

maps at a scale of 1: 50,000. The proposed solutions comply with international standards in the field of geographic information, and their implementation provides a comprehensive application of the latest geoinformation technologies and geospatial databases to create a seamless topographic database for the entire territory of Ukraine with wide access to it by interested users on the system geoportal. The main features and innovations of the topographic database being created include: completeness of classes of topographic objects and their attributes; an integrated system for identifying topographic objects in a database, in which each topographic object is assigned a unique topographic identifier, as well as a code according to the industry classifier, if any; integrity of geometric models of topographic objects, in which objects are not fragmented by the boundaries of the sheets of topographic maps on which they are reflected; topological consistency of geometric models of topographic objects at the level of planar graph topology for all adjacent and intersecting objects; support for metadata both for classes of topographic objects, and for their specific instances and their attributes; use of an object-relational database management system for the implementation of an integrated storage of all information resources of the system; harmonization of geospatial data and metadata models, data exchange formats, methods and procedures for assessing data quality with the requirements of the international standards of the ISO 19100 series; prompt updating of data in the system based on the results of continuous topographic monitoring of the area; providing wide and open access to topographic data through the system's geoportal.

Keywords: *topographical mapping, topographical database, national spatial data infrastructure, geoportal, geographic information system, geospatial data.*

Надійшла до редакції

20.07.2019

УДК 528.9

<https://doi.org/10.32347/0130-6014.2019.67.81-94>

П. П. Король, канд. геогр. наук, доцент,
В.У. Волошин, канд. техн. наук, доцент,
О.В. Мельник, канд. техн. наук, доцент,
Ю.С. Бліндер, канд. техн. наук, доцент,

Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки

МОДИФІКОВАНІ ЦИЛІНДРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ У СУЧАСНИХ СТАНДАРТАХ ПРИСТРОЇВ ВІДОБРАЖЕННЯ

Мета роботи полягає у обґрунтуванні необхідності розроблення дисплей-орієнтованих математичних основ з ортогональною картографічною сіткою та вишукуванні адаптованих до розмірів екранного фрейму параметрів нормальних рівнокутних, рівновеликих і рівнопроміжних циліндричних проекцій географічних карт світу. Методика. Візуалізація геозображень на пристроях відображення ГІС вимагає проектування оптимальних параметрів елементів математичної основи карт, що передбачає вибір або вишукування картографічної проекції,

підбір масштабного ряду зображень, налаштування картографічної сітки тощо за умови максимально ефективного використання екранного простору. З метою ефективного заповнення прямокутного фрейму пристрою відображення доцільно використовувати картографічні проекції з ортогональною сіткою меридіанів і паралелей, до яких належать нормальні циліндричні проекції. Забезпечення співвідносності розмірів картографічного зображення та пристрою відображення досягається застосуванням модифікованих варіантів циліндричних проекцій зі змінною широтою паралелі дотику або паралелей січення. До переваг такого виду проекцій, крім цього, відносять можливість оперативного розрахунку параметрів картографічної сітки, високу точність при передачі форм і площ, тривіальність обчислення параметрів спотворень, і обернених залежностей, співвідносність систем екранних і геодезичних або прямокутних координат. Модифіковані циліндричні проекції є параметризованими функцією широти, що дозволяє варіювати параметрами спотворень залежно від положення і розмірів картографованої території. Результати. Експериментально доведено, що з метою найбільш ефективного використання площі дисплею доцільно використовувати ортогональні картографічні сітки прямолінійних меридіанів і паралелей. Обґрунтовано можливість та доцільність використання модифікованих циліндричних проекцій як математичних основ географічних карт світу, що призначені для відтворення на пристроях відображення. Запропоновано методика обчислення оптимальних параметрів нормальних рівнокутної, рівновеликої і рівнопроміжної циліндричних проекцій. Встановлено можливість отримання вихідних параметрів та розрахунку проекцій при довільних співвідношеннях параметрів фрейму пристрою відображення шляхом підстановки їх значень у кінцеві рівняння відповідних картографічних проекцій. Наукова новизна та практична значущість. Наукові дослідження щодо вдосконалення математичних основ географічних карт з метою їх адаптації до сучасних стандартів пристроїв відображення в Україні не виконувались. Отримані результати можуть бути використані розробниками програмного забезпечення при створенні картографічних web-сервісів, а також картографами – при розробці кондиційних математичних основ географічних карт різного територіального охоплення. Використання модифікованих варіантів рівнокутних, рівновеликих і рівнопроміжних циліндричних проекцій дозволить значно підвищити якість оформлення картографічного контенту web-сторінок, забезпечить повноцінне використання екранного простору, високу детальність картографічного зображення та максимальну точність відображення.

Ключові слова: модифіковані циліндричні проекції, ортогональні картографічні сітки, стандарти пристроїв відображення, ГІС-в'юери, web-сервіси.

Вступ. Подання інформації в зрозумілій і зручній для користувача формі є однією з основних функцій будь-якої системи обробки даних. Оскільки геоінформаційні системи (ГІС) зорієнтовані переважно на обробку просторово-

розподілених даних, то вони подають оброблену інформацію у вигляді різноманітних картографічних, тривимірних і анімізованих зображень [1].

Побудова картографічного зображення є досить складним науково-методичним і технологічним процесом. Для створення карт та інших геозображень у різних прикладних науках (картографії, геології, землевпорядкуванні, гідрографії тощо) розроблені різноманітні стандарти і нормативні вимоги. Водночас технології ГІС надають користувачу значно більших можливостей для створення й обробки картографічної інформації, які в багатьох випадках не передбачені або не затребувані традиційними методами паперових технологій.

На екран дисплея можна вивести декілька вікон з різними тематичними картами для їх спільного візуального аналізу; електронні карти легко масштабуються з можливістю автоматизованої генералізації; спеціальні засоби редагування дозволяють швидко змінювати підписи, умовні позначення і загальне компонування картографічного зображення. За наявності картографічної бази даних користувач одержує можливість здійснювати оперативні інтерактивні запити щодо властивостей певного об'єкта, формувати запити з використанням математичних і логічних функцій, здійснювати вибірки, будувати тематичні карти й картодіаграми тощо.

Для обслуговування широкого кола нових споживачів геопросторових даних з'явився клас програмних продуктів ГІС, що призначені для надання кінцевому користувачу інформації з мінімальним набором функцій введення і редагування даних – ГІС-в'юери. Окрім цього існує чимало програмних продуктів ГІС, що призначені для обробки і подання інформації в стандартах конкретної прикладної галузі діяльності з відповідними шаблонами і наборами умовних знаків. У таких програмних продуктах значна увага надається можливостям одержання твердих копій картографічних зображень з урахуванням нормативних вимог до їх точності і зовнішнього вигляду [2].

Основні принципи виведення інформації на екран дисплея або інших пристроїв відображення, дизайн зображень і зручність їх сприйняття людиною характеризуються загалом поняттям візуалізація. Візуалізація у ГІС, комп'ютерній графіці і картографії передбачає проектування і генерацію зображень, у тому числі геозображень, картографічних зображень та іншої графіки на пристроях відображення (зокрема дисплеях) на основі вихідних цифрових даних, правил і алгоритмів їх перетворення [1].

Візуалізація геозображень на пристроях відображення ГІС вимагає проектування оптимальних параметрів елементів математичної основи карт, що передбачає вибір або вишукування картографічної проекції, підбір масштабного ряду зображень, налаштування картографічної сітки тощо за умови максимально ефективного використання екранного простору [3].

Аналіз досліджень і публікацій. Проблема забезпечення відповідності форм і розмірів картографічного зображення та пристрою відображення не є новою у ГІС. Очевидно, що для ефективного заповнення прямокутного фрейму пристрою відображення доцільно використовувати картографічні проекції з ортогональною сіткою меридіанів і паралелей, до яких належать нормальні

циліндричні проєкції. З метою забезпечення співвідношення розмірів картографічного зображення та пристрою відображення доцільно використовувати модифіковані варіанти циліндричних проєкцій зі змінною широтою паралелі дотику або паралелей січення. До переваг такого виду проєкцій, крім цього, слід віднести можливість оперативного розрахунку параметрів картографічної сітки, високу точність при передачі форм і площ, тривіальність обчислення параметрів спотворень, і обернених залежностей, співвідносність систем екранних і геодезичних або прямокутних координат. Модифіковані циліндричні проєкції є параметризованими функцією широти, що дозволяє варіювати параметрами спотворень залежно від положення і розмірів картографованої території.

Питаннями розробки математичних основ для відображення картографованої території у межах прямокутної області із максимальним заповненням фрейму присвячені роботи американського картографа Вальдо Рудольфа Тоблера. Зокрема, у 1974 році для ефективного представлення території американського штату Мічиган на екрані комп'ютера була використана одна з модифікацій перигональної рівновеликої конічної проєкції Тіссо [4]. Іншим прикладом таких досліджень для карт світу є рівновелика циліндрична картографічна проєкція в квадраті (Tobler World in a Square Projection), що була запропонована у 1986 році і є загальним випадком циліндричної квадратної проєкції Ератосфена Кіренського (Plate Carrée) та псевдоциліндричної рівновеликої проєкції Коліньйона (Collignon Projection) [5].

Однією із головних не вирішених проблем у сфері геоінформаційного забезпечення картографічного відображення залишається проблема вишукування оптимальних параметрів математичних основ географічних карт різного призначення та територіального охоплення. Частково проблема вирішується шляхом підбору параметрів картографічних сіток співвідносних до розмірів екранного фрейму. Однак, у випадку мультимасштабного відображення значно доцільнішим видається вишукування модифікованих картографічних проєкцій із заданими властивостями, параметри картографічних сіток яких адаптовані до розмірів екранного фрейму [6].

Питанням розроблення модифікованих картографічних проєкцій у відповідності до вимог сучасних стандартів відображення присвячена дана стаття.

Постановка завдання. Метою даної роботи є обґрунтування необхідності розроблення дисплей-орієнтованих математичних основ з ортогональною картографічною сіткою та вишукування адаптованих до розмірів екранного фрейму параметрів нормальних рівнокутних, рівновеликих і рівнопроміжних циліндричних проєкцій географічних карт світу.

Основна частина. Карти сьогодні отримали значне поширення в мережі Internet. Людство активно використовує картографічні сервіси на пошукових порталах, оскільки це простий і зручний спосіб отримання геопросторової інформації. Переваги картографічних web-сервісів є очевидними: відсутність необхідності використання спеціалізованого клієнтського програмного забезпечення, доступний і зручний інтерфейс, висока швидкість завантаження

кешу, можливість роботи з будь-якого комп'ютера, що має доступ в мережі Internet.

Вимоги до будь-якої карти, що призначена для перегляду на екрані дисплею, істотно відрізняються від правил підготовки традиційних паперових карт до друку [7]. Спрацьовують як фізичні обмеження засобів відображення (роздільна здатність, яскравість, контрастність пристрою відображення), так і обмеження за часом візуалізації. Важливою відмінністю є забезпечення мультимасштабності зображення, що сприяє зручності навігації. У випадку, якщо карта публікується у вигляді web-сервісу, виникає низка додаткових умов, що пов'язані з передачею даних по мережі, візуалізацією даних на сервері тощо. Підготовча робота передбачає визначення типу сервісу, проекції карти, масштабною ряду і генералізацію даних.

Картографічні web-сервіси поділяються на дві великі групи: динамічні і кешовані. У першому випадку при масштабуванні або переміщенні зображення виконується запит даних і здійснюється перерисовування зображення з урахуванням нового охоплення. При цьому клієнт отримує лише готове растрове зображення, оскільки їх рендеринг забезпечується сервером. У випадку кешованого сервісу мозаїка растрових зображень або тайлів для кожного масштабу підготовлена заздалегідь, тому процедура виконується значно оперативніше. При цьому складність оформлення і даних жодним чином не позначається на швидкості відображення, однак модифікація даних викликає необхідність перерахунку кешу, відсутня можливість редагування об'єктів та управління відображенням шарів, а список масштабів є фіксованим.

Картографічні ГІС дозволяють проектувати дані при візуалізації, тому картографічна проекція карти не завжди співпадає з проекцією, в якій зберігаються координати об'єктів бази даних. Однак такий підхід є неприйнятним, оскільки досить часто доводиться виконувати суміщення тематичних шарів карти на спільній математичній основі. При виборі картографічної проекції керуються різноманітними критеріями – від естетичності контурів і характеру спотворень до зручності і точності вимірювань за картою. В межах шару всі класи повинні мати єдину просторову прив'язку, оскільки такий підхід забезпечує графічний оверлей зображень окремих тематичних шарів географічної карти.

Вибір масштабною ряду є не менш важливим аспектом, ніж вибір проекції. Кешований картографічний web-сервіс має наперед визначену схему тайлів. Окрім параметрів растру (формат, стиснення тощо) він включає каталог масштабів. Каталог масштабів завжди є обмеженим, залежить від територіального охоплення карти, детальності даних та інших чинників і, як правило, складається не більше, ніж з 10-15 рівнів. Необхідно наперед визначити масштаби, які будуть використані в подальшому при відображенні за умови, що один з них повинен забезпечувати співвідносність розмірів картографічного зображення та пристрою відображення. Незважаючи на те, що динамічний сервіс не прив'язаний до певних масштабів, завдання їх вибору від цього не стає менш актуальним [8].

При встановленні розмірів дисплея визначальним параметром вважається довжина його діагоналі виражена в дюймах, хоча такий підхід не є таким очевидним і видається вельми суперечливим. Оптимальним параметром, на нашу

думку, є корисна площа дисплея, що є похідною від його лінійних розмірів та їх співвідношення або формату дисплея.

До 2006 року дисплеї мали співвідношення сторін 4:3 [9], що забезпечує максимальну корисну площу для контенту, завдяки чому на ньому зручно працювати з документами та іншими текстовими матеріалами. Однак, фізіологічні особливості людського зору, співвідношення параметрів поля якого наближається до 2:1, зумовили необхідність наближення форми дисплея до форми поля зору. З цією метою комп'ютерна індустрія почала використовувати новий формат 16:9 (1.777), який кращим чином відповідає вимогам естетичного сприйняття зображення і є близьким до співвідношення "золотого перетину" (1.618). З 2009 року він став найпоширенішим форматом телевізійних екранів і комп'ютерних моніторів (хоча стандарт широкоформатного телебачення 16:10 (1.6) у цьому плані є значно кращим)[10]. Останнім часом усе частіше використовуються формати 17:9, 18:9 і 21:9, які дозволяють дещо збільшити діагональ дисплея, однак це не призводить до суттєвого збільшення його корисної площі[11]. За інших рівних умов (роздільна здатність і висота дисплея) вони є значно кращими у порівнянні із "сучасною класикою" 16:9 майже у всьому, що стосується зручності роботи з контентом. Із дисплеїв зі співвідношенням сторін 21:9 (особливо з увігнутими панелями) отримують якісні мультидисплейні конфігурації [12], а встановлені вертикально три ультраширокоформатники забезпечують значну корисну площу із співвідношенням сторін 9:7. Для дисплеїв таких розмірів технологічно складно забезпечити рівномірність підсвічування, тобто однорідність розподілу яскравості зображення, хоча для перегляду кінофільмів такий недолік є несуттєвим.

Результати дослідження. З метою найбільш ефективного використання площі дисплею доцільно використовувати ортогональні картографічні сітки прямолінійних меридіанів і паралелей. Очевидно, що найоптимальнішим варіантом вибору є нормальні циліндричні проекції. Розглянемо три випадки нормальних циліндричних проекцій: рівнокутний, рівновеликий і рівнопроміжний.

Нормальна рівнокутна циліндрична проекція з двома обмежувальними паралелями. Виходячи із загальної системи рівнянь нормальної рівнокутної циліндричної проекції [13]:

$$\begin{cases} x = R(\lambda - \lambda_0) \\ y = R \ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right), \end{cases} \quad (1)$$

за умови $\lambda_0 = 0^\circ$, $\lambda_{\max} = 180^\circ \Rightarrow (\lambda_{\max} - \lambda_0) = 180^\circ = \pi$ знаходимо φ .

При підстановці співвідношення довжин сторін дисплею (у даному випадку 16:9) у систему рівнянь (1) отримують:

$$\frac{R(\lambda_{\max} - \lambda_0)}{16} = \frac{R \ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{\max}}{2} \right)}{9};$$

$$16R \ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{\max}}{2} \right) = 9R(\lambda_{\max} - \lambda_0);$$

$$\ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{\max}}{2} \right) = \frac{9\pi}{16};$$

$$\frac{\varphi_{\max}}{2} = 35^{\circ}18'22.''7056 \Rightarrow \varphi_{\max} = 70^{\circ}36'45.''4112.$$

Таким чином, широти обмежувальних паралелей становлять $\varphi = 70^{\circ}36'45.''4112$ пн. і пд. ш.

Графічна інтерпретація нормальної рівнокутної циліндричної проекції з двома обмежувальними паралелями подана на рис 1.

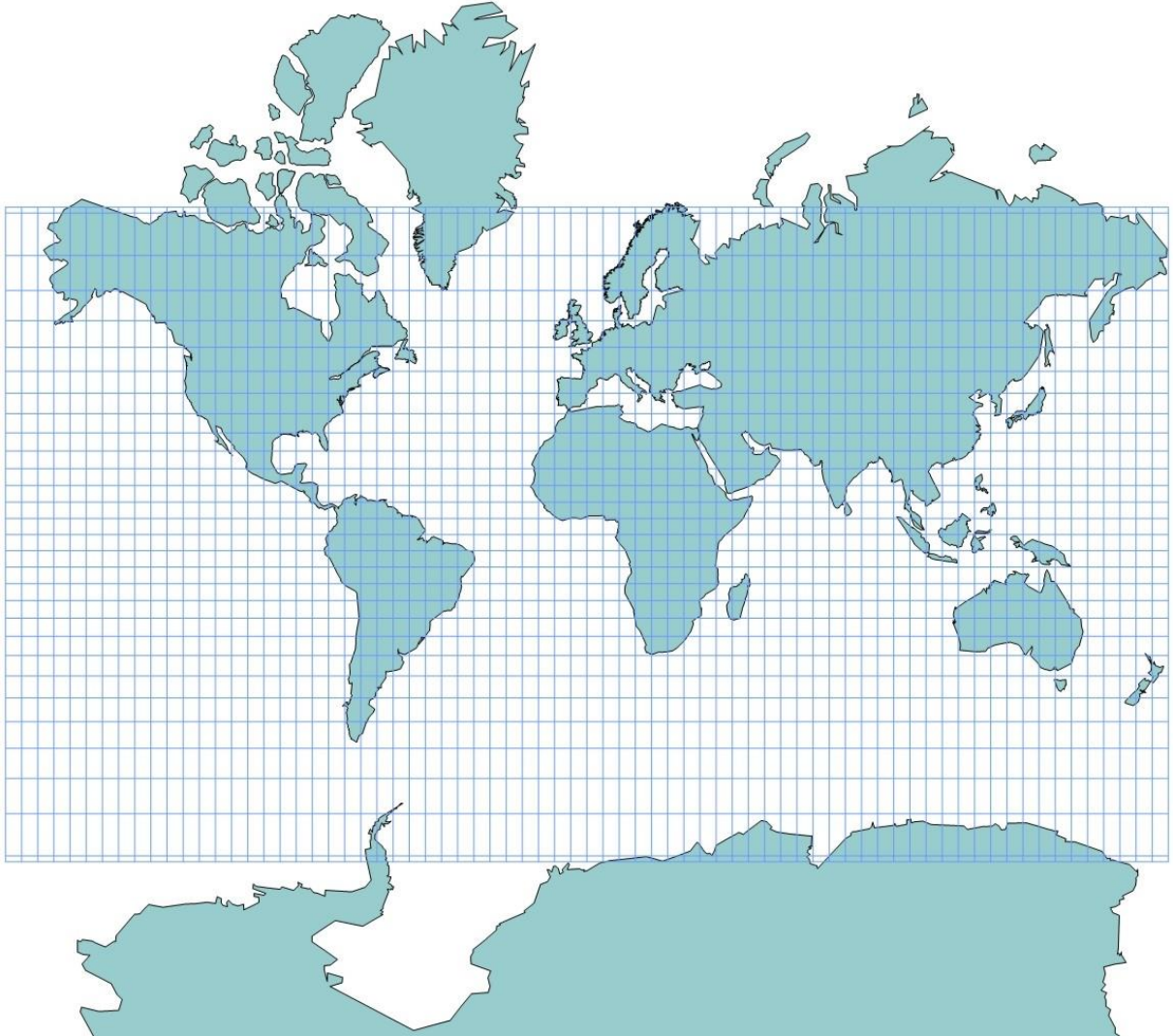


Рис. 1. Нормальна рівнокутна циліндрична проекція ($\varphi = 70^{\circ}36'45.''4112$ пн. і пд. ш.).

Нормальна рівновелика циліндрична проекція з двома стандартними паралелями. Виходячи із загальної системи рівнянь нормальної рівновеликої циліндричної проекції [14,15]:

$$\begin{cases} x = R(\lambda - \lambda_0) \cos \varphi_0 \\ y = R \sin \varphi \sec \varphi_0 \end{cases}, \quad (2)$$

дотримуються умов :

$$\lambda_0 = 0^{\circ}, \lambda_{\max} = 180^{\circ};$$

$$(\lambda_{\max} - \lambda_0) = 180^\circ = \pi \text{ і } \varphi_{\max} = 90^\circ = \frac{\pi}{2}.$$

При підстановці співвідношення довжин сторін дисплею (у даному випадку 16:9) у систему рівнянь (2) отримують:

$$\frac{\pi R \cos \varphi_0}{16} = \frac{R \sin \frac{\pi}{2}}{9 \cos \varphi_0};$$

$$9\pi R \cos^2 \varphi_0 = 16R \sin \frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos^2 \varphi_0 = \frac{16 \sin \frac{\pi}{2}}{9\pi};$$

$$\cos^2 \varphi = 0.565884242 \Rightarrow \cos \varphi_0 = 0.752252778;$$

$$\varphi_0 = 41^\circ 12' 50."7632.$$

Таким чином, широти стандартних паралелей становлять $\varphi_0 = 41^\circ 12' 50."7632$ пн. і пд. ш.

Графічна інтерпретація нормальної рівновеликої циліндричної проекції з двома стандартними паралелями подана на рис 2.

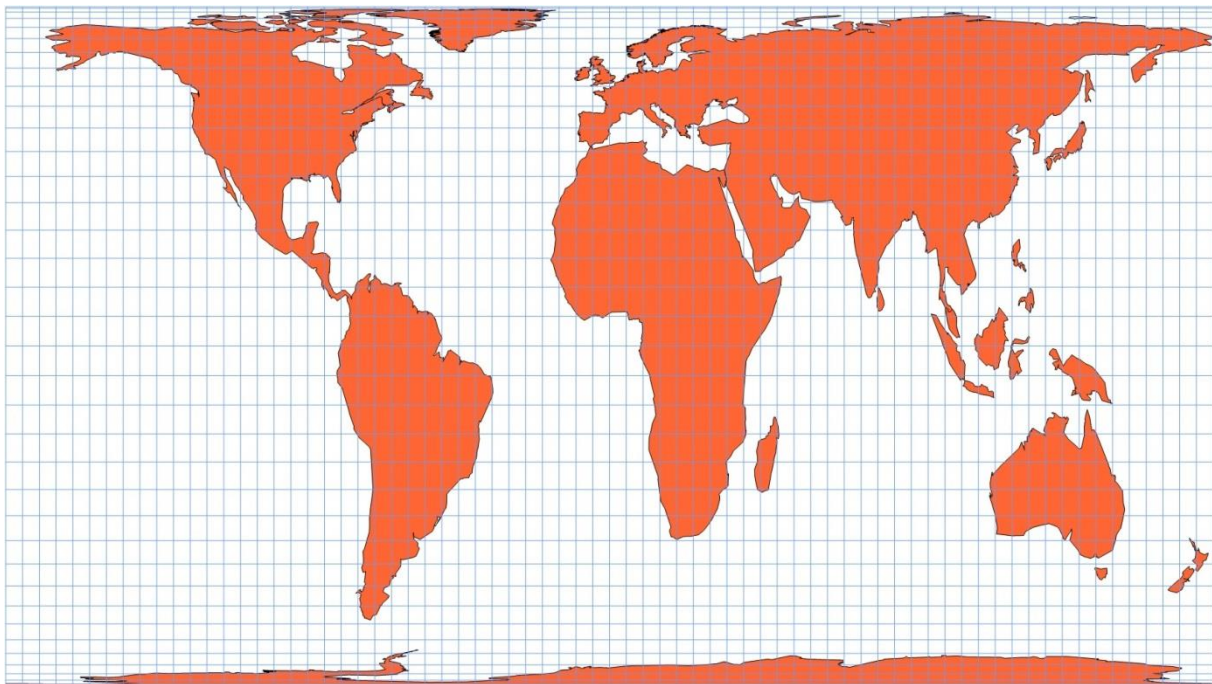


Рис. 2. Нормальна рівновелика циліндрична проекція ($\varphi_0 = 41^\circ 12' 50."7632$ пн. і пд. ш.).

Нормальна рівнопроміжна циліндрична проекція з двома стандартними паралелями. Виходячи із загальної системи рівнянь нормальної рівнопроміжної циліндричної проекції [Miller, 1949]:

$$\begin{cases} x = R(\lambda - \lambda_0) \cos \varphi_0 \\ y = R\varphi \end{cases}, \quad (3)$$

дотримуються умов $\lambda_0 = 0^\circ$, $\lambda_{\max} = 180^\circ$. Звідки

$$(\lambda_{\max} - \lambda_0) = 180^\circ = \pi \text{ і } \varphi_{\max} = 90^\circ = \frac{\pi}{2}.$$

При підстановці співвідношення довжин сторін дисплею (у даному випадку 16:9) у систему рівнянь (3) отримують:

$$\frac{\pi R \cos \varphi_0}{16} = \frac{\frac{\pi}{2} R}{9}; 16 \frac{\pi}{2} R = 9 \pi R \cos \varphi_0;$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{16 \frac{\pi}{2} R}{9 \pi R} = 0.8888888...$$

$$\varphi_0 = 27^\circ 15' 57.76$$

Таким чином, широти стандартних паралелей січення становлять $\varphi_0 = 27^\circ 15' 57.76$ пн. і пд. ш.

Графічна інтерпретація нормальної рівнопроміжної циліндричної проекції з двома стандартними паралелями подана на рис 3.

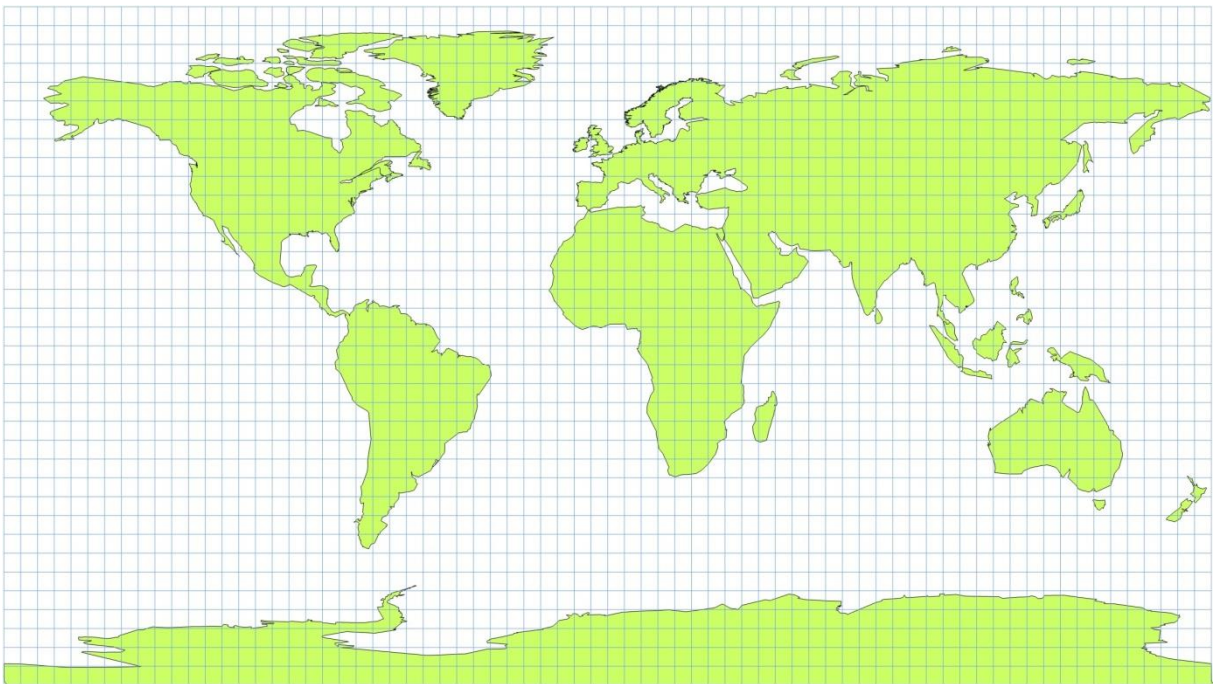


Рис. 3. Нормальна рівнопроміжна циліндрична проекція ($\varphi_0 = 27^\circ 15' 57.76$ пн. і пд.ш.).

Очевидно, що існує можливість отримання вихідних параметрів та розрахунку проекцій при інших співвідношеннях довжин сторін пристрою відображення шляхом підстановки їх значень у кінцеві рівняння відповідних картографічних проекцій.

Наукова новизна і практична значущість. Наукові дослідження щодо вдосконалення математичних основ географічних карт з метою їх адаптації до сучасних стандартів пристроїв відображення в Україні не виконувались.

Отримані результати мають не лише наукову, а й практичну значущість, вони можуть бути використані розробниками програмного забезпечення при створенні картографічних web-сервісів, а також картографами – при розробці кондиційних математичних основ географічних карт різного територіального охоплення.

Використання модифікованих варіантів рівнокутних, рівновеликих і 90івно проміжних циліндричних проєкцій дозволить значно підвищити якість оформлення картографічного контенту web-сторінок, забезпечить повноцінне використання екранного простору, високу детальність картографічного зображення та максимальну точність відображення.

Висновки. У роботі проведено вишукування оптимальних параметрів відмінних за характером спотворень циліндричних проєкцій для географічних карт світу та виконано побудову їх картографічних сіток. Експериментально доведено доцільність і ефективність використання модифікованих циліндричних проєкцій як математичних основ географічних карт різного територіального охоплення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Світличний О. О. Основи геоінформатики: навчальний посібник / О. О. Світличний, С. В. Плотницький. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2008. – 294 с. ISBN 978-966-680-413-9
2. Brown A. Map design for screen displays / A. Brown // *The Cartographic Journal*. – 1993. – Vol.30. – No.2. – P. 129-135. DOI: 10.1179/000870493787860030
3. Yang Q. Map projection transformation: principles and applications / Qihe Yang, John Parr Snyder and Waldo Rudolph Tobler. – London: Taylor & Francis, 2000. – 367 p. ISBN 0-7484-0664-0
4. Tobler W. R. Local map projection / W. R. Tobler. // *Cartography and Geographic Information Science*. – 1974. – V.1. – No.1. – P. 51–62. DOI: 10.1559/152304074784107827
5. Tobler W. R. A quadtree for global information storage / W. R. Tobler, Zi-tan Chen // *Geographical Analysis*. – 1986. – V.18. – No.4. – P. 360-371. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1986.tb00108.x
6. Король П. П. Картографічні проєкції: довідник: У 6-х ч. Ч. 1: Циліндричні проєкції / П. П. Король – Луцьк: ПП Іванюк В. П., 2017. – 145 с. ISBN 978-966-361-842-5
7. Jenny B. Map Design for the Internet / B. Jenny, H. Jenny, S. Räber. // *International Perspectives on Maps and the Internet*. – Berlin: Heidelberg, New York: Springer, 2008. – P. 31-48. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72029-4_3
8. Samsonov T. E. Creation interactive map design for Web-services / T. E. Samsonov // *ArcReview*. – 2009. – No.1 (48). – P. 14-15.
9. Ультраширокоекранники: «за» и «против» [Електронний ресурс] // Компания М.Видео. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/company/mvideo/blog/385859/>.
10. Harrower M. Cartography on the Internet: thoughts and a preliminary user survey. / M. Harrower, C. P. Keller, D. Hocking. // *Cartographic Perspectives*. – 1997. – No.26. – P. 27-37. DOI:10.14714/CP26.718
11. Wikle T. Computer Software for Displaying Map Projections and Comparing Distortions / T. Wikle // *Journal of Geography*. – 1991. – Vol. 90. – No.6. – P. 264-266. <https://doi.org/10.1080/00221349108979316>

12. Корольов Є. Світ 18:9: чому діагональ екрана скоро стане поганим мірилом ширини смартфона [Електронний ресурс] / Є. Корольов. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://techtoday.in.ua/reviews/svit-18-9-chomu-diagonal-ekranu-skoro-stane-poganim-mirilom-shirini-smartfona-72432.html>.
13. Vinge C. L. Mercator projection: its basis in elementary mathematics / C. L. Vinge // *School Science and Mathematics*. – 1950. – Vol. 50. – No. 439. – P. 394–401. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1950.tb06620.x>
14. Lambert J. H. Beitrage zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung. /J. H. Lambert // *Anmerkungen und Zusatze zur Entwertung der Land- und Himmelscharten*. – Berlin, 1772. – Part III. – Sektion 6. <http://doi.org/10.3931/e-rara-8613>
15. Miller R. An equirectangular map projection / R. Miller // *Geography*. – 1949. – Vol. 34. – Pt. 4. – P. 196–201. – [Standard parallels 50°28. N. and S. See also correction, 1951, v. 36, pt. 4, p. 270.] <https://www.jstor.org/stable/40564637>

REFERENCES

1. Svitlychnyi, O. O., Plotnytskyi V. (2008). *Osnovy heoinformatyky: navchalnyi posibnyk [The Basis of Geoinformatics: Tutorial]*. Sumy: VTD "Universytetska knyha"
2. Brown A. (1993). Map design for screen displays / A. Brown // *The Cartographic Journal*. (Vol. 30, No.2), (pp. 129-135). DOI: 10.1179/000870493787860030
3. Yang Q. (2000). *Map projection transformation: principles and applications / Qihe Yang, John Parr Snyder and Waldo Rudolph Tobler*. – London: Taylor & Francis. ISBN 0-7484-0664-0
4. Tobler W. R. (1974). Local map projection / W. R. Tobler. // *Cartography and Geographic Information Science*. (V.1, No.1), (pp. 51–62). DOI: 10.1559/152304074784107827
5. Tobler W. R. & Zi-tan Chen (1986). A quadtree for global information storage. *Geographical Analysis*. (V.18, No.4), (pp. 360-371). DOI: 10.1111/j.1538-4632.1986.tb00108.x
6. Korol, Pavlo Pylypovych. (2017). *Kartohrafichni proektsii: dovidnyk: U 6-kh ch. Ch. 1: Tsylyndrychni proektsii [Map Projections: Handbook: In 6 p. Part 1: Cylindrical Map Projection]*. Lutsk: PP Ivanyuk V.P.
7. Jenny B. (2008). *Map Design for the Internet / B. Jenny, H. Jenny, S. Räber*. // *International Perspectives on Maps and the Internet*. Berlin: Heidelberg, New York: Springer, (pp. 31-48). https://doi.org/10.1007/978-3-540-72029-4_3
8. Samsonov T. E. (2009). Creation interactive map design for Web-services. *ArcReview*, 1 (48), 14-15.
9. Ultrashyrokoekrannyky: «za» y «protyv» [Elektronnyi resurs] [Ultra-wide Screen: “For” and “Against” [Electronic resource]. Kompaniya M.Video. [M.Video Company] (2015). Retrieved from: <https://habr.com/ru/company/mvideo/blog/385859/>.
10. Harrower M. & Keller C. P., Hocking D. (1997). Cartography on the Internet: thoughts and a preliminary user survey. *Cartographic Perspectives*, 26, 27-37. DOI:10.14714/CP26.718

11. Wikle T. (1991). Computer Software for Displaying Map Projections and Comparing Distortions. *Journal of Geography*. (Vol. 90, No.6.), (pp. 264-266). <https://doi.org/10.1080/00221349108979316>
12. Korolov, Yevhen. Svit 18:9: chomu diahonal ekrana skoro stane pohanym mirylom shyryny smartfona [Elektronnyi resurs] [World 18:9: why the diagonal of the screen will soon become a bad measure of the width of the smartphone [Electronic resource] (2017). Retrieved from: <https://techtoday.in.ua/reviews/svit-18-9-chomu-diagonal-ekranu-skoro-stane-poganim-mirilom-shirini-smartfona-72432.html>.
13. Vinge C. L. (1950). Mercator projection: its basis in elementary mathematics / C. L. Vinge // *School Science and Mathematics*. (Vol. 50, No. 439), (pp. 394–401). <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1950.tb06620.x>
14. Lambert J. H. (1772). *Beitrag zur Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung. Anmerkungen und Zusatze zur Entwertung der Land- und Himmelscharten*. Berlin, Part III, Sektion 6. <http://doi.org/10.3931/e-rara-8613>
15. Miller R. (1949). An equirectangular map projection. *Geography*. (Vol. 34, Pt. 4), (pp. 196–201). [Standard parallels 50°28. N. and S. See also correction, 1951, v. 36, pt. 4, p. 270.] <https://www.jstor.org/stable/40564637>

П.П. Король, В.У. Волошин, О.В. Мельник, Ю.С. Блиндер
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ В
СОВРЕМЕННЫХ СТАНДАРТАХ УСТРОЙСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ

Цель данной работы заключается в обосновании необходимости разработки дисплей-ориентированных математических основ с ортогональной картографической сеткой и изыскании адаптированных к размерам экранного фрейма параметров нормальных равноугольных, равновеликих и ривнопромежуточных цилиндрических проекций географических карт мира. Методика. Визуализация геозизображений на устройствах отображения ГИС требует проектирования оптимальных параметров элементов математической основы карт, предполагает выбор или изыскания картографической проекции, подбор масштабного ряда изображений, настройки картографической сетки и т.д. при условии максимально эффективного использования экранного пространства. С целью эффективного заполнения прямоугольного фрейма устройства отображения целесообразно использовать картографические проекции с ортогональной сеткой меридианов и параллелей, к которым относятся нормальные цилиндрические проекции. Обеспечение соотносительности размеров картографического изображения и дисплея достигается применением модифицированных вариантов цилиндрических проекций с переменной широтой параллели прикосновения или параллелей сечения. К преимуществам такого вида проекций, кроме этого, относят возможность оперативного расчета параметров картографической сетки, высокую точность при передаче форм и площадей, тривиальность вычисления параметров искажений, и обратных зависимостей, соотносительность систем экранных и геодезических или прямоугольных координат. Модифицированные цилиндрические проекции является параметризованных функцией широты, что

позволяет варьировать параметрами искажений в зависимости от положения и размеров картографованной территории. Результаты. Экспериментально доказано, что в целях наиболее эффективного использования площади экрана целесообразно использовать ортогональные картографические сетки прямолинейных меридианов и параллелей. Обоснована возможность и целесообразность использования модифицированных цилиндрических проекций как математических основ географических карт мира, предназначенные для воспроизведения на устройствах отображения. Предложена методика вычисления оптимальных параметров нормальных равноугольной, равновеликой и равнопромежуточной цилиндрических проекций. Установлена возможность получения исходных параметров и расчета проекций при произвольных соотношениях параметров фрейма устройства отображения путем подстановки их значений в конечные уравнения соответствующих картографических проекций. Научная новизна и практическая значимость. Научные исследования по совершенствованию математических основ географических карт с целью их адаптации к современным стандартам устройств отображения в Украине не выполнялись. Полученные результаты могут быть использованы разработчиками программного обеспечения при создании картографических web-сервисов, а также картографами - при разработке кондиционных математических основ географических карт различного территориального охвата. Использование модифицированных вариантов равноугольных, равновеликих и равнопромежуточных цилиндрических проекций позволит значительно повысить качество оформления картографического контента web-страниц, обеспечит полноценное использование экранного пространства, высокую детальность картографического изображения и максимальную точность отображения.

Ключевые слова: модифицированные цилиндрические проекции, ортогональные картографические сетки, стандарты устройств отображения, ГИС-вьювер, web-сервисы.

P. Korol, V. Voloshyn, O. Melnyk, Y. Blinder
MODIFIED CYLINDRICAL PROJECTIONS IN CURRENT STANDARDS
OF DISPLAY DEVICES

The purpose of this work is to justify the need to develop display-oriented mathematical bases with orthogonal map grid and to find the parameters of normal conformal, equal-area and equidistance cylindrical projections for geographical maps of the world, adapted to the size of the screen frame. Method. Visualization of geographical images on GIS display devices requires the design of optimal parameters of elements of the mathematical basis of maps, which involves choosing or surveying a map projection, selecting a scale range of images, setting a map grid, etc., provided that the screen space is used as efficiently as possible. In order to effectively filling the rectangular frame of the display device, it's expedient to use the map projections with orthogonal grid of meridians and parallels, which include normal cylindrical projections. For ensuring the correlation between the sizes of the map image and

display device the modified variants of cylindrical projections with a variable latitude of the tangent parallel or of the secant parallels are used. The advantages of this type of projection, in addition, include the possibility of operative calculation of the map grid parameters, high reproduction accuracy of forms and areas, the triviality of calculation of distortion parameters and inverse dependencies, the correlation between screen and geodetic or rectangular coordinate systems. Modified cylindrical projections are parameterized by latitude function, which allows the variation of distortion parameters depending on the position and size of the mapped area. Results. It has been experimentally proved that for the purpose of the most effective using of the display space, it is expedient to use orthogonal map grids with rectilinear meridians and parallels. The possibility and expediency using the modified cylindrical projections as mathematical bases of geographical maps of the world, which are intended for reproduction on display devices, is substantiated. The method of computing the optimal parameters of normal conformal, equal-area and equidistance cylindrical projections is proposed. The possibility of obtaining initial parameters and calculating projections at arbitrary relations of frame parameters of the display device by setting their values in the final equation of the corresponding map projections is established. Scientific novelty and practical significance. The scientific researches on the improvement of the mathematical bases of geographical maps in order to adapt them to the current standards of display devices in Ukraine were not performed. The obtained results can be used by software developers for creating cartographic web-services, as well as by cartographers – for developing the conditional mathematical bases of geographical maps of various territorial coverage. The use of modified variants of conformal, equal-area and equidistance cylindrical projections will significantly improve the quality of the design of map content of web-pages, will ensure the complete using of the screen space, high detailing of the map image and maximum display accuracy.

Key words: *modified cylindrical projections, orthogonal map grids, standards of display devices, GIS-viewers, web-services.*