

DOI: 10.26565/2075-1893-2022-36-02
УДК: УДК 911.5/9

Віліна Пересадько*

д. геогр. наук, професор, декан факультету геології, географії, рекреації і туризму,
професор кафедри фізичної географії та картографії; e-mail: vilinaperesadko@karazin.ua;
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2439-2788>

Аліна Онищенко*

студентка ОПП «Картографія, геоінформатика і кадастр» кафедри фізичної географії та картографії;
e-mail: oalina394@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0006-7434-406X>

Оксана Браславська

д.пед.наук, професор, завідувач кафедри географії та методики її навчання;
e-mail: oksana.braslavska@udpu.edu.ua; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0852-686X>
Уманський педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова, 2, м. Умань, Черкаська область, Україна

Владислав Попов*

завідувач лабораторії геоінформаційних технологій і дистанційного зондування Землі факультету геології, географії,
рекреації і туризму; e-mail: admin@physgeo.com;
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5960-631X>

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

Експурс в історію зображення рельєфу на географічних картах

Метою даної статті є ознайомлення широкого загалу географів з історією трансформації способів зображення рельєфу на географічних картах в різних країнах світу для оптимізації вибору способів і прийомів роботи зі старовинними картами.

Основний матеріал. Однозначне, виважене і об'єктивне відображення місцевості – одне з основних завдань картографії, а відображення тривимірного елемента яким являється рельєф на горизонтальній площині – це проблема, яка впродовж століть викликала наукові полеміки серед географів, картографів, математиків і вимагала нових і нових спроб удосконалити зображення цього елемента на картах. У статті розглянуто ретроспективу розвитку візуалізації рельєфу за останні тисячу років. Виділено переваги і недоліки кожного із застосовуваних способів зображення рельєфу на географічних картах впродовж століть. Насамперед таких, як умовно-перспективний та профільно-силуетний. Наведені приклади застосування цих способів в картографії. Розглянуто місце і роль харківських вчених в процесі формування вчення про цифрові моделі рельєфу.

Висновки. Проаналізувавши історію та сучасність у сфері візуалізації рельєфу можна екстраполювати його перспективи на майбутнє. Так, до перспектив може належати покращена роздільна здатність і деталізація вхідної та вихідної інформації, а також подальший розвиток прийомів і методів динамічної візуалізації рельєфу, який змінюється під дією несприятливих антропогенних і природних (екзо-і ендеогенних) процесів і явищ в режимі реального часу.

Ключові слова: картографування рельєфу, гіпсометричний профіль, цифрова форма рельєфу, літографія, гравюра.

Як цитувати: Пересадько В., Онищенко А., Браславська О., Попов В. Експурс в історію зображення рельєфу на географічних картах. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2022. Вип. 36. С.13–23. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2022-36-02>

In cites: Peresadko, V., Onyshchenko, A., Braslavska O., Popov, V. (2022) Excursion into the history of relief imagery on geographic maps. *The problems of continuous geographical education and cartography*, (36), 13–23. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2022-36-02> (in Ukrainian)

Вступ. Упродовж останніх сімдесяти років у науковій картографічній літературі не затухає полеміка між прихильниками різних концепцій картографії на предмет того, «що є карта» - модель реальності, спеціальна мова чи засіб комунікації. Вважаємо що всі концепції мають право на життя, бо карта дійсно є моделлю реальної дійсності, яка засобами візуалізації (мови карти) передає інформацію про навколишній світ для того, щоб люди його краще розуміли, орієнтувались, вивчали, передавали свої знання прийдешнім поколінням та вирішували нагальні потреби сьогодення. І, як показали наші дослідження в галузі вивчення історії розвитку картографії, найбільш захопливим є процес трансформації способів передачі інформації про рельєф місцевості, регіону, Землі, Всесвіту. Водночас, як показує наш досвід викладання курсу «Топографія з основами геодезії», - для студентів освітніх програм спеціальностей 014.07 Середня освіта. Географія, 103. Науки про Землю та 106. Географія – тематика рельєфу на географічних, зокрема топографічних, картах, є складною для розуміння. Надзвичайно складними темами є читання рельєфу, вирішення прикладних задач за картами з рельєфом тощо. Методичні питання вирішення задач за картами з рельєфом залишимо для методичної літератури, а дану статтю ми хотіли присвятити питанням історичного розвитку зображення рельєфу на картах різних країн світу.

Вихідні передумови. Розуміння складних нюансів рельєфу того чи іншого регіону, його особливостей, фіксація його висот і ефективна передача їх за допомогою візуальних зображень захоплювали географів, зокрема картографів, протягом століть. Вивчення картографування рельєфу охоплює широкий спектр технік, кожна з яких має свої переваги та недоліки. Мистецтво зображення рельєфу продовжує розвиватися, покращуючи розуміння світу навколо нас, застосовуючи новітні геоінформаційні технології візуалізації, аналізу і синтезу інформації. Протягом історії існування географії і картографії в окремих країнах Європи і не тільки сформувались наукові школи, які відігравали ключову роль у сфері відображення рельєфу, сприяючи розробці конкретних способів та інструментів візуалізації рельєфу на картах. Головними причинами, чому саме ці країни мають давню традицію вивчення рельєфу, є, з одного боку, войовничість ряду країн, що потребує гарного знання місцевості для планування воєнних походів, а з іншої - унікальні географічні особливості тих чи інших країн, що зумовили потребу в точних картах для різних цілей, а не тільки воєнних. Наприклад, швейцарська наукова школа має багату традицію вивчення та презентації рельєфу, оскільки Швейцарія розташована в Альпах, що значно впливало на життя і планування економічної діяльності. Картографи цієї школи розробили методи та способи для точної візуалізації складного гірського

рельєфу. Досвід швейцарської наукової школи не має собі рівних, починаючи від способу штрихів та технік затінення до побудови сучасних цифрових моделей рельєфу. Швейцарське федеральне топографічне відомство, відоме як Swisstopo, протягом століть було передовим у створенні детальних топографічних карт країни. Сучасні карти Swisstopo демонструють рельєф з надзвичайною точністю.

Метою даної статті є ознайомлення широкого загалу географів з історією трансформації способів зображення рельєфу на географічних картах в різних країнах світу для оптимізації вибору способів і прийомів роботи зі старовинними картами.

Виклад основного матеріалу. Однозначне, вважане і об'єктивне відображення місцевості – одне з основних завдань картографії. З давніх-давен картографи шукали найбільш адекватні способи представлення інформації про оточуюче середовище, зокрема про рельєф. Основна складність полягає в проблемі відображення тривимірного об'єкта на двовимірній площині, а також у необхідності дотримання балансу між наочністю рельєфу та читанням інших деталей карти, таких як назви географічних об'єктів, дороги, річки тощо.

Передача тривимірної природи рельєфу у двовимірному зображенні здійснюється за допомогою різних методів та способів. Спосіб зображення рельєфу на картах – це результат відображення географічних особливостей поверхні Землі, що враховує існуючі технології збору, візуалізації і передачі інформації про рельєф. Методи та способи візуалізації рельєфу на картах розвивалися в тісному зв'язку з практичними потребами людей на різних етапах розвитку науки і техніки, їх вибір залежав від конкретних історичних періодів. У даній статті ми спробуємо в хронологічній послідовності розглянути застосування різних способів зображення рельєфу.

Одне з найдавніших геозображень, що дійшли до наших днів, – зображення північної Месопотамії, видряпане на глиняній дошці і датоване приблизно 2400 років до нашої ери. На цій, умовно кажучи карті, вже показані гори, точніше їх вид збоку. Такі бічні зображення знову з'являються на картах Середньовіччя. Вони широко використовувалися в епоху Відродження, в епоху розквіту картографії, та переважали у багатьох картах до кінця XVIII століття. Навіть сьогодні ми іноді стикаємося з цією зрозумілою графічною формою. Цей метод отримав назву *умовно-перспективного* або *профільно-силуетного*. Йому відповідають два способи – це штриховий, коли карти вручну викреслювалися тушшю (рис.1), та живописний, коли рельєф писався художниками маслом, як фрески (рис.2).

Таке зображення є достатньо наочним, оскільки передаються основні форми рельєфу, проте не точним, оскільки він не дозволяє визначити основні геометричні характеристики рельєфу (крутизну, висоту тощо). Але в ті далекі часи не було ні потреби,



Рис.1. Карта швейцарського озера Валензе з оформленням рельєфу штриховим способом. Робота Габрієля Боденера. 1720 р. [1]

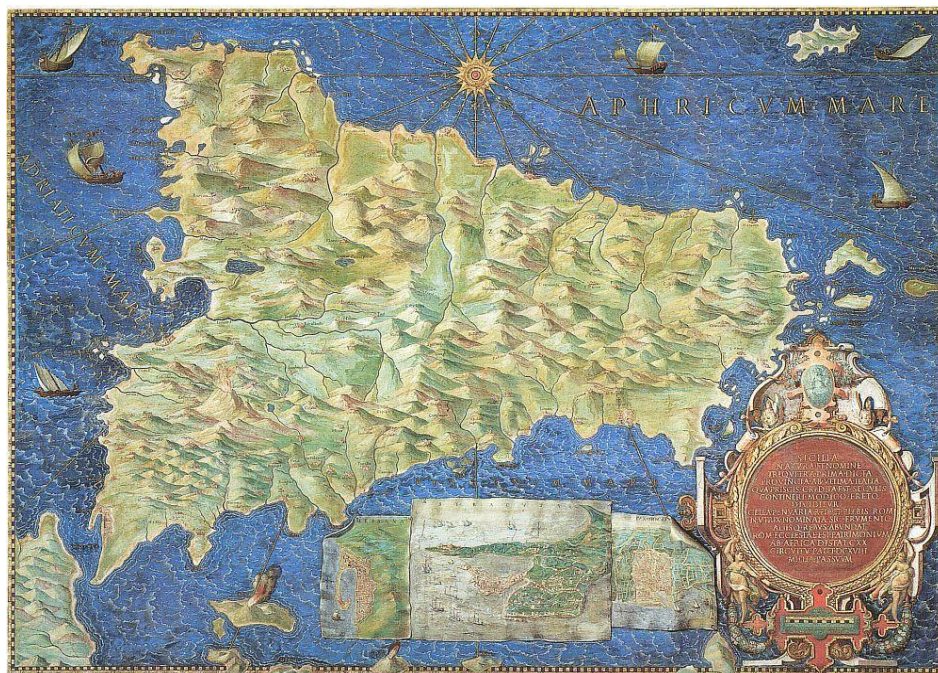


Рис.2. Живописна карта острова Сицилія з Галереї географічних карт в Папському палаці Ватикану. Робота Ігнатія Данті. 1850 р. [2]

ні технічної можливості зображати місцевість точніше [1].

Найпоширенішою формою зображення рельєфу в цей період залишалася «кротовина» – простий вид збоку правильно закругленої форми. Зазвичай ці символи розташовувалися рядами. Уже на картах в пізньому середньовіччі ми знаходимо символи у вигляді багат шарових плит. Такий приклад можна знайти на карті Західних Альп в руко-

писному атласі Птолемея 1454 року (рис.3). Саме тут вперше застосовуються лінії, що визначають форму схилу, також є присутність методу косоного освітлення. Вже пізніше виникли певні правила картографування у перспективі, де символи на передньому плані часто були крупнішими, ніж на задньому. В цей час встановився звичай поміщати тінь з правої сторони, тим самим створюючи ефект світла зліва.



Рис.3.Фрагмент карти Західних Альп.
З рукописного атласу Клавдія Птолемея. 1454 р. [3]

Великий вклад у розвиток умовно-перспективного методу зробили художники. Найвідомішими є карти Тоскани, створені Леонардо да Вінчі в 1503 році (рис.4). Вперше вони показують форми рельєфу не окремо, а безперервно, наче були побачені з космосу. Карти цього періоду вже не були одноманітними, тепер вони стали графічно диференційованими, вся місцевість була цілісно відображена. Вид збоку був замінений косим видом з висоти пташиного польоту, лінії похилу та штрихування посилювали враження тривимірного зображення.

Подальший розвиток методів та способів зображення рельєфу пов'язаний з винайденням гравюри.

Ще в X столітті в Китаї з'явилися технології гравюри – ксилографія та гравюра по дереву. Друковані карти XV століття й були власне гравюрами на дереві. З розвитком техніки гравюра на міді стала використовувати техніку гравюри на дереві (рис.5), оскільки на мідних пластинах було краще робити тонші, рівніші, більш щільні лінії рельєфу, що дозволило значно розширити топографічний зміст карт. Наприклад, у 1477 році, в Болоньї було надруковано Атлас Птолемея, виконаний саме в такій техніці. Однак зі збільшенням детальності часто відбувалося погіршення навичок малювання, результатом стала втрата читабельності карти. Гравюра на металі загалом поділялася на різцеву гравюру, коли зображення видряпувалося гострою голкою по металу, та офорт, коли проводилася хімічна дія на металеву пластину, яка потім використовувалася в якості друкованої форми.

З розвитком технологій топографічних знімачів і картоукладацьких робіт змінювались і підходи до зображення рельєфу. Так, у 1667 році Гансом Кондаром Гігером укладено карту Кантона Цюриха в масштабі 1 : 32 000, де вперше в історії картографування рельєф був зображений в плані (рис.6). Проте ця подія не мала сильного впливу на загальний розвиток картографування, оскільки такі карти були засекречені як військова таємниця [3]. Використовуючи сучасні технології при накладенні цієї карти на сучасну електронну карту можна виявити виняткову її точність. З поступовим переходом до планіметрично правильного зображення

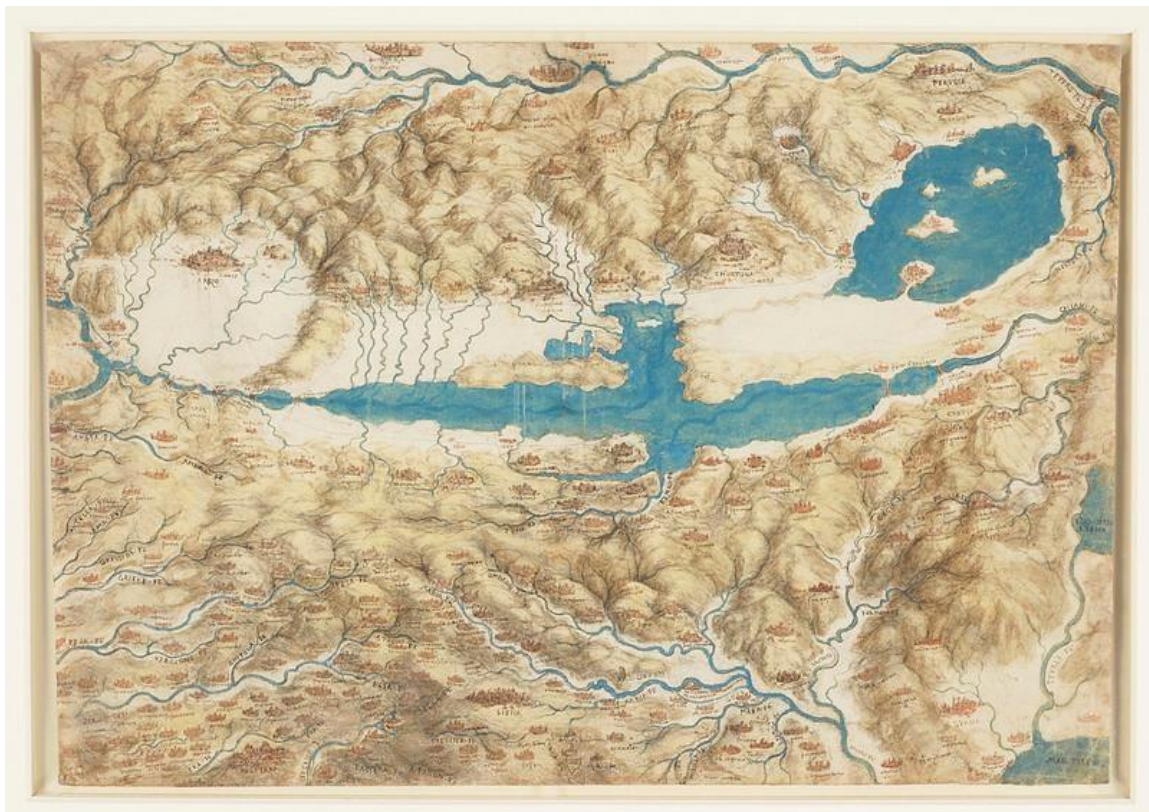


Рис.4. Тоскана. Робота Леонардо да Вінчі. 1503 р. [4]

перед картографами постала зовсім нова задача, оскільки в цей час не було можливості спостерігати за горами зверху, їх істинний вид був невідомий, тому зображення рельєфу в горизонтальній проекції значно ускладнювалося. Також існуючий на той момент спосіб гравюри на мідних пластинах суттєво обмежував методи, що підходять для планового відображення. Відповідно зросли потреби щодо правильного відображення основних геометричних характеристик форм рельєфу.

Спочатку штрихи малювалися по лінії найбільшого ухилу, оскільки лінія ухилу є відмінним індикатором форми — чим крутіший і більш розчленований схил, тим щільніше штрихування. Таким чином, усі похилі ділянки зображувалися штрихуванням, що показувало лінії нахилу, проте рельєф рівнинної частини місцевості залишався ніяк не відображеним. У перші роки представлення рельєфу цим способом зображення виконувалося нерегулярним та випадковим штрихуванням, що призводило до пернавантаження карти і не давало реалістичного тривимірного представлення рельєфу [3].

Великий внесок для вирішення цього питання зробив саксонський військовий топограф Йоганн Георг Леман. У 1799 році він розробив систему штрихування схилів, а згодом випробував її на різних топографічних картах. Леман провів кожну штрихову лінію в напрямку лінії схилу, як це робили багато його попередників. Але він розбив ці штрихування на ділянки, щоб можна було зберегти досить рівномірну відстань між кожною частиною карти, де схили лежать у різних напрямках. Пологий, майже рівний, рельєф відзначений довгими штрихами, а крутий рельєф – короткими. Товщина штрихових ліній варіювалася пропорційно куту нахилу, так що круті схили здавались темними через скупчення товстого штрихування, а пологі схили з дрібними штрихами здавались світлішими. Така система штрихування дозволяла легко визначити як напрямки схилу, так і перехід від рівної поверхні до крутих ухилів. Шкала Лемана складається з 9 ступенів, розрахованих за відношенням товщини штрихів і

проміжків між ними відповідно до ухилу рельєфу. Штрихи мали бути розміщені вздовж напрямку схилів, щоб надати зображенню рельєфу пластичності та підкреслити вигини місцевості. Для отримання числових характеристик рельєфу потрібен був точний підрахунок кількості та товщини штрихів, розміщених у певному інтервалі (рис.7).

Ця техніка стала поширеним методом зображення рельєфу у XIX столітті та активно застосовувалась в Європі до середини XX століття, в тому числі і для воєнно-топографічних карт нашої країни.

Метод штрихування активно використовувався протягом майже ста років, але його витіснив новий спосіб зображення рельєфу — спосіб відміток висот. Мореплавці давно потребували карт, що полегшують визначення мілководдя, тому на їх карти були нанесені цифри промірів глибин. Від таких карт із глибинними промірами до карт ізоліній був один крок, потрібно було просто поєднати сусідні точки з однаковою глибиною і отримати ізолінії. Проте цей спосіб ще знаходився у стадії розробки, в силу того що топографічне знімання на той час не досягло значного прогресу, це відбулося не раніше XIX століття. Карти з використанням способу ізогіпс з'явилися лише після появи фотограмметрії, бо це значно збільшило точність знімання [7]. Цей спосіб має виняткові переваги в детальній передачі геометричних форм місцевості, висотних відміток, перепадів висот, напрямків схилів тощо. Проте це уявний спосіб, таких ліній в природі не існує, та й на карті читабельність цього способу не досить явна, оскільки не вистачає тривимірного зображення та його важко зрозуміти. Часто з цього приводу у науковців виникали дискусії, наприклад, німецький картограф Пойкер у 1898 році довів, що при значній шкалі перетину рельєфу закладення рельєфу значно зменшується, і рисунок горизонталей, подібно штрихуванню, створює затемнення, надаючи враження тривимірного зображення. Проте для того, щоб відображення рельєфу мало наочність, то треба дотримуватися малої висоти перерізу рельєфу, а це не завжди доречно для тих же топографічних

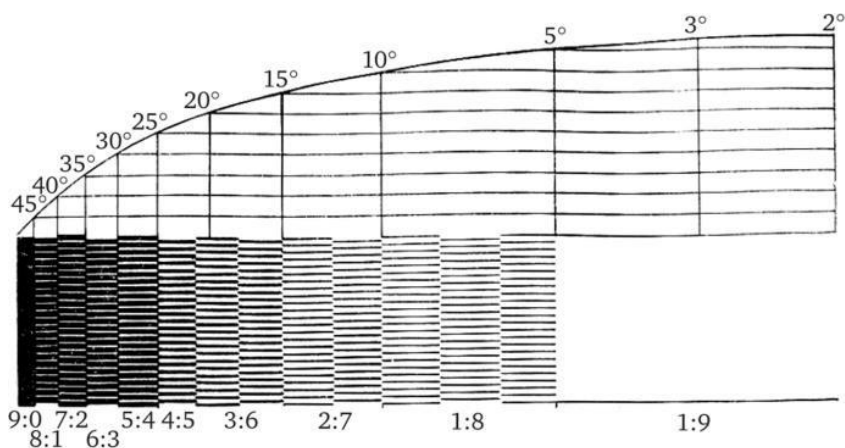


Рис.7. Шкала штрихів Лемана [6]

карт, де, крім рельєфу, ще треба позначати населені пункти, гідрографію, рослинність тощо.

Протягом ХХ століття картографи намагалися удосконалити спосіб горизонталей, наприклад, був розроблений спосіб освітлених ізогіпс, що часто називають іменем японського картографа Ісіро Танака, який один з перших відобразив вулканічний рельєф Японії способом освітлених ізогіпс (рис.8), а також застосував цей метод для зображення дна Тихого океану. Є також способи ізогіпс різних кольорів, способи потовщення ізоліній. Уже в другій половині ХХ століття було розроблено спосіб малювання горизонталей на основі суміщення горизонталей в напівперспективну форму відображення рельєфу або морського дна [3].

Ще один технічний винахід сильно вплинув на спосіб відображення рельєфу на картах. Так у 1796 році Алоїс Зенефельдер винайшов літографію, але тільки з 1840 року вона стала застосовуватися в картографії. Причиною такого довгого запровадження стала необхідність перебудови технологічного процесу друку карт, що в цей період видавалися переважно в одному кольорі та в певній мірі задовольняли військову галузь різних країн. Також потрібно було проводити навчання для картографів. Ця техніка дозволяла, або принаймні полегшувала, виготовлення різнокольорових карт. Літографія незабаром призвела до появи нових способів зображення рельєфу – це світлотіньова пластика та тонове зафарбування.

На зміну штрихам прийшов більш легкий спосіб світлотіньового зображення рельєфу, при якому поступово змінювалася сила тіні (кольорового фону), що досягається відмивкою пензлем чи тушуванням олівцем. Цей спосіб симулює тіні, що відкидаються горами та іншими вертикальними елементами місцевості. На рукописних картах спосіб світлотіньового зображення використовувався вже з другої половини ХVIII ст., проте відтворення її в друці було освоєно тільки в середині ХІХ ст. в результаті появи літографії (рис.9).

Ця карта була опублікована у 1891 році Швейцарським альпійським клубом і містить чудове затінене зображення гір, що виконане літогра-



Рис.8. Спосіб освітлених ізогіпс при картуванні вулканічного рельєфу Японії. Робота Ісіро Танаки. Масштаб 1 : 100 000, інтервал між горизонталями 20 м. 1950 р. [8]

фією. У процесі друку було використано вісім кольорів [9]. Але все ж таки найбільшої досконалості спосіб відмивки досяг у середині ХХ ст. в Швейцарії. Це склалося історично, оскільки саме швейцарці постійно стикалися з проблемою відображення рельєфу. У цей час вони застосували декілька інновацій, що використовуються картографами й зараз. Багато з них було запропоновано Едуардом Імгофом, професором Швейцарської вищої технічної школи Цюриха. Імгоф звертав увагу на висотну перспективу і хотів зімітувати її на карті. Але не в звичному горизонтальному напрямку, а в проекції зверху. Вищі вершини лежали ближче до глядача, тому вони контрастніші, а глибокі долини розташовані далі і зображуються з меншою контрастністю. У 1965 році Едуард Імгоф опублікував карту



Рис.9. Фрагмент карти гірської частини Швейцарії (Еволен – Церматт – Монте-Роза) з оформленням рельєфу способом світлотіньового зображення. Робота Рудольфа Лейзінгера та братів Куммерлі. Масштаб 1:50 000. 1891 р. [9]

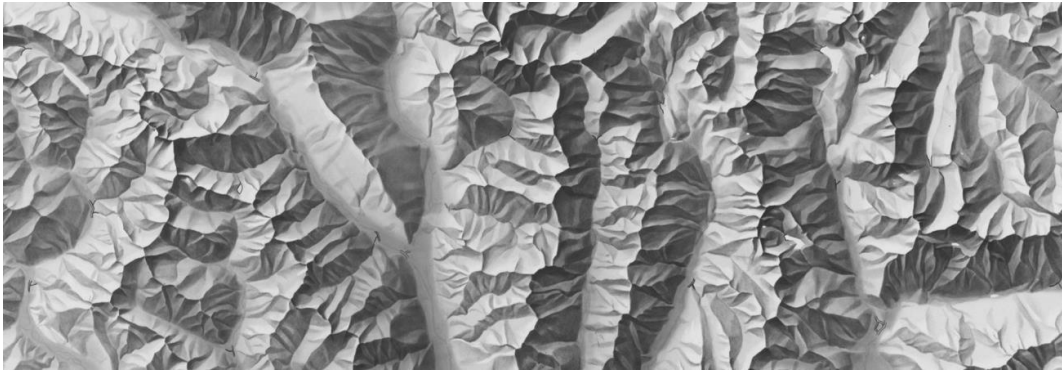


Рис.10. Фрагмент карти кантону Граубюндена з оформленням рельєфу способом світлотіньового зображення при косому північно-західному освітленні. Робота Едуарда Імгофа. Масштаб 1:250 000. 1965 р. [10]

Кантону Граубюндена – перший масштабний приклад техніки світлотіньового зображення рельєфу (рис.10). Хоча цей спосіб і має велику наочність, але, на відміну від способу штрихів та ізогіпс, він не передає метричність об'єктів [10].

Спосіб гіпсометричного зафарбування використовує різні кольори на різних висотах. За зміною яскравості кольору спосіб можна розділити на два принципи «чим вище, тим світліше» і «чим вище, тим темніше». Надзвичайна перевага гіпсометричного зафарбування полягає не в тривимірному

відображенні, а в правилі розподілу гірських перепадів й ефекті фону. Гіпсометричне зафарбування значно покращує якість зображення рельєфу на картах порівняно зі способом ізогіпс (рис.11).

У XX столітті почали застосовуватись нові способи представлення рельєфу, що було пов'язано зі значним розвитком науки і техніки. Так, наприклад, з'явилися способи, що засновані на використанні фотозображень. В середині минулого століття особливої ролі набув розвиток фотографій, а також і робота щодо отримання зображень більш плас-



Рис.11. Альпи. Масштаб 1 : 30 000 000. 1934 р. [11]

тичного рельєфу. Перший спосіб отримав назву фоторельєф, його головною метою було створення пластичного зображення рельєфу, що отримане в результаті фотографування рельєфної моделі місцевості. Однак, цей спосіб не знайшов широкого застосування в картографії, оскільки процес виготовлення рельєфної моделі місцевості є досить трудомістким. Другий спосіб ґрунтувався на використанні фотозображень, «вдрукування» в карти космічних знімків або аерофотознімків для створення фотокарт. Такий варіант використовується для зображення еолового рельєфу.

Особливе значення має стереоскопічний метод – представлення глибини простору з урахуванням використання бінокулярного зору. Це є єдиним методом, що заснований на особливостях людського ока, його фізіології. Головне завдання цього методу полягає у створенні ілюзії реального тривимірного простору, а це забезпечує вирішення найголовнішої проблеми у візуалізації рельєфу – передачу тривимірного об'єкта на площині.

На початку ХХ століття почали застосовувати метод, в основу якого покладено рельєфну модель місцевості. Найвідомішими роботами із застосування цього методу стали гіпсові моделі гір Бітшхорн та Гросе Віндгелле, створені Едуардом Імгофом в 1939 році. Для цього проєкту було проведено масштабне знімання місцевості, що включало велику кількість фотографій та високоякісні аерофотознімки. Як джерела інформації також використовувалися геологічні профілі, карти, власні креслення Імгофа [12]. Особливо хотілося б зазначити про досвід виготовлення рельєфних моделей у питаннях вертикального масштабу, що дало подальший розвиток 3D-моделюванню місцевості.

Найголовнішою подією ХХ століття став перехід на зовсім новий етап розвитку - від традиційних ручних методів до автоматизованих цифрових систем, що мали важливе значення для візуалізації рельєфу. Починаючи з 1960 року розвиток комп'ютерних технологій приніс значні зміни в картографію та мав глибокий вплив на картографування рельєфу. До появи комп'ютерів картографування рельєфу було трудомістким і тривалим процесом, який значною мірою покладався на ручні методи. Поява ж комп'ютерів дозволила вирішувати велику кількість практичних завдань щодо відображення рельєфу на картах. Використання комп'ютерних технологій дозволило створювати та аналізувати цифрові моделі рельєфу, які є цифровими представленнями топографії поверхні Землі. ЦМР використовують дані висоти для створення детальних тривимірних зображень ландшафту. Це дозволяє точно відображати рельєфні елементи, такі як гори, долини та хребти.

Одним із перших українських вчених (70-ті - 80-ті роки ХХ ст.), хто запровадив цифрові моделі рельєфу (ЦМР), був професор кафедри фізичної географії та картографії Харківського національного

університету імені В.Н. Каразіна – Ігор Черваньов. Серед ЦМР він розробляв і виділяв структурно-каркасні, структурно-цифрові та структурно-лінгвістичні моделі. Це дало змогу вперше у світі докорінно змінити спосіб відображення, аналізу й синтезу реальних і уявних (віртуальних) рельєфів та їх складових – таких, як моно- та полірельєфи, базисні і вершинні поверхні різних порядків тощо [13].

З появою у 90-их роках минулого століття геоінформаційних технологій і геоінформаційних систем (ГІС) стало можливим поєднати можливості картографування, аналізу та керування даними, що дозволило інтегрувати різні дані, включаючи дані про висоту, супутникові зображення та іншу геопросторову інформацію. Програмне забезпечення ГІС дозволяє створювати динамічні та інтерактивні карти рельєфу, на яких користувачі можуть досліджувати різні шари, аналізувати просторові зв'язки та виконувати геопросторовий аналіз [10, 14]. Також важливе значення для візуалізації рельєфу мають комп'ютерні технології, що передбачають отримання даних про поверхню Землі із супутників, літаків або інших платформ. Вдосконалені методи комп'ютерної графіки дозволяють реалістично відображати рельєфні елементи, включаючи затінення, текстурування та світлові ефекти. Це дозволяє створювати візуально привабливі та інформативні карти рельєфу, які точно відображають рельєф. Завдяки обчислювальній потужності комп'ютерів можна розробити складні алгоритми й моделі для аналізу та моделювання явищ, пов'язаних з рельєфом. Наприклад, алгоритми аналізу рельєфу можуть обчислювати нахил, кут і кривизну, надаючи цінну інформацію про форми рельєфу та гідрологічні моделі [13]. Ці інструменти допомагають зрозуміти взаємодію між особливостями рельєфу та іншими географічними факторами.

Розвиток Інтернету та веб-технологій уможливив розвиток інтерактивних та онлайн-картографічних платформ, які дозволяють користувачам отримувати доступ і досліджувати карти рельєфу з будь-якого місця, де є підключення до Інтернету. Користувачі можуть збільшувати та зменшувати масштаб, перемикатися між різними шарами рельєфу та навіть вносити власні дані для покращення карт.

Загалом комп'ютерні технології істотно змінили сферу картографування рельєфу. Це оптимізувало процес картографування, покращило точність і деталізацію зображень рельєфу, а також відкрило нові можливості для аналізу та візуалізації.

Висновки. Проаналізувавши історію та сучасність у візуалізації рельєфу можна екстраполювати його перспективи на майбутнє. Так, до перспектив може належати покращена роздільна здатність і деталізація вхідної та вихідної інформації. У міру розвитку технологій роздільна здатність і деталізація даних про рельєф, імовірно, зросте. Супутникові зображення з вищою роздільною здатністю, дані

LIDAR та інші технології дистанційного зондування забезпечать більш точну інформацію про висоту й інші характеристики рельєфу. Це дозволить візуалізувати його, щоб зафіксувати навіть найдрібніші деталі, такі як мінімалістичні форми рельєфу, тонкі варіації рельєфу та складні текстури поверхні.

Також до перспектив можна віднести динамічну візуалізацію рельєфу в режимі реального часу. Це

дозволить не тільки переглядати, але і взаємодіяти з картами місцевості, які постійно оновлюються для відображення змін у реальних умовах. Це значно спростить процес аналізу рельєфу, що змінюється під дією несприятливих антропогенних і природних (екзо-і ендегенних) процесів і явищ в режимі реального часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Pundtner, Grentzen (to accompany). Atlas Curieux oder Neuer und Compendieuser Atlas. 38.: Available at: https://archive.org/details/dr_pundtner-grentzen-to-accompany-atlas-curieux-oder-neuer-und-compndieuse-11170043.
2. Ignaziodanti sizilien : Available at: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Ignaziodanti_sizilien.jpg
3. Imhof, E. (1965). Cartographic relief presentation. Berlin, 1965. 389 p.
4. A map of the Valdichiana c.1503-6 : Available at: <https://www.rct.uk/collection/912278/a-map-of-the-valdichiana>
5. 1590 map of the Black Sea region: Available at: <https://cz.pinterest.com/pin/854346991800415489/>
6. Гіпсометричний спосіб: Available at: <https://studfile.net/preview/6447596/page:22/>
7. You, Xiong, Zhang, Shitao, Jia, Fenli (2012). From hill symbol to terrain simulation. Surveying and Mapping.
8. A portion of Tanaka's illuminated contour map of the Kirishima volcanic group near Kagoshima in Kyushu, Japan: Available at: https://www.researchgate.net/figure/A-portion-of-Tanakas-illuminated-contour-map-of-the-Kirishima-volcanic-group-near_fig7_290297090
9. Relief Shading: Available at: <http://www.reliefshading.com/examples/mt-everest/>
10. Shaded Relief Archive: Available at: https://www.shadedreliefarchive.com/Graubunden_SW.html
11. Кучеренко Г. М. Рельєфні карти. 2004. № 2. С. 47–49. (Джерело : реферат: журнал / редкол. журн.: В. В. Петров (голов. ред.), О. С. Онищенко (заст. голов. ред.), В. Т. Грінченко та ін. Київ, 2004. № 2. 128 с. Серія 1. Природничі науки).
12. Eduard Imhof working on the Windgällen relief (1938): Available at: <https://nl.pinterest.com/pin/159244536798862084/>
13. Костріков С.В., Черваньов І.Г. Дослідження самоорганізації флювіального рельєфу: на засадах синергетичної парадигми сучасного природознавства. - Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2010. - 144 с.
14. History of GIS: Available at: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>

Стаття надійшла до редакції 08.09.2022

Стаття рекомендована до друку 02.11.2022

Peresadko Vilina Anatoliyivna – Doctor of Sciences (Geography), Dean of the Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism, Full Professor of the Department of Physical Geography and Cartography. V.N. Karazin Kharkiv National University. e-mail: vilinaperesadko@gmail.com; ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2439-2788>

Onishchenko Alina Volodymyrivna – student of the educational professional program «Cartography, geoinformatics and cadastre» Department of Physical Geography and Cartography. The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism. V.N. Karazin Kharkiv National University; e-mail: oalina394@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0006-7434-406X>

Braslavska Oksana Volodymyrivna – doctor of pedagogical sciences, professor, head of the department of geography and methods of teaching Pavlo Tychna Uman state pedagogical university; e-mail: oksana.braslavska@udpu.edu.ua; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0852-686X>

Popov Vladyslav Serhiyovych – head of the laboratory of geoinformation technologies and remote sensing of the Earth. The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism. V. N. Karazin Kharkiv National University; e-mail: v.popov@karazin.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5960-631X>

EXCURSION INTO THE HISTORY OF RELIEF IMAGERY ON GEOGRAPHIC MAPS

The purpose of this article is to acquaint geographers with the history of transforming the ways depicting the relief on geographical maps in different countries of the world in order to optimize the choice of methods and techniques for working with old maps.

Basic material. An unequivocal, balanced and objective representation of the terrain is one of the main tasks of cartography. However, the representation of a three-dimensional element, which is a relief on a horizontal plane, is a problem that for centuries caused scientific controversy among geographers, cartographers, mathematicians and required new and new attempts to improve the image of this element on the maps. The article examines the retrospective of relief visualization development over the past thousand years. The authors highlight advantages and disadvantages of each of the applied methods of depicting the relief on geographical maps over the centuries. First of all, such as conditional-prospective

and profile-silhouette ones. The article gives examples of these methods application in cartography. The study considers a place and role of Kharkiv scientists in the process of forming the doctrine of digital relief models.

Conclusions. Having analyzed the history and modernity in the field of relief visualization, it is possible to extrapolate its prospects for the future. Thus, the prospects may include improved resolution and detailing of input and output information, as well as the further development of techniques and methods for dynamic visualization of the terrain, which changes under the influence of adverse anthropogenic and natural (exo- and endogenous) processes and phenomena in real time

Keywords: *relief mapping, hypsometric profile, digital relief form, lithography, engraving.*

REFERENCES:

- Pundtner, Grentzen (to accompany). Atlas Curieux oder Neuer und Compendieuser Atlas. 38.: Available at: https://archive.org/details/dr_pundtner-grentzen-to-accompany-atlas-curieux-oder-neuer-und-compendieuse-11170043 [in Deutsch].
- Ignaziodanti sizilien: Available at: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Ignaziodanti_sizilien.jpg [in English].
- Imhof, E. (1965). Cartographic relief presentation. Berlin, 1965. 389 [in Deutsch].
- A map of the Valdichiana: Available at: <https://www.rct.uk/collection/912278/a-map-of-the-valdichiana> [in English].
- 1590 map of the Black Sea region: Available at: <https://cz.pinterest.com/pin/854346991800415489/> [in English].
- Гіпсометричний спосіб: Available at: <https://studfile.net/preview/6447596/page:22/> [in Ukrainian].
- You, Xiong, Zhang, Shitao, Jia, Fenli (2012). From hill symbol to terrain simulation. Surveying and Mapping [in English].
- A portion of Tanaka's illuminated contour map of the Kirishima volcanic group near Kagoshima in Kyushu, Japan: Available at: https://www.researchgate.net/figure/A-portion-of-Tanakas-illuminated-contour-map-of-the-Kirishima-volcanic-group-near_fig7_290297090 [in English].
- Relief Shading: Available at: <http://www.reliefshading.com/examples/mt-everest/> [in English].
- Shaded Relief Archive: Available at: https://www.shadedreliefarchive.com/Graubunden_SW.html [in English].
- Kucherenko, G.M. Relief maps. (2004), 2, 47–49. (Реферат. журнал, Editors: V.V., Petrov (Editor-in-Chief), O.S., Onyshchenko (Deputy Editor-in-Chief), V.T., Grinchenko et al. Kyiv, 2, 128. Referat. Journal, Series Natural Sciences [in Ukrainian].
- Eduard Imhof working on the Windgällen relief (1938): Available at: <https://nl.pinterest.com/pin/159244536798862084/> [in English].
- Kostrikov, S.V., Chervanyov, I.G. (2010). Study the self-organization of the fluvial relief: on the basis of the synergistic paradigm of modern natural science. – Kharkiv: V.N. Karazin KhNU, 144 [in Ukrainian].
- History of GIS: Available at: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis> [in English].

The article was received by the editors 08.09.2022

The article is recommended for printing 02.11.2022