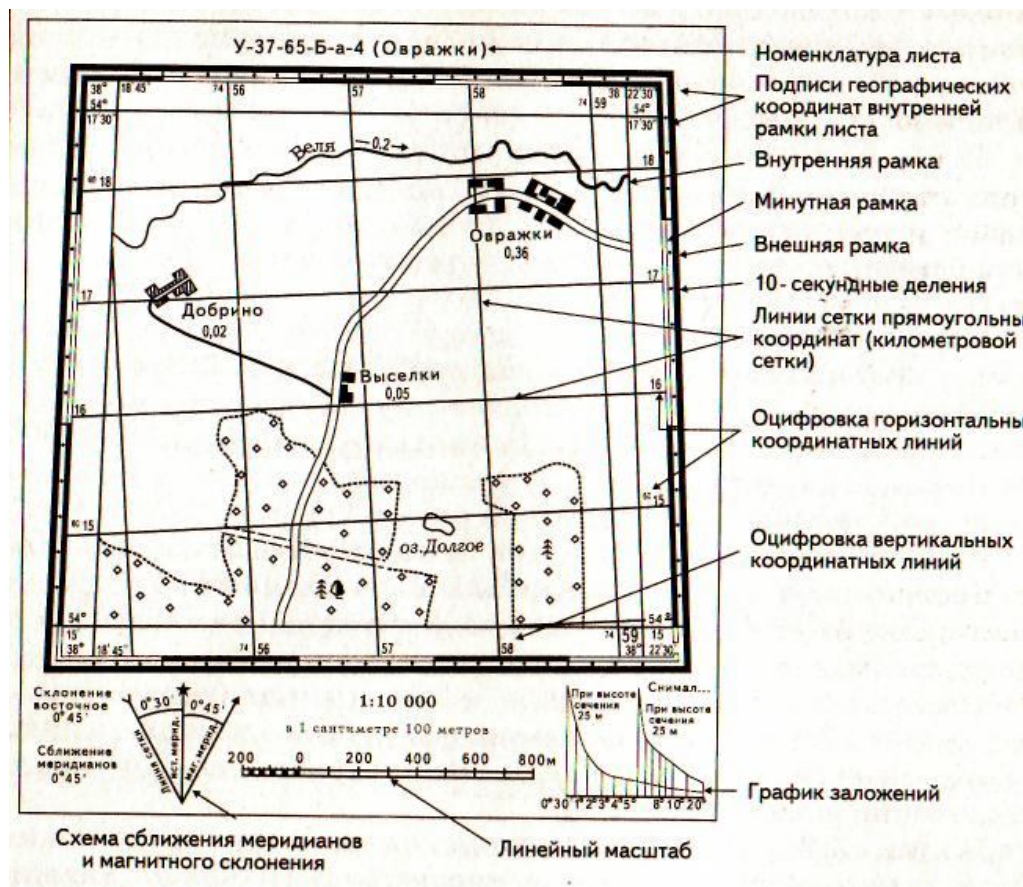


Рисунок 7.6 – Читання карти

7.6 Координатна сітка топографічних карт

Координатна сітка топографічних карт – сітка квадратів, утворених лініями, паралельними координатним осям зони. Лінії сітки проведені через ціле число кілометрів. Координатну сітку називають також кілометровою сіткою, а її лінії кілометровими.

Координатну сітку наносять на всі великомасштабні топографічні карти.

Координатна сітка призначена:

- для визначення координат точок;
- для нанесення точок за координатами.

Координатна сітка внутрішнього листа наноситься:

- через 1 км на карти масштабу 1:10 000, 1:50 000;
- через 2 км і 10 км на карти масштабу 1:100 000, 1:200 000;
- не наноситься на карти масштабу 1:500 000, 1:1 000 000.

Координатна сітка суміжної зони Сітка наноситься у вигляді виходів кілометрових ліній на зовнішні рамки листа карти та призначена для визначення координат точок або нанесення точок на листи карти, що розташовані по краям сусідніх зон.

Підписи близько вертикальних ліній позначають номер зони (одна чи дві перші цифри) і відстань в кілометрах (завжди три цифри) від початку координат, умовно перенесеного на захід від осьового меридіана зони на 500 км.

Приклад. Підпис 6740 означає: 6 номер зони, 740 – відстань від умовного початку координат в кілометрах.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення топографії.
2. Які завдання топографії?
3. Чим топографічна карта відрізняється від топографічного плану?
4. Надайте класифікацію топографічних карт.
5. Наведіть класифікацію умовних знаків для топографічних карт.
6. Як правильно читати топографічну карту?
7. Що таке координатна сітка топографічної карти?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іщук О. О. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС : навч. посібник / О. О. Іщук, М. М. Корнєв, О. Є. Кошляков ; За ред. акад. Д. М. Гродзинського. – Київ : ВПЦ «Київський університет», 2003. – 200 с.
2. Картографування території України : історія, перспективи, наукові основи. – Київ : Наук. думка, 2005. – 292 с.
3. Національна картографія : стан, проблеми, перспективи : зб. наук. пр. / Під ред. Л. Г. Руденка. – Київ, 2003. – 326 с.
4. Сосса Р. І. Історія картографування території України. Від найдавніших часів до 1920 р. / Р. І. Сосса. – Київ : Наукова думка, 2000.
5. Шевченко Р. Ю. Картографія : [Електронний ресурс] електронний підручник / Р. Ю. Шевченко. – Київ : ЦНМВ «Кий», 2015. – 230 с. – Режим доступу : <http://kist.ntu.edu.ua/textPhD/kart.pdf>

Навчальне видання

АФАНАСЬЄВ Олександр Валерійович,
НЕСТЕРЕНКО Сергій Григорович

**КАРТОГРАФІЯ.
КАРТОГРАФІЯ І ТОПОГРАФІЯ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів денної форми навчання першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти за спеціальністю
193 – Геодезія та землеустрій; 101 – Екологія)*

Відповідальний за випуск *С. Г. Нестеренко*

Редактор *В. І. Шалда*

Комп'ютерне верстання *О. Г. Ткаченко*

План 2021, поз. 190 Л

Підп. до друку 02.09.2021. Формат 60 × 84/16.
Електронний документ. Ум. друк. арк. 6,2.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.