

**С. М. Андрєєв, В. А. Жилін, А. С. Нечаусов**

# **ГІС-АНАЛІЗ**

## **Частина 1**

2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**С. М. Андрєєв, В. А. Жилін, А. С. Нечаусов**

## **ГІС-АНАЛІЗ**

### **Частина 1**

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2021

УДК 911: 004+004.9  
А65

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. Р. Е. Пащенко,  
канд. техн. наук, доц. Б. М. Іващук

**Андрєєв, С. М.**

А65 ГІС-аналіз. [Текст] : навч. посіб. Ч. 1 / С. М. Андрєєв, В. А. Жилін,  
А. С. Нечаусов. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського  
«Харків. авіац. ін-т», 2021. – 72 с.

ISBN 978-966-662-821-6

Наведено відомості про призначення та основні етапи ГІС-аналізу, у тому числі про специфічні методи аналізу геозображень для створення різноманітних моделей місцевості.

Для студентів, що вивчають дисципліну «ГІС-аналіз» за спеціальностями 193 «Геодезія і землеустрій» (освітня програма «Геоінформаційні системи і технології») і 103 «Науки про Землю» (освітня програма «Космічний моніторинг Землі»).

Іл. 29. Табл. 9. Бібліогр.: 13 назв

**УДК 911: 004+004.9**

© Андрєєв С. М., Жилін В. А., Нечаусов А. С., 2021  
© Національний аерокосмічний  
університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», 2021

ISBN 978-966-662-821-6

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>1 ГЕОЗОБРАЖЕННЯ</b> .....	6
1.1 Поняття і визначення геозображень .....	6
1.2 Види геозображень .....	7
1.3 Класифікація геозображень .....	8
<b>2 МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЛЬЄФУ</b> .....	12
2.1 Історія візуалізації рельєфу і оформлення карт .....	12
2.2 Класифікація методів і способів зображення рельєфу .....	14
2.3 Вибір способу подання просторових даних.....	15
<b>3 ГІПСОМЕТРИЧНІ ШКАЛИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ</b> ....	17
3.1 Визначення і властивості гіпсометричних шкал .....	17
3.2 Методики створення гіпсометричних карт рельєфу .....	19
<b>4 КАРТОЇДИ</b> .....	21
4.1 Поняття картоїда .....	21
4.2 Особливості картоїдів .....	23
4.3 Види картоїдів .....	24
4.4 Наукові функції картоїдів .....	26
<b>5 АНАМОРФОЗИ</b> .....	27
5.1 Поняття анаморфозних геозображень .....	27
5.2 Лінійні анаморфозні геозображення .....	27
5.3 Площадкові анаморфозні геозображення .....	28
5.4 Об'ємні анаморфозні геозображення .....	31
5.5 Використання анаморфоз .....	32
<b>6 КАРТОГРАФІЧНІ АТЛАСИ</b> .....	35
6.1 Визначення атласів .....	35
6.2 Класифікація атласів .....	37
<b>7 ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ АТЛАСІВ</b> .....	40
7.1 Класифікація електронного атласного картографування .....	40
7.2 Національні атласи .....	46
7.3 Основні вимоги до формування структури атласу .....	48
<b>8 СИСТЕМА ГЕОЗОБРАЖЕНЬ</b> .....	49
8.1 Квадрат Берлянта .....	49
8.2 Поняття про розпізнавання графічних образів .....	50

<b>9 ГЕОІКОНІКА</b> .....	56
9.1 Єдина теорія геозображень .....	56
9.2 Масштаби простору .....	57
9.3 Часові діапазони геозображень .....	60
<b>10 ГЕОСЕМІОТИКА</b> .....	62
10.1 Відео- і аудіозмінні. Поняття про геосеміотику .....	62
10.2 Генералізованість геозображень .....	63
<b>11 ПОНЯТТЯ ТА ПРИНЦИПИ ГІС-АНАЛІЗУ</b> .....	67
11.1 Призначення ГІС-аналізу .....	67
11.2 Основні етапи ГІС-аналізу .....	69
<b>БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК</b> .....	71

## ВСТУП

Тенденції світової глобалізації та поступального зростання рівня інформаційних технологій планування, аналізу та контролю глобальних процесів, пов'язаних з антропогенною діяльністю на Землі, зумовлюють швидкий розвиток сучасних апаратних засобів збору просторових даних, що потребує створення та впровадження новітніх програмних засобів з метою зберігання, структурування, оброблення та передавання значних обсягів інформаційно-просторових даних (ІПД), здатних обслуговувати різні напрямки актуальних досліджень.

Практичний досвід доводить, що немає універсального рішення, яке б задовольняло всі сучасні вимоги у сфері ГІС-технологій, але натомість для кожного типу завдань геоінформаційної спрямованості існують сучасні та збалансовані рішення, реалізовані в програмних продуктах сучасних корпорацій зі світовим ім'ям. Існує також безліч сценаріїв їх використання, як самостійного, так і в сукупності з іншими рішеннями.

Одним з найважливіших напрямків у сучасному співтоваристві ГІС є аналіз геопросторових даних, адже саме цей етап дослідження є фундаментальним для прийняття адміністративних рішень на будь-яких рівнях менеджменту складних систем. Саме аналіз складних геоінформаційних систем є основою для геомodelей різноманітних складних процесів як природного, так і техногенного характеру, дає змогу вирішувати складні соціологічні питання, складні та багаторівневі логістичні завдання, завдання знаходження оптимальних маршрутів та місцеположення об'єктів будівництва, завдання сортування та відображення значних обсягів різноманітної геопросторової інформації на картографічній основі, завдяки чому спрощується сприйняття інформації для людини, що дає змогу швидше та ефективніше обробляти значні обсяги даних взаємозалежних процесів та робити відповідні прогнози на майбутнє, або аналізувати наслідки подій, які вже відбулися.

Метою навчального посібника є надання студенту можливості вивчення особливостей роботи із сучасними програмними засобами оброблення та керування ІПД шляхом отримання знань та компетенцій з питань застосування теорії геоінформаційного аналізу просторових даних.

Частина теоретичного матеріалу навчальної дисципліни, не відображена у цьому посібнику, буде викладена у навчально-методичному посібнику до практичних занять з дисципліни "ГІС-аналіз".

# 1 ГЕОЗОБРАЖЕННЯ

## 1.1 Поняття і визначення геозображень

Ніколи раніше учені і практики, які працюють в області наук про Землю і суспільство, не мали справи з такою великою кількістю карт найрізноманітнішого призначення і тематики, а крім того, аеро- і космічних знімків, тривимірних моделей, електронних карт, анімацій та інших екранних зображень. Прогрес геоінформаційного картографування, дистанційного зондування і засобів телекомунікації привів до того, що карти традиційного типу перестали бути єдиним і неподільним засобом пізнання навколишнього світу. Зйомки в будь-яких масштабах і діапазонах, з різним просторовим обхватом і роздільною здатністю ведуться на землі і під землею, на поверхні океанів і під водою, з повітря і з космосу. Всю безліч карт, знімків та інших моделей Землі можна позначити загальним терміном – «**геозображення**».

**Геозображення** – це будь-яка просторово-часова, масштабна, генералізована модель земних (планетних) об'єктів або процесів, подана в графічній образній формі. У цьому формулюванні відмічені головні властивості, притаманні всім геозображенням (масштаб, генералізованість, наявність графічних образів), і вказана їх специфіка – це зображення Землі і планет.

Слово «**гео**» стосовно інших планет цілком правомірно, оскільки в планетології давно прийнято заміняти терміни «селенографія», «селенологія», «ареологія» і «ареографія» зручнішими і простішими назвами: геологія і географія Місяця, геологія і географія Марса, Венери.

На геозображеннях можна побачити: надра Землі, поверхню Землі, океани, атмосферу Землі, педосферу (ґрунтовий покрив) Землі, соціально-економічну сферу Землі та області їх взаємодії.

У світі велике різноманіття різних зображень Землі (рисунок 1.1).

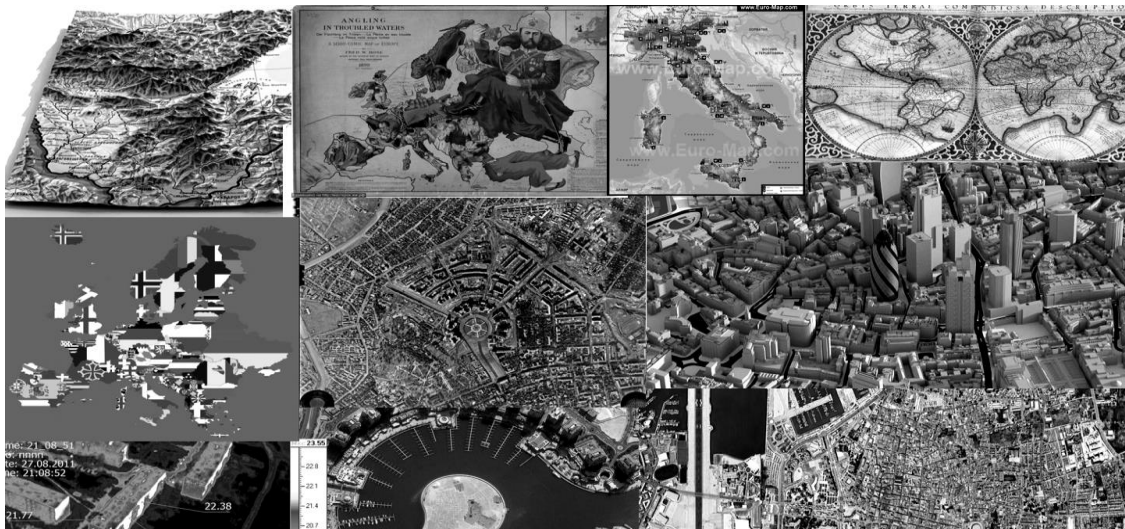


Рисунок 1.1 – Приклади різних геозображень

## 1.2 Види геозображень

Геозображення підрозділяють на три класи:

- 1) **плоскі, або двовимірні**, – карти, плани, анаморфози, фотознімки, фотоплани, скани, радіолокації, телевізійні та інші дистанційні зображення;
- 2) **об'ємні, або тривимірні**, – анагліфи, рельєфні і фізіографічні карти, стереоскопічні, блокові, голографічні моделі;
- 3) **динамічні три- і чотиривимірні** – анімації, картографічні, стереокартографічні фільми, кіноатласи, віртуальні зображення.

Основні види карт, аеро- і космічні знімки та інші просторові моделі було розглянуто під час вивчення таких предметів: картографія, ГІС і БД, технології геоінформаційних систем. Деякі з них давно увійшли до практики, інші з'явилися порівняно недавно або знаходяться у стадії експериментального розроблення, як, наприклад, голографічні геозображення.

Сучасні комп'ютерні технології постійно породжують нові й нові геозображення, такі, що найкращим чином задовольняють вимоги наукових досліджень, що ускладнюються, і практичних додатків.

У межах кожного виду є десятки різновидів:

- 1) карти різноманітної тематики;
- 2) знімки в різних діапазонах;
- 3) блок-діаграми в будь-яких проекціях і ракурсах.

Крім того, існує безліч *комбінованих геозображень*, що поєднують властивості різних моделей. Такі, наприклад, комбінації карт і знімків: фотокарти, ортофотокарти, космокарти. Зазвичай це поліграфічні відбитки аеро- або космічних фотопланів, в які вдруковані координатні сітки і рамка, картографічні позначення і написи.

Широко відомі топографічні й тематичні фотокарти. Вони зручні для проектно-дослідних робіт, геологічної розвідки, сільськогосподарського освоєння земель. Застосовують і спрощені монтажі космічних знімків з нанесеною на них координатною сіткою, так звані «іконокарти», що оперативно складаються у великих масштабах.

До комбінованих зображень належать також фототелевізійні знімки, в яких переваги чітких і малоспотворених фотографій поєднуються з оперативністю телевізійного способу їх пересилання на Землю. Є багато прикладів поєднання та синтезування телевізійних і сканованих радіолокаційних зображень.

До комбінованих тривимірних геозображень можна віднести дисплейні стереомоделі та анагліфи. Погляд на них крізь спеціальні окуляри створює повну ілюзію об'ємного зображення. Розроблені методи побудови цифрових голограм, зокрема метакронні.

Динамічне віртуальне зображення, що суміщає тривимірну модель рельєфу, фотозображення ландшафту і комп'ютерну анімацію, – один з найбільш яскравих прикладів багатовимірного комбінованого геозображення.

Такі складні комбіновані моделі, що поєднують у собі різні властивості, можна назвати гіпергеозображеннями (або скорочено – гіперзображеннями).

У різних комбінаціях вони синтезують характеристики яскравості, геометричні, динамічні, стереоскопічні властивості. Окрім віртуальних моделей можна згадати і статичні «пейзажні карти» – особливі тривимірні зображення, в яких реалістична наочність художніх пейзажів поєднується з точністю блок-діаграм, і космофотокарти, що охоплюють усю планету або великі її регіони, і багато інших. Гіпер – це майже завжди програмно керовані моделі, конструюючи які, можна задавати ті або інші властивості і змінювати їх у міру необхідності.

### 1.3 Класифікація геозображень

Для того щоб орієнтуватися у **різноманітті геозображень**, необхідно їх впорядкувати й угрупувати, що дозволить охопити все їх різноманіття, знайти місце для простих похідних і комбінованих варіантів. Крім того, важливо, щоб система класифікації залишала можливість для поповнення і розширення у міру появи нового виду геозображень, що відбувається постійно.

Класифікація геозображень повинна не тільки групувати їх і містити якнайповніший перелік, але – головне – передбачати можливість появи нових видів і типів геозображень з тими або іншими властивостями. Тут слід спиратися на досвід картографічних класифікацій, оскільки саме вони розроблені найдетальніше.

Можливі різні підходи до класифікації геозображень, оскільки вони мають багато загальних властивостей і одночасно істотних відмінностей.

Перш за все, геозображення підрозділяють за способом їх отримання:

1) **зйомки** – тобто комплекс натурних інструментальних спостережень і реєстрації (наземних, підземних, водних, підводних, аеро- і космічних) з метою отримання первинних геозображень;

2) **лабораторне створення** – операції з оброблення і перетворення (корекції, узагальнення, монтування) первинних знімальних матеріалів для отримання похідних геозображень;

3) **конструювання** – виконання аналітичних, фотомеханічних або комп'ютерних процедур для створення реальних або абстрактних геозображень із заданими властивостями.

Можна підрозділяти всі геозображення за тематикою або змістом, як це заведено для карт, але тоді перелік виявляється практично невичерпним, адже карти й знімки відображають усі явища природи і

багато соціально-економічних сюжетів, а знімки в інфрачервоному і радіохвильовому діапазонах здатні передати навіть ті фізичні властивості об'єктів, яких не бачить або не сприймає людське око. Отже, від класифікації геозображень за змістом доведеться відмовитися, зважаючи на неможливість досягнути неосяжне.

Є й інші підстави для класифікації. Наприклад, за рівнем генералізованості, за тривалістю використання (скажімо, довготривалі, оперативні, миттєві і т. д.). Космічні знімки розрізняють за технологією отримання, спектральним дозволом, масштабом, оглядовістю, повторюваністю зйомки, а крім того, застосовують багатопараметричну класифікацію за комплексом показників.

У таблиці 1.1 наведено одну з класифікацій геозображень за двома важливими ознаками: статичністю, динамічністю і розмірністю.

Таблиця 1.1 – Класифікація геозображень

Статичні		Динамічні	
2-вимірні	3-вимірні		4-вимірні
Плоскі	Об'ємні	Плоскі	Об'ємні
Карти, знімки, плани, фотокарти, електронні карти, синтезовані зображення	Анагліфи, блок-діаграми, рельєфні моделі, голограми	Кінофільми, анімації, слайд-фільми, фільми, багаточасові знімки, метакронні блок-діаграми, кіноатласи	Стереofільми, стереoанімації, кіноголограми, динамічні блок-діаграми, динамічні голограми, віртуальні зображення

Виділяють три класи геозображень, що розрізняються перш за все метричними властивостями, методами отримання, статичністю/динамічністю і, звичайно, призначенням:

- 1) плоскі або двовимірні;
- 2) об'ємні або тривимірні;
- 3) динамічні три- і чотиривимірні.

#### **Плоскі геозображення**

До цього класу належать карти і плани, знакові, генералізовані моделі, побудовані в картографічних проекціях: топографічні, тематичні карти різних масштабів, призначення і змісту, а також похідні картографічні моделі. Такі, наприклад, анаморфозні карти – зображення, що спотворюють реальні просторові форми заради наочного передавання особливостей розміщення явищ, що картографуються.

Аеро- і космічні знімки, фотографії морського дна, телевізійні, гідрологічні, радіолокації, зображення сканерів тощо також належать до плоских геозображень. Вони реєструють власне або відбите випромінювання об'єктів, причому зйомка може бути покадровою, відрядковою або поелементною – від цього залежать геометричні властивості і роздільна здатність знімків.

А крім того, зйомку ведуть у різних діапазонах електромагнітного спектру, тобто у видимій, інфрачервоній, мікрохвильовій зонах, і це ще більш розширює образотворчі можливості знімків.

Комбінації геометричних і спектральних властивостей знімків настільки різноманітні, що їх усі важко перерахувати. Найголовніша ж властивість знімків – це копійна (іконічна) передача об'єктів, їх реальної форми і вигляду з тим ступенем роздільної здатності (детальності), який забезпечує знімальна апаратура. У цьому полягає принципова відмінність знімків від карт – умовно-знакових зображень, створених картографами з урахуванням рівня сучасних знань про об'єкти.

Ще одна група плоских геозображень – комп'ютерні (електронні) карти, що висвічуються на екранах в растровому і векторному форматах або роздруковані на високоточних кольорових друкарських пристроях (принтерах). На електронних картах можна використовувати особливі миготливі знаки, змінні забарвлення, додавати нову інформацію (зокрема фотозображення), змінювати їх масштаб і проєкції, виконувати інші трансформації, тобто працювати з електронними картами в інтерактивному режимі.

### **Об'ємні геозображення**

Другий клас геозображень об'єднує тривимірні графічні моделі, які візуально відтворюють об'ємність реального світу. До них належать блок-діаграми – тривимірні малюнки місцевості, стереоскопічні моделі – результат розглядання стереопар знімків крізь спеціальні стереофотограмметричні прилади, фізіографічні панорами – моделі, що поєднують наочність і картинність художніх пейзажів з точністю карт, та ін. Такі панорами й пейзажі конструюють на екранах комп'ютерів, вони надзвичайно зручні для планування архітектури ландшафту, розміщення на ньому будівель і споруд. До об'ємних геозображень належать рельєфні карти і глобуси, які ще недавно ліпили вручну з пап'є-маше, а зараз формують з пластика термовакуумним способом, і, нарешті, об'ємні голограми. Сьогодні голографічні карти і знімки місцевості існують в одиничних експериментальних екземплярах, але прогрес цієї технології такий стрімкий, що скоро вони стануть звичними, як електронні карти.

### **Динамічні геозображення**

Рухомі геозображення передають зміни об'єктів не тільки в просторі, але й в часі, тобто ніби в четвертому вимірі. Це плоскі або стереоскопічні картографічні анімації. З їх появою картографія пододала свою одвічну статичність. За допомогою динамічних геозображень легко, наприклад, стежити за плямами нафтового забруднення, за змінами температур, за рухом льодовиків.

Новітні комп'ютерні технології дають змогу переміщати картографічне зображення по екрану, змінювати швидкість демонстрації, повертатися до потрібного кадру або рухатися в зворотній послідовності. Окремі знаки можуть мигтати, а фонові забарвлення – пульсувати, попереджаючи про небезпеки, можна також виконувати панорамування, змінювати ракурс, повертати все зображення і навіть створювати ефект руху над картою, немов здійснюючи «обліт» території, причому з різною швидкістю.

Є ще одна класифікація, яка підрозділяє геозображення на типи: аналітичні, комплексні і синтетичні, включаючи і комбіновані варіанти – аналітико-синтетичні і комплексно-синтетичні.

**Аналітичні геозображення** вибірково характеризують певне явище або процес, окремі їх властивості поза зв'язком з іншими явищами або властивостями. Такі, наприклад, аналітичні карти, що відрізняються високою вибірковістю, і знімки, отримані у вузьких зональних діапазонах, хоча ступінь аналітичної вибіркової знімків істотно інший.

**Комплексні геозображення** суміщають показ декількох елементів або явищ близької тематики. Поєднання двох, а інколи трьох-чотирьох показників дає змогу користувачу самому їх зіставити й оцінити закономірності розміщення одного явища щодо іншого. Прикладом можуть бути електронні навігаційні карти: на них суміщають батиметричне зображення, дані навігаційної обстановки і поточної радіолокації.

**Синтетичні геозображення** відображають складні явища разом з їх властивостями і взаємозв'язками як єдине ціле. Вони не містять поелементних характеристик, зате дають уявлення про геосистеми в цілому. Є визначена і вельми значна аналогія між синтетичними картами і синтезованими знімками, коли два, три або більше зональних негативи тієї самої місцевості, кожний з яких отриманий в достатньо вузькій зоні спектру, інтегруються з метою отримання синтезованого кольорового зображення. Дослідник втручається в процес синтезу, змінює відтінки, підбирає світлофільтри і комбінує початкові негативи, підвищує «вагу» якої-небудь складової з метою чіткого виділення об'єктів, що цікавлять його (наприклад, змішаних лісів, зволжених ландшафтів або забудованих територій).

Існують ще і комбіновані аналітико-синтетичні і комплексно-синтетичні зображення.

Усі фотокарти, космофотокарти, космофотогеологічні та інші геозображення, що суміщають фотографічне зображення місцевості зі знаковими позначеннями окремих її елементів, можна розглядати як комплексні або комплексно-синтетичні моделі.

Поява все нових і нових видів і типів геозображень, їх майже безмежна різноманітність дає змогу в кожному конкретному випадку вибрати оптимальні поєднання так, щоб властивості різних просторово-часових моделей доповнювали одна одну.

Таким чином, множинність геозображень забезпечує всебічне вивчення складних багатовимірних геосистем, виявлення їх структури, ієрархії, динаміки.

## 2 МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЛЬЄФУ

### 2.1 Історія візуалізації рельєфу і оформлення карт

Серед елементів змісту карт рельєф – один з найважливіших. Він значною мірою визначає характер і розміщення компонентів ландшафту, безпосередньо пов'язаний з іншими елементами змісту загально-географічних і тематичних карт.

**Рельєф** (фр. relief, від лат. relevo – піднімаю) – сукупність нерівностей суші, дна океанів і морів, різноманітних за контурами, розмірами, походженням, зростанням та історією розвитку. Складається з позитивних (опуклих) і негативних (увігнутих) форм.

Різнманітність рельєфу Землі пояснюється взаємодією процесів, що впливають на формування земної кори. Причому одні з них створюють нерівності рельєфу, а інші, навпаки, вирівнюють його. Внутрішні і зовнішні сили Землі, діючи постійно й одночасно, формують поверхню планети (рисунок 2.1).

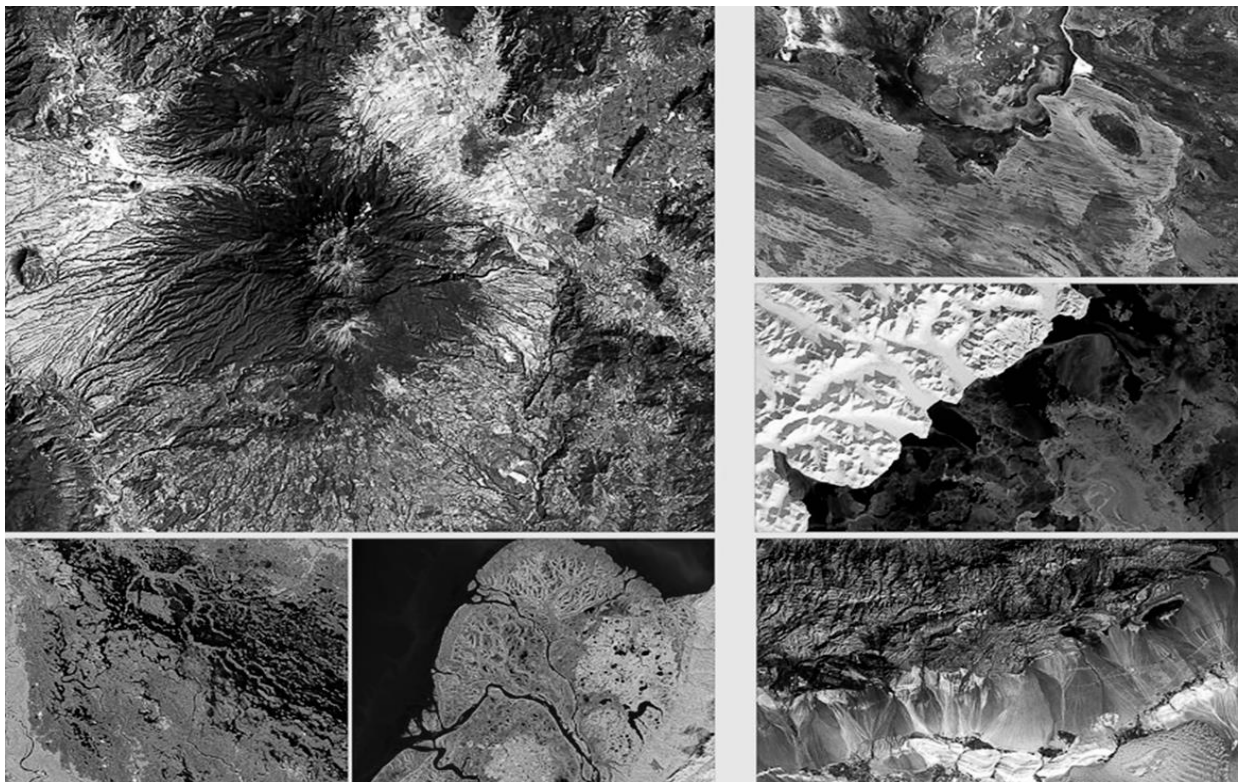


Рисунок 2.1 – Різнманітність рельєфу Землі

Візуалізація рельєфу повинна задовольняти практичні потреби у забезпеченні різноманітних областей діяльності людини (економіки, екології, науки, туризму) оглядовими дрібномасштабними картами, що характеризуються достовірністю, наочністю, легкістю і доступністю сприйняття, високим ступенем естетичної привабливості.

Під способом зображення рельєфу розуміють комплекс образотворчих засобів, що враховують існуючі на певний момент технології отримання, візуалізації та відтворення інформації про поверхню Землі, а також відповідають вимогам географічної відповідності.

Методом зображення рельєфу вважають сукупність способів, схожих за образотворчими засобами і результатом візуалізації.

Вирішенням проблеми підвищення наочності і виразності рельєфу на картах займалися багато вчених-картографів протягом декількох сторіч (рисунок 2.2).

На відміну від більшості елементів змісту карти, для рельєфу характерна тривимірність зображення, що потребує пошуку зорового ефекту його об'ємності.



Ксав'єр Імфельд. Карта Монблана. 1896 р.



Едуард Імгоф. Карта Евереста. 1962 р.



Герман Кюммерлі. Швейцарія. 1896 р.



Генріх Цезарь Беранн. Аляска. 1986 р.

Рисунок 2.2 – Роботи видатних картографів, на яких показано рельєф

Історико-технологічні умови застосування способів картографування рельєфу наочно передає схема на рисунку 2.3.

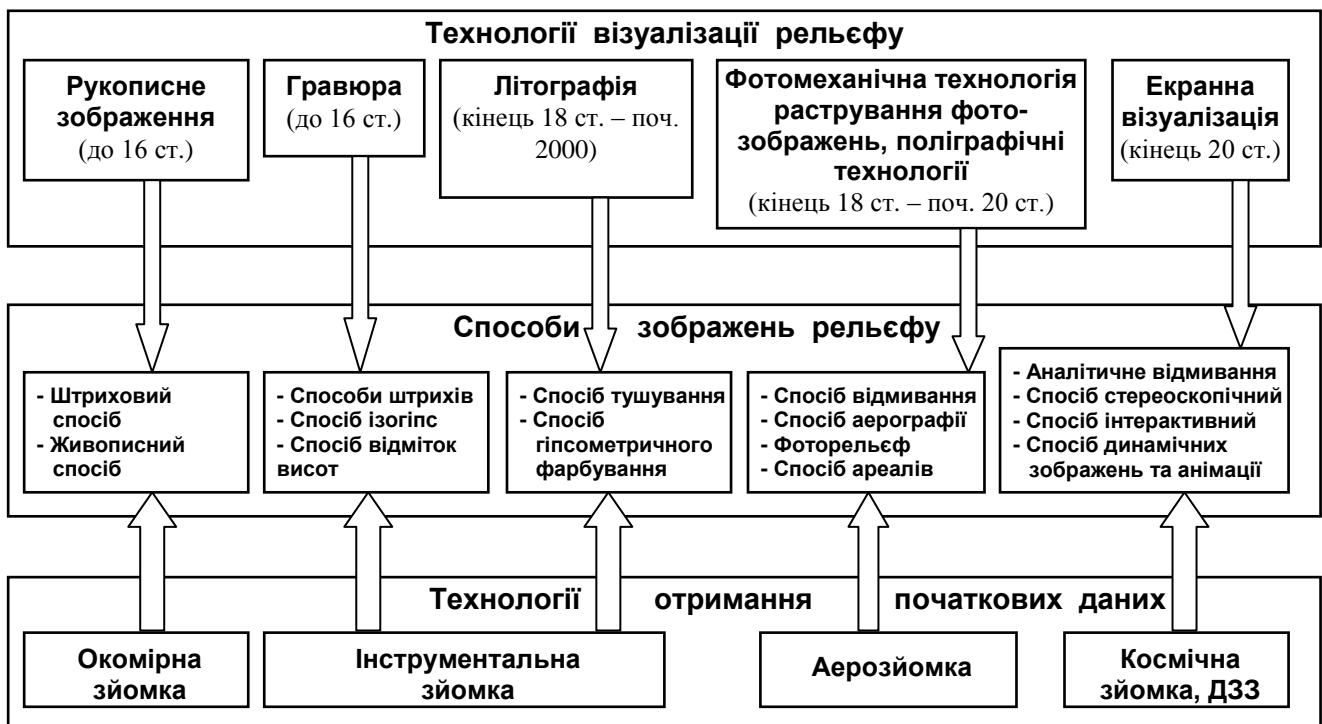


Рисунок 2.3 – Історико-технологічні способи візуалізації рельєфу

## 2.2 Класифікація методів і способів зображення рельєфу

У сучасних ГІС поверхні можна моделювати трьома способами: за допомогою ізоліній (ізогіпс); у вигляді растру; за допомогою нерегулярної триангуляційної мережі.

Більшість сучасних карт має комбінований підхід до зображення рельєфу. Яскравий приклад (рисунок 2.4) – живописний, або ландшафтний, спосіб оформлення карт, при якому зображення рельєфу, виконане в градієнтній гіпсометричній шкалі з кольоровим відмиванням, доповнюється різними текстурами, що імітують ландшафт (дрібні форми рельєфу, рослинний покрив і ґрунти).

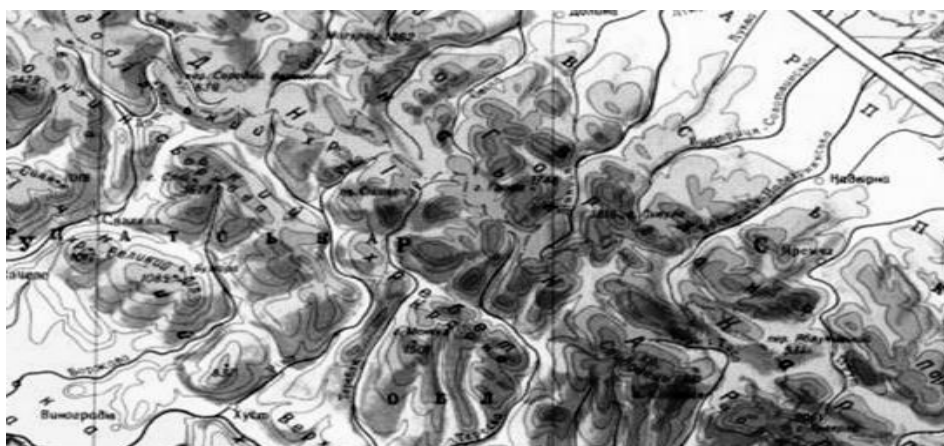


Рисунок 2.4 – Живописний, або ландшафтний, спосіб оформлення карт, при якому рельєф зображений у градієнтній гіпсометричній шкалі з кольоровим відмиванням



3. **Технологічні.** Визначають широкий спектр впливу на зображення рельєфу технологій створення картографічного твору.

4. **Кваліфікація, науковий потенціал, досвід фахівців, їхні творчі здібності, живописна і графічна майстерність.**

5. **Психофізіологічні, пізнавальні.** Базуються на законах зорового сприйняття (Бугера–Вебера, Вебера–Фехнера). Визначаються фізіологією людського зору і психофізичними особливостями сприйняття графічної інформації: кольорів, форм і простору; пороговою чутливістю зору; цілісним і селективним сприйняттям графічної інформації; зниженням чутливості очних аналізаторів під час розгляду малих площ; принципом колірної пластики та ін.

Отже, вибір методу зображення рельєфу як сукупності образотворчих засобів обумовлений, у першу чергу, картографічними і психофізіологічними чинниками, тоді як вибір способу визначається технологічними чинниками і кваліфікацією картографа, оскільки спосіб передбачає врахування технології отримання, візуалізації і відтворення інформації. Географічні чинники важливо враховувати незалежно від вибраного методу і способу картографування рельєфу.

При зображенні рельєфу і його сприйнятті важливе не тільки збереження характерного зовнішнього вигляду, типологічних відмінностей форм, регіональних особливостей конкретних районів, але й естетична привабливість.

Це досягається великою мірою оформленням карти, неформальним застосуванням образотворчих засобів, що враховує комп'ютерні технології і класичний досвід оформлення карт.

**Основні вимоги до зображення рельєфу [Берлянт]:**

– **метричність зображення**, що забезпечує можливість отримання по карті абсолютних висот і перевищень, характеристик кутів нахилу, розчленовування;

– **пластичність зображення**, наочна передача нерівностей рельєфу, що формує у читачів зоровий образ місцевості;

– **морфологічна відповідність зображення**, що виявляється у прагненні підкреслити типологічні особливості форм рельєфу, його структуру.

На жаль, відомі вимоги до зображення рельєфу, обумовлені географічними і психофізіологічними чинниками, як правило, ігноруються. Дослідження, які проводяться, є практично одиничними і часто не узгоджуються в оцінці фізіологів, художників і картографів, тоді як в передачі зорового ефекту об'ємності зображення рельєфу вони відіграють велику роль.

## 3 ГІПСОМЕТРИЧНІ ШКАЛИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ

### 3.1 Визначення і властивості гіпсометричних шкал

**Гіпсометрія** – спосіб зображення рельєфу земної поверхні за допомогою горизонталей, що сполучають точки з однаковими висотами, залежними від характеру рельєфу, масштабу і призначення карти.

Для пошарового або гіпсометричного забарвлення використовують шкалу кольорів, що змінюються, і їх відтінків, покриваючи проміжки між двома певними горизонталями одним з 58 відтінків шкали, проміжки між наступною парою горизонталей – наступним відтінком.

Процеси складання й оформлення рельєфу нерозривно пов'язані між собою. Вітчизняні картографи розробили географічні принципи й методи складання рельєфу, що являють собою наукову гіпсометричну шкалу. Під час створення гіпсометричної карти (рисунок 3.1) певного масштабу і призначення розробляють шкалу ступенів висот і глибин з постійними або змінними інтервалами перетину рельєфу – гіпсометричну шкалу.

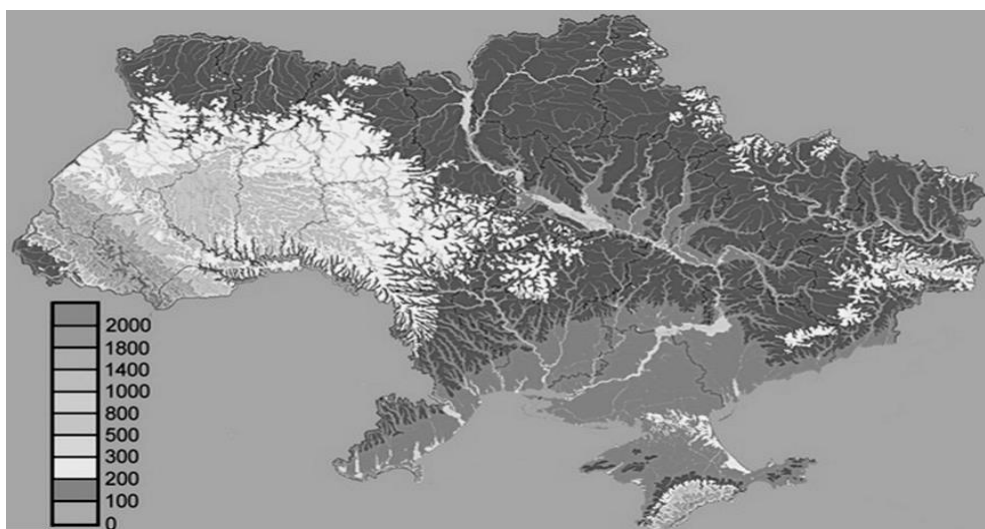


Рисунок 3.1 – Гіпсометрична карта України

Її наочність, пластичний ефект забезпечуються застосуванням колірної пластики, на основі якої будують колірну шкалу пошарового зафарбування залежно від ступенів висот і глибин.

Колірні гіпсометричні шкали повинні задовольняти певні умови:

- логічна послідовність зміни колірних характеристик залежно від ступенів висот;
- поступовість переходу кольору за ступенями;
- чіткіше виділення кольором якісних рубежів у рельєфі (висотних зон суші або зон глибин океану);
- загальна колірна гармонія шкали, що створює враження цілісності, єдиної поверхні рельєфу;
- художність, естетичність колірної гами;

– прозорість кольорів, що зберігає читаність інших елементів змісту карти.

Загальний колірний лад шкали, використання жовто-коричнево-червоної (на великих висотах) колірної гами обумовлює сприйняття єдності й цілісності рельєфу зображуваної території.

Колірна шкала має достатню прозорість, оскільки для її більшої частини (за винятком високогірних районів від 4000 м) прийнята світла гама тонів.

У художньому відношенні колірний ряд є гармонійним поєднанням тональних переходів. Так, для рівнин прийнято використовувати спокійні зеленувато-сірі тони.

Вибір колірної гами гіпсометричних шкал конкретних карт залежить від кількох основних чинників:

- масштабу;
- призначення і типу карт;
- особливостей рельєфу території;
- площі її обхвату;
- характеру використання карт.

З масштабом, призначенням і типом карти зазвичай пов'язані детальність гіпсометричної шкали, кількість інтервалів перетину, застосування шкал з постійною або змінною висотою перетину, що багато в чому визначає загальний колірний лад шкали, вибір прийомів побудови колірного ряду, характер зміни колірних параметрів у шкалі. Ступінь складності побудови колірного ряду залежить від кількості вибраних гіпсометричних шарів, від їх співвідношення за розмірами (вузькі, широкі) на різних висотах, від загального діапазону висот.

На загальних географічних картах, призначених для середньої школи, інтервали перетину зазвичай розріджені і в більшості випадків їх кількість збігається з кількістю колірних шарів, а вона, як правило, невелика.

На загальногеографічних картах науково-довідкового призначення, а також на гіпсометричних картах шкали перетину рельєфу будують достатньо докладними, але для забезпечення наочності пошарового забарвлення кількість колірних ступенів порівняно із загальною кількістю ступенів у шкалі приймається значно меншою (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Співвідношення загальної кількості інтервалів перетину рельєфу і колірних ступенів гіпсометричних шкал

Масштаби гіпсометричних карт	Кількість інтервалів перетину шкали	Кількість колірних ступенів
1: 1 000 000	40	15
1: 2 500 000	32	16
1: 5 000 000	13	7
1: 10 000 000	16	9

При докладній гіпсометричній шкалі дуже важливо правильно вибрати межі ступенів пошарового зафарбування. Дослідами встановлено, що оптимальна кількість ступенів пошарового зафарбування, що дає змогу гармонійно поєднати колірні переходи і досягти хорошої розрізнюваності ступенів між собою, забезпечити єдність зображення рельєфу. Читаність і пластичність сприйняття не повинна перевищувати 16–18 одиниць.

На вибір колірних шкал впливають особливості рельєфу території і площа її обхвату. Колірна шкала, побудована за принципом збільшення світлоти з висотою, найбільш ефективна для рельєфу гірських районів (рисунок 3.2, а). Для районів з рівнинним і середньогірським рельєфом, а також територій значного обхвату з великою різноманітністю висотних зон доцільні шкали, що будуються за принципом зростання насиченості і теплоти кольору з висотою (рисунок 3.2, б).

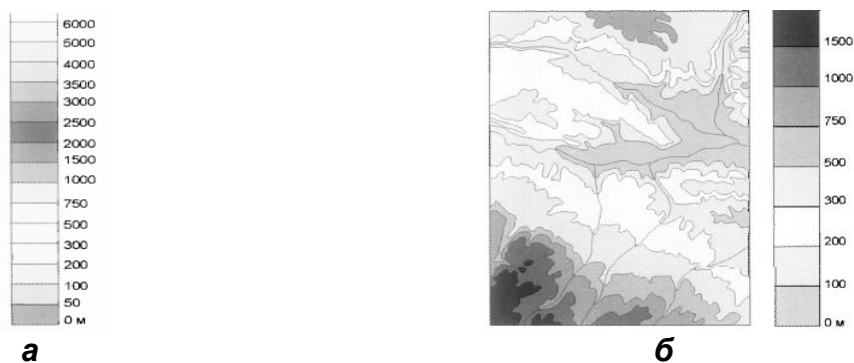


Рисунок 3.2 – Гіпсометричні шкали: а – світлоти з висотою; б – зростаючої насиченості і теплоти кольору з висотою

Характер використання карти (настільна або стінна) визначає специфіку оформлення колірної шкали. В основному вона виявляється в застосуванні яскравих насичених тонів для стінних карт і, навпаки, м'яких колірних переходів зі значно більшою пороговою чутливістю відтінків одного кольору для настільних карт.

Розвиток гіпсометричного методу зображення рельєфу, створення дрібномасштабних гіпсометричних карт, що стало з перших років розвитку картографії одним з важливих наукових і практичних завдань, спричинили необхідність розроблення різноманітних колірних шкал, основаних на різних принципах їх побудови. Будь-яка гіпсометрична шкала є колірним рядом, побудованим за певними принципами. Всі колірні шкали підрозділяються на **шкали однорідних і змішаних рядів**. Застосування шкал однорідних рядів, що змінюються за одною характеристикою, – колірним тоном або світлотою, в оформленні рельєфу має свої особливості.

### 3.2 Методики створення гіпсометричних карт рельєфу

Гіпсометричні карти візуалізації рельєфу створюються з використанням методики проектування гіпсометричних шкал (рисунок 3.3).

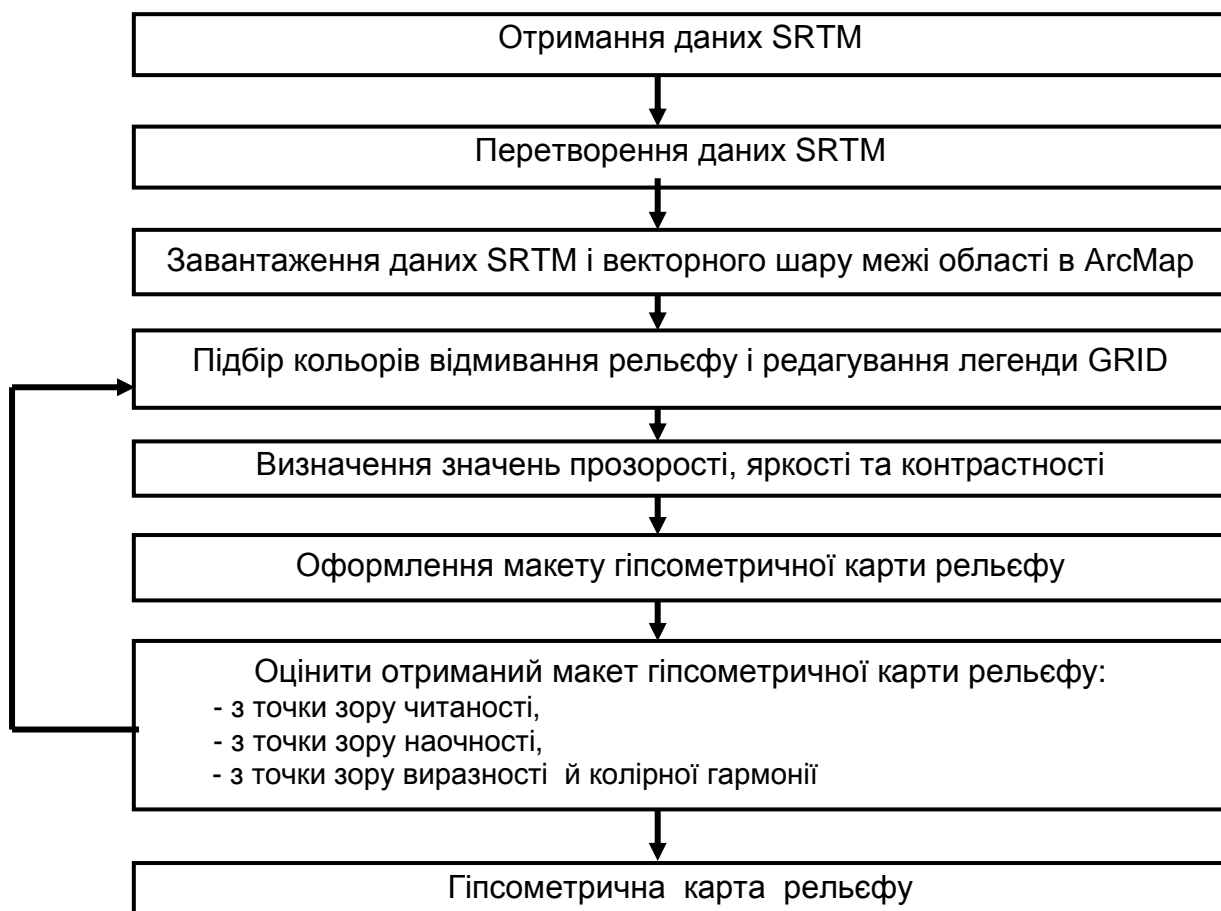


Рисунок 3.3 – Методики створення гіпсометричних карт рельєфу

Результати роботи з гіпсометричними шкалами дають змогу візуалізувати різні типи рельєфу з урахуванням географічних, технологічних, кваліфікаційних і психофізіологічних чинників, з додаванням об'ємності зображення, щоб наблизити картографічні моделі до реальної дійсності (рисунок 3.4).

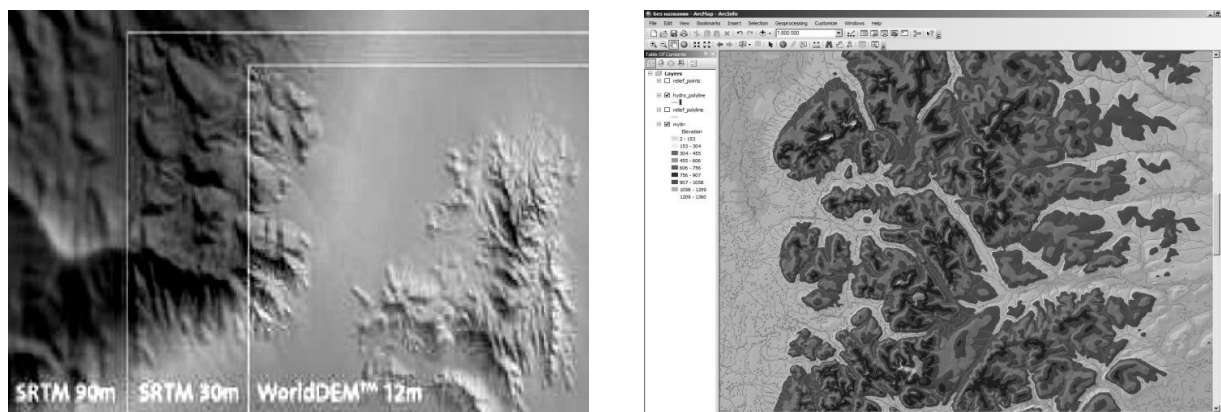


Рисунок 3.4 – Гіпсометрична карта рельєфу за даними SRTM

## 4 КАРТОЇДИ

### 4.1 Поняття картоїда

Потреба поглянути на світ з іншої, незвичної точки зору, не обумовленої сталими канонами просторових форм картографічних зображень, для отримання нових знань і висновків давно привертає фахівців, пов'язаних з географічними, екологічними, математичними та іншими методами дослідження. Як відомо, картографія вчить не тільки правильно будувати зображення, але й показувати деякі змістовні характеристики – основну суть явищ, закономірностей у розміщенні, розвитку явищ і причин, що їх визначають, а також передавати спотворення зображених форм і розмірів об'єктів, що виникають.

Картоїд – буквально «подібний до карти» (географічної), схожий на неї, проте «справжньою» картою не вважається. Географічними картоїдами (геокартоїдами) називаються креслення, що зображують ту чи іншу реальну або вигадану територію спрощено, без обов'язкового дотримання правил класичної картографії (у тому вигляді, в якому вони склалися до середини ХХ ст.) – наприклад, без картографічної проекції, без масштабу, з «надмірним» випрямленням ліній, закругленням контурів. З погляду сучасної професійної картографії ми могли б віднести до жанру картоїдів відомі ще у первісних народів картографічні малюнки мисливців, воїнів, пастухів, шукачів золота і скарбів; деякі середньовічні карти світу. В наші дні це чорнові картосхеми-кроки в записниках і на клаптиках паперу, а також незграбні контури континентів, островів, морів, країн на плакатах, прапорах, значках, етикетках, обкладинках книг. Приблизно у 60-х рр. ХХ ст. слово «картоїд» прозвучало у вузькому колі картографів і географів, спочатку наділене негативним сенсом, – позначало карту вельми неточну, грубу, примітивну, брехливу. Такою поганою могла бути не тільки рукописна карта, складена яким-небудь студентом-недоучкою, але й продукція висококваліфікованих фахівців картографічної фабрики, що віртуозно спотворювали дійсність за вказівками цензури. Унаслідок секретності загальних географічних карт великого і середнього масштабу картоїдами, знову-таки в негативному розумінні цього слова, виглядали примітивні картосхеми адміністративно-територіального поділу і схеми туристських маршрутів. Зображення у неєвклідовій метриці становлять невелику частину, наприклад порівняно з картографічними зображеннями графічних моделей, що використовуються в географії та екології. Серед них виділяються картоїди, «уявні» зображення і анаморфози.

**Картоїди** – абстрактні графічні зображення, при побудові яких бувають неважливі конкретні просторові відношення, але показуються деякі змістовні характеристики – основна суть явищ, закономірності в розміщенні, розвитку явищ і причин, що їх визначають, наприклад,

«ідеальний материк», «типові форми рельєфу», «інверсійний картоїд системи розселення в Африці», «поляризований ландшафт» (рисунок 4.1) та ін.

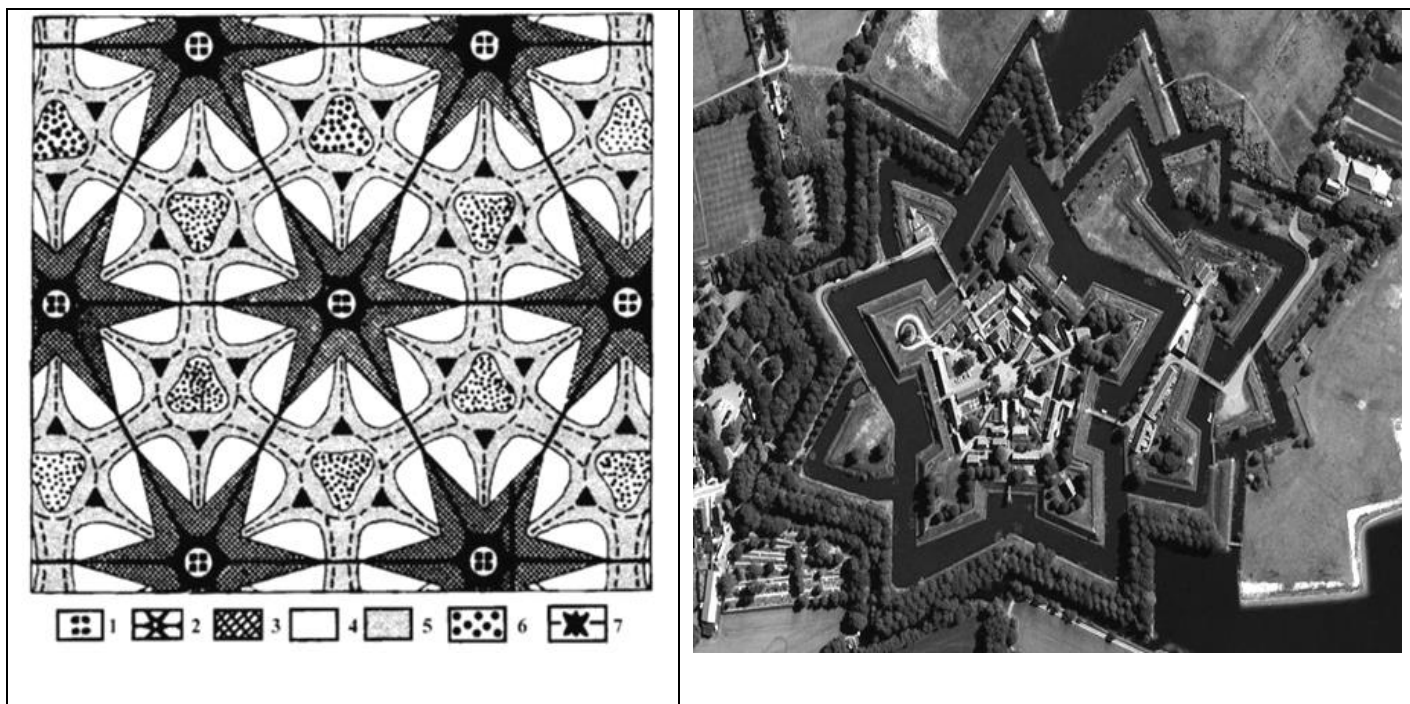
Лише дрібномасштабні географічні карти, достатньо вільні від цензурних обмежень, цілком відповідали своєму призначенню і, більше того, досі є неперевершеними зразками картографічної науки і мистецтва.

Від традиційної географічної карти геокартоїд відрізняється хоча б однією з **таких ознак**:

1) зображає конкретну, реальну територію частково або повністю неметрично, зі спотвореннями контурів, непіддатливою якому-небудь звичайному для класичної картографії математичному правилу;

2) показує уявний, ідеальний об'єкт, що поєднує риси багатьох реальних об'єктів (територій).

Мережевий поляризований ландшафт на суші для однорідної рівнини у глибині континенту зображено на рисунку 4.1.



#### Функціональні зони і шляхи сполучення:

- 1 – міські історико-архітектурні заповідники;
- 2 – суспільне обслуговування й утилітарні шляхи сполучення;
- 3 – постійні міські житла та оброблювальна промисловість;
- 4 – сільське господарство високої і середньої інтенсивності;
- 5 – природні луки, пасовища, лісова промисловість, заміські рекреаційні парки;
- 6 – природні заповідники;
- 7 – рекреаційні житла і туристські дороги

Рисунок 4.1 – Мережевий поляризований ландшафт на суші для однорідної рівнини у глибині континенту

## 4.2 Особливості картоїдів

Найбільш важливими особливостями картоїдів як просторових моделей суб'єкт-об'єктної зв'язки є:

1) суб'єкт-об'єктність відображуваної інформації атрибутивна. Зв'язок суб'єкта і об'єкта в такій інформації має неминучий характер. Це, строго кажучи, не інформація щодо території або простору, а інформація зв'язку суб'єкта-об'єкта, в якій роль експерта виключно велика. Це є нормою для будь-якого теоретичного наукового пізнання;

2) жорстка залежність інформації, відображеної на картоїді, від початкової теоретичної і методологічної точки зору спостерігача. Картоїд – система специфічних символів, створювана спостерігачем. Це моделювання реальності, причому рівень моделювання набагато вищий, ніж у традиційній картографії, де ми маємо справу з генералізованою інформацією, її типологічним аналізом, але не таким активним «втручанням» спостерігача в реальність. Територія є критерієм істини карти. Для картоїда такого критерію істини немає. Як будь-який інтелектуальний продукт, він повинен бути внутрішньо несуперечливим, але верифікувати його на підставі описуваної освоєної території немає можливості;

3) неметричність відображення території. Немає масштабу і точної відповідності територіальним пропорціям відбитого на моделі простору. Не враховується система географічних координат. Картоїди явно «відриваються» від території. Співвідношення території і простору в них цілком складне. Його не можна чітко формалізувати. Є маса інтуїтивно зрозумілих експертіві моментів, що не формалізуються, в побудові картоїдів;

4) чітко виражена просторовість відображення зв'язки «людина – простір – територія». Відбувається відрив від конкретики території. Атрибутивна інформація переміщається в область характерного (відносного) простору. Сенс картоїда у відображенні характерного простору. Існують строго певний рівень і стандарт генералізації, заданий спочатку. Вводиться відповідна система термінів і понять, що використовуються як основа віддзеркалення реальності. Класичне картографічне відображення нейтральне щодо результатних теоретичних побудов. Картоїд, навпаки, спочатку теоретично зумовлений;

5) вводиться система умовних позначень типу генералізації, які можуть не мати буквальних аналогів на освоєній території і відобразити складні, ідеальні за своєю суттю явища. Ігноруються елементи освоєння території, які не важливі для теоретичного аналізу, що проводиться за допомогою картоїдів;

6) доповнення інформації картоїда текстовою і розрахунковою інформацією. Картоїд сам по собі зазвичай незрозумілий. Він завжди існує

в контексті більш загального наукового продукту. На відміну від карти, картоїд не може бути кінцевим продуктом дослідження. Він є фрагментом і саме цим важливий.

Отже, можна бачити, що картоїд має багато властивостей класичної карти, хоча має і принципові відмінності.

### **4.3 Види картоїдів**

Географічні картоїди, як і райони, бувають індивідуальними й типологічними.

На **індивідуальному картоїді** зображується конкретна місцевість, але узагальнено, схемно, у вигляді деякого каркаса, принципового «плану будови», виявленого або запропонованого автором моделі. У всієї цієї місцевості і у тих географічних об'єктів, що наповнюють її, зазвичай, є власні імена – топоніми. З погляду логіки індивідуальний картоїд аналогічний одиничному вислову.

**Типологічний картоїд** відображає не конкретну місцевість, а деякий клас об'єктів, що позначається прозивним ім'ям, – географічним терміном. Такий картоїд аналогічний загальній думці, предикатом якої є ім'я класу (типу, вигляду). Застосуванню типологічних картоїдів історично передують паліативна міра – демонстрація традиційної геокарти, що зображає типовий, еталонний об'єкт, наприклад, морфологічну структуру природного ландшафту або тип використання земель, але часто, особливо в соціально-економічній географії, явища, які вивчаються, настільки складні або затемнені дією інших чинників, що підібрати типові ареали не вдається.

Як і класична геокарта, картоїд, на відміну від фотознімку або живописного твору, є повністю вербалізованим зображенням, бо кожному його знаку відповідає словесний еквівалент; тому для характеристики і класифікації геокартоїдів застосовні терміни лінгвістики, особливо граматичні.

Картоїд є висловом, що має час, відміну, стан, модальність. Одні картоїди виражають суще, а інші – бажане, належне, вірогідне; так, до майбутнього часу належать виражені графічними засобами проекти, плани, програми, прогнози, а до минулого часу – гіпотези про походження і колишній стан географічних об'єктів, що вивчаються історичною географією і палеогеографією. Класична геокарта може упевнено домінувати лише у сфері сьогодення; при зображенні минулого і майбутнього традиційні геокарти все більше наближаються до картоїдів.

#### **Метрика, масштаби і наочність картоїдів**

Картоїд, зазвичай, – це схема, більшою мірою топологічна, ніж метрична; на першому місці в ньому взаємне розташування всіх елементів, менш важлива точна геометрична подібність форм і вже зовсім не важливі – масштаби і розміри.

Картоїди незмінно зберігають дві ознаки традиційних геокарт – наочність і характер образотворчих засобів. На картоїдах застосовуються ті ж способи зображення, що і на тематичних географічних картах: картодіаграма, картограма, масштабні і немасштабні позначки, ареали, якісний фон, ізолінії, лінії руху, але замість конкретних цифр на полі зображення і в його легенді можуть стояти символи алгебри та інші знаки, що показують відносини «більше – менше». Картоїди призначені для використання не замість класичних геокарт, а на додаток до них. Гарантією незловживання картоїдами повинна бути системність їх застосування. Картоїди не самостійні і не байдужі до можливого контингенту їх споживачів, вони більше залежать від інших засобів викладення, ніж традиційна геокарта.

Картоїди мають велике значення лише у певному науковому контексті, коли поєднуються з іншими графічними, вербальними, математичними моделями, але, перш за все, з іншими картоїдами, що показують інші елементи тієї самої системи, нові стадії того самого процесу, інші ступені наближення до тієї самої істини, до того самого зразка або ідеалу. Приклад картоїда міста наведено на рисунку 4.2.

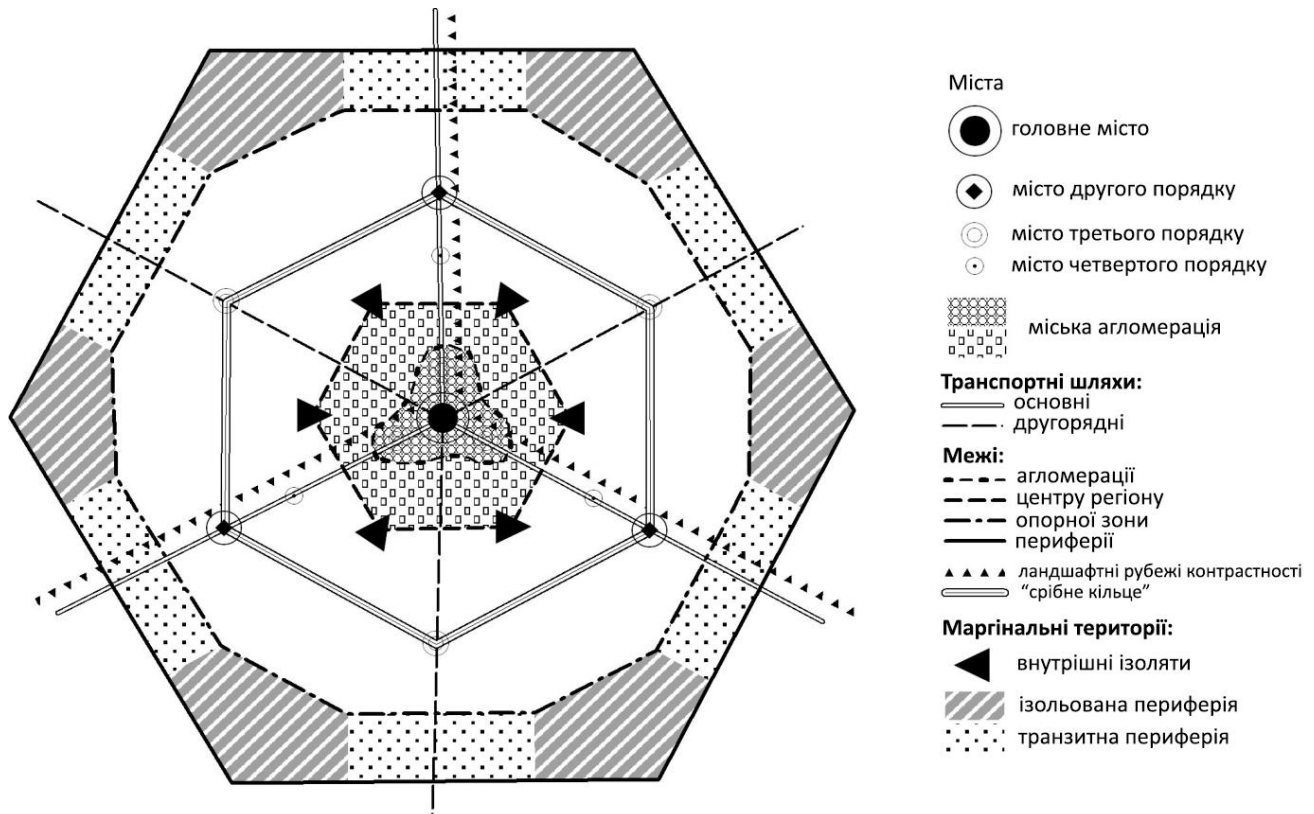


Рисунок 4.2 – Картоїд міста

У звичайному мовленні такі парні конструкції застосовуються в більш-менш розрізненому вигляді, тоді як у картографії вони об'єднуються в «полімерний» суб'єктно-предикативний ланцюг, в якому кожен проміжний член є суб'єктом для подальшого і предикатом для попереднього. Початок ланцюга знаходиться в реальному ландшафті, а закінчення занурене в словесність.

#### 4.4 Наукові функції картоїдів

Як наукові моделі геокартоїди значно розширюють можливості географічних наук, оскільки дають змогу:

- аналізувати, ранжувати, оцінювати деталі і властивості реальних географічних об'єктів;
- відбирати, виділяти фрагменти й ознаки, істотні з погляду теоретика, і будувати з них нові моделі, у вигляді ідеальних об'єктів;
- порівнювати реальні об'єкти з ідеальними, пояснюючи відхилення;
- складати, висувати і наочно висловлювати теоретичні положення (гіпотези, закономірності), що відображають реальний світ;
- проектувати бажані територіальні структури, системи, комплекси;
- зіставляти структури, що існували на тій самій території в різний час, показуючи їх зміну.

Можна скільки завгодно критикувати картоїди і уявні карти за їх довільність та інші недоліки, але для наукового дослідження деяких процесів і систем немає нічого продуктивнішого, ніж вони. Предмет дослідження, пов'язаний з людським контекстом освоєного простору, неминуче визначає пізнавальний інтерес до таких форм віддзеркалення реальності. Тому не варто критикувати картоїди і уявні карти за їх довільність. Краще почати систематично розробляти методологічні і теоретичні підстави використання цих форм осмислення просторово-значущих процесів і систем. При всій їх незвичності, вони ефективні і дають цікаві наукові результати, доповнюють систему знань.

Ймовірно, найістотніше в картоїді – це віддзеркалення експертом структури системи і/або процесу. Серія картоїдів відображає динаміку структури. У тих випадках, коли маємо справу з багатопараметричними і нециклічними процесами, які починаються в невизначеному минулому і йдуть у невизначене майбутнє, застосування картоїдів, у певному сенсі, вельми продуктивне.

Застосування картоїдів доцільне у тих випадках, коли йдеться про аналіз довготривалих просторових явищ.

Особливо важливе використання картоїдів під час осмислення складних процесів з різноманітними формами прояву, коли потрібно виходити на високий рівень генералізації.

## 5 АНАМОРФОЗИ

### 5.1 Поняття анаморфозних геообразень

Розглянемо метод трансформації картографічних зображень з метою побудови так званих анаморфоз.

**Анаморфози** можна визначити як графічні зображення, похідні від традиційних карт, масштаб яких трансформується і варіює залежно від величини характеристики явищ на початковій карті. У англomовному світі для позначення анаморфоз використовують терміни *transformed maps*, *pseudo-cartograms*, *cartograms*, *topological cartograms* та ін. Тут зупинимося на терміні «анаморфози», а процес їх створення називатимемо анаморфуванням (від грецького *anamorphoo*), що точніше відображає суть, пов'язану зі зміною пропорцій зображень. Крім того, підкреслимо, що ці терміни поширені в багатьох країнах, перш за все Східної Європи.

Серед анаморфозних зображень можна виділити лінійні, площадні й об'ємні.

### 5.2 Лінійні анаморфозні геообразення

**Лінійні анаморфози** нагадують зображення графів, довжина ребер яких дає змогу змінювати взаємну віддаленість об'єктів, що відображаються, залежно від величин характеристик явищ, закладених в основу анаморфоз. Приклад лінійних анаморфоз: віддаленість магазинів, виражена у витратах часу, від будь-якої точки міста, наприклад центральної. Причому в цьому прикладі слід дотримуватися просторових відношень, інакше зображення не можна віднести до анаморфоз.

Перші лінійні анаморфози з'явилися в середині ХХ ст. і будувалися головним чином на основі масштабу часу. Збільшення відстані між місцями проживання і місцями роботи у поєднанні з модернізацією транспортних засобів змінило наше уявлення і сприйняття простору. Розселення орієнтується не на геометричні відстані від місця проживання до місця роботи, а на певний час, що необхідно витратити на подолання цих відстаней залежно від наявних транспортних засобів.

Проблему графічного зображення трансформацій (стиснення одних частин міського простору і розтягування інших), що вносяться концентрацією транспорту, штучними і природними перешкодами, зараз намагаються вирішити багато дослідників. Іноді анаморфування здійснюється на базі кіл, побудованих за логарифмічними, гіперболічними, параболічними та іншими закономірностями. Нині розроблений цілий спектр методик трансформації масштабу довжин. Як приклад наведемо лінійні анаморфози, що показують зміни взаємної транспортної віддаленості регіонів. У результаті виходять лінійні анаморфози, що відображають не тільки «цінову» віддаленість, але і її зміни. Лінійні

анаморфози нагадують зображення графів, довжина ребер яких дає змогу змінювати взаємну віддаленість об'єктів, що відображаються, залежно від величин характеристик явищ, покладених в основу анаморфоз (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Анаморфозна картографічна модель

### 5.3 Площадкові анаморфозні геообрази

Площадкові анаморфози набули найбільшого поширення. Вони дають змогу вирівнювати в просторі які-небудь характеристики (наприклад, густота населення, територіальний розподіл доходів, споживання деякого продукту), тобто в цьому випадку площі територіальних одиниць, що зображуються, стають пропорційними відповідним величинам показника, закладеного в основу анаморфози.

При цьому важливо, щоб анаморфозні зображення максимально зберігали взаємне розташування територіальних одиниць та їх форму. Серед створених анаморфоз найчастіше зустрічаються еквідемічні зображення, на яких розміри площ пропорційні чисельності населення, що проживає на них. Рідше зустрічаються анаморфози, в основу яких закладені величини доходів населення, врожайність сільсько-господарських культур, валовий національний продукт і т. д.

Історія створення площадкових анаморфоз налічує кілька десятиліть. Перша відома спроба трансформації картографічного зображення належить до початку ХХ ст. У Германії з'явився оригінальний картографічний твір, автором якого був німецький картограф Г. Віхель. Він підготував анаморфозу для ілюстрації результатів голосування з виборів до рейхстагу. На цьому зображенні суми площ, виділених певними кольорами, співвідносилися як кількість голосів, поданих за того або іншого кандидата. У Г. Віхеля виявилось чимало послідовників з різних країн: Австралії, Ізраїлю, Китаю, Нової Зеландії, Росії, США, Чехословаччини, Швейцарії.

Проте більшість відомих анаморфоз, починаючи з «картограм людності» Віхеля і аж до 80-х років, в основному будували вручну. Отримані зображення називалися «Статистичними картограмами». Цей спосіб хоч і рідко, але застосовують досі, коли елементи анаморфози створюють уручну шляхом зменшення або збільшення квадратиків або трансформацією «на око».

Слабкість методики полягає в тому, що рішення супроводжується суб'єктивізмом укладачів, адже досягається підгоном елементів меж. Близька за сенсом і методика механічних аналогій, коли елементи анаморфози моделюються з дерев'яних кубиків, площі заповнюються металевими кульками і т. д. Більш здійснений, порівняно з механічними аналогіями, метод, оснований на застосуванні електричного моделювання. У арсеналі географів є також фотографічний спосіб створення анаморфозних зображень.

Чисельні методи побудови анаморфоз призначені в основному для реалізації їх на комп'ютері. Перша проблема при побудові анаморфози у такий спосіб полягає в методі описання початкової інформації, тобто результатного картографічного зображення і щільності розподілу цього показника. Існує декілька способів побудови площадкових анаморфоз.

Оскільки важко сподіватися отримати перетворення, що дає потрібну анаморфозу явно, за один крок, то слід намагатися будувати ітераційні алгоритми, які на кожному кроці враховують відхилення щільності від постійної на всьому картографічному зображенні (або від потрібної постійної в одному з територіальних осередків) і підправляють її відповідним чином.

Як приклади наведемо карти анаморфоз, створені за даними про чисельність населення країн світу (рисунок 5.2), і карту інтернет-світу (рисунок 5.3)

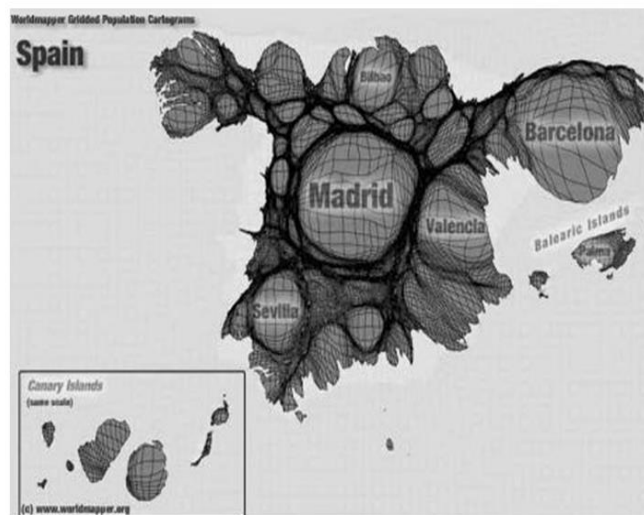
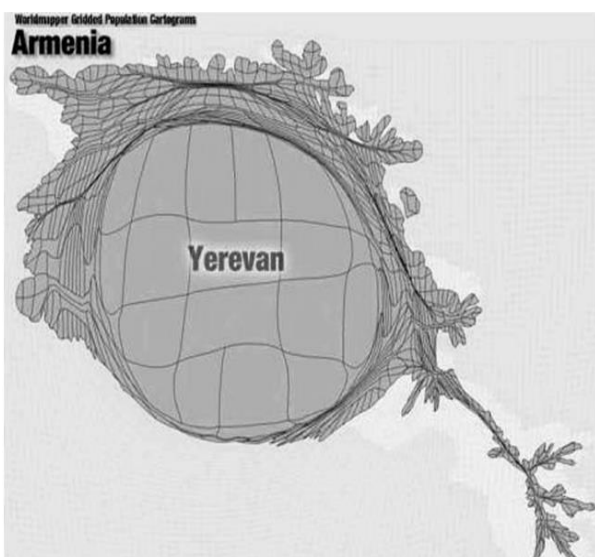
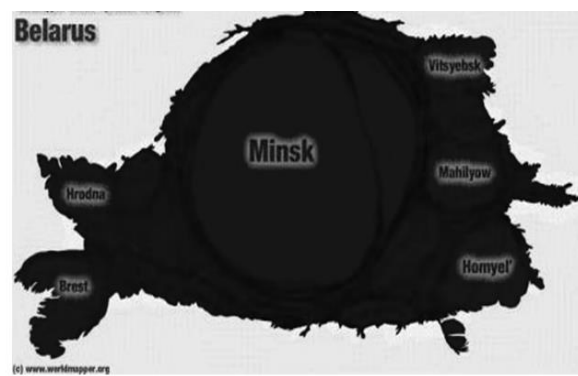
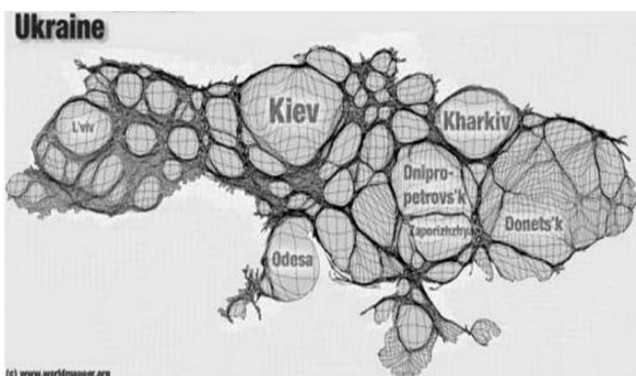
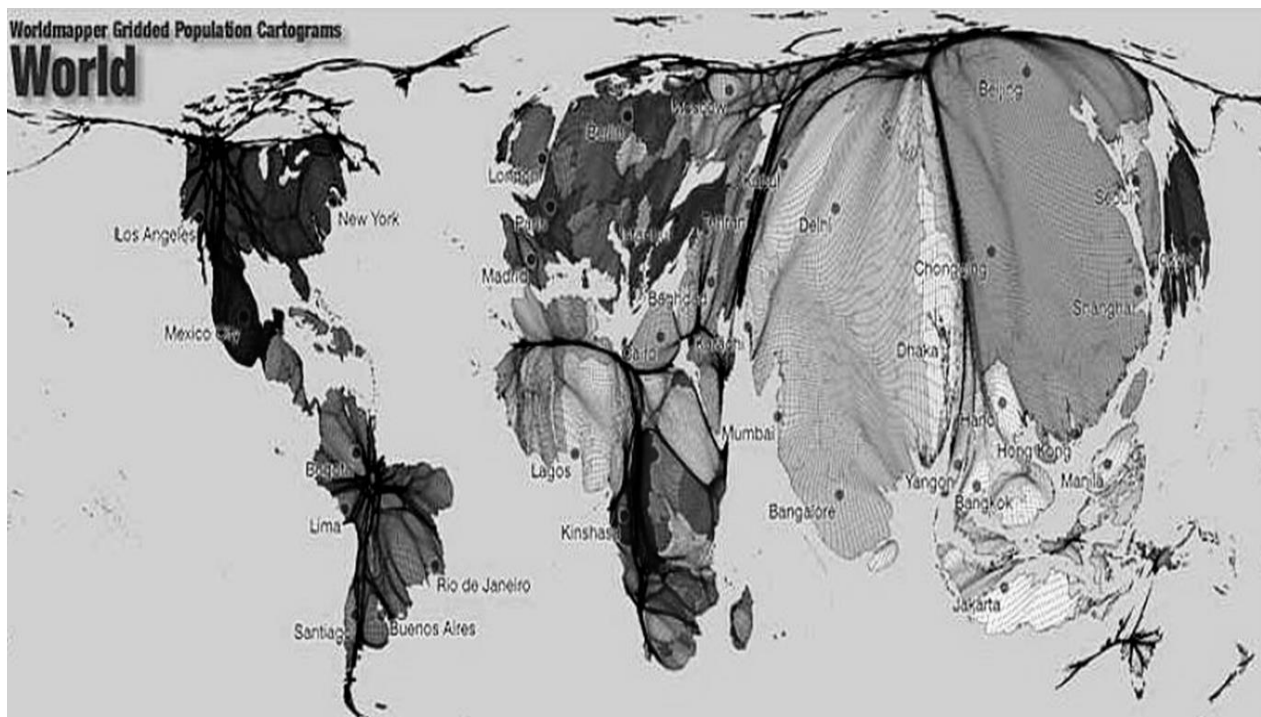


Рисунок 5.2 – Карты анаморфоз країн світу, створені на основі чисельності населення країн

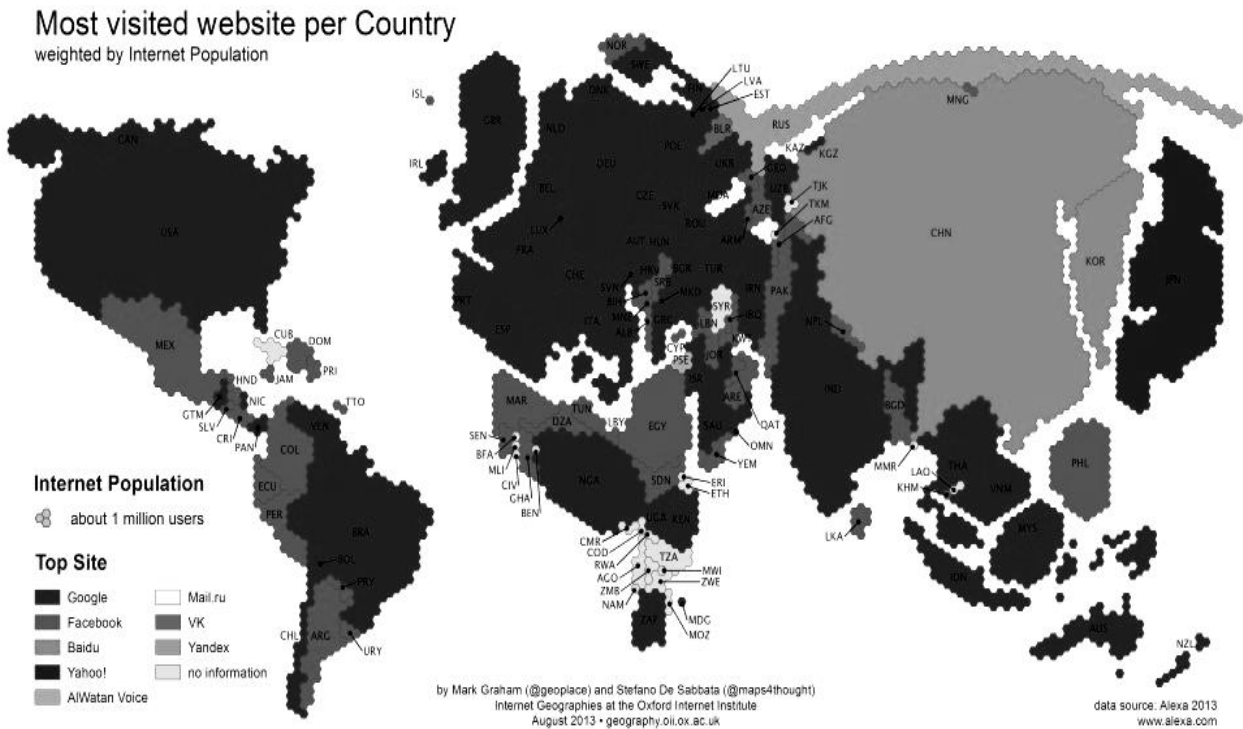


Рисунок 5.3 – Карта інтернет-світу у вигляді анаморфози (2013 рік)

## 5.4 Об'ємні анаморфозні геообразиження

Як відомо, класична картографія пропонує широко використовуваний ряд способів зображення, таких як колір, штрихування, умовні знаки і т. ін. За допомогою загальноприйнятих методів (наприклад, стовпчасті діаграми) можна відобразити багато показників одночасно – до 30–40, як це іноді трапляється на соціально-економічних картах. Проте наочність подібної карти катастрофічно падає, і якість її сприйняття починає наближатися до якості сприйняття таблиці даних, за якою вона і була побудована. Саме тому на картах прагнуть застосовувати різні способи картографічного зображення. Крім того, важлива й ефективність вживаного образотворчого засобу.

Анаморфоза світу за чисельністю населення має таку властивість: площа кожної країни пропорційна чисельності її населення. Висота піраміди, побудованої нами, пропорційна ВВП. Об'єм отриманої піраміди пропорційний ВВП цієї країни.

Відзначимо відразу, що візуально порівняти обсяги ВВП досить важко, оскільки контури кожної піраміди унікальні і мають неправильну форму.

До позитивних особливостей такої анаморфози слід віднести, поза сумнівом, ефективність результативного зображення. Проведення порівнянь і виділення аномалій полегшене. Ми відображаємо два показники, не використовуючи фактично жодного із загальноприйнятих у картографії методів і залишаючи їх про запас. Уся інформація про дві характеристики

об'єктів міститься в їх вигляді. Можна також побудувати стовпчасті діаграми після анаморфозу, проте результат читатиметься і сприйматиметься гірше через те, що одні країни перекриють інші; країн з низьким ВВП в оточенні сусідів з високим ВВП просто не буде видно. Погано видно нульовий рівень. Пірамідальні блок-діаграми вільні від цього недоліку. Вони показують нульовий рівень для кожного контуру країни. Забезпечується також хороший огляд — практично будь-яка країна може бути розглянута.

Оскільки для детального розгляду поверхню можна візуалізувати з будь-якого боку, побудовано декілька зображень різних регіонів земної кулі (рисунки 5.4).

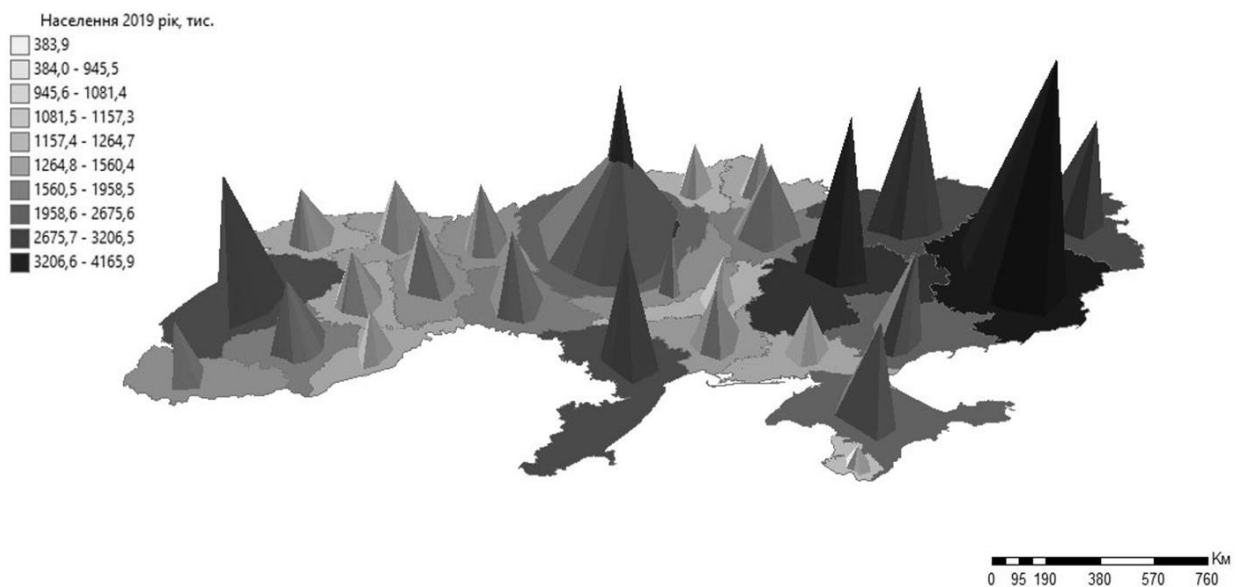


Рисунок 5.4 – Приклади об'ємних анаморфоз

## 5.5 Використання анаморфоз

За всю історію створення і використання анаморфоз можна знайти приклади, що належать до найрізноманітніших областей. Але найчастіше вони використовуються для різних характеристик населеності території, в електоральній і медичній географії, відображення якості навколишнього середовища, забруднення повітря і т. д.

Для аналізу анаморфоз перш за все доцільний візуальний аналіз. Погляньте на анаморфозу світу, створену на основі чисельності населення (рисунки 5.5). За конфігурацією країни легко пізнаються і, звичайно, перш за все привертають увагу Китай та Індія. Цікаво, що тут «точки» початкової карти, що зображають Люксембург або Сінгапур, перетворюються на чималі території. У Азії лише Монголія і Лаос, до речі, разом з цілим континентом – Австралією, виглядають більш ніж скромно на тлі їх оточення. У Африці, яка достатньо «скромна» на тлі Азії та Європи, перш за все привертає до себе увагу куляста Нігерія. Найбільші контрасти

властиві Європі: порівнюєте «крихітний» Бенілюкс і країни Скандинавії. Відносно рівномірно заселені країни Америки, за винятком Канади і Гренландії.

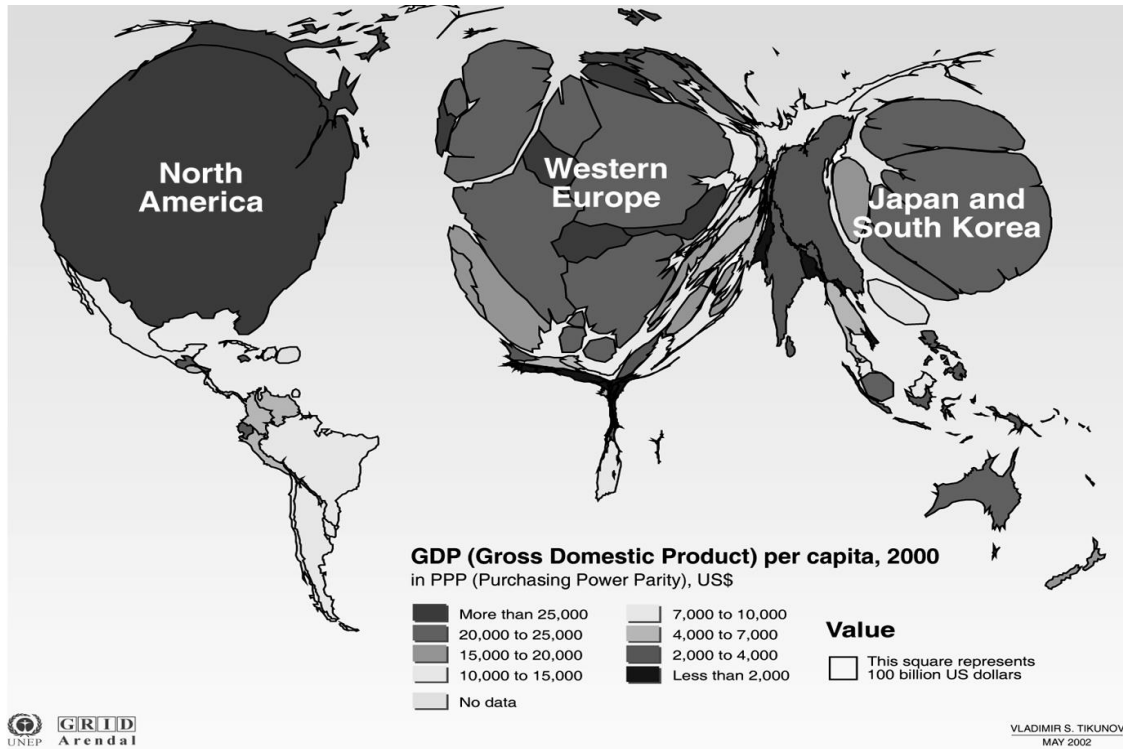


Рисунок 5.5 – Анаморфоза світу, створена на основі чисельності населення

Анаморфоза показує лідерів у рейтингу країн світу за кількістю сміття (рисунок 5.6).

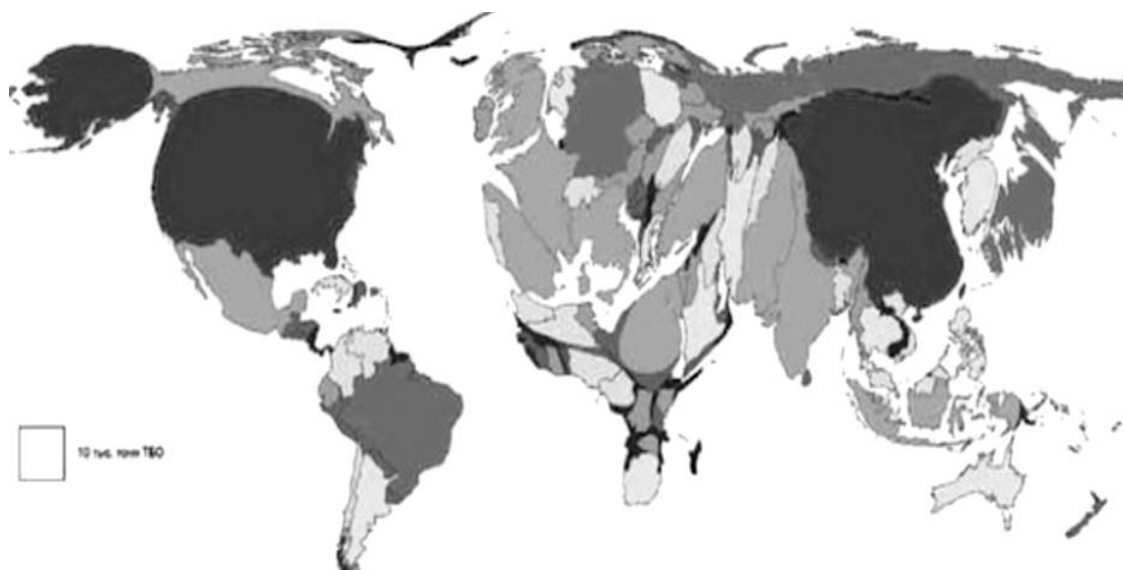


Рисунок 5.6 – Анаморфозна модель забруднення побутовими відходами

Після нанесення на отриману анаморфозу пов'язаних з чисельністю населення характеристик, таких як, наприклад, забезпеченість продуктами харчування, одержимо правильніше уявлення про його дефіцит, віднесений не до території, як на звичайних картах, а коректніше — до населення, яке має в ньому потребу.

У деяких випадках виникає потреба побудови анаморфоз на основі даних, що не пов'язані з певними адміністративними або природними межами. Зокрема, таке положення характерне для карт морів і океанів, де змістові відомості найчастіше прив'язуються до трапецій сітки, створюваних паралелями і меридіанами, або до осередків тих або інших регулярних мереж. Для роботи з регулярними мережами розроблені модифікації алгоритмів анаморфування. Ці модифікації були використані для трансформації Атлантичного океану.

Зазначимо, що технології аналізу є дуже різноманітними. І всі ці технології можуть бути застосовані для аналізу структури, взаємозв'язків або динаміки явищ.

Є можливість створення **анімованих анаморфозних зображень**.

Розглянемо практичну доцільність використання анаморфоз і перспективи розвитку анаморфоз.

**По-перше**, і це найголовніше, їх переконливість як ілюстрацій, що дають змогу візуально уявити собі деякі неочевидні факти, а можливо, в майбутньому і побачити якісь приховані географічні закономірності. Перспективне застосування анаморфоз для оптимізації розміщення мереж навчальних закладів, лікарень, установ обслуговування, які в штучно вирівняному демографічному просторі в загальному випадку повинні розташовуватися рівномірно.

**По-друге**, анаморфози роблять наочнішим аналіз взаємозв'язків між явищами на фоні визначальних їх характеристик, закладених в основу проекції.

**По-третьє**, доцільне застосування анаморфоз для прогнозування розвитку дифузійних процесів, що відбуваються в неоднорідному середовищі. Анаморфози можуть бути використані для вивчення дифузії забруднень в атмосфері і гідросфері, а також для багатьох інших завдань. Те ж саме можна сказати і про створення карт транспортної доступності, що складаються на фоні однорідної прохідності.

В інтернеті існує колекція **Worldmapper** з 700 карт-анаморфоз, яку розробили вчені Шефільдського і Мічиганського університетів (США). «Світ, яким ви його ще не бачили» — ось девіз проекту Worldmapper.

Таким чином, створення анаморфозних геообразень доцільне для моделювання структури, взаємозв'язків і динаміки географічних явищ. Анаморфування зображень приверне увагу географів і екологів різних спеціальностей і зробить їх не екстравагантною ілюстрацією, а інструментом справжнього просторового аналізу.

## 6 КАРТОГРАФІЧНІ АТЛАСИ

### 6.1 Визначення атласів

**Географічний атлас** – це системне зібрання географічних карт, виконане за загальною програмою як цілісний твір. Карти в атласі органічно пов'язані між собою, доповнюють одна одну і об'єднані загальним призначенням.

Атласи є своєрідною енциклопедією, де відображаються останні досягнення науки і народного господарства, містяться наукові відомості в компактній, зіставній і зручній для використання формі.

За атласами проводяться комплексні вивчення території, поглиблені наукові дослідження, складаються плани раціонального природокористування, вивчається екологічна ситуація і розробляються природоохоронні заходи. У створенні географічних атласів переважно бере участь великий колектив фахівців різних напрямів.

Зазвичай географічний атлас має вигляд книги, де карти розміщуються в певному порядку. Є «розбірні» атласи, в яких карти, видані окремими аркушами, зібрані в загальну теку. Аркуші карт таких атласів зручно використовувати в практичній роботі для взаємного узгодження, порівняння, оновлення і перевидання.

Карти в атласах зазвичай групують за регіональною ознакою, утворюючи розділи карт світових, за материками або частинами світу, за країнами і їх регіонами. Можуть бути виділені розділи за тематичним принципом – природа, населення, господарство і т. ін.

Атлас відрізняється внутрішньою єдністю, певною повнотою і цілісністю змісту, єдністю математичної основи, одноманітністю оформлення карт, що забезпечує взаємозв'язок, взаємодоповнювання і порівнянність карт.

Для атласів необхідні: взаємне узгодження легенди різних карт, шкали і градації і в цілому узгодження карт різної тематики; єдність принципів генералізації і однакова детальність зображення; мінімальна кількість різних картографічних проєкцій, що полегшує порівняння карт; кратність масштабів, що спрощує взаємне зіставлення карт; застосування єдиних базових географічних основ; наявність певного співвідношення аналітичних, синтетичних і комплексних карт; усі дані визначені до певної дати (періоду часу). Багато атласів містять тексти пояснень, довідкові дані, аерофотознімки, таблиці, діаграми, докладні покажчики географічних назв.

Родоначальником географічних атласів є атлас Клавдія Птолемея (II ст. н. е.) (рисунок 6.1). У той час такого роду картографічні твори називали «птоlemeї». У XV ст. з винаходом книгодрукування атлас Птолемея багато разів перевидавався з додаванням нових карт.

У середні віки набули поширення портоланні атласи, що містять морські навігаційні карти (портолани) з компасними сітками.

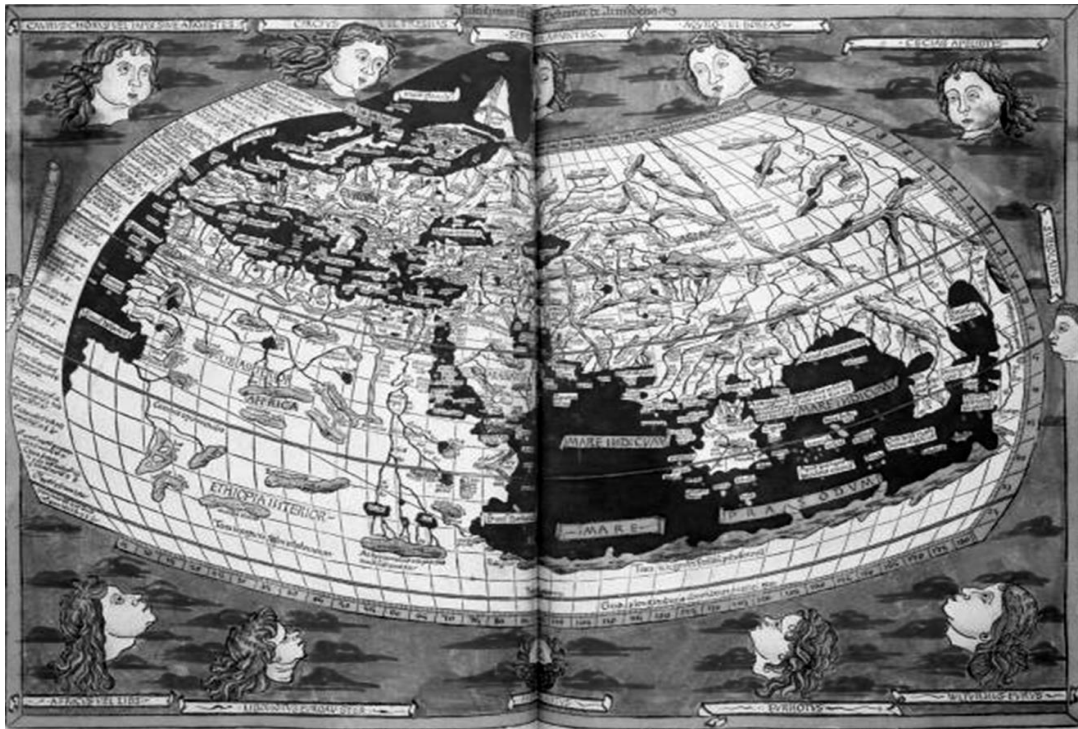


Рисунок 6.1 – Атлас Клавдія Птолемея (II ст. н. е.)

У другій половині XVI ст. центром картографії стають Нідерланди. 1570 року в Амстердамі Аврам Ортелій видав збірник карт під назвою «Видовище кулі земної». 1585 року видатний фламандський картограф Герард Меркатор опублікував першу частину свого атласу, а 1589 року – другу. 1595 року, вже після смерті великого картографа, його син Ромуальд завершив роботу над твором і видав його під назвою «Атлас» (рисунок 6.2).



Рисунок 6.2 – Атлас Меркатора (1595 р.)

З того часу в картографії вперше з'явилася назва «атлас» – на честь мавританського царя Атласа – мудрого філософа, математика і астронома, що виготовив перший небесний глобус. Вибраний Меркатором символ цілком відповідав характеру його твору: стислість назви, благозвучність і символічність, що витіснило інші назви цих творів.

У Росії карти називали кресленнями, а атласи – креслярськими книгами. Вважається, що «Велике креслення всієї Московської держави» і було першим російським атласом (1600 р.). На жаль, до нашого часу креслення не збереглося, є лише його опис – «Книга Великого креслення». 1701 року тобольський картограф Семен Ремезов склав атлас під назвою «Креслярська книга Сибіру». У XVIII ст. у Росії були складені атласи Азовського і Чорного, Балтійського, Каспійського морів. Великим досягненням російської картографії є Атлас Всеросійської імперії І. К. Кирилова – географа, картографа, видатного державного діяча.

У цілому комплексний атлас можна розглядати як модель географічної системи (геосистеми). Існує дуже багато різних видів атласів.

## 6.2 Класифікація атласів

Атласи можна класифікувати за різними ознаками. Будь-яка класифікація дає можливість створення системи впорядкованих груп об'єктів або явищ у певному просторі понять і ознак. Найбільш детальна класифікація традиційних (аналогових) атласів виконана в роботі В. Г. Чуркіна, де наведено п'ять груп класифікації: за структурою, за тематикою, за територією, за призначенням, за форматом (рисунок 6.3).



Рисунок 6.3 – Класифікація атласів

Атласи підрозділяють за просторовим обхватом, виділяючи атласи планет, континентів, океанів, великих географічних районів, держав, областей, міст. Можливі найрізноманітніші варіанти групування атласів за адміністративним поділом, політичними, історичними, природними, економічними ознаками.

За змістом атласи підрозділяють таким чином:

- *загально-географічні*;
  - *фізико-географічні*: геологічні, геофізичні, кліматичні, океанологічні, гідрографічні, ґрунтові, ботанічні, зоогеографічні, медико-географічні, комплексні фізико-географічні;
  - *соціально-економічні*: населення, промисловості, сільського і лісового господарства, культури, політико-адміністративного поділу; комплексні соціально-економічні;
  - *еколого-географічні*: чинників впливу на середовище і окремі його компоненти, наслідків забруднення середовища, екологічних ситуацій, умов життя населення, екологічної безпеки;
  - *історичні*: стародавнього світу, новітньої історії, військово-історичні;
  - *загальні комплексні, національні, галузеві і вузькогалузеві*.
- Класифікацію атласів за змістом зазвичай поєднують з поділом їх на *комплексні*, такі, що включають широкий набір карт природи, населення і господарства, *галузеві* і *вузькогалузеві*.

Найбільш корисним з практичної точки зору є групування атласів за *призначенням*, відповідно до якого виділяють атласи довідкові, науково-довідкові, популярні, навчальні, туристичні, дорожні, військові і т. ін.

Атласи можна класифікувати і за іншими ознаками, наприклад за форматом і способом брошурування. Виділяють атласи настільного формату – великі фоліанти, користуватися якими можна, тільки тримаючи їх на столі. Більшість атласів мають книжковий формат. Існують *малі* і *мініатюрні атласи*.

Електронні атласи поділяються на в'юверні, інтерактивні, аналітичні, ГІС та інтернет-атласи.

Система карт атласу поділяється на розділи, і в кожному з них є основна і додаткові карти. У серіях аналітичних карт представлені окремі підсистеми (наприклад, рельєф, ґрунти, клімат) і компоненти геосистем (до підсистеми карт клімату входять карти опадів, температур, переважальних вітрів і т. ін.). Єдність розділу (або підрозділу) досягається узгодженням з основною картою, а таксономічна підпорядкованість елементів змісту кожної карти забезпечується логікою її легенди і підбором образотворчих засобів.

За рахунок цього моделюється ієрархія компонентів геосистеми. Взаємодія компонентів знаходить віддзеркалення на комплексних і комплексно-синтетичних картах, таких, наприклад, як карти взаємодії вітрів

і океанічних течій або карти розподілу населення за галузями промисловості.

Взаємозв'язок та інтеграцію елементів геосистеми показують на синтетичних картах атласу, наприклад на картах ландшафту, екологічного оцінювання природних і соціальних умов життя населення. Серед цих карт більшість належить до типу оцінних. У атласах є і карти, що характеризують динаміку геосистем, процеси перенесення речовини і енергії, наприклад переміщення копалин, водних мас, перевезення промислових товарів, транспортування нафти й газу та багато іншого. А тенденції розвитку відображають на прогнозних картах.

Таким чином, комплексні атласи моделюють основні властивості геосистем, причому одна з головних переваг цієї складної моделі полягає в тому, що інформацію подано в систематизованому, формалізованому й одноманітному вигляді. Саме завдяки цьому атлас є основою для створення геоінформаційних систем (ГІС).

Основними елементами в структурі атласів є: карти, аерокосмічні знімки, фотографії, рисунки, графіки, тексти, таблиці, діаграми, легенди, каталоги. Атласи характеризують форматом і кількістю сторінок.

Для того щоб атлас виконував функції джерела узгодженої просторової інформації і моделі геосистеми, він повинен відповідати певним умовам, що забезпечують його внутрішню єдність.

## 7 ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ АТЛАСІВ

### 7.1 Класифікація електронного атласного картографування

Існування карт тільки в друкованому вигляді на паперових носіях уже давно не задовольняє економічних, управлінських, наукових і освітянських потреб. Перехід до використання електронних карт і атласів дає низку переваг в обробленні, аналізі, поданні, використанні картографічних матеріалів.

Для того щоб картографічна інформація була широко використовувана, вона має бути досяжною, наочною, простою і максимально зрозумілою, актуальною та інтерактивною.

Для того щоб забезпечити принципово новий рівень взаємодії користувача з геоданими на сторінках тематичних сайтів, необхідно використовувати сучасні мультимедійні засоби, які на сьогодні вже займають дуже важливу нішу в розвитку геоінформаційних систем.

По-перше, електронний варіант будь-якої карти або атласу можна оновлювати у міру необхідності, що істотно підвищує його актуальність.

По-друге, цей вид подання картографічної інформації може бути доступнішим потенційним користувачам завдяки можливості опублікування в інтернеті. Треба зазначити, що комп'ютерне подання дає можливість вибірково отримувати тільки ту інформацію з атласу або карти, яка потрібна конкретному користувачеві для виконання його завдань, не витрачаючи коштів на придбання всієї книги (якщо йдеться про друковану версію).

По-третє, випуск електронних цифрових карт на CD економічний. Саме тому електронні карти й атласи набувають усе більшої популярності.

Отже, створення електронних атласів сьогодні є актуальним і перспективним напрямком розвитку геоінформатики. Вже накопичено достатньо великий досвід реалізації подібних ідей на глобальному рівні (Microsoft Encarta), у форматі національного атласу (Atlas of Switzerland, електронний атлас України) і в регіональному масштабі (електронний атлас Північного Сходу Росії, електронний атлас Києва тощо).

Згідно з положеннями Конвенції єдиного світового інформаційного співтовариства, що прийнята 1992 р. на першому Міжнародному форумі інформатизації, необхідно об'єднати інформацію про навколишнє середовище і соціальний прогрес у єдиний інформаційний простір з метою комплексного підходу до вирішення проблем екологічної безпеки. Для цього рекомендують використовувати ГІС і моделі різного рівня і масштабу. Іншими словами, вирішенню складних екологічних і соціально-економічних проблем, за необхідності врахування багатьох просторово неоднорідних факторів за допомогою геоінформаційних методів, немає альтернативи.

Застосування веб-технологій істотно підвищує рівень інтелектуальності створюваних тематичних карт. Електронні атласи поділяються на статичні, динамічні, розподілені, анімовані, реального часу, персоналізовані, інтерактивні, аналітичні, комплексні.

Розвиток геопорталів полягає у вдосконаленні перегляду картографічної інформації, вибраної з бази даних. На веб-сервері організовано базу даних, що являла собою набір тематичних категорій. Кожна категорія містила певний набір тематичних карт у форматах GIF, JPEG. Користувач повинен був вибрати за базою даних тему і регіон, охоплений картою, і визначити набір додаткових умов. У результаті запиту до БД на екрані комп'ютера користувача відображалась певна карта.

**Електронний атлас (ЕА) – це система, що містить цифрові дані і засоби генерації електронних карт.** Це апаратно-програмний засіб генерації атласного картографування (АК), а також інших некартографічних елементів, що утворюють зміст ЕА у складі систем автоматизованого картографування і/або ГІС на основі цифрових моделей карт або цифрового подання (моделей) просторових об'єктів у вигляді самостійних продуктів (творів) електронної картографії (електронного картографування).

Прообразом усіх електронних атласів вважають широко відомий свого часу британський проект «Domesday» – електронну енциклопедію Великої Британії на оптичних носіях з різноманітними картографічними матеріалами, видану у другій половині 80-х рр. ХХ ст.

Першим ЕА, що отримав широкий міжнародний резонанс, зокрема на Міжнародній картографічній конференції в Мексиці (1987), був Атлас Арканзасу. За змістом він мало відрізнявся від традиційних комплексних атласів США (ми б назвали його “комплексним регіональним”), містив близько 100 карт, об'єднаних у 16 розділів, що відображали фізико-географічні, соціально-економічні та історико-географічні характеристики штату, виконували звичайні довідкові і навчальні функції. Проте цим схожість із традиційним атласом обмежувалася. З погляду користувача він був сукупністю відеоекранних зображень, розбитих на сторінки і сюжетні групи, що «перегортаються» і переглядаються командами з клавіатури. Інших функцій перше видання ЕА не передбачало. Цілком ординарні апаратно-програмні засоби, необхідні для роботи з ним, робили його загальнодоступним. Передбачалося, що оновлена електронна версія атласу виготовлятиметься щорічно, а паралельна їй паперова – один раз на три роки. Творці наводять один з головних аргументів на користь ЕА як основного продукту – малозатратність оновлення (у поєднанні з очевидними перевагами в оперативності створення). Витрати на підготовку ЕА не перевищили 118 тис. дол., тоді як витрати на «паперовий» атлас штату становили від 500 тис. до 1 млн дол. Зараз ЕА та інші твори й видання на компакт-дисках і в інтернеті, істотним

елементом змісту яких є електронні карти, стали цілком звичайними. Сучасна різноманітність продукції **електронного атласного картографування** потребує її аналізу і класифікації. Класифікація ЕА може бути проведена за двома ознаками.

**По-перше**, за їх змістом, призначенням і територіальним обхватом, тобто за традиційними принципами, що сформувалися в атласному картографуванні; це класифікація атласів як друкованих видань.

**По-друге**, за функціональними особливостями і можливостями ЕА, які відрізняють їх від традиційної паперової продукції. У основі другої класифікації лежать функції програмних засобів, що підтримують візуалізацію цифрових записів у формі електронних карт, а також додаткові функції, властиві сучасним засобам типу картографічних візуалізаторів або браузерів з можливостями, які дублюють деякі операції повномасштабних програмних засобів ГІС.

Неважко помітити, що електронні атласи копіюють усі типи продукції паперового атласного картографування. Електронні видання, відтворюючи набір властивостей, традиційних для атласного картографування, додають до нього безліч функціональних можливостей, які можуть бути реалізовані виключно в цифровому середовищі. Тому типологію ЕА розумно будувати, виходячи з їх функцій. Одна з функціональних класифікацій запропонована Ф. Ормелінгом у вигляді тривимірної матриці класифікації “атласних інформаційних систем”, що виділяють, інтерактивні та аналітичні функції візуалізації та типи ЕА, які їм відповідають.

У ширшому сенсі функціональні рубежі, які можуть використовуватися при типології, пов'язані з форматами А4 (зазвичай растровими і векторними), інтерактивністю/неінтерактивністю роботи з ними, можливістю/неможливістю операції з атрибутивною частиною даних, введенням нових просторових об'єктів і їх атрибутування, вбудовуванням некартографічних елементів змісту ЕА (підтримка багатьох середовищ), генерацією нефіксованого (довільного) набору карт за безліччю початкових даних з використанням розвинених засобів їх графічного оформлення, використанням операцій просторового аналізу. Функціональна класифікація ЕА може бути подана набором їх типів, що відображають: багатство функцій, які обслуговують їх використання, включаючи візуалізацію картографічної та іншої графіки, а також доступ до неграфічних форм даних (статистичних таблиць, БД, тексту, елементів *мультимедіа*); пошук інформації і оброблення запитів до БД; організацію інтерфейсу користувача; можливості доповнення тополого-геометричної та атрибутивної частини даних даними користувача, імпорту даних з інших програмних засобів, генерації карт довільного змісту з використанням широкого набору графічних засобів (на відміну від жорстко регламентованого їх набору у вигляді растрових копій А4 або композицій векторних карт); аналітичні операції з атрибутивною частиною даних (розрахунок похідних статистик) або просторово-аналітичні можливості, що

зближують ЕА з програмним засобом ГІС; настроюваність на вимоги користувача і доповнюваність функцій за допомогою вбудованих макромов програмування.

Класифікацію веб-атласів наведено на рисунку 7.1.

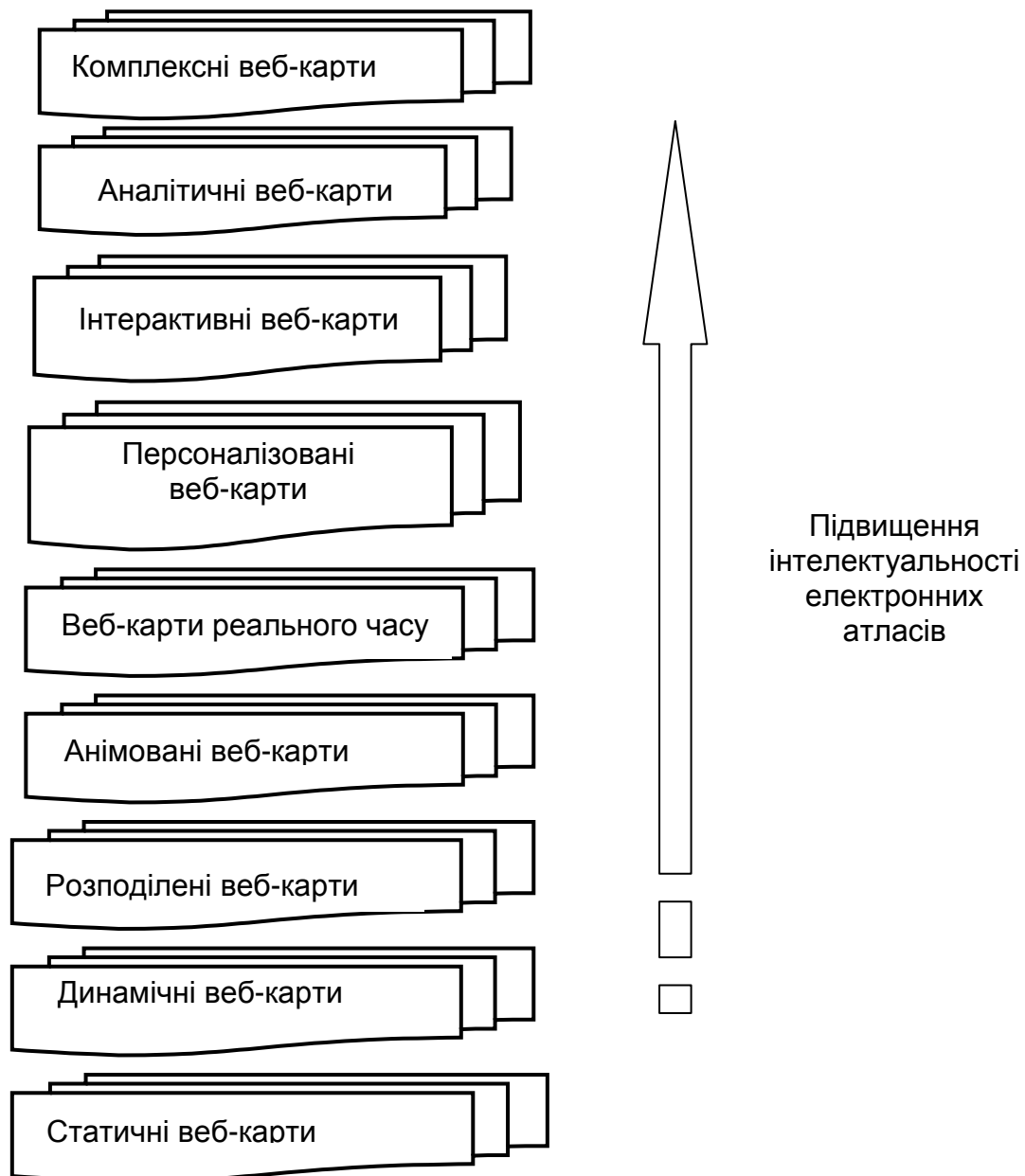


Рисунок 7.1 – Класифікація електронних веб-атласів

Спираючись на відомі приклади ЕА, можна **виділити п'ять типів**, які відповідають ступеням практично безперервного ряду розширення функціональних можливостей ЕА (передбачається, що старші типи успадковують або можуть успадковувати функції молодших типів; через неможливість присвоїти кожному з них скільки-небудь короткий термін, вони поки просто пронумеровані):

**Тип 1.** Фіксовані набори відеоекранних копій («слайдів») або іншої растрової картографічної графіки в поширених форматах графічних

файлів (GIF, TIFF, bitmap та ін.), посторінкові, що «перегортаються» за допомогою простого *браузера*, зазвичай з меню з переліком сюжетів карт (змістом атласу). Найбільш примітивний тип ЕА, до якого належали перші експериментальні ЕА, зокрема хрестоматійний приклад атласу Автономної Республіки Крим.

ЕА цього типу може дублювати зміст видаваної паралельно паперової версії атласу, допускає прискорене і мало витратне оновлення змісту з атласами, виданими традиційними поліграфічними засобами. Електронна версія атласу в такому простому, дешевому, але вкрай обмеженому функціонально виконанні може тимчасово замінювати більш функціонально багатий його варіант. ЕА такого типу не потребують спеціалізованих програмних засобів (перегляд забезпечує зазвичай примітивний браузер власного виготовлення або загальнодоступні засоби підготовки демонстрацій або презентаційної графіки).

**Тип 2.** Засіб відтворення масштабованих векторних карт, найчастіше їх фіксованих наборів, підготовлених на основі цифрових карт або набору шарів ГІС, з візуалізації фіксованого переліку елементів змісту (можливо з їх розвантаженням). Засоби перегляду допускають масштабування зображення і його центрування, скролінг; засоби навігації включають можливість візуалізації шуканого фрагмента карти за ієрархічними рубризаторами (списками об'єктів політико-адміністративного поділу, населених пунктів, аеропортів, об'єктів туристичного бізнесу і т. ін.). Зазвичай містять у край обмежений набір атрибутів (площі територіальних одиниць, людність населених пунктів, таблиці відстані тощо), деякі картометричні засоби (розрахунок відстаней між вказаними пунктами або по маршруту руху), текстові коментарі до карт або текстову частину з вербальними характеристиками об'єктів. Зазвичай не містять засобів доступу до атрибутивної частини даних, можливостей її доповнення іншими даними, зокрема похідними на основі результатних або даними користувача.

Типовим прикладом подібних атласів можуть бути ЕА світу на CDROM. До них можна віднести фіксовані набори растрових А4, що використовуються як основа для векторних (зазвичай точкових) атрибутованих елементів тематичного навантаження. Програмні засоби ЕА такого типу: картографічні візуалізатори / в'ювери з обмеженими можливостями (зазвичай загальнодоступні типу *public domain* або навмисно функціонально скорочені версії програмних засобів настільного картографування, картографічних візуалізаторів або ГІС, програмні засоби власного розроблення під функції конкретного електронного продукту).

**Тип 3.** ЕА другого типу з додатковими можливостями, що включають доступ до атрибутивної частини даних, її доповнення даними користувача, введення нових (зазвичай точкових) об'єктів і їх атрибутування, а також візуалізацію, що забезпечується доступом до графічних засобів (до бібліотек картографічних символів) або засобів їх проектування. На відміну

від ЕА другого типу, програмні засоби повинні включати прості функції графічного (картографічного) редактора.

**Тип 4.** Гібридні ЕА, що забезпечують візуалізацію і навігацію в різномірних графічних і неграфічних середовищах. Основний зміст ЕА цього типу становлять фіксовані композиції векторних карт з можливістю доповнення їх об'єктами користувача у вибраній ним схемі символізування атрибутів і значна некартографічна супровідна інформація у формі текстових описів карт і їх об'єктів, табличної статистики, що дублює або доповнює зміст генерованих карт, «слайдів» з фотографіями об'єктів, космічних знімків, ділової графіки, що ілюструє узагальнену за територією статистику. У найбільш довершеній формі цей тип ЕА може містити традиційні елементи мультимедіа (анімацію, цифрове відео, звук). Картоцентрична мультимедійна організація картографічної й некартографічної складових змісту ЕА – не єдиний з вживаних підходів. Аналогічну багатосередовищність можна підтримувати засобами гіпертексту, де організуючим началом матеріалу є текст з перехресними посиланнями на елементи іншого типу, включаючи А4 (типовий приклад – картографічні сторінки інтернету). Рекомендований програмний засіб для користування атласом цього типу – достатньо багатофункціональний картографічний візуалізатор з мультимедійними можливостями або гіпертекстовий браузер.

**Тип 5.** Аналогічний четвертому типові ЕА, доповнений можливостями проектування і створення картографічних зображень, близькими або ідентичними повнофункціональним картографічним візуалізаторам. Містить набір шарів, що візуалізуються засобами створення композицій карт, включаючи вибір картографічних проекцій, вибір шарів, що візуалізуються, із заданим порядком графічної композиції, засобів картографічного зображення з достатньо повного їх набору (картодіаграма, картограма, масштабовані значки тощо) з палітрами графічних засобів (штрихування, колірні заливка полігональних об'єктів; стиль, колір і товщина ліній для лінійних об'єктів; векторні масштабовані значки для точкових об'єктів тощо), автоматичне або інтерактивне розміщення географічних назв, шкалювання діапазону мінливості кількісних характеристик, проектування легенди карти в цілому, компоновка картографічного зображення (назва карти, легенда, чисельний і графічний масштаб, стрілка «північ – карти – врізання», інше текстове і графічне додаткове оснащення і т. ін.). Цей тип є по суті інструментом проектування ЕА довільного змісту самим користувачем, «віртуальний» ЕА, потенційно закладений у початкових даних і тематично визначений безліччю об'єктів з їх атрибутами (які, до того ж, можуть бути відредаговані, доповнені, змінені й актуалізовані, принаймні у своїй атрибутивній частині) і доступними операціями оброблення. Може розглядатися як один з результатів реалізації геоінформаційного проекту з використанням багатофункціонального програмного засобу ГІС або засобу

настільного картографування. Середовище користувача – повнофункціональний картографічний візуалізатор, зокрема у складі програмного засобу ГІС, зазвичай з деякими функціями просторового аналізу (це інтерактивний аналітичний ЕА). Ця група ЕА функціонально не обмежена, наближаючись за своїми можливостями до ГІС. Атласні інформаційні системи (АІС) мають розвинені моделювальні функції, можуть містити експертні системи і оформлятися як повномасштабні мультимедійні конструкції.

В умовах функціональної схожості інтерактивних аналітичних ЕА високого рівня з ГІС, одна з їх відмітних ознак вбачається в тому, що електронному атласу, на відміну від ГІС, властива **оповідна**, а не діалогова парадигма структурної організації.

## 7.2 Національні атласи

*Національний атлас* – капітальний картографічний твір, що відображає природу, населення, економіку, культуру, екологію, історію країни. Це видання, що виконує «роль культурного посланця за рубежем», візитна картка країни. Атлас відображає ступінь вивченості країни, рівень її економічного розвитку і досягнення картографічного виробництва.

Перший національний атлас був виданий у Фінляндії 1899 р., потім вийшли друком атласи Єгипту, Чехословаччини та інших країн. Після Другої світової війни багато країн видали свої національні атласи. Велика заслуга у справі створення національних атласів належить Комісії національних атласів, засновані 1956 року Міжнародним географічним союзом.

Одним із прикладів картографічного твору такого типу є Національний атлас Білорусі (Мінськ, 2002).

Атлас є комплексним науково-довідковим географічним і картографічним виданням, що дає цілісне уявлення про природу, населення і господарський комплекс Білорусі. Атлас містить 593 карти, об'єднані в 19 розділів, 11 з яких присвячені природним умовам, ресурсам і їх оцінюванню, 7 – соціально-економічним умовам і 1 – історії країни. Основний масштаб карт, поміщених на розвороті, – 1:1 250 000. Інші карти складено в масштабах 1:2 000 000, 1:4 000 000, 1:6 000 000, 1:8 000 000 тощо.

Атлас існує також в електронному варіанті і є складовою інформаційної системи Республіки Білорусь, він створює необхідне наукове, методичне та інформаційне забезпечення державного управління і розвитку. Карты атласу є основою для подальшого тематичного і комплексного картографування країни. Історію видання комплексних атласів в Україні наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Історія видання комплексних атласів в Україні

Рік видавництва	Назва атласу
1928	Географічний атлас України
1937	Атлас України й сусідніх країн
1962	Атлас Української РСР і Молдавської РСР
1996	Україна. Атлас
2005	Комплексний атлас України
2007	Національний атлас України

Розглянемо як приклад електронного атласу **Національний атлас України** — науково-довідкове офіційне державне видання (рисунк 7.2), в якому висвітлено сучасні дані про Україну. Він характеризує природні умови і ресурси, демографічну, економічну, історичну ситуацію в Україні.



Рисунок 7.2 – Національний атлас України

Атлас налічує 440 сторінок форматом 35,2 x 47 см, 875 карт різного масштабу, майже 100 сторінок тексту, графіки й фотографій. Тираж – 5 тис. примірників. Вага книги – 6,5 кг. До атласу додається книга з текстами і легендами карт англійською і російською мовами.

Атлас містить шість тематичних блоків. Це й історія України, починаючи зі стародавніх часів, природні умови і ресурси, інформація про демографічний стан і чисельність українців, а також блоки про економіку й екологію. Атлас також має електронну версію.

Повна електронна версія Національного атласу України випущена на DVD українською мовою тиражем 5 000 примірників. Вона містить 875 карт з таких розділів:

I	ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА	(38 карт)
II	ІСТОРІЯ	(79 карт)
III	ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ПРИРОДНІ РЕСУРСИ	(320 карт)
IV	НАСЕЛЕННЯ	(181 карта)
V	ЕКОНОМІКА	(181 карта)
VI	ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	(76 карт)

Карти розділів «Населення» та «Економіка» підготовлені у векторному вигляді у форматі isgeoMap, інші – у форматі Adobe Flash. Для цього веб-прототипу підготовлено 19 карт у форматі Adobe Flash, що дають уявлення про зміст кожного із шести вказаних розділів. Структура, тексти до розділів, легенди цих 19 карт перекладені на англійську мову. <http://wdc.org.ua/atlas/>

### 7.3 Основні вимоги до формування структури атласу

Основні вимоги до формування структури атласу:

- в атласі потрібно використовувати мінімальну кількість різних картографічних проекцій – це спростить порівняння карт;
- доцільно вибрати один масштаб для всіх карт, а якщо це не виходить, то масштаби повинні бути кратними – також для полегшення взаємного зіставлення карт;
- карти атласу повинні складатися на єдиних базових географічних основах;
- у атласі слід дотримуватися певного балансу між кількістю аналітичних, комплексних і синтетичних карт;
- легенди різних карт, шкал і градацій слід взаємно погоджувати;
- важливо дотримуватися на картах атласу, по можливості, єдиного рівня генералізації і однакової детальності зображення явищ;
- абсолютно обов'язкове взаємне узгодження карт різної тематики, усунення випадкових розбіжностей в зображенні контурів – під час створення атласів узгодження карт є основною турботою картографів;
- усі дані, надані в атласі, повинні бути віднесені до однієї дати, до єдиного часового інтервалу;
- карти повинні мати загальні принципи оформлення, єдиний стиль дизайну.

Ці вимоги не завжди легко здійснити. Виникають певні суперечності, наприклад, обмеження різноманітності масштабів суперечить бажанню зобразити окремі території детально, а прагнення зберегти єдиний підхід до генералізації не завжди узгоджується з рівнем вивченості того або іншого явища. З цієї ж причини досить складно дотримуватись єдності шкал і градацій, привести всі дані до єдиного часового зрізу. З'являються суперечності й при визначенні змісту атласу. З одного боку, бажано освітити явище якнайповніше і навести більше карт різної тематики, а з іншого – обсяг атласу не безмежний, і необхідне його доцільне обмеження.

## 8 СИСТЕМА ГЕОЗОБРАЖЕНЬ

### 8.1 Квадрат Берлянта

Аналіз властивостей геообразень показує, що між різними їх видами часто немає різких меж, вони неначе утворюють єдиний ряд. Наприклад, немає принципів відмінностей між звичайними і електронними картами, хоча на останніх можуть переміщатися знаки і змінюватися кольори. А від електронних карт вже один крок до анімацій. Так само існує плавний перехід від карт і фотокарт до знімків. При цьому поступово слабшають одні властивості і з'являються інші. Наприклад, при переході від карт до знімків наростають властивості «копійності». А при переході від знімків до стереомоделей, фотоблок-діаграм і потім до рельєфних карт виявляється тривимірність і об'ємність геообразень.

Умовно **систему геообразень** можна подати у вигляді “**Квадрата геообразень**” (рисунок 8.1), який був розроблений А. М. Берлянтом 1996 р. Ця діаграма ілюструє взаємозв'язки і закономірності зміни властивостей у системі геообразень.

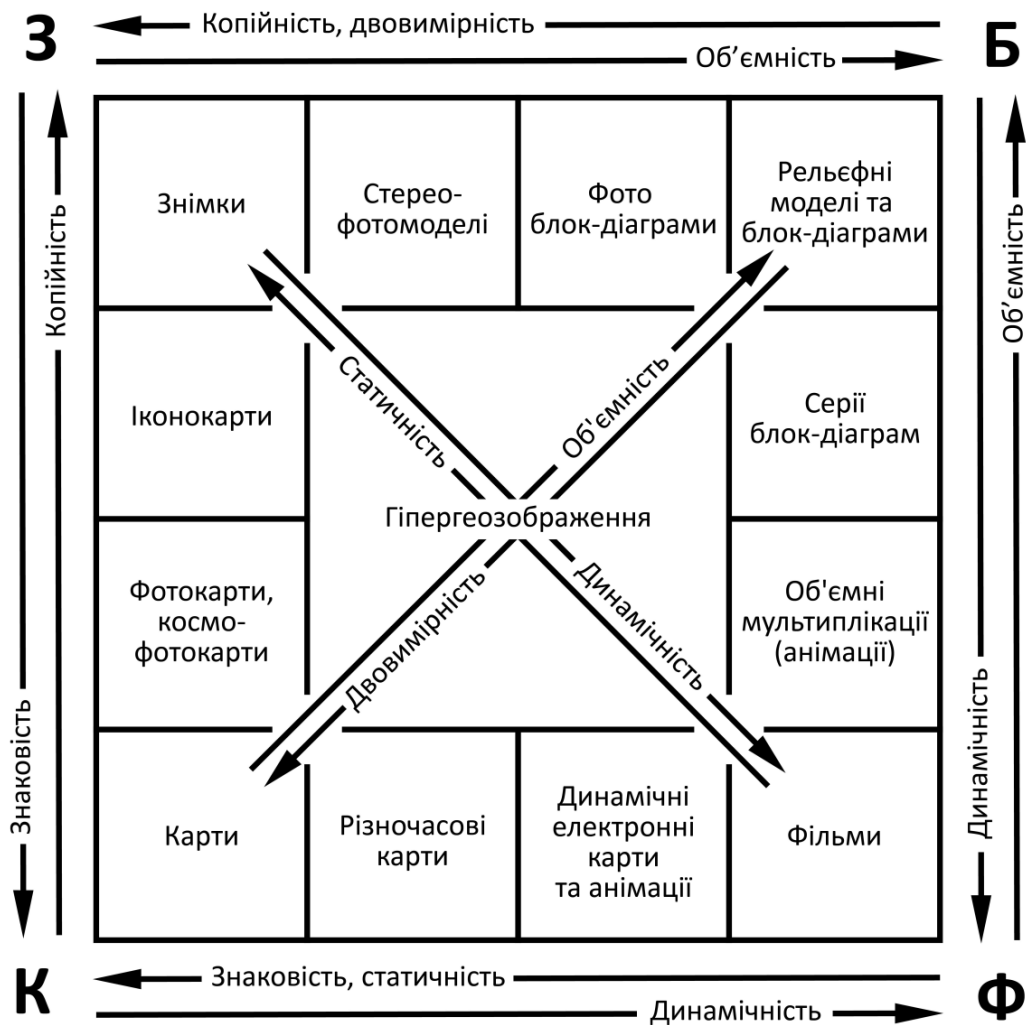


Рисунок 8.1 – Схематичне подання системи геообразень

У кутках квадрата поміщаються умовно-знакові плоскі статичні моделі (карти – **К**), плоскі статичні зображення, отримані шляхом зйомки (знімки – **З**), об'ємні статичні моделі (блок-діаграми і рельєфні карти – **Б**) і динамічні моделі (фільми – **Ф**). Проміжки між ними займають перехідні геозображення.

Система геозображень може відображатися і круговою діаграмою, яка передає достатньо плавні зміни властивостей, поступові взаємні переходи. Однак на круговій діаграмі показано далеко не всі секторипелюстки. Так, між картами і знімками можна розмістити ще перспективні карти, фотоплани і фотопортрети місцевості. Плоский графік не здатний передати все різноманіття взаємних переходів і комбінацій, це лише одна з моделей системи геозображень, що відображає поступовість зміни форм і властивостей графічної візуалізації. Центральну частину діаграми займають найбільш складні графічні моделі, що різною мірою синтезують властивості карт, знімків, об'ємних і динамічних зображень. Це згадувані вище гіпергеозображення. З розвитком комп'ютерних технологій стає цілком реальним конструювання гіпергеозображень із заданими властивостями. Яскравим прикладом гіпергеозображень є моделі, які отримують у процесі глобального моніторингу. Смуги космічної зйомки, що покриває Земну кулю виток за витком, сполучають («зшивають»), проводять корекцію їх яскравості і геометричну корекцію, потім трансформують у задану проекцію для карт світу, офарблюють в умовні кольори і додають властивості стереоскопічності. У результаті отримана модель має точність карти, детальність знімка і наочність стереомоделі. До того ж така електронна карта-знімок програмно керована, і у міру надходження нових даних вона оновлюється в режимі реального часу, тобто набуває рис комп'ютерної анімації.

Таким чином, **гіпергеозображення** – це програмно-керовані моделі, властивостями яких можна керувати в міру необхідності. З розвитком комп'ютерних технологій стає цілком реальним конструювання гіпергеозображень з будь-якими заданими властивостями. З'являються, наприклад, особливі стереокarti або об'ємні фотозображення гірського рельєфу з наперед розрахованим освітленням і розподілом тіней.

Отже, прогрес в області вдосконалення системи геозображень так само нескінченний, як і в будь-якій іншій сфері творчого пошуку. Виникають нові завдання, пов'язані з вибором оптимальних діапазонів космічної зйомки, нових картографічних проекцій, нових образотворчих засобів, способів генералізації, з урахуванням особливостей зорового сприйняття динамічних зображень.

## 8.2 Поняття про розпізнавання графічних образів

Графічний образ – це те, що ріднить усі геозображення і об'єднує їх в систему. Цей добре відомий, хоч і важко визначуваний феномен є

ефективним засобом моделювання і комунікації, він легко осяжний людиною, але надзвичайно складний для формалізації.

У філософії і гносеології образ розуміється як результат пізнавальної діяльності людини. При почуттєвому пізнанні образ дається у відчуттях, уявленнях, а в процесі мислення – у формі понять, думок, висновків. Матеріальною ж формою втілення образу є різні знакові і копійні моделі. У російській мові слово «образ» означає не тільки ідеальну форму віддзеркалення об'єктів у людській свідомості («ідеальний образ» у філософському трактуванні), але ще і вигляд, наочне уявлення про об'єкт, його зовнішність, фігуру, контур, подібність об'єкта і його зображення. У такому трактуванні «образ» майже синонімічний «зображенню», більше того, в російській мові це однокореневі слова, а в англійській і французькій – поняття «образ», «зображення», «відображення» взагалі позначають одним словом – *image*.

У математиці образом якогось елемента *a* вважається елемент *b*, в який цей елемент *a* перетворюється. При цьому *a* називають прообразом елемента *b*. Іноді функції багатьох змінних інтерпретуються як образ *n*-вимірного простору.

У завданнях розпізнавання образів йдеться про виділення деякої узагальненої характеристики, що об'єднує сукупність об'єктів у заданий клас – образ. Мабуть, математичний підхід дає ключ до розуміння графічного образу як деякого характерного рисунка, конфігурації, структури, що відобразила реально існуючі природні або соціально-економічні об'єкти. Втім, рисунок геозображення може передавати й абстрактні структури, теоретичні побудови, концептуальні моделі.

Інакше кажучи, **графічний образ на геозображенні** – це структура, яка відображає реальну або абстрактну геоструктуру (геосистему), що є її прообразом. Це модель (знакова або іконічна), що дає вигляд, контур, подібність геосистеми, зображення її.

Географи, геологи, ґрунтознавці та інші фахівці в області наук про Землю підкреслюють, що форма, морфологія геосистеми безпосередньо пов'язані з її генезисом, а сама структура графічного образу відображає якісні та кількісні характеристики об'єкта. Графічний образ завжди містить у собі таку просторову інформацію, яку важко адекватно відтворити у вербальній або цифровій формі. Вивчення ролі графічних образів у мисленні, і особливо у формуванні просторових знань і уявлень, стало предметом багатьох психологічних і психофізичних досліджень у картографії. Картографічний образ трактується як просторова знакова структура (комбінація, композиція), що сприймається читачем або читальним пристроєм.

Картографічні образи створюються відомими в картографії графічними засобами: формою знаків, їх величиною, орієнтуванням, кольором, відтінками кольору, внутрішньою структурою. Аналогічно цьому на знімках графічний (фотографічний) образ створюється за рахунок

форми, структури, текстури зображення, його кольору й тону. Але не тільки знаки і графічні образотворчі засоби формують графічний образ, величезну роль відіграє **просторова комбінація знаків**, їх взаємне розташування, розміщення відносно просторових координат, взаємна впорядкованість, об'єднання або накладення та інші відношення. За словами А. Ф. Аслан, «функцію відображення простору картографічний знак виконує своєю «грою», своєю просторовою «поведінкою». Без цієї «гри» знак нічого не відображає, окрім самого себе.

Будь-який графічний образ має властивості (рисунок), відмінні від властивостей (рисунок) окремих знаків, що сформували його. Читачі карт, знімків і похідних від них геозображень порівняно легко орієнтуються в тисячах образів, уміло вибираючи з безлічі знакових комбінацій саме ті, які наповнені потрібним змістом, при цьому свідомо відкидаючи і виключаючи з розгляду порожні, безглузді комбінації.

Важливо зазначити, що всі графічні образи, які існують на картах та інших геозображеннях, не є чимось абстрактним або умоглядним. Просторові графічні комбінації можна оцінити картометрично і подати в кількісному вираженні, вказавши напрям, відстань, площу, об'єм і т. ін. Це, зокрема, забезпечує можливість математичного моделювання геозображень, а на більш високому рівні – автоматичного розпізнавання графічних образів.

Уявлення про графічні образи набуло найбільшого розвитку в картографії. Вона виявилася найбільш прогресивною в цьому відношенні, оскільки створення карт завжди націлене саме на оптимізацію картографічних образів, а використання карт – на їх визначення (розпізнавання, перетворення) і аналіз. З цим безпосередньо пов'язано розуміння суті картографічної інформації. Теоретичні дослідження показали, що картографічна інформація є результатом взаємодії картографічних образів і читача карти.

Таким чином, **картографічна інформація** – це не навантаження карти, не кількість знаків, не вірогідність їх появи або ступінь різноманітності, а результат сприйняття картографічних образів. Більш того, інформація виникає лише в системі «карта – читач карти» або «карта – розпізнавальний пристрій». Це можна подати у вигляді такого виразу:

**$KЗ \rightarrow КО \rightarrow КІ$ ,**

тобто картографічні знаки ( **$KЗ$** ) формують просторові картографічні образи ( **$КО$** ), а ті, у свою чергу, є джерелом картографічної інформації ( **$КІ$** ).

**Графічний образ на карті або знімку** – це не уявна, ідеальна конструкція, а саме рисунок, узор, модель.

**Розпізнавання образів означає пізнання, розрізнення саме графічних рисунків, узорів на геозображеннях.**

Багаторічний досвід використання карт, знімків та інших геозображень свідчить про те, що графічні образи – основне джерело інформації.

По суті, використання карт, дешифрування знімків, аналіз екранних зображень – це завжди розпізнавання й аналіз графічних образів, їх вимірювання, перетворення, зіставлення.

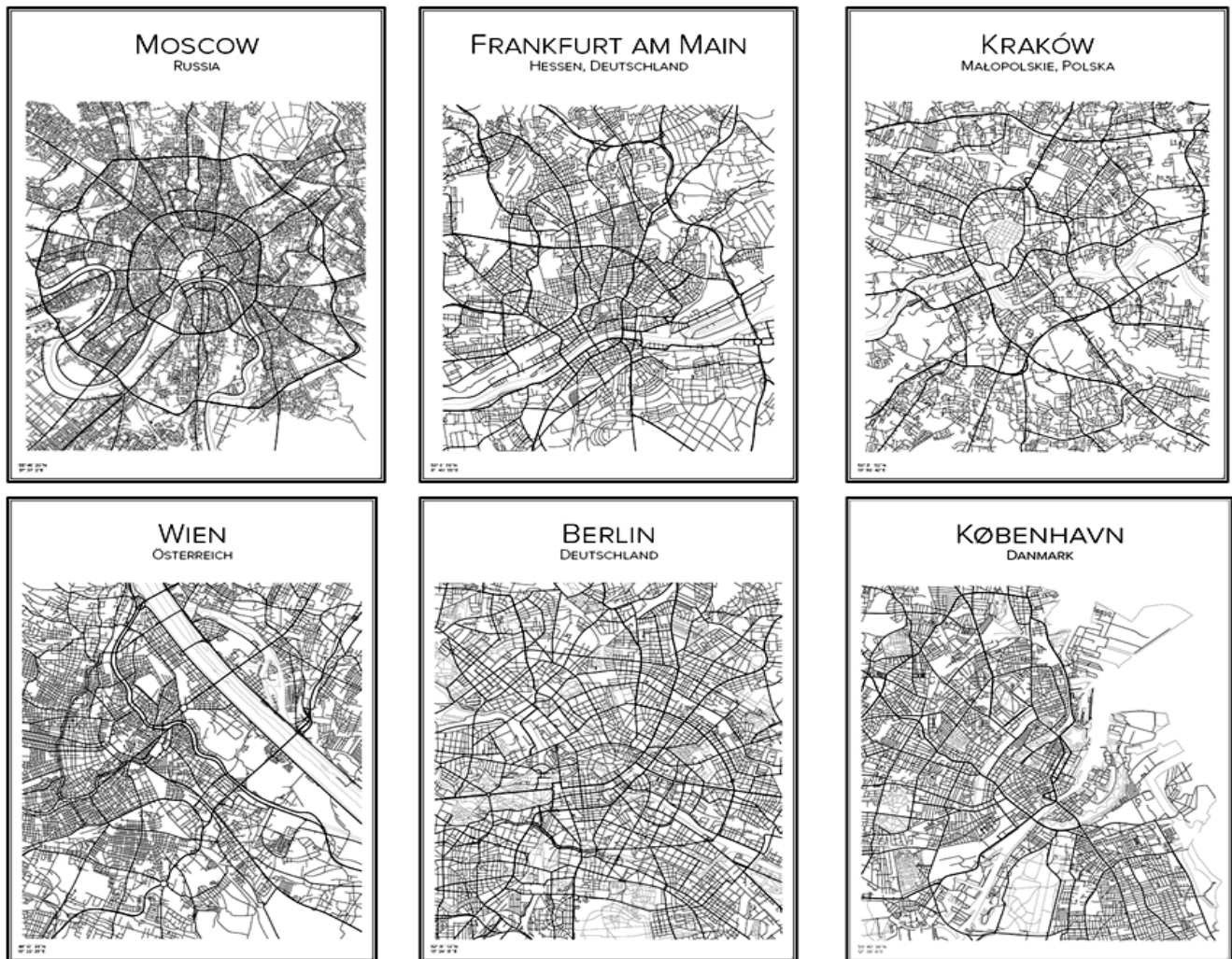


Рисунок 8.2 – Графічні образи міст

На рисунку 8.2 графічними засобами зображено шість міст. Образотворчі засоби однакові, але графічні образи різні. На рисунку легко відрізнити радіально-концентричне планування Москви з яскраво вираженим старим центром, кільцевими магістралями і великими новими околицями від прямокутних впорядкованих кварталів Берліну, зведеного за єдиним планом, і від характерної протяжної смуги забудови Відня, розташованого на березі річки.

Графічні образи, просторові структури, конфігурації міст на наведеному рисунку надзвичайно інформативні. У них відображено географічне положення, рельєф місцевості і ландшафт, історію розвитку міст, їх функціональні типи, вони містять приховану інформацію про умови життя в містах і особливості міського середовища. Все це досвідчений дослідник визначить, аналізуючи графічні образи й асоціативно застосовуючи весь арсенал своїх історико-географічних пізнань. Самі

графічні образи наштовхують його на це, вони характерні, впізнавані і саме тому високоінформативні.

Фахівці в області наук про Землю часто мають намір схематизувати геозображення, прагнучи отримати простий і чіткий графічний образ, що виявляє просторову структуру об'єкта, який вивчається, щоб таким шляхом краще зрозуміти його генезис. Типовим прикладом такого роду є дослідження геофізичних полів. Зазвичай для розуміння будови земної кори важливі не стільки абсолютні значення геофізичних аномалій, скільки їх характерні конфігурації. Вони є діагностичною ознакою, що вказує на генезис або етап розвитку тієї або іншої області на земній кулі. Інформація, яку дає геозображення, є результатом сприйняття й аналізу графічних образів. Їх розпізнавання завжди зводиться до встановлення відповідності між конкретними об'єктами і елементами деякого ознакового простору, що характеризує весь клас об'єктів. У загальній теорії розпізнавання образів йдеться про систему *вирішальних правил*, що дають змогу на основі деякого апріорного набору ознак (номінальних, метричних, імовірнісних, структурно-топологічних та ін.) віднести графічний образ до того чи іншого класу (еталону), що відображає деяке явище або процес.

Надійне розпізнавання об'єктів за допомогою формалізованого набору ознак є можливим лише за умови, що ознаки у межах цього ознакового простору не перетинаються. Скажімо, такі лінійні елементи, як річки, горизонталі, дороги, межі тощо, візуально легко розпізнаються незалежно від масштабу, проекції й орієнтації об'єктів. Для цього досить врахувати найзагальніші топологічні властивості зображень, такі як наявність або відсутність замкнутості, зчленувань і перетинів (вузлів). Принцип розпізнавання лінійних зображень за поєднаннями їх топологічних властивостей ілюструє таблиця 8.1.

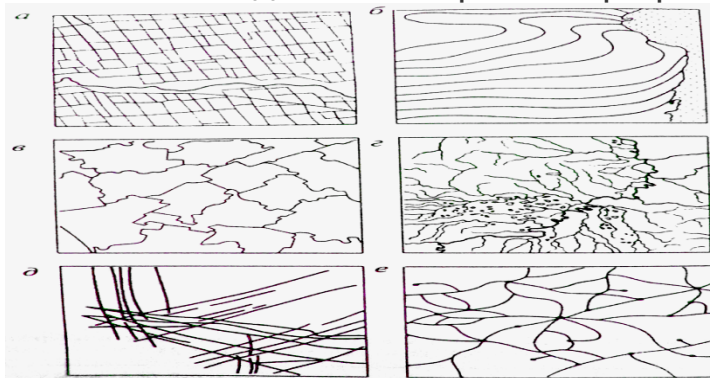
Таблиця 8.1 – Розпізнавання лінійних картографічних зображень

Властивості	Класи зображень			
	Ізолінії	Річкова мережа	Дорожня мережа	Межі
Наявність розімкнених ліній				
Відсутність вузлів				
Наявність 3-променевих вузлів				
Наявність 4-променевих вузлів				
Наявність складніших вузлів				

*Примітка.* **Зафарбовані** клітинки означають наявність ознаки.

На рисунку 8.3 добре видно, що ознаки класу «ізолінії» не перетинаються з ознаками класу «річкова мережа». Але річкова мережа і дорожня мережа перетинаються за деякими загальними ознаками: і ті й інші мають гіллясті конфігурації і вузли (злиття). Відмінності між такими графічними образами дуже рухомі, розмиті, зустрічається багато

прикордонних конфігурацій, що переходять від одного класу до іншого. Не тільки розпізнавальні автоматичні системи не завжди здатні розрізнити їх, але навіть дуже досвідченим дослідникам під час дешифрування знімків часто важко віднести конкретний графічний образ до того або іншого типу.



- а — межі земельних угідь;
- б — ізолінії;
- в — адміністративні межі;
- г — гідромережа;
- д — тектонічні тріщини;
- е — мережа автодоріг.

Рисунок 8.3 – Конфігурації деяких лінійних елементів на картах

Складнощі полягають не лише в обмежених можливостях розпізнавальних пристроїв, а й у відсутності чітких меж між близькими конфігураціями, в наявності безлічі прикордонних графічних образів і таких, що переходять від одного класу до іншого. Досвід показує, що формалізоване розпізнавання графічних образів залишається надзвичайно складною проблемою, оскільки йдеться про **класифікацію конфігурацій**, про їх аналітичний опис. Навряд чи в найближчому майбутньому можна сподіватися на повну автоматизацію процесу розпізнавання графічних образів. Найімовірніше, рішення слід шукати в інтерактивних людино-машинних процедурах, що сполучають переваги алгоритмічного та евристичного підходів, можливості автоматики й образне мислення вченого. У картографії і дистанційному зондуванні накопичено чималий досвід розпізнавання і дешифрування геозображень. Завжди при цьому спочатку потрібно визначити параметри образів, вибрати підстави для їх класифікації, а потім – найбільш інформативні ознаки. Далі необхідно звернутися до систем вирішальних правил, що дають змогу відносити кожен досліджуваний образ до того або іншого класу.

У перспективі автоматизоване розпізнавання графічних образів на геозображеннях має спиратися на такі елементи:

- каталоги (банки) характерних і чітко помітних еталонів графічних образів природних і соціально-економічних явищ;
- формалізовані описи графічних образів, їх структури й ознак;
- об'єктивні заходи схожості/відмінності графічних образів з еталонами і між собою (картометричні, морфометричні, фотометричні, ймовірнісно-статистичні);
- вирішальні правила інтерактивної (людино-машинної) класифікації графічних образів.

## 9 ГЕОІКОНІКА

### 9.1 Єдина теорія геозображень

Безліч видів графічних просторово-часових моделей, різноманіття методів роботи з ними і сфер застосування потребують формування єдиної теорії геозображень. Існує багато чинників, що визначають доцільність створення такої теорії:

- спільність об'єктів, що вивчаються (що відображаються), – географічних, геологічних, океанологічних, планетологічних та ін.;
- зростаюча кількість і різноманітність геозображень різних класів і видів;
- наявність загальних модельних властивостей;
- схожість сприйняття, читання і розпізнавання людиною;
- єдність науково-технічних прийомів аналізу, розпізнавання і перетворення;
- необхідність комплексного використання і взаємного поєднання під час вирішення наукових і практичних завдань.

Галуззю науки, яка займається загальними проблемами геозображень, стала **геоіконіка**. Початок її формування належить до середини 80-х рр. ХХ ст.

**Геоіконіка** (від геозображення) – синтетична галузь знання, що вивчає загальну теорію геозображень, методи їх аналізу, перетворення в науці і практиці. Вона є частиною **іконіки** – науки про зображення, що вивчає загальні властивості зображень, методи їх отримання, оброблення і відтворення.

Геоіконіка поєднала в собі картографію, аерокосмічне зондування і геоінформатику – три дисципліни, кожна з яких має справу з геозображеннями певного типу: картами, знімками, електронними моделями (рисунок 9.1).

Вона скріпляє, сполучає ці дисципліни, зосереджуючи увагу на вивченні загальних властивостей геозображень. При цьому геоіконіка вбирає в себе елементи теорії розпізнавання образів, спирається на досягнення машинної графіки, психології сприйняття і тісно контактує з науками про Землю, планети і суміжними з ними соціально-економічними науками.

У своєму сучасному розвитку **геоіконіка найбільше спирається на теорію географічної картографії**, тобто на ту дисципліну, яка досягла найвищих результатів у теоретичному осмисленні геозображень, їх властивостей, законів формування, а головне – у практиці їх створення і використання.



Рисунок 9.1– Геоіконіка в системі наукових дисциплін

Геоіконіка включає в коло своїх інтересів теоретичні проблеми системного вивчення просторово-часових моделей, оцінювання їх інформативності, взаємної сумісності, загальні принципи генералізації, закони сприйняття і т. ін. Велика увага приділяється методикам оброблення і розпізнавання геозображень, прийомам кількісного аналізу, технологіям оцифрування, перетворення, підвищення якості, зберігання і відтворення. У прикладному плані геоіконіка розвиває методи інтерпретації і застосування геозображень у географії, геології і геофізиці, екології і соціально-економічних науках. Цілі і завдання геоіконіки такі, що вона є підсистемою, яка охоплює картографію, аерокосмічне зондування і геоінформатику. Але діалектика розвитку і опора на географічну картографію поступово ведуть до того, що геоіконіка стає частиною оновленої й інтегрованої системи картографічних дисциплін.

## 9.2 Масштаби простору

Масштаб геозображень є функцією його призначення, технічних засобів зйомки, забезпеченості фактичним матеріалом. Одночасно він визначає найбільш істотні властивості геозображень: від масштабу залежать просторовий обхват і обсяг змісту геозображень, їх роздільна здатність, детальність і геометрична точність. Масштаб задає рівень узагальнення і абстрагування показаної інформації, ступінь її інтеграції і генералізації, він визначає інформативність зображення, а вона, зрештою,

диктує використання і встановлює межі застосування карт, знімків, анімацій.

З масштабом і ступенем абстрагування безпосередньо пов'язані й евристичні властивості геозображень як засоби пізнання навколишнього світу. Дрібномасштабні геозображення, подібно до телескопа, відкривають погляду дослідника великі простори і планетарні закономірності. При цьому частковості не видно, а деталі узагальнені й згладжені.

Зовсім інша картина виявляється на великомасштабних геозображеннях. Вони, немов мікроскоп, показують лише малу частину простору, але натомість з великою докладністю, безліччю деталей і мікроформ. За картами і знімками великого масштабу простежують локальні закономірності.

Класифікуючи геозображення за масштабом, найчастіше виділяють три групи: велико-, середньо- і дрібномасштабні. Проте характерно, що градації, прийняті для основних видів геозображень (карт, аеро- і космічних знімків), не однакові. Масштабні класифікації мають пряме відношення до просторового обхвату.

Що стосується аерофотознімків, то їх масштаб найбільше залежить від висоти фотографування: за інших рівних умов масштаб знімка тим дрібніше, чим вище піднятий аерофотоапарат. З вертольотів зйомка ведеться в основному у великих, іноді в середніх масштабах, з літаків – у середніх і дрібних масштабах, а з висотних літаків отримують дрібномасштабні і **наддрібномасштабні** аерофотознімки. Приймаючи триступінчате ділення, виділяють аерознімки:

- великомасштабні – 1:5 000 і більше;
- середньомасштабні – від 1:5 000 до 1:100 000;
- дрібномасштабні – дрібніше 1:100 000.

Масштаб космічних знімків також тісно пов'язаний з висотою зйомки. Так, автоматичні міжпланетні станції, що пролітають на відстані в десятки тисяч кілометрів від Землі, дають дуже дрібномасштабні зображення видимої її частини — знімки півкулі. Метеосупутники і пілотовані космічні станції, що облітають Землю на орбітах заввишки до декількох тисяч кілометрів, дають змогу отримувати знімки в основному в середніх масштабах, охоплюючи окремі континенти, океани і великі їх частини. А з орбіт заввишки в декілька сотень кілометрів і із застосуванням довгофокусних об'єктивів отримують дуже детальні великомасштабні зображення, що покривають території площею близько 100 тис. км<sup>2</sup>.

Триступінчата класифікація для космічних знімків має такий вигляд:

- великомасштабні знімки – більше 1:1 000 000;
- середньомасштабні – від 1:1 000 000 до 1:10 000 000;
- дрібномасштабні – від 1:10 000 000 до 1:100 000 000.

Наведена класифікація масштабів для трьох основних видів геозображень відображає важливий, хоча й достатньо очевидний факт:

карти за своєю детальністю займають проміжне положення між аеро- і космічними знімками (таблиця 9.1).

Таблиця 9.1 – Масштабні класифікації геозображень

Геозображення	Велико-масштабні	Середньомасштабні	Дрібномасштабні
Аерофотознімки	Більше 1:5 000	1:5 000 – 1:100 000	Дрібніше 1:100 000
Карти	1:100 000 і більше	1:200 000 – 1:1 000 000	Дрібніше 1:1 000 000
Космічні знімки	Більше 1:1 000 000	1:1 000 000 – 1:10 000 000	Дрібніше 1:10 000 000

Практика застосування геозображень у науках про Землю свідчить про те, що кожному просторовому рівню дослідження відповідає деякий оптимальний діапазон масштабів карт і знімків. Наприклад, дрібномасштабні геозображення зручні для дослідження природної зональності, вивчення великих гірських систем і планетарних тектонічних структур. Середньомасштабні карти й знімки придатні для районування регіонів, аналізу глобальних лінеаментів і кільцевих структур, а за великомасштабними картами і аерофотознімками зручно вивчати будову ландшафтів, мікрорельєф і мікроклімат території, окремі геологічні структури. Для основних геозображень співвідношення масштабу, обхвату простору і рівня дослідження наведені в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Рівні дослідження геоданих залежно від масштабу карт, аерокосмічних знімків

Рівень дослідження	Обхват простору, км	Діапазони масштабів для		
		карт	космічних знімків	аерофотознімків
Глобальний	108	1:60 000 000 – 1:10 000 000	1:100 000 000 – 1:20 000 000	—
Континентальний/океанічний	107	1:15 000 000 – 1:1 000 000	1:50 000 000 – 1:5 000 000	—
Регіональний	105 – 106	1:2 500 000 – 1:200 000	1:10 000 000 – 1:1 000 000	1:100 000 – 1:20 000
Субрегіональний	103 – 104	1:500 000 – 1:50 000	1:2 000 000	1:50 000 – 1:5 000
Локальний	102	1:100 000 – 1:5 000	—	1:10 000 – 1:1 000
Фаціальний	10 – 10 <sup>-2</sup>	1:10 000 і більше	—	1:5 000 і більше

На локальному рівні дослідження космічні знімки застосовують нечасто, а на фаціальному – практично не використовують. Навпаки, аерознімки не застосовують на глобальному рівні і вкрай рідко – на континентальному/океанічному рівні.

Зазвичай діапазон вибору геозображень того або іншого масштабу багато в чому визначається їх якістю (роздільною здатністю, кольором,

спектральним діапазоном) і характером вирішуваних завдань. Відомо, що аерознімки використовують тоді, коли ставиться завдання підвищити детальність досліджень, виявити подробиці, яких немає на картах і космічних знімках.

Тому при дослідженні завжди прагнуть узяти знімки більшого масштабу, ніж карти. На глобальному рівні діапазони масштабів аерознімків і детальних карт зближуються, а далі вони все більше розходяться. На субрегіональному і регіональному рівнях відмінності масштабів дуже значні.

### 9.3 Часові діапазони геозображень

При використанні різночасних геозображень важливо знати їх часові діапазони, тобто відрізки часу, які можна відображати, вивчати, моделювати з їх допомогою. В цьому відношенні практично необмежені можливості різночасних карт – звичайних електронних, комп'ютерних анімацій і т. ін. Вони здатні передати динаміку й еволюцію явищ за будь-який уявний відрізок часу: від години (наприклад, на синоптичних картах) до геологічних епох (на картах палеографічних). Карти-реконструкції і карти-прогнози дають змогу відобразити ближню і дальню ретроспективу і зазирнути у віддалене майбутнє.

Якщо ж говорити не про карти-реконструкції, а про документальні картографічні матеріали, з достатньою точністю фіксації минулих станів природи, населення і господарства, то часовий діапазон звужується до двох-трьох сторіч. У Росії, наприклад, планомірні державні топографічні зйомки були виконані петровськими геодезистами в першій половині XVIII ст. Ряд держав Європи мають у своєму розпорядженні достатньо точні карти 300-річної давності.

Фонд аерокосмічних знімків характеризується істотно іншим діапазоном часу. Різночасні аерознімки дають змогу побачити динаміку явищ в інтервалі від декількох годин до декількох десятиліть. Планомірне аерофотознімання територій і акваторій почалося в середині 20-х років XX ст., а для більшості районів Землі багато пізніше. Що стосується космічних знімків, то, як відомо, перші пробні зйомки були виконані в 60-х роках, а активне впровадження дистанційного зондування припало на 70-80-ті роки минулого сторіччя. Сьогодні різночасні космічні зйомки дають змогу прослідкувати еволюцію приблизно за три десятиліття. Зауважимо, що повторюваність сучасних орбітальних космічних зйомок для ресурсних супутників типу *Landsat*, *SPOT*, «Метеор-Фрагмент» становить близько доби, для метеосупутників – декілька годин.

Таким чином, часові діапазони для основних видів геозображень мають порядок, указаний у таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 – Діапазони використання різночасних геозображень

Геозображення	Часові діапазони
Карти, електронні карти	Година – 200–350 років
Палеогеографічні і прогнозні карти (звичайні й електронні), комп'ютерні моделі, анімації і т. ін.	Будь-який часовий відрізок від години до мільйонів років
Аерофотознімки, фотокарти і похідні від них геозображення	Година — 70–80 років
Космічні знімки, космофотокарти і похідні геозображення	Дні — 30–40 років

Для динамічних геозображень виправдане поняття **масштабу часу**, або, краще сказати, **часового масштабу**. Тоді, наприклад, 1:86 000 означатиме, що одна секунда демонстрації фільму відповідає (приблизно) одній добі; 1:600 000 – приблизно 1 секунда : 1 тиждень; 1:2 500 000 – 1 секунда : 1 місяць і 1:31 500 000 – 1 секунда : 1 рік.

Таким чином, з'являється можливість розрізняти повільно-, середньо- і швидкомасштабні геозображення. Важливо мати на увазі, що різні явища мають різні **характерні інтервали простору-часу**, в межах яких виявляються особливості їх структури і динаміки.

Наявність характерних просторово-часових співвідношень для різних об'єктів, явищ і процесів враховують при використанні різночасних геозображень, зйомках, **картографуванні** і моніторингу.

Проведення наукових і практичних досліджень потребує вибору оптимальних **просторово-часових рівнів (діапазонів) геозображень**, тобто тих інтервалів, у межах яких можливі зміни виявляються найкращим чином.

## 10 ГЕОСЕМІОТИКА

### 10.1 Відео- й аудіозмінні. Поняття про геосеміотику

Мова геозображень підпорядкована загальним законам семіотики, але має свої особливості. За аналогією з графічними змінними корисно ввести поняття візуальних і аудіозмінних для геозображень. При цьому треба мати на увазі, що сучасні геозображення синтезують графічні засоби і звукові ефекти, які використовуються для відображення зовнішнього середовища.

Картографічні змінні включають форму, розмір, орієнтування, колір, тон (світлину) і внутрішню структуру знаків, а використання фотозображення привносить такі графічні (оптичні) змінні, як яскравість, текстура (зернистість, смугастість), контраст, колір, тон зображення і розподіл тіней. Для тривимірних зображень додаються ракурс, перспектива, пластичність і розподіл тіней. Але найефектніший засіб формування геозображень – це динамічні графічні змінні, що використовуються в анімаціях.

У технологіях створення віртуальних геозображень застосовуються такі специфічні графічні засоби моделювання зовнішнього середовища, як освітленість або затемненість усієї місцевості і окремих її ділянок, ефекти туману, дощу, снігопаду, а також стан земних покривів (трав'яний, сніжний покрив). Поєднання дизайну об'єкта і зовнішнього середовища – складне завдання. Нарешті, до аудіозмінних можна віднести звучання мови (читання тестових пояснень, підказок) і музичний супровід (наприклад, виконання мелодії, що створює весняний настрій, гімну країни) (таблиця 10.1). Для посилення реалістичності застосовують аудіокліпи із записами гуркоту вулкана, що вивергається, руху потягів, співу птахів.

Таблиця 10.1 – Відео- і аудіозмінні геозображень

Групи	Змінні та ефекти
Картографічні змінні	Форма, розмір, орієнтування, колір, світлота, внутрішня структура
Фотографічні змінні	Яскравість, текстура, контраст, колір, тон, світлотінь
Об'ємні ефекти	Ракурс, перспектива, пластичність, світлотінь
Динамічні змінні	Тривалість, деформація знаків, масштабування, панорамування, зміна ракурсу, зміна кольорів
Ефекти зовнішнього середовища	Освітленість/затемненість, атмосферні явища, структура земного покриву
Звукові ефекти	Мова, музика, аудіокліпи, шуми

Враження небезпеки, що наближається (наприклад, наростання ризику сходження лавини), може створити посилення «турбуючого» шуму разом з появою червонуватих (алармістських) тонів і «тривожним» миганням знаків. І в цьому виявляється перехід до мультимедійних засобів моделювання.

Таким чином, **відбувається формування геосеміотики – розділу геоіконіки, в якому розробляється мова геозображень**. Його відмінність від традиційної картографічної семіотики полягає в тому, що є можливість подати геозображення не тільки в статиці, але і в динаміці, і не тільки саме по собі (ізолювано), але і в конкретному навколишньому середовищі. Ці нововведення ще не цілком освоєні й осмислені, поки лише робляться спроби їх систематизації і взаємного поєднання. Подальший розвиток геосеміотики повинен забезпечити активне керування комунікативними властивостями геозображень.

## 10.2 Генералізованість геозображень

Генералізованість – невід’ємна властивість усіх геозображень. Теорія і методи картографічної генералізації розробляються давно, детально досліджені її принципи, точність, суб’єктивні чинники і формальні критерії. Теорія, що генералізує аерокосмічні геозображення, вивчена гірше, і пов’язано це з тим, що вона довго не визнавалася «справжньою» (порівняно з картографічною) через її механічний, нетворчий характер. Те, що генералізація на знімках виникає неначе сама собою, призвело ще і до того, що в аерофототопографії, а згодом і в космічному зондуванні її науковому осмисленню приділялося мало уваги.

Проблеми теоретичного осмислення генералізації виникли у зв’язку з впровадженням автоматики. Саме цей процес виявився каменем спотикання через труднощі алгоритмізації неформальних сторін генералізації. Нові проблеми виникли з появою динамічних геозображень. Генералізація набула ще одного вимірювання – часового. Розгляд геозображень з позицій геоіконіки показує, що картографічна генералізація не є єдиним «законним» видом генералізації, вона існує і в інших видах і варіантах.

**Картографічна генералізація** – це відбір, узагальнення, виділення головних, типових рис об’єктів, що зображуються на карті, відповідно до призначення і масштабу, змісту карти і особливостей території, що картографується. Завдяки генералізації карта не є простою копією об’єкта. Картограф «пропускає» її крізь власний мозок і руки, внаслідок чого карта несе в собі відбиток його уявлень про об’єкт, знання, науковий досвід. Оперуючи філософськими категоріями, можна сказати, що генералізована карта – це суб’єктивний образ об’єктивної дійсності.

Дистанційна генералізація – це геометричне і спектральне узагальнення зображення на знімках (аеро-, космічних, наземних, підводних), що визначається комплексом технічних чинників (методом зйомки, її висотою, спектральним діапазоном, масштабом, роздільною здатністю) і природними особливостями (характером місцевості, атмосферними умовами).

Генералізацію цього виду називають по-різному: оптичною, фотографічною, космічною, механічною і т. ін. Вона виникає, перш за все, внаслідок збільшення висоти, коли багато об'єктів стають просто невиразними. Інакше кажучи, зі зменшенням масштабу зменшується і роздільна здатність знімка, його властивості роздільно відтворювати дрібні деталі місцевості. Крім того, чим вище піднята знімальна апаратура, тим товще шари атмосфери, тому земні об'єкти розрізняються менш чітко, контури їх стають розпливчатими, контрасти слабшають, а деякі малоконтрастні об'єкти зливаються.

При дистанційній генералізації інтегруються (синтезуються) спектральні і геометричні характеристики об'єкта, а зміна детальності зображення приводить до перебудови його структури. На космічних знімках дрібного масштабу генералізація буває настільки сильною, що стають виразно видно крупні (планетарні) блоки літосфери і біосфери, виявляються межі природних зон і навіть макроелементи соціально-економічної інфраструктури.

Дистанційна генералізація – механічний процес, хоча певною мірою його можна контролювати, наприклад, змінюючи технічні параметри зйомки, підбираючи ті або інші діапазони, чутливі матеріали і знімальну апаратуру.

Динамічна генералізація – механічне (анімаційне) узагальнення зображення, що дає змогу простежувати головні, найбільш стійкі у часу закономірності, типові довготривалі тенденції розвитку явищ шляхом зміни швидкості демонстрації фільмів і анімацій.

Принцип дистанційної генералізації, який визначається швидкістю зміни кадрів, простий, але ефект його ще недостатньо вивчений. Його суть полягає в тому, що під час швидкої демонстрації анімації короткоперіодичні зміни швидко промайнуть на екрані і глядач побачить лише довготривалі зміни, а під час повільної демонстрації, навпаки, динамічні процеси можна розглянути у всіх подробицях. Таким чином, динамічна генералізація додає до картографічної і дистанційної ще один аспект – часовий, дуже корисний для вивчення структури і динаміки географічного простору.

Нарешті, як особливий вид виділяється **автоматична (логіко-математична), або «машинна», генералізація**, яка виявляється у формалізованому відборі, згладжуванні і фільтрації зображення відповідно до заданих формальних критеріїв. Згладжування спрощує звивисті контури, ізолінії і розчленовані поверхні. Залежно від прийнятих параметрів (згладжувальних функцій, кроку або вікна згладжування) можна отримати лінії і поверхні різної гладкості. Для тих же цілей

застосовують апроксимувальні функції, за допомогою яких отримують поверхні тренда, по суті – це те саме згладжування. Аналогічний сенс мають і процедури фільтрації, коли початкове зображення пропускають крізь фільтри, неначе крізь сито з осередками (вікнами) різної величини, створюючи ефект генералізації.

Процес автоматичної генералізації добре піддається керуванню, але в нього важко вводити неформальні оцінки, змістовні ціннісні параметри.

Отже, всі геозображення мають ту або іншу генералізацію, хоча вона виявляється в різних видах і варіантах. Плани, карти і похідні від них геозображення будь-якого масштабу піддаються картографічній генералізації, знімки – дистанційній, анімації – динамічній, а комп'ютерні оброблені або перетворені геозображення – автоматичній генералізації. Комбіновані геозображення, приклади яких наведено в таблиці 10.2, поєднують у собі різні види генералізації. Скажімо, фотокарти мають ознаки і картографічної, і дистанційної генералізації, а перетворені космічні знімки – автоматичної і дистанційної.

Таблиця 10.2 – Види генералізації геозображень

Вид генералізації	Картографічна	Дистанційна	Динамічна	Автоматична
Картографічна	Карти, плани			
Дистанційна	Фотокарти, космофотокарти	Аеро- і космічні знімки		
Динамічна	Картографічні фільми	Серії різночасових знімків	Кінофільми і анімації	
Автоматична	Віртуальні карти	Синтезовані і перетворені знімки	Картографічні фільми, анімації	Електронні карти

Особливим комбінованим видом є інтерактивна генералізація, що поєднує змістовні принципи картографічної генералізації і формальні логіко-математичні прийоми.

Таким чином, генералізація геозображення у різних її проявах стосується геометричної форми об'єктів, їх якісних і кількісних особливостей, спектральних характеристик, динамічних аспектів. Розуміння загальних її закономірностей наближає до вирішення проблеми **керування генералізацією геозображення**, надзвичайно актуальною з огляду на їх використання в наукових дослідженнях.

Відмінності між формами генералізації очевидні. Якщо виділити головний момент у кожному з видів, то для картографічної генералізації – це відбір, для дистанційної – узагальнення, для динамічної – стиснення у часі, для автоматичної – згладжування. Найбільшою гнучкістю і

керованістю відрізняється генералізація картографічна, а найменшою – дистанційна. Слід мати на увазі дві важливі загальні властивості генералізації:

- генералізація будь-яких геозображень веде не тільки до згортання і втрати даних, але й сприяє появі якісно нової інформації і закономірностей;

- послідовне підвищення рівня генералізації забезпечує прояв на геозображеннях рис усе більш великих геосистем.

Наслідком цього є важливі закономірності. Вивчення різномасштабних геозображень тієї самої території стає засобом дослідження геосистем різного порядку, виявлення їх просторової ієрархії. У міру посилення генералізації на геозображеннях все виразніше виявляються провідні закономірності просторового і часового розподілу різномасштабних геозображень одних і тих же територій. Це стає засобом дослідження геосистем різного порядку, виявлення їх просторової ієрархії. Генералізація за своєю сутністю сприяє зняттю дрібних флуктуацій, звільненню зображення від випадкових похибок і дефектів, унаслідок чого головні властивості постають в «очищеному» вигляді.

## 11 ПОНЯТТЯ ТА ПРИНЦИПИ ГІС-АНАЛІЗУ

### 11.1 Призначення ГІС-аналізу

Географічні інформаційні технології існують вже близько 30 років. Проте люди використовують їх переважно для створення карт. ГІС же може значно більше. Використання аналітичних можливостей ГІС допомагає з'ясувати, чим обумовлено місцеположення певних об'єктів і які між ними зв'язки. Дослідивши можливості ГІС в області просторового аналізу, можна отримати точнішу й оновлену інформацію, а також створити нові дані, недоступні раніше.

Володіння цією новою інформацією допоможе глибше оцінити причини вибору місцеположення об'єкта, знайти найкраще рішення, наперед бути готовим до прийдешніх подій і умов.

Причини недостатнього використання ГІС-аналізу при використанні ГІС-технологій:

1. Використання ГІС тільки недавно набуло значного поширення, і для багатьох ця технологія все ще є нововведенням. Через це багато організацій тільки тепер завершують побудову баз ГІС-даних (процес, що донедавна віднімав достатньо часу, але пришвидшився завдяки величезній кількості доступних географічних даних сьогодні).

2. Трудомісткість і громіздкість аналітичного інструментарію ГІС. Нині використання доступних і легких в освоєнні графічних інтерфейсів усуває і цю перешкоду.

3. Багато людей не використовують ГІС для аналізу, тому що не знають, що можна робити з його допомогою, окрім складання карт і створення повідомлень. А якщо і знають, то не розуміють, як це застосувати.

Паралельно тому, як географічні дані стали доступними, програмне забезпечення ГІС стало більш легким для використання. Але для ефективного проведення ГІС-аналізу необхідно все ж таки знати структуру аналітичного процесу і можливості застосування його інструментарію для конкретних завдань.

Людина може навіть не уявляти що створюючи сьогодні карти, вона фактично вже залучена до процесу ГІС-аналізу. Одна з його цілей – допомогти сформувати більш довершені карти, які зможуть об'єктивно і точно відображати необхідну інформацію. Найбільш загальні завдання просторового аналізу, які щодня вирішують люди на робочих місцях:

- аналіз місцеположення об'єктів;
- аналіз розподілу числових показників;
- побудова карт щільності;
- пошук об'єктів усередині області;
- аналіз оточення;
- картування змін.

ГІС-аналіз дає змогу встановити закономірності розподілу і просторові взаємозв'язки у даних. За його результатами можна встановити потрібне місце, сконцентрувати зусилля в потрібному напрямку або зробити найкращий вибір, зіставляючи місцезположення об'єктів.

ГІС-аналіз є процесом пошуку просторових закономірностей у розподілі даних і взаємозв'язків між об'єктами. Аналітичні методи при цьому можуть бути як дуже простими – при звичайному створенні карти, так і складнішими, такими, що включають моделі, які імітують реальний світ шляхом об'єднання багатьох шарів інформації.

Методи просторового аналізу працюють у багатьох просторових і часових масштабах. При розгляді просторового аналізу суттєвими є такі аспекти:

1. Область. Областю геопросторового аналізу є поверхня Землі, оболонка над нею при аналізі топографії й атмосфери, оболонка під нею при аналізі ґрунтових вод і геології.

2. Масштаб. Масштаб сутностей геопросторового аналізу варіює від невеликих об'єктів (наприклад, записи археологів про місця знахідок шматочків керамічних виробів розміром декілька сантиметрів або меж власності, виміряних до міліметра) до глобальних (наприклад, аналіз температури поверхні і глобального потепління).

3. Час. Аналіз простягається в минуле (наприклад, історичні дослідження міграції населення, вивчення структури місць археологічних розкопок або детальне картування руху континентів) і в майбутнє (наприклад, спроби передбачити напрямки ураганів (рисунок 11.1), танення льодовиків або збільшення міських районів).

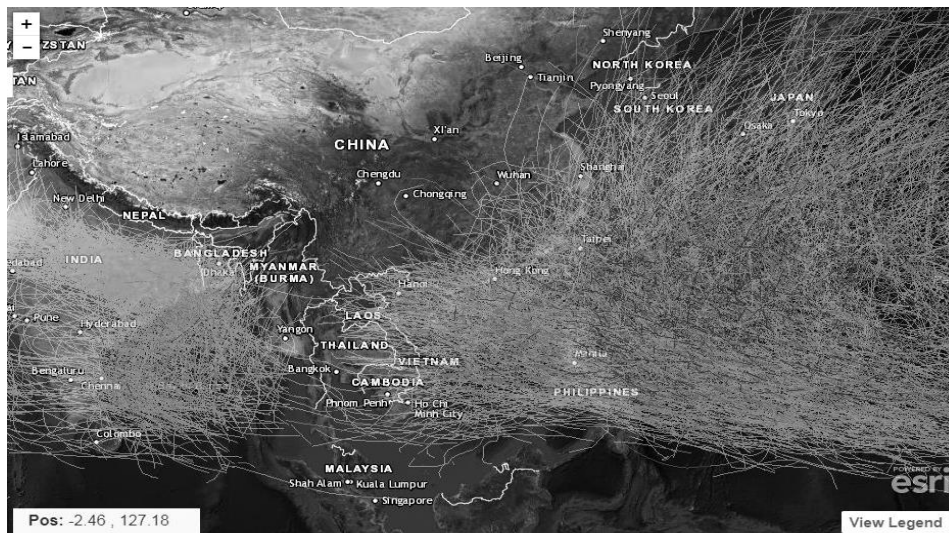


Рисунок 11.1 – Аналіз напрямків ураганів

Геопросторовий аналіз стосується проблеми, "що" і "де" відбувається. Геопросторовий аналіз використовує географічну інформацію, що є базовою для побудови аргументів, які забезпечують повноту просторового аналізу.

У принципі, немає ніяких обмежень щодо складності просторових аналітичних методів, які, можливо, знайшли застосування у світі і можуть бути використані для стимулювання цікавих ідей та підтримки практичних дій і рішень. Насправді деякі методи можуть бути простішими, кориснішими, глибшими, ніж інші.

ГІС-аналіз спирається на потужний математичний апарат й інструментарій інформаційних технологій і застосовується для вирішення величезної кількості завдань різних предметних областей.

## 11.2 Основні етапи ГІС-аналізу

Основними етапами ГІС-аналізу є:

- 1) постановка питання;
- 2) розуміння даних;
- 3) вибір методу аналізу;
- 4) оброблення даних;
- 5) оцінювання результатів.

**Постановка питання.** Починаючи аналіз, необхідно визначити, яку саме інформацію потрібно отримати. Частіше це робиться у формі постановки питання. Правильна постановка питання часто допомагає визначити, як краще зробити аналіз, який метод ефективніше використовувати і як краще подати результати.

Інші чинники, що впливають на процес проведення аналізу: як і хто використовуватиме його результати. Одна справа, коли в процесі власних досліджень слід прозондувати дані для виявлення особливостей їх розподілу або поведінки. Зовсім інша – коли необхідно надати результати політичним діячам або для публічної дискусії, наукового огляду або судового засідання. В останньому випадку методи аналізу повинні бути строгішими, а результати – більш обґрунтованими.

**Розуміння даних.** Тип даних і об'єктів, з якими потрібно працювати, визначає специфіку методу аналізу, який найдоцільніше використати. І навпаки, якщо необхідно використати конкретний метод, щоб отримати інформацію потрібної якості, слід забезпечити необхідний набір початкових даних. Потрібно добре уявляти, яка інформація (типи об'єктів і атрибутів) є у наявності і які дані необхідно ще отримати або створити. В процесі створення нових даних можуть з'явитися нові величини в таблиці даних або навіть нові шари карт.

**Вибір методу аналізу.** Майже завжди є два або три способи отримання необхідної інформації. Часто один метод швидший і дає наближену інформацію. Інші можуть потребувати детальніших даних, більшого часу і зусиль на оброблення, але забезпечать точніші результати. Слід вибрати метод аналізу, виходячи з поставленої проблеми і того, як будуть використані його результати. Наприклад,

необхідно виконати оперативний аналіз розбійних нападів у місті, щоб виділити неблагополучні ділянки.

Просто оцінити ситуацію можна, відобразивши на карті окремі злочини. Якщо ж інформація готується як доказ для слідства або суду, доведеться точніше позначити місця, де напади в конкретний період часу траплялися значно частіше.

**Оброблення даних.** Як тільки метод вибрано, необхідно побудувати ланцюжок його реалізації засобами ГІС, щоб ефективніше інтерпретувати результати. Визначитися з вибором параметрів, які можуть знадобитися для аналізу.

**Оцінювання результатів.** Результати аналізу можуть бути подані у вигляді карти, значень у таблиці або діаграми – фактично нової інформації. Необхідно вирішити, яку інформацію слід нанести на карту, як групувати значення для найкращого подання даних і чи допоможуть діаграми легше сприйняти інформацію. Під час оцінювання результатів можна визначити об'єктивність і необхідність отриманої інформації, прийняти рішення про повторення аналізу з іншими параметрами або застосування іншого методу. ГІС дає змогу порівняно легко внести необхідні зміни й отримати новий результат. Можна також оперативно порівняти результати різних методів аналізу і побачити, який з них відображає інформацію найточніше.

ГІС-аналіз – одна з головних функцій ГІС, що виконує потужну роботу геопроектингу для отримання додаткової та аналітичної інформації за допомогою різних аналітичних засобів ГІС (рисунки 11.1, 11.2).

Усі етапи аналізу значною мірою визначають тип просторових об'єктів, з якими проводиться робота. Таким чином, попередня типізація даних допомагає правильно організувати аналітичний процес. Тому наступними етапами аналізу мають бути типізація просторових даних, визначення способів їх подання в ГІС і порядку роботи з ними.



Рисунок 11.2 – Результат ГІС-аналізу забудови міста Амстердам

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Андрєєв С. М. Алгоритм автоматизованого визначення класу стабільності атмосфери для поточних метеоумов [Електроний ресурс] / С. М. Андрєєв, А. С. Нечаусов // Системи управління, навігації та зв'язку: зб. наук. пр. – Полтава : ПНТУ, 2018. – Т. 2 (48). – С. 105–110. – doi:<https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.2.105>.

Андрєєв, С. М. Методика побудови анаморфозних картографічних моделей для аналізу геоданих [Текст] С. М. Андрєєв, В. А. Жилін, А. П. Мельник // Сучасні інформаційні системи : наук. журн. – Харків : НТУ "ХПІ", 2019. – Т. 3, № 3. – С. 5–16.

Андрєєв, С. М. Методика побудови гіпсометричних картографічних моделей рельєфу за даними дистанційного зондування Землі [Текст] / С. М. Андрєєв, В. А. Жилін // Сучасні інформаційні системи : щоквартальн. наук.-техн. журн. – Харків : НТУ "ХПІ", 2020. – Т. 4., № 4. – С. 11–22.

Андрєєв, С. М. Геоінформаційні системи і бази даних [Текст] : навч. посіб. / С. М. Андрєєв, В. А. Жилін, О. Є. Лазарєва. – Харків : ХАІ, 2017. – 88 с.

Геоінформатика [Текст] / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др.; под ред. В. С. Тикунова. – М. : Изд. центр «Академия», 2005. – 480 с.

Геоінформатика [Текст] : учебник / под ред. В. С. Тикунова. – М. : Академия, 2005. – 279 с.

Danshyna, S. Yu. Solution of the problem of placing medical facilities in city development projects [Text] / S. Yu. Danshyna, A. S. Nechausov // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2020. – №. 3 (54). – С. 138–149. – doi 10.15588/1607-3274-2020-3-12

ДеМерс, Майкл Н. Географические информационные системы. Основы : пер. с англ. / Майкл Н. ДеМерс. – М. : Дата +, 1999. – 490 с.

Джонстон, Кевин. ArcGIS Geostatistical Analyst [Текст] : руководство пользователя / Кевин Джонстон. – М. : Дата +, 2001. – 279 с.

Митчелл. Э. Руководство по ГИС-анализу [Текст] : Часть 1. Пространственные модели и взаимосвязи / Э. Митчелл. – Киев : ЗАО ЕСОММ Со. Стилос, 2000. – 198 с.

Принципы построения геопорталов [Текст] : учеб. Пособие. Ч. 1 / С. М. Андреев, С. И. Березина, О. С. Бутенко, А. С. Нечаусов. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "ХАИ", 2012. – 88 с.

Світличний, О. О. Основи геоінформатики [Текст] : навч. посіб. / О. О. Світличний, С. В. Плотницький. – Суми : ВТД "Університетська книга", 2006. – 295 с.

Шипулін, В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем [Текст] : навч. посіб. / В. Д. Шипулін. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 313 с.

Навчальне видання

**Андрєєв Сергій Михайлович  
Жилін Володимир Анатолійович  
Нечаусов Артем Сергійович**

## **ГІС-АНАЛІЗ**

### **Частина 1**

Редактор Н. В. Мазепа

Зв. план, 2021

Підписано до друку 19.07.2021

Формат 60×84 1/16. Папір офс. Офс. друк

Ум. друк. арк. 4. Обл.-вид. арк. 4,5. Наклад 75 пр.

Замовлення 163. Ціна вільна

---

Видавець і виготовлювач

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

[Izdat@khai.edu](mailto:Izdat@khai.edu)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів  
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001