



ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РІВНОПРОМІЖНОЇ КОНІЧНОЇ ПРОЕКЦІЇ ДЛЯ СЕРЕДНЬО- І ДРІБНОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ УКРАЇНИ

Предлагается усовершенствованная методика выбора картографических проекций на основе обобщенного критерия. Доказана целесообразность использования равнопромежуточных конических проекций как математической основы для составления средне- и мелкомасштабных общегеографических карт территорий значительной протяженности. Исследовано аналитически шесть лучших равнопромежуточных вдоль меридианов конических проекций. Обоснован выбор среди них нормальной проекции Делиля с двумя стандартными параллелями как оптимальной для средне- и мелкомасштабного общегеографического картографирования территории Украины, а также выбор центрального меридиана и стандартных параллелей картографической сетки проекций и выполнено их оптимизацию. Построены графические и картографические модели распределения искажений.

The improved technique of automated selection of map projections based on the generalized criterion is proposed. The expediency of using of equidistant conic projections as a mathematical base for medium- and small-scale mapping of areas of significant longitudinal length is proved. An analytical research and comparative analysis of six best equidistant conic projections along the meridians is carried out. The choice of Delisle's equidistant conic projection with two standard parallels as the optimal projection for medium- and small-scale general geographic mapping of Ukraine is substantiated. The choice of the central meridian and standard parallels of graticule map projections are conditioned and their optimization is executed. Graphic and cartographic models of distribution of distortion are constructed.

Постановка проблеми. При укладанні географічних карт важливим етапом є вирішення питання вибору або вишукування картографічних проєкцій, адже це забезпечує можливість оптимальної роботи з майбутніми картами при розв'язанні різноманітних задач.

У простих випадках вибір картографічної проєкції перетворюється на звичайну технічну операцію, що передбачає отримання єдиного рішення на основі порівняння декількох подібних за своїми властивостями проєкцій. У складніших випадках доводиться спочатку зіставляти і зважувати, проєкція якого типу буде оптимальною для вирішення поставленої задачі, а вже тоді вибирати конкретну проєкцію в межах обраного класу. Але буває, що жодна з відомих проєкцій не забезпечує отримання зваженого рішення, а отже, виникає необхідність у модифікації існуючих або вишукування нових картографічних проєкцій, які повною мірою відповідають нашим вимогам.

Крім того, маємо фундаментальні проблеми в математичній картографії, що досі залишаються невирішеними, зокрема, тільки на початковій стадії розв'язання знаходиться питання розроблення теорії і способів отримання оптимальних рівновеликих і довільних за характером спотворень проєкцій як математичної основи для побудови карт конкретного призначення і певного територіального охоплення [9].

Зв'язок теми з важливими науковими і практичними завданнями. Співробітники ДНВП "Картографія" у співпраці з науковцями Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки виконують системні прикладні дослідження з питань вишукування оптимальних карто-

графічних проєкцій для потреб створення, укладання та видання середньо- і дрібномасштабних географічних карт.

Метою даної статті є обґрунтування вибору оптимальної картографічної проєкції для середньо- та дрібномасштабного загальногеографічного картографування України.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, що стосуються проблеми. Теоретико-методологічні засади вибору картографічних проєкцій добре висвітлено у класичному підручнику Л. М. Бугаєвського [4], а практичні аспекти їх реалізації – в атласах для вибору картографічних проєкцій Г. О. Гінзбурга і Т. Д. Салманової [5] та А. Г. Іванова й Г. І. Загребіна [6], а також у статті [7]. Проблеми вибору оптимальних картографічних проєкцій для великомасштабного топографічного та земельно-кадастрового картографування території України висвітлено у працях В. Д. Барановського [2, 3], С. Кубаха [9] та співробітників Науково-дослідного інституту геодезії і картографії Держземагентства України [1, 8]. Питання вибору оптимальних картографічних проєкцій для середньо- та дрібномасштабного загальногеографічного і тематичного картографування території України у вітчизняній картографічній літературі практично не висвітлені.

Виклад основного матеріалу. Вибір картографічних проєкцій слід починати з аналізу проєкцій аналогічних карт минулих років, а потім проєкцій, що рекомендовані в атласах для вибору картографічних проєкцій. Для цього доцільно скористатися рекомендаціями і відомостями, наведеними у класичних підручниках з математичної картографії та інших посібниках.

Вибір класу і виду картографічної проєкції залежить від кількох взаємопов'язаних чинників, які умовно можна об'єднати у три основні групи.



До першої групи віднесемо чинники, що характеризують об'єкт картографування, зокрема географічне положення, розміри і конфігурацію відображуваної території, важливість та ступінь відображення суміжних територій. Чинники цієї групи, як правило, повинні бути наперед заданими. Їх урахування передбачає передусім вибір таких проекцій, в яких їх центральні точки і центральні лінії, поблизу яких масштаби практично не змінюються, знаходяться у центрі картографованої території, а центральні лінії розміщуються вздовж напрямку максимальної протяжності картографованої території, тобто вони в основному дозволяють встановити вихідну групу проекцій для подальшого вибору оптимальної.

До другої групи включаємо чинники, що характеризують створювану карту, способи та умови її використання, зокрема призначення, спеціалізація, масштаб і зміст карти, задачі, що їх вирішуватимуть за нею, та вимоги щодо точності вирішення цих задач, способи використання карти й аналізу картографічної інформації, умови роботи з картою та відображення на ній відносних характеристик, вимоги щодо відображення комунікацій і зв'язків територій тощо. При зменшенні масштабу істотно підвищуються географічні вимоги до вибору картографічних проекцій. Змістом, призначенням та способом використання карти обумовлюється вибір рівнокутної, рівновеликої чи довільної за характером спотворення проекції. Друга група чинників є визначальною при виборі картографічних проекцій. Виходячи із вимог і умов цієї групи чинників, визначають відносну значимість чинників третьої групи.

До третьої групи віднесемо чинники, що характеризують власне картографічну проекцію, зокрема характер спотворень, допустимі максимальні спотворення довжин, кутів і площ, характер їх розподілу, стереографічність проекції (ступінь передачі форми території), кривизна та ортогональність зображення ліній картографічної сітки, симетричність картографічної сітки відносно середнього меридіана й екватора та умови їх зображення, умови зорового сприйняття зображення, наявність ефекту сферичності й перекриттів (повторюваності) ділянок картографічного зображення тощо. Деякі чинники з третьої групи повинні обов'язково враховуватись при виборі картографічної проекції. Це, зокрема, характер спотворень, максимально допустимі спотворення в межах даної території, симетричність або асиметричність картографічної сітки, рівновіддаленість меридіанів і паралелей, наявність перекриттів тощо. Дана вимога передбачає вибір конкретної проекції лише із сукупності проекцій, що повністю задовольняють поставлені вимоги (наприклад, лише із сукупності конічних рівнопроміжних проекцій).

Загалом вибір картографічних проекцій здійснюється у два етапи: а) на першому встановлюється сукупність проекцій (або їх властивостей), з числа яких доцільно робити їх вибір; б) на другому етапі остаточно визначається оптимальна проек-

ція. Таким чином, чинники третьої групи, що мають особливо високу значимість, доповнюють чинники першої групи і дозволяють в основному вирішити першу частину задачі – встановити сукупність проекцій або їх властивостей, зі складу якої зрештою виділити оптимальну проекцію.

Обґрунтування вибору класу картографічних проекцій. Вибір картографічних проекцій залежить головним чином від призначення і масштабу карти, що обумовлюють характер спотворень проекції. Карти великих і середніх масштабів, які призначені для вирішення метричних завдань, зазвичай укладають в рівнокутних проекціях, а карти дрібних масштабів, що використовуються для загального огляду і визначення співвідношення площ певних територій – у рівновеликих. При порушенні визначальних умов даних проекцій ($\omega \neq 0^\circ$ або $p \neq 1$), яке не призводить до появи значних спотворень, обирають довільні проекції, з-поміж яких найчастіше використовують рівнопроміжні вздовж меридіанів проекції із збалансованими параметрами спотворення кутів і площ.

Відомо, що для мінімізації спотворень при відображенні довільної за формою і розмірами частини еліпсоїда на площині загалом існує два варіанти рішення: добір проекції, ізоколи якої за своєю формою є близькими до контурів меж зображуваної території (умова Чебишова – Граве) або добір проекції, частковий масштаб довжин у початковій точці якої регулюється розподілом спотворень всередині зображуваної області. Як відомо, загалом жодна з окремо взятих проекцій не може мати форму ізоколи, що наближається до контурів меж зображуваних територій.

Враховуючи географічне положення (середні широти Північної півкулі), площу (603,7 тис. км²) і конфігурацію території (протяжність території по довготі є фактично вдвічі більшою, ніж по широті), середньо- та дрібномасштабні карти України укладають у нормальних рівнопроміжних конічних проекціях з двома стандартними паралелями, що відрізняються простотою картографічної сітки, а також прийнятним і зрозумілим розподілом спотворень по всій картографованій території. Це нормальні рівнопроміжні вздовж меридіанів конічні проекції В. В. Каврайського і Ф. М. Красовського.

Рівнопроміжні вздовж меридіанів конічні проекції з двома стандартними паралелями доцільно використовувати при укладанні загальногеографічних, фізичних, гіпсометричних, геоморфологічних, тектонічних, міграційних і політичних карт України масштабів 1:750 000-1:1 500 000. Використання двох стандартних паралелей суттєво зменшує і збалансовує величини спотворення кутів і площ по всій площі картографованої території.

Загальні рівняння конічних проекцій у прямокутних і полярних координатах мають вигляд:

$$\begin{cases} x = \rho_0 - \rho \cos \delta; \\ y = \rho \sin \delta, \end{cases} \quad (1)$$



де ρ – полярний радіус; δ – полярний кут; $\rho_0 = \text{const}$ – відстань між полюсом полярних і початком прямокутних координат; $\rho = f(z)$, $\delta = \alpha\lambda$ (z , δ – полярні сферичні координати).

Загальне рівняння рівнопроміжних уздовж меридіанів конічних проєкцій у полярних координатах, з урахуванням умови еквідистантності зображення $m=1$, виглядає так:

$$\rho = k - s, \quad (2)$$

де s – довжина дуги меридіана від екватора до паралелі з широтою φ ; k – параметр, що виражає радіус екватора в проєкції; $\delta = \alpha(\lambda - \lambda_0)$, де α і $k = \text{const}$. Якщо використовуються дві стандартні паралелі з широтами φ_1 і φ_2 , то $\alpha = (r_1 - r_2)/(s_2 - s_1)$, $k = (r_1/\alpha) + s_1 = (r_2/\alpha) + s_2$, де r_1 , r_2 – радіуси стандартних паралелей у проєкції в метрах, s_1 , s_2 – довжини дуг меридіанів від екватора до стандартних паралелей (теж у метрах).

Обґрунтування вибору картографічних проєкцій. Укладачі каталогу картографічних проєкцій світу – Golden Nets (Іллінойський університет, США) найкращими нормальними рівнопроміжними уздовж меридіанів конічними проєкціями світу з двома стандартними паралелями визнали проєкції К. Птолемея (II ст. н. е.), Ж.-Н. Деліля (1745 р.), П. Мердока (всі його три проєкції, 1758 р.), В. В. Вітковського (1900 р.), Д. І. Менделєєва (1907 р.), Ф. М. Красовського (1921 р.) і В. В. Каврайського (1931 р.) (табл. 1).

інших проєкцій, а проєкція Менделєєва – Simple Conic Equidistant projection – фактично є варіацією рівнопроміжної конічної проєкції Деліля з двома стандартними паралелями: $\varphi_1 = 90^\circ$ і $\varphi_2 = 55^\circ$ пн. ш., тому ці проєкції в даному дослідженні не розглядаються.

Обґрунтування вибору центрального меридіана. Положення центрального меридіана картографічної сітки середньо- та дрібномасштабних карт України визначається протяжністю території (1316 км) між крайніми західною (с. Соломоново Ужгородського району Закарпатської області – $48^\circ 25' 50''$ пн. ш., $22^\circ 09' 50''$ сх. д.) і східною (с. Червона Зірка Міловського району Луганської області – $49^\circ 15' 33''$ пн. ш., $40^\circ 11' 53''$ сх. д.) точками картографованої території, а також географічними координатами її центральної точки. Географічний центр України, розрахований як центр ваги плоскої фігури, обмеженої кордонами України, розташований на північній околиці села Мар'янівка Шполянського району Черкаської області й має координати $49^\circ 01' 39''$ пн. ш., $31^\circ 28' 58''$ сх. д., однак при виборі центрального меридіана слід враховувати положення геометричного центру України, що розрахований за опосередкованими значеннями широт і довгот крайніх точок України і розташований на північно-східній околиці смт Добровеличківка Кіровоградської області й має координати $48^\circ 22' 58''$ пн. ш., $31^\circ 10' 56''$ сх. д.

Таблиця 1. Параметри нормальних рівнопроміжних уздовж меридіанів конічних проєкцій

Назва проєкції	Стандартні паралелі	Територія картографування	Параметри рівняння (1) проєкції
Деліля	$\varphi_1 = 60^\circ$ пн. ш. $\varphi_2 = 60^\circ$ пд. ш.	світ	$\delta = n(\lambda - \lambda_0)$; $\rho = R[(\varphi_2 \cos \varphi_1 - \varphi_1 \cos \varphi_2)/(\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2) - \varphi]$; $n = (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)/(\varphi_2 - \varphi_1)$
Мердока I	$\varphi_1 = 75^\circ$ пн. ш. $\varphi_2 = 15^\circ$ пн. ш.	Північна півкуля	$\delta = n\lambda$; $\rho = (\text{ctg} \sigma \sin \theta)/\theta + \sigma - \varphi$; $n = \sin \sigma$; $\sigma = (\varphi_1 + \varphi_2)/2$; $\theta = (\varphi_2 - \varphi_1)/2$
Мердока III	$\varphi_1 = 75^\circ$ пн. ш. $\varphi_2 = 15^\circ$ пн. ш.	Північна півкуля	$\delta = n\lambda$; $\rho = \theta \text{ctg} \theta \text{ctg} \sigma + \sigma - \varphi$; $n = (\sin \sigma \sin \theta \text{tg} \theta)/\theta^2$; $\sigma = (\varphi_1 + \varphi_2)/2$; $\theta = (\varphi_2 - \varphi_1)/2$
Вітковського	$\varphi_1 = 45^\circ$ пн. ш. $\varphi_2 = 67^\circ$ пн. ш.	Російська імперія	$\delta = n\lambda$; $n = (\sin \sigma \text{tg} \theta)/\theta$; $\sigma = (\varphi_1 + \varphi_2)/2$; $\theta = (\varphi_2 - \varphi_1)/2$; $\rho = k - m s$; $\delta = \alpha(\lambda - \lambda_0)$; $\alpha = 0,823951$; $k = 10470480$ м; $m = 1$
Красовського	$\varphi_1 = 73^\circ 28' 42''$ пн. ш. $\varphi_2 = 39^\circ 28' 42''$ пн. ш.	СРСР	$\rho = \rho_1 + m(\varphi_1 - \varphi) = \rho_2 + m(\varphi_2 - \varphi)$; $\rho_1 = \cos \varphi_1 / (\alpha \cos \theta \sin \varphi_m)^{1/2}$; $\rho_2 = \cos \varphi_2 / (\alpha \cos \theta \sin \varphi_m)^{1/2}$; $\varphi_m = (\varphi_1 + \varphi_2)/2 = 56^\circ 28' 42''$; $\delta = \alpha(\lambda - \lambda_0)$; $\alpha = 0,851568$; $k = 10345040$ м; $m = 0,9703$
Каврайського	$\varphi_1 = 47^\circ$ пн. ш. $\varphi_2 = 62^\circ$ пн. ш.	СРСР (материкова частина)	$\rho = k - m s$; $\delta = \alpha(\lambda - \lambda_0)$; $\alpha = 0,811824$; $k = 10575200$ м; $m = 1$

Проєкція Птолемея для регіонального картографування практично не використовується, проєкція Мердока II є опосередкованим варіантом двох його

Таким чином, з урахуванням вищенаведених аргументів для території України, що фактично розміщена між меридіанами 22° і 40° сх. д. і має

протяжність 18° по довготі, цілком обґрунтованим є вибір центрального меридіана 31° сх. д. Крім цього, використання даного центрального меридіана як осевого забезпечує приблизну рівність площ території на захід і на схід від нього.

Обґрунтування вибору стандартних паралелей. Положення стандартних паралелей картографічної сітки середньо- та дрібномасштабних карт України визначається протяжністю території (893 км) між крайніми північною (с. Грем'яч Новгород-Сіверського району Чернігівської області – 52°20'04" пн. ш., 33°17'19" сх. д.) і південною (мис Сарич, Автономна Республіка Крим – 44°23'14" пн. ш., 33°44'17" сх. д.) точками картографованої території. Таким чином, з урахуванням зазначених вище аргументів, для території України, що фактично розміщена між паралелями 44° і 52° пн. ш. і має протяжність 8° по широті, цілком обґрунтованим є вибір двох стандартних паралелей 46° і 50° пн. ш. Крім того, використання даних стандартних паралелей як вихідних дозволяє на завершальному етапі дослідження виконати їх оптимізацію.

Обґрунтування вибору густоти картографічної сітки. При укладанні загальногеографічних, фізичних, гіпсометричних, геоморфологічних, тектонічних, міграційних і політичних карт України масштабів 1:750 000-1:1 500 000 цілком обґрунтованою є густота картографічної сітки 1°×1° по широті й довготі.

Для виконання порівняльного аналізу рівнопроміжних конічних проєкцій як математичної основи для укладання середньо- і дрібномасштабних загальногеографічних карт проведено повне аналітичне дослідження шести обраних картографічних проєкцій. На основі чотирьох частинних похідних у 2850-ти вузлових точках регулярної сітки (її густота 15'×15') обчислено значення коефіцієнтів першої квадратичної форми Гаусса E, F, G , диференціального визначника Якобі H , а також доведено тотожність Ейлера – Лагранжа $H^2 = EG - F^2$ і визначено параметри спотворень m, n, p, a, b, w для кожної з проєкцій.

Після виділення чинників, що підлягають обов'язковому врахуванню, було виконано ранжування всіх інших чинників, визначено відносну значимість кожного з них при вирішенні задачі вибору певної проєкції. Остаточне ранжування чинників здійснено після уточнення чинників другої групи та встановлення їх відносної значимості. На основі вирішення цієї задачі та формалізації вимог до картографічних проєкцій сформовано узагальнений критерій оцінювання картографічних проєкцій, який обчислено на основі часткових критеріїв. Кожен із часткових критеріїв характеризує проєкцію в кожній її точці:

$$\varepsilon_1 = (a/b) - 1; \quad (3)$$

$$\varepsilon_2 = ab - 1; \quad (4)$$

$$\varepsilon_3 = \left[\frac{(a-1)^2 + (b-1)^2}{2} \right]^{1/2}, \quad (5)$$

де a, b – екстремальні часткові масштаби довжин; ε_1 – критерій конформності проєкції; ε_2 – критерій еквівалентності проєкції; ε_3 – критерій екви-дистантності проєкції (критерій Ейрі).

Для отримання значень узагальненого критерію оцінювання у вузлових точках картографічної сітки проєкції необхідно обчислити значення квадратів часткових критеріїв та знайти їх середнє арифметичне значення:

$$E_i^2 = \sum_{k=1}^n \varepsilon_{ik}^2 / n, \quad (6)$$

де n – кількість вузлових точок; k – номери точок, в яких обчислено значення ε_i^2 .

Узагальнений критерій має вигляд:

$$E^2 = \frac{\sum_{i=1}^3 P_i E_i^2}{\sum_{i=1}^3 P_i}, \quad (7)$$

де P_i – ваги значимості часткових критеріїв.

Цей критерій враховує більшість вимог до картографічних проєкцій і подається у формалізованому вигляді та відносних величинах, що дозволяє порівнювати й одночасно враховувати різні вимоги до проєкцій. Так було обрано проєкцію, для якої узагальнений критерій має мінімальне значення. При визначенні цього критерію враховувались усі три часткові критерії однакової ваги, що диктується вибором рівнопроміжних проєкцій.

На основі рівностей (2-5,7) для кожної з шести обраних рівнопроміжних конічних проєкцій за їх координатною сіткою обчислено середні значення часткових $\bar{\varepsilon}_i$ ($i=1,2,3$) та узагальненого E критеріїв (табл. 2).

Таблиця 2. Середні значення часткових та узагальненого критеріїв оцінювання картографічних проєкцій

Назва проєкції	$\bar{\varepsilon}_1$	$\bar{\varepsilon}_2$	$\bar{\varepsilon}_3$	E
Деліля	0,0008858	0,0005358	0,0006263	0,1241103
Мердока I	0,0010129	0,0009449	0,0007162	0,1755975
Мердока III	0,0010103	0,0009424	0,0007144	0,1742704
Вітковського	0,0011457	0,0011457	0,0008101	0,2096856
Каврайського	0,0008858	0,0005358	0,0006263	0,1241103
Красовського	0,0038853	-0,0020690	0,0023214	0,9241324

Для зручності порівняння узагальнений критерій E в табл. 2 подано з коефіцієнтом 100 000.

З урахуванням обраного узагальненого критерію виконано порівняльний аналіз сукупності картографічних проєкцій і визначено оптимальну. [Тут зробимо таке застереження: у випадку, якщо жодна з відомих проєкцій у достатній мірі не задовольняє висунуті до них вимоги, необхідно провести пошук іншої проєкції з використанням отриманого узагальненого критерію, попередньо встановивши імовірність існування такої проєкції.]

Результати нашого дослідження показали тотожність відповідних значень часткових критеріїв $\bar{\varepsilon}_1, \bar{\varepsilon}_2, \bar{\varepsilon}_3$, а отже, і узагальненого критерію E найкращих рівнопроміжних конічних проєкцій Деліля і



Каврайського, що зумовило необхідність перевірки тотожності відповідних рівнянь обох проекцій. Незважаючи на очевидні відмінності у формі запису рівнянь проекції, вони виявились взаємозамінними, тобто тотожними. Так ми дійшли висновку, що рівнопроміжна конічна проекція Каврайського є лише частковим випадком рівнопроміжної конічної проекції Деліля з двома стандартними паралелями і що вона враховує параметри еліпсоїда Красовського. Зважаючи на це, рівнопроміжну конічну проекцію Деліля з двома стандартними паралелями вважаємо оптимальною для середньо- і дрібномасштабного загальногеографічного картографування України.

Оптимізацію стандартних паралелей рівнопроміжних конічних проекцій виконано за умови мінімальності значення узагальненого критерію. Для цього спочатку з урахуванням критерію географічного положення і конфігурації картографованої території було обчислено значення відповідних параметрів, а тоді за умови мінімуму узагальненого критерію їх було уточнено. Оскільки густота вузлових точок картографічної сітки при дослідженні становила $15' \times 15'$, то саме такий крок було обрано для симетричного зміщення двох попередньо вибраних стандартних паралелей на північ і південь від їх початкового положення.

Результати експериментальних досліджень з оптимізації стандартних паралелей зведено у табл. 3.

Наступним кроком оптимізації було паралель-

Таблиця 3. Оптимізація стандартних паралелей нормальної рівнопроміжної конічної проекції Деліля (симетричне зміщення)

φ_1	φ_2	$\bar{\varepsilon}_1$	$\bar{\varepsilon}_2$	$\bar{\varepsilon}_3$	E
46°00'	50°00'	0,0008858	0,0005358	0,0006263	0,1241103
45°45'	50°15'	0,0008713	0,0003725	0,0006160	0,1112364
45°30'	50°30'	0,0008748	0,0001899	0,0006184	0,1021200
45°15'	50°45'	0,0009002	-0,0000118	0,0006364	0,0985187
45°00'	51°00'	0,0009519	-0,0002328	0,0006726	0,1023756
44°45'	51°15'	0,0010339	-0,0004729	0,0007304	0,1158191
44°30'	51°30'	0,0011505	-0,0007322	0,0008125	0,1411636
44°15'	51°45'	0,0013058	-0,0010107	0,0009219	0,1809097
44°00'	52°00'	0,0015040	-0,0013084	0,0010615	0,2377446

не перенесення стандартних паралелей у широтному напрямку з подальшим симетричним зміщенням через $5'$. При цьому оптимальним вважали таке їх положення, при якому спостерігалася мінімізація узагальненого критерію якості за умови збалансування величин спотворень на обмежувальних паралелях (табл. 4).

Таблиця 4. Оптимізація стандартних паралелей нормальної рівнопроміжної конічної проекції Деліля (паралельне перенесення і симетричне зміщення)

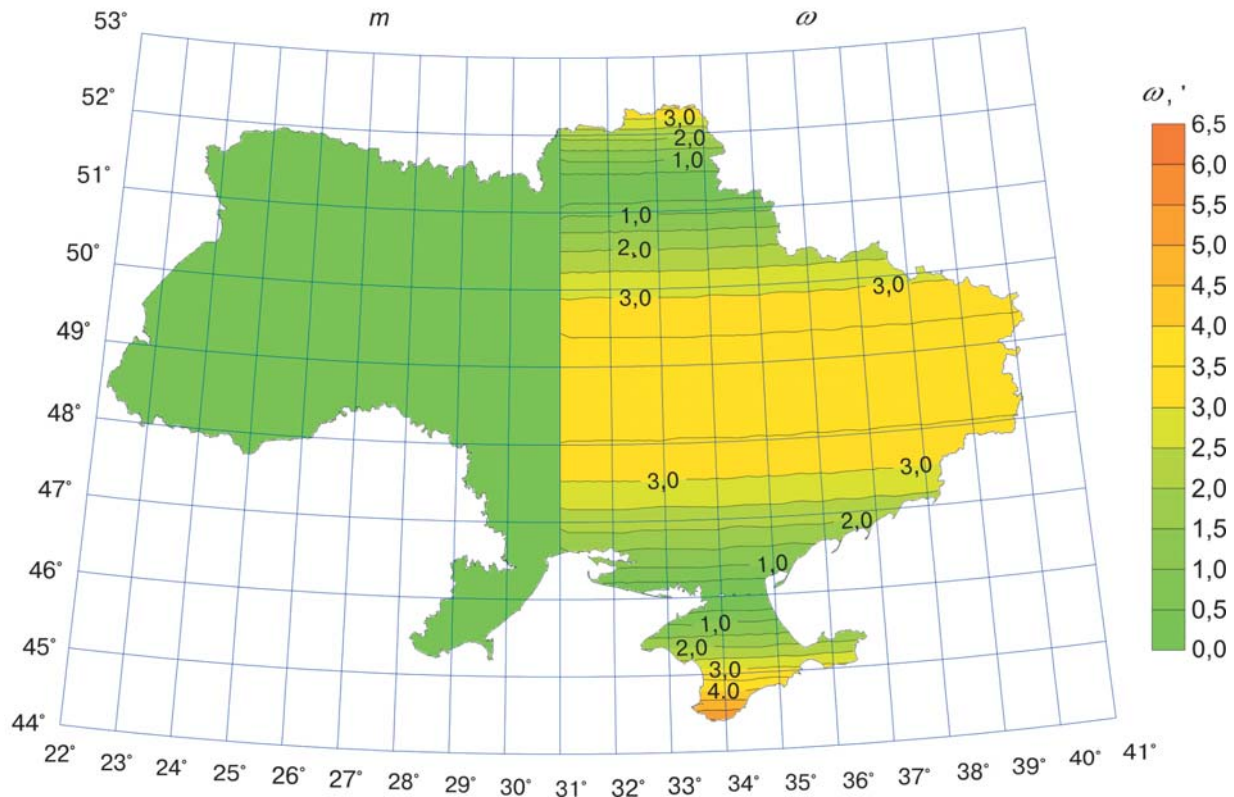
φ_1	φ_2	$\bar{\varepsilon}_1$	$\bar{\varepsilon}_2$	$\bar{\varepsilon}_3$	E
45°20'	50°50'	0,0008886	-0,0000260	0,0006280	0,0933169
45°25'	50°55'	0,0008766	-0,0000380	0,0006196	0,0889519
45°30'	51°00'	0,0008643	-0,0000478	0,0006108	0,0854030
45°35'	51°05'	0,0008591	-0,0000555	0,0006072	0,0826517
45°40'	51°10'	0,0008536	-0,0000610	0,0006033	0,0806822
45°45'	51°15'	0,0008477	-0,0000644	0,0005991	0,0794809
45°50'	51°20'	0,0008489	-0,0000657	0,0006000	0,0790365
45°55'	51°25'	0,0008498	-0,0000648	0,0006006	0,0793401
46°00'	51°30'	0,0008502	-0,0000618	0,0006009	0,0803851
45°55'	51°25'	0,0008498	-0,0000648	0,0006006	0,0805461
46°00'	51°20'	0,0008367	0,0000040	0,0005914	0,0789724
46°05'	51°15'	0,0008276	0,0000706	0,0005850	0,0793702

Таким чином, відповідно до мінімального значення узагальненого критерію $E=0,0789724$ стандартними паралелями рівнопроміжної конічної проекції Деліля при середньо- та дрібномасштабному картографуванні території України можна вважати паралелі $\varphi_1=46^\circ00'$ та $\varphi_2=51^\circ20'$ пн. ш., що практично узгоджується із загальноприйнятим міжнародним правилом вибору стандартних паралелей.

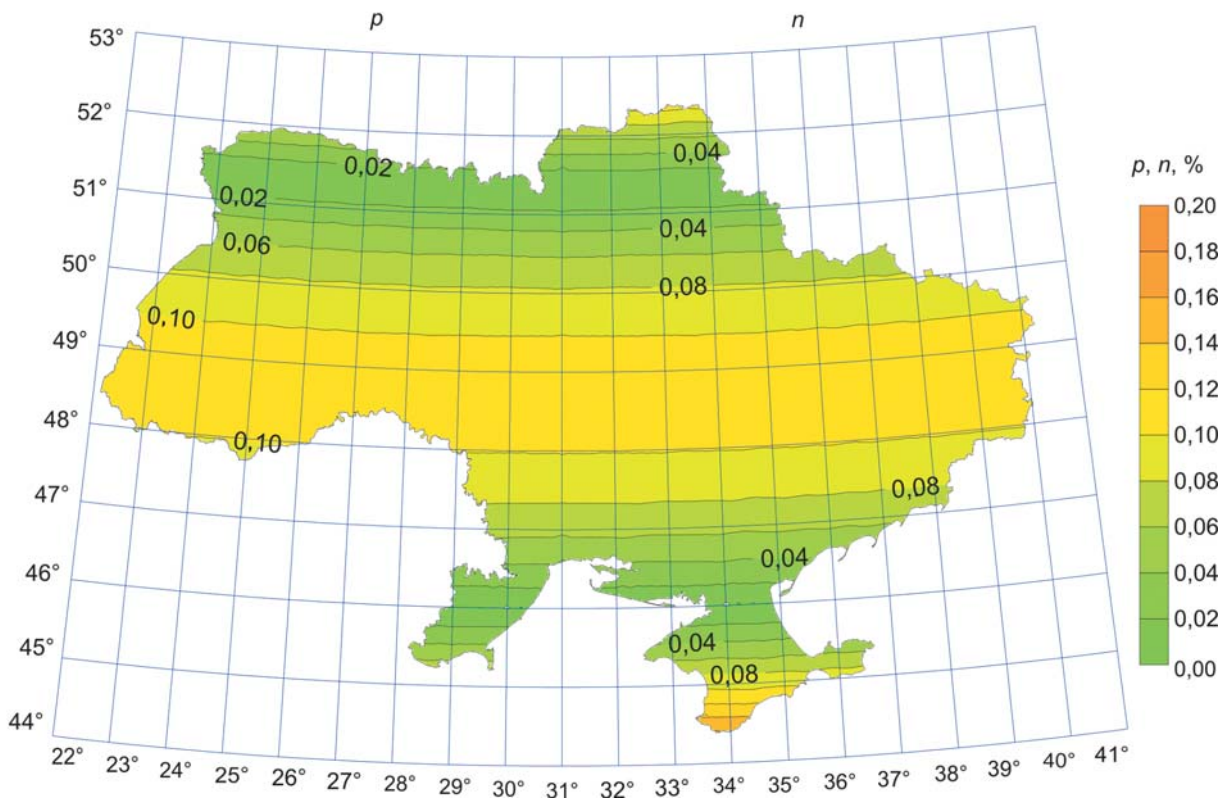
Параметри спотворень нормальної рівнопроміжної вздовж меридіанів конічної проекції Деліля з двома стандартними паралелями є функціями лише від широти, тому зведена відомість спотворень має вигляд, відображений у табл. 5. Просторовий розподіл спотворень m , n , p , a і b нормальної рівнопроміжної конічної проекції Деліля з двома стандартними паралелями передають малярки 1-3.

Таблиця 5. Зведена відомість параметрів спотворень нормальної рівнопроміжної конічної проекції Деліля

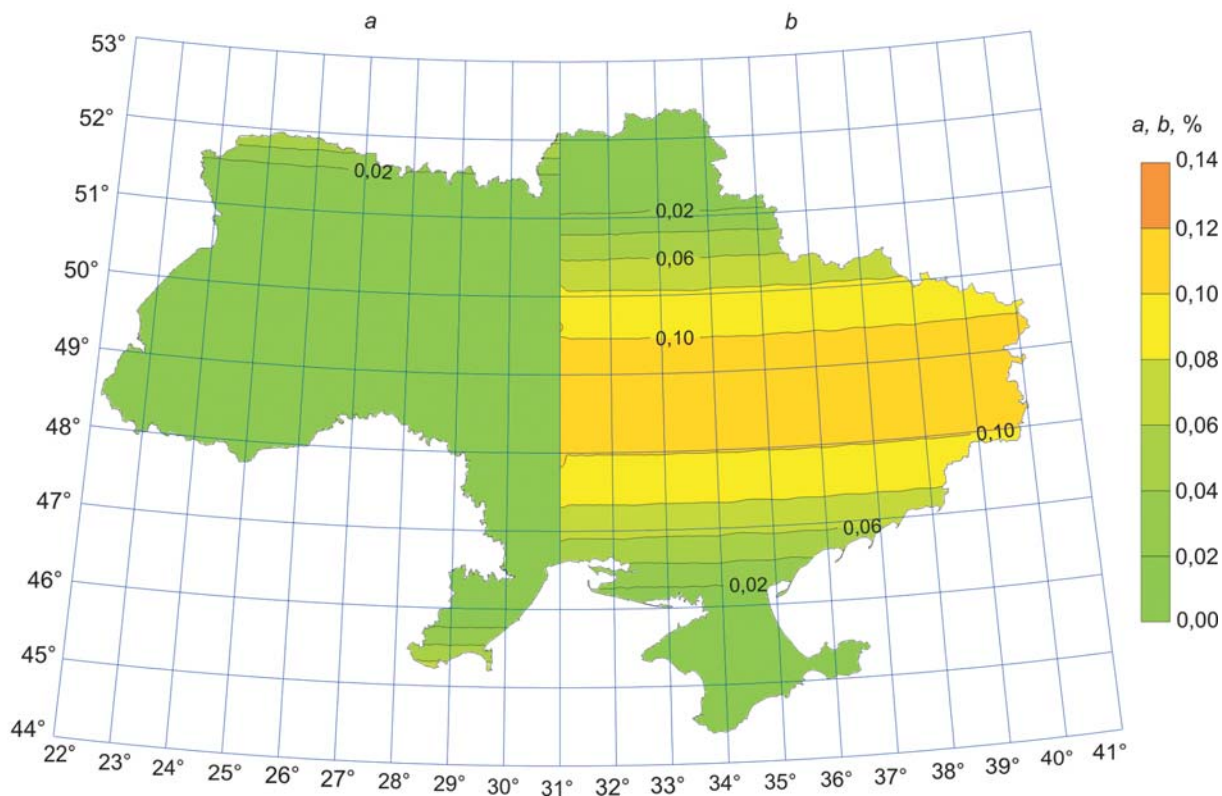
Паралелі картографічної сітки	Параметри спотворень					
	m	n	p	a	b	ω
53°	1,0000000	1,0018929	1,0018929	1,0018929	1,0000000	0°06'30,06"
52°	1,0000000	1,0006388	1,0006388	1,0006388	1,0000000	0°02'11,73"
51°	1,0000000	0,9997378	0,9997378	1,0000000	0,9997378	0°00'54,09"
50°	1,0000000	0,9991729	0,9991729	1,0000000	0,9991729	0°02'50,67"
49°	1,0000000	0,9989293	0,9989293	1,0000000	0,9989293	0°03'40,97"
48°	1,0000000	0,9989936	0,9989936	1,0000000	0,9989936	0°03'27,70"
47°	1,0000000	0,9993540	0,9993540	1,0000000	0,9993540	0°02'13,30"
46°	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	0°00'00,00"
45°	1,0000000	1,0009223	1,0009223	1,0009223	1,0000000	0°03'10,16"
44°	1,0000000	1,0021127	1,0021127	1,0021127	1,0000000	0°07'15,32"



Мал. 1. Ізоколи m, ω нормальної рівнопроміжної конічної проєкції Деліля з двома стандартними паралелями



Мал. 2. Ізоколи p, n нормальної рівнопроміжної конічної проєкції Деліля з двома стандартними паралелями



Мал. 3. Ізоколи a, b нормальної рівнопроміжної кінчної проєкції Деліля з двома стандартними паралелями

Висновки. В результаті проведених досліджень удосконалено та апробовано методику вибору оптимальних картографічних проєкцій, що може бути успішно реалізована як у випадку автоматичної побудови математичної основи і змісту карти з використанням геоінформаційних технологій, так і у випадку відсутності відповідних аналітичних комплексів. Запропоновану нормальну рівнопроміжну вздовж меридіанів кінчну проєкцію Деліля з двома стандартними паралелями та мінімізованими і збалансованими параметрами спотворень можна використовувати при укладанні загальногеографічних, фізичних, гіпсометричних, геоморфологічних, тектонічних, міграційних і політичних карт України масштабів 1:750 000-1:1 500 000.

Література

1. Барановський, В.Д. Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення земельного кадастру. Системи координат і картографічні проєкції / В.Д. Барановський, Ю.О. Карпінський, О.В. Кучер, А.А. Лященко; за заг. ред. Ю.О. Карпінського. – К.: НДІГК, 2009. – 96 с.
2. Барановський, В.Д. Пошуки оптимальних картографічних проєкцій для великомасштабного картографування території України / В.Д. Барановський // Вісн. геодез. та картогр. – 2004. – № 3. – С. 43-47.
3. Барановський, В.Д. Варіаційні методи оптимізації картографічних проєкцій для України та її окремих регіонів / В.Д. Барановський, М.М. Тарапатов // Вісн. геодез. та картогр. – 2006. – № 3. – С. 13-18.
4. Бугаевский, Л.М. Математическая картография: учеб. для вузов / Л.М. Бугаевский. – М.: Златоуст, 1998. – 400 с.
5. Гинзбург, Г.А. Атлас для выбора картографических проєкций / Г. А. Гинзбург, Т. Д. Салманова // Тр. ЦНИИГАиК. – М.: Геодиздат, 1957. – Вып. 110. – 239 с.
6. Иванов, А.Г. Атлас картографических проєкций на крупные регионы Российской Федерации: учебно-наглядное пособие / А.Г. Иванов, Г.И. Загребин. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2012. – 19 с.
7. Иванов, А.Г. Разработка методики автоматизированного выбора картографической проєкции при реализации мелкомасштабного картографирования / А.Г. Иванов, Г.И. Загребин // Изв. вузов. Геодез. и аэрофотосъем. – 2011. – № 1. – С. 98-100.
8. Карпінський, Ю.О. Дослідження картографічних проєкцій геопросторових даних для об'єктів земельного кадастру / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Т.В. Щербина // Вісн. геодез. та картогр. – 2003. – № 2. – С. 41-47.
9. Кубах, С. Принципи встановлення та практика використання картографічних проєкцій для забезпечення математичного відображення кадастрових знімків / С. Кубах // Геодез., картогр. і аерофотознім.: міжвідомч. наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 75. – С. 10-16.

Надійшла 28.04.14