

## УДК 528.9

В. М. МЕЛЬНИК<sup>1</sup>, В. Л. РАСЮН<sup>2\*</sup>, Н. В. ЛАВРЕНЧУК<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, вул. Кравчука, 36, м. Луцьк, Україна, 43024, тел.: +38(0332) 735793.

<sup>2\*</sup> Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, вул. Кравчука, 36, м. Луцьк, Україна, 43024, тел.: +38(066) 7135904., ел. пошта: vityokko@mail.ru.

<sup>3</sup> Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, вул. Кравчука, 36, м. Луцьк, Україна, 43024.

## ДО ВИБОРУ КАРТОГРАФІЧНИХ ПРОЕКЦІЙ ТРАНСКОРДОННИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СИТУАЦІЙ

**Мета.** В теорії математичної картографії відомі два методи вишукування нових картографічних проекцій. Перший з них оснований на методах Чебишева. За цим методом визначають проекції, у яких в межах картографованої області максимум модуля логарифму масштабу повинен мати мінімальні значення. При цьому використовується низка критеріїв, яка дає змогу отримувати проекції і мінімального, і варіаційного типів. Проте, в картографічній практиці часто віддають перевагу нестрого коректним методам, зокрема, можна здійснювати вибір за характером картини розподілу спотворень, пристосовуючи їх характеристики і величини відповідно до призначення створюваної карти. Обґрунтування вибору картографічних проекцій конформного і варіавалентного типів для регіонального картографування транскордонних екологічних ситуацій є актуальною проблемою, що і стало метою цієї публікації. **Методика.** У випадку регіонального картографування необхідно враховувати різну конфігурацію форми території. В цьому аспекті доцільно використовувати рівнокутні (конформні) картографічні проекції. Запропоновано отримувати рівнокутну проекцію із застосуванням гармонічних поліномів третього степеня. **Результати.** У статті обґрунтовано вибір картографічних проекцій конформного і варіавалентного типів для регіонального картографування транскордонних екологічних ситуацій. Запропоновано методику пристосування індикатриси спотворення центральної точки до форми території. **Наукова новизна.** Вишукування картографічних проекцій спеціального призначення можна здійснювати без суворого дотримання теорії математичної картографії. Для картографування сучасного екологічного стану України запропоновано застосовувати змінно-масштабну (варіавалентну) нормальну кінчну проекцію. Розглянуто два методи отримання такої проекції. В основу першого покладено застосування степеневого поліноміального апроксимування. Другий метод передбачає використання поліномів Чебишева. **Практична значущість.** За цією методикою розраховано змінно-масштабну картографічну проекцію за умови чіткого зорового сприйняття наявних екологічних змін у південній частині території України та картографічна проекція транскордонного регіону з екологічно нестійкими об'єктами – Хотиславський кар'єр (Білорусь) і Шашкі озера (Україна). Знайдено значення масштабів довжин і площ для різних у широтному відношенні паралелей. Отримані дані підтверджують збільшення масштабу площ у південній частині України в 2,21 разу, що може забезпечити суттєве збільшення тематичної інформативності цієї частини території.

**Ключові слова:** картографічна проекція; рівнокутна проекція; конформна проекція; кінчна проекція; степеневі поліноми; поліноми Чебишева.

### Вступ Постановка проблеми

Сьогодні відомі два напрямки отримання найкращих проекцій [Бугаевский, 1992; Мещеряков, 1968]. Основою першого є умова Чебишева, за якою визначаються проекції, в яких у межах картографованої області максимум модуля логарифма масштабу повинен приймати мінімальні значення. В другому нап-

рямку передбачено одержання і оцінка спотворень проекцій і в окремих точках, і по всій області. При цьому використовують критерій оцінювання переваг проекцій, які запропонував Ейрі Йордан, В. В. Каврайський, Г. І. Конусова та іншими, достатньо повно описаними в літературі [Бугаевский, 1992]. Отже, можна визначати найкращі проекції, що належать і до мінімаксного типу, і до варіаційного.

Але в картографічній практиці частіше мають місце випадки, коли визначальним фактором вибору і використання проєкцій є не величина спотворень та характер їхнього розподілу, а інші фактори або їх сукупність. Отже, найкращі проєкції можуть бути двох типів: найкращі проєкції, що забезпечують мінімум спотворень і кращий їх розподіл за критеріями мінімаксного або варіаційного типів; найкращі проєкції, що забезпечують оптимальне задоволення всіх вимог до проєкцій відповідно до призначення створюваної карти [Мельник, 2012].

Задача вишукування найкращих проєкцій найбільш повно розв'язана для рівнокутних проєкцій. Теорему про найкращі рівнокутні проєкції сформулював П. А. Чебишев у 1853 р. і довів Д. А. Граве в 1894 р. Способи отримання проєкції Чебишева були розглянуті у [Бугаевский, 1992; Мещеряков, 1968].

За визначенням В. В. Каврайського, ідеальними є проєкції, отримані зі всієї можливої множини, де забезпечується мінімум спотворень довжин у межах зображуваної території. В загальному змісті ідеальними можна назвати проєкції, в яких забезпечується оптимальне виконання всіх вимог до картографічних проєкцій для створення карт конкретного призначення і на конкретній території, проте, ідеальних проєкцій, однаково придатних для всіх випадків практики, просто не існує, їх потрібно розробляти для кожного конкретного завдання.

Вишукування картографічних проєкцій спеціального призначення, наприклад, транскордонних екологічних ситуацій, можна здійснювати без строгого дотримання окреслених вище умов [Кочуров, 2009; Chandra, Ghosh, 2006; Airborne Imaging, 2011]. Важливою проблемою сьогодні є вплив Хотиславського кар'єру на стан Шацьких озер. За даними аерокосмічних знімачів [Шумаков, Азимов, 2013], інтенсивна розробка Хотиславського кар'єру (Білорусь) негативно впливає на водний режим Шацьких озер (Україна), зокрема має місце різке посилення впливу природних і антропогенних факторів. Нехтування цими факторами в перспективі призведе до різкого зниження водного об'єму озер та їхнього евтрофування.

## Аналіз останніх досліджень і публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

У сучасній вітчизняній геодезичній літературі обмаль публікацій з математичної картографії. Відсутні дослідження з теорії змінно-масштабних варіавалентних проєкцій [Бугаевский, 2000]. Дослідження [Мельник, 2012], окрім деяких розділів, має навчально-методичний характер. Дослідження [Сосса, Король, Волошин, 2014] виконані в класичному стилі і значення їх відповідне.

Питанням отримання рівнокутних проєкцій із заданими властивостями для картографування значних регіонів присвячені дослідження [Донг Тхи Бить Фіонг, 2003]. Запропонована методика є складною і для практичного застосування, і для картографування незначних територій (адміністративних областей та районів) малопридатна.

Обґрунтування вибору оптимальних проєкцій та дослідження їх точнісних характеристик розглянуто в роботі [Барановський, Карпінський, Кучер, Лященко, 2009]

Цікавими і перспективними є методи [Барановський, 2006] застосування варіаційних принципів в оптимізації картографічних проєкцій для України та її окремих регіонів.

## Мета

Мета статті – обґрунтувати вибір картографічних проєкцій конформного і варіавалентного типів для регіонального тематичного картографування екологічних ситуацій.

## Методика та результати робіт

**1. Конформна проєкція регіонального картографування.** У випадку регіонального картографування важливим є питання вибору проєкції. При цьому необхідно враховувати, що регіони мають різну форму, зокрема таку, яка може бути апроксимована колом чи еліпсом з осями різної протяжності та орієнтації, а також бажано, щоб форма ізоколи контуру відображуваної території відповідала рівнокутній (конформній) проєкції.

Найбільший інтерес у групі рівнокутних проєкцій представляють проєкції з асиметричними ізоколами, тому що внаслідок пристосування ізокіл до контурів території серед всіх

рівнокутних проекцій ці проекції для цієї області мають найменше спотворення. Рівнокутні проекції з пристосованою ізоколою можна отримати за допомогою гармонічних поліномів  $(P, Q)$  різного степеня [Бугаевский, 1992; Tanner, Scholz, Jänckel, 2007], найчастіше третьої:

$$\begin{aligned} x &= \sum_{k=0}^3 (a_k P_k - b_k Q_k); \\ y &= \sum_{k=0}^3 (a_k Q_k + b_k P_k). \end{aligned} \quad (1)$$

Крім цього, доцільно застосовувати ізометричні координати  $q, \lambda$ :

$$q = \frac{\ln \left( \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \phi/2 \right) \right)}{\operatorname{tg}^e \left( 45^\circ + \psi/2 \right)}, \quad \sin \psi = e \cdot \sin \phi.$$

Відповідно формули (1) в розгорнутому вигляді такі:

$$\begin{aligned} x &= (a_0 + a_1 \tilde{q} + a_2 \tilde{q}^2 + a_3 \tilde{q}^3) - (b_1 + 2b_2 \tilde{q} + 3b_3 \tilde{q}^2) l - \\ &\quad - (a_2 + 3a_3 \tilde{q}) l^2 + b_3 l^3; \\ y &= (b_0 + b_1 \tilde{q} + b_2 \tilde{q}^2 + b_3 \tilde{q}^3) + (a_1 + 2a_2 \tilde{q} + 3a_3 \tilde{q}^2) l - \\ &\quad - (b_2 + 3b_3 \tilde{q}) l^2 - a_3 l^3. \end{aligned} \quad (2)$$

$$\tilde{q}_i = (q_i - q_0); \quad l_i = (\lambda_i - \lambda_0),$$

де  $q_0, \lambda_0$  – координати центральної точки відображуваної території, оскільки для координат ізометричної метрики властиві такі диференціальні співвідношення [Багратуни, 1962; Бугаевский, 1998]

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dq} &= \frac{dy}{d\lambda}; \\ \frac{dx}{d\lambda} &= -\frac{dy}{dq} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

З врахуванням цих співвідношень і властивостей конформного відображення можна отримати значення коефіцієнтів  $(a_i, b_i)$   $i = 1, 2, 3$  в такому явному вигляді:  $a_0 = S_0$ ,  $a_1 = r_0$

$$a_2 = \frac{r_0}{2} \sin \phi_0, \quad a_3 = \frac{r_0}{6} \cos 2\phi_0 - \frac{A}{3} r_0 \cos^2 \phi_0,$$

$$r_0 = R \cos \phi_0 \quad \text{і} \quad A = \frac{1 - C \cdot \cos 2\alpha}{4R^2}.$$

$S_0$  – віддаль по меридіану від екватора до центральної точки. Без втрати точності можна вважати, що  $b_0 = b_1 = b_2 = 0$ ,  $b_3 = \frac{B}{3} r_0 \cos^2 \phi_0$ ;

$B = \frac{C \cdot \sin 2\alpha}{4R^2}$ .  $C$  – коефіцієнт, яким можна регулювати форму ізоکیل (індикатрис).

З врахуванням цього робочі формули прямокутних координат регіонального конформного відображення мають вигляд:

$$\begin{aligned} x &= S_0 + r_0 \tilde{q} + \frac{r_0}{2} \sin \phi_0 \tilde{q}^2 + \left( \frac{r_0}{6} \cos 2\phi_0 - \frac{A}{3} r_0 \cos^2 \phi_0 \right) \tilde{q}^3 - \\ &\quad - \left( 3 \left( \frac{B}{3} r_0 \cos^2 \phi_0 \right) \tilde{q}^2 \right) l - \left( \frac{r_0}{2} \sin \phi_0 + 3 \left( \frac{r_0}{6} \cos 2\phi_0 - \frac{A}{3} r_0 \cos^2 \phi_0 \right) \right) l^2 + \\ &\quad + \left( \frac{B}{3} r_0 \cos^2 \phi_0 \right) l^3; \\ y &= \frac{B}{3} r_0 \cos^2 \phi_0 \cdot \tilde{q}^3 + \left( r_0 + 2 \left( \frac{r_0}{2} \sin \phi_0 \tilde{q} + 3 \left( \frac{r_0}{6} \cos 2\phi_0 - \frac{A}{3} r_0 \cos^2 \phi_0 \right) \tilde{q} \right) \right) l - \\ &\quad - 3 \left( \left( \frac{B}{3} r_0 \cos^2 \phi_0 \right) \tilde{q} \right) l^2 - \left( \frac{r_0}{6} \cos 2\phi_0 - \frac{A}{3} r_0 \cos^2 \phi_0 \right) l^3. \end{aligned} \quad (4)$$

Згідно з принципами теорії спотворень математичної картографії і особливостей гармонічних поліномів у дослідженні [Заргарян, 1981] отримано в явному вигляді вираз масштабу довжин  $(m-1) = v$ . За умови, що радіус Землі  $R_0 = 1$

$$v = \frac{1}{4} (1 - C \cdot \cos 2\alpha) x^2 + 2C \sin 2\alpha \cdot xy + (1 + C \cos 2\alpha) y^2, \quad (5)$$

де  $\alpha$  – кут повороту ізоколи відносно меридіана центральної точки до півосі  $b$ . Коефіцієнт  $C$  запропоновано визначати з виразу:

$$C = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}, \quad (6)$$

де  $a$  і  $b$  – горизонтальна та вертикальна напівосі індикатриси спотворень центральної точки.

Для порівняння отримаємо співвідношення масштабів для трьох значень  $C$ :

$$k_1 = \frac{v(C=1)}{v(C=0)} = \frac{2(x \sin \alpha + y \cos \alpha)^2}{(x^2 + y^2)},$$

$$k_2 = \frac{v(a=2, b=1/2)}{v(C=0)} = \frac{(0,22x^2 + 0,89xy + 1,78y^2)}{(x^2 + y^2)}. \quad (7)$$

За такою методикою розраховано рівнокутну проекцію (масштабу 1:750000) транскордонного регіону з екологічно нестійкими об'єктами – Хотиславський кар'єр (Білорусь) і Шацькі озера (Україна). Основні характеристики цієї проекції наведені в табл. 1. Дані цієї таблиці однозначно свідчать про можливість априорного регулювання картиною спотворення та її оптимального вибору.

Таблиця 1

Координати і величини спотворень конформної регіональної картографічної проєкції

Table 1

Coordinates and size distortions of conformal mapping regional projections

		$\lambda_{\text{ст}}23^\circ$			
$\phi$	$x$	$y$	$v$	$k_1$	$k_2$
$\phi_{\text{мр}}53^\circ$	1540,39	358,51	1,083	0,444	0,497
$\phi_{\text{нд}}50^\circ$	1470,69	376,54	0,968	0,481	0,530
		$\lambda_{\text{сх}}26^\circ$			
$\phi$	$x$	$y$	$v$	$k_1$	$k_2$
$\phi_{\text{мр}}53^\circ$	1538,84	403,96	1,078	0,491	0,539
$\phi_{\text{нд}}50^\circ$	1469,05	424,40	0,965	0,534	0,577

2. Змінно-масштабна кінчна проєкція.

Для обґрунтування такої проєкції використаємо добре відомі в математичній картографії формули обчислення полярних координат і масштабів нормальних кінчних проєкцій [Бугаевский, 1992]:

$$\rho = F(\phi); \delta = \alpha\lambda; m = \frac{d\rho}{Rd\phi}; n = \frac{d\rho}{r};$$

$$\rho = m \cdot n; \alpha = \sin \phi_0. \quad (8)$$

За своєю суттю [Бугаевский, 2000] змінно-масштабна проєкція передбачає відповідним вибором головної паралелі і функції  $F(\phi)$  забезпечення суттєвого збільшення головного масштабу для певного регіону або його частини. Для апроксимування функції  $F(\phi)$  обмежимося двома випадками застосування степеневих поліномів і поліномів Чебишева.

$$\rho = C - R \sum_{i=1}^{C_i} a_i \phi^i, \quad (9)$$

де  $C$  – константа.

$$m = \frac{d\rho}{rd\phi} = \sum_{i=1}^{C_i} i a_i \phi^{i-1}; \quad n = \frac{\alpha \left( C - \sum_{i=1}^{C_i} a_i \phi^i \right)}{R \cos \phi}. \quad (10)$$

Після нескладних перетворень отримаємо значення постійної  $C$  за умови, що масштаб уздовж певної паралелі з широтою ( $\phi = \phi_k$ ) дорівнює наперед заданому значенню  $n = n_k$ .

$$C = \frac{n_k R \cos \phi_k}{\alpha} + R \sum_{i=1}^{C_i} a_i \phi_k^i. \quad (11)$$

Для визначення параметрів  $a_i$  необхідно задаватись значеннями масштабів  $m$  уздовж

середнього меридіану, щоб забезпечити необхідний розтяг (стиснення) відображення. Склавши систему рівнянь поправок із подальшим перетворенням їх за правилами методу найменших квадратів у нормальну систему, визначаються шукані параметри  $a_i$ .

Відомо, що апроксимування степеневими поліномами має такий недолік – із збільшенням степені полінома ( $i$ ) і зростанням кількості рівнянь поправок матриця систем нормальних рівнянь є слабо обумовленою, а розв'язок системи нормальних рівнянь нестійкий. Цього недоліку не мають поліноми Чебишева:

$$\rho = C - R \sum_{k=0}^r a_k T_k(\phi); \quad m = \sum_{k=0}^r a_k(\phi); \quad t_k(\phi) = \frac{dT_k(\phi)}{d\phi}. \quad (12)$$

Починаючи з другого порядку, поліноми Чебишева розраховуються за рекурентною формулою [Согор, Фоці, Джуман, Бойко, 2011]:

$$T_k(\phi) = 2\phi \cdot T_{k-1}(\phi) - T_{k-2}(\phi). \quad (13)$$

При цьому

$$T_0 = 1, \quad T_1 = \phi, \quad T_2(\phi) = 2\phi^2 - 1, \quad T_3(\phi) = 4\phi^3 - 3\phi.$$

Многочлени вищого порядку знаходять аналогічно.

Задаючись масштабами ( $m$ ) в сукупності точок осьового меридіану, отримуємо систему рівнянь поправок і відповідно нормальну систему рівнянь, яку з позначками Гауса запишемо так:

$$\left[ \sum t_0(\phi) t_0(\phi) \right] a_0 + \left[ \sum t_0(\phi) t_1(\phi) \right] a_1 +$$

$$+ \left[ \sum t_0(\phi) t_2(\phi) \right] a_2 + \dots$$

$$+ \left[ \sum t_0(\phi) t_k(\phi) \right] a_k = \sum t_0(\phi) m;$$

$$\begin{aligned}
 & \left[ \sum t_1(\phi) t_0(\phi) \right] a_0 + \left[ \sum t_1(\phi) t_1(\phi) \right] a_1 + \\
 & + \left[ \sum t_1(\phi) t_2(\phi) \right] a_2 + \dots \\
 & + \left[ \sum t_1(\phi) t_k(\phi) \right] a_k = \sum t_1(\phi) \cdot m; \\
 & \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots (14) \\
 & \left[ \sum t_k(\phi) t_0(\phi) \right] a_0 + \left[ \sum t_k(\phi) t_1(\phi) \right] a_1 + \\
 & + \left[ \sum t_k(\phi) t_2(\phi) \right] a_2 + \dots \\
 & + \left[ \sum t_k(\phi) t_k(\phi) \right] a_k = \sum t_k(\phi) \cdot m.
 \end{aligned}$$

Тут:  $\phi = \phi_i$ ,  $m = m_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Розв'язуючи (13) за методом найменших квадратів, отримаємо невідомі значення  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$ .

### Наукова новизна та практична значущість

Як приклад, отримано змінно-масштабну конічну проекцію для створення екологічної карти України із можливістю забезпечення чіткого зорового сприйняття наявних екологічних змін у південній частині території. В табл. 2 наведено окремі значення масштабів довжин і площ для різних в широтному відношенні паралелей. Дані останньої підтверджують збільшення масштабу площі в південній частині України в 2,21 разу, що може забезпечити суттєве збільшення тематичної інформативності цієї частини території.

Таблиця 2

### Характеристика змінно-масштабної нормальної конічної проекції

Table 2

#### Characteristics of variable-scale normal conical projection

	$m$	$n$	$p$
$\phi_{mn}$	1,897	1,084	2,056
$\phi_{сер}$	1,209	1,009	1,231
$\phi_{нд}$	0,899	1,000	0,899

### Перспектива подальших досліджень

- Отримання серії тематичних карт транс-кордонних екологічних ситуацій.
- Встановлення динаміки зміни конфігурацій берегових ліній Шацьких озер.
- Використання змінно-масштабних картографічних проекцій для відображення ак-

тивного впливу промисловості Польщі на екологічний стан “Євро регіону Буг”.

### Висновки

1. Розроблена методика регіонального картографування із застосуванням конформного відображення дає можливість узгоджувати індикатриси спотворення з конфігурацією території. Такий підхід доцільно застосовувати для розв'язання екологічної проблеми Хотиславського кар'єру (Білорусь) і Шацьких озер (Україна), а також транскордонної екологічної ситуації в межах “Євро регіону Буг” (Польща – Україна).

2. Змінно-масштабні картографічні проекції для України можна успішно застосовувати для картографічного відображення спустошливої руйнації населених пунктів та їхньої інфраструктури в південно-східній території України.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Багратуни Г. В. Курс сферической геодезии / Г. В. Багратуни. – М.: Изд-во геодезической литературы, 1962. – 250 с.
- Барановський В. Д. Варіаційні методи оптимізації картографічних проекцій для України та її окремих регіонів / В. Д. Барановський // Вісник геодезії та картографії. – 2006. – № 3. – С. 13–17.
- Барановський В. Д. Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення державного земельного кадастру. Системи координат і картографічні проекції / В. Д. Барановський, Ю. О. Карпінський, О. В. Кучер, А. А. Ляшенко; за заг. ред. Ю. О. Карпінського. – К.: НДІГК, 2009. – 96 с.: іл. – (Сер. “Геодезія, картографія, кадастр”)
- Бугаевский Л. М. Картографические проекции / Л. М. Бугаевский, Л. А. Вахрамеева. – М.: Недра, 1992. – 292 с.
- Бугаевский Л. М. Математическая картография: учебник для вузов / Л. М. Бугаевский. – М.: Златоуст, 1998. – 400 с.: ил. 65
- Бугаевский Л. М. Определение равновеликих проекций с заданными свойствами / Л. М. Бугаевский, М. Э Флейс // Изв. АН. Сер. Геогр., 2000. – № 58. – С. 91–98.
- Донг Тхи Бить Фiong. Исследование, обоснование и разработка картографических проекций для системы карт: автореф. дис. канд. техн. наук / Фiong Бить Тхи Донг. – М.: [б.и.], 2003. – 25 с.
- Заргарян Т. Г. Разработка равноугольных проекций для карт отдельных регионов / Т. Г. Заргарян //

- Изв. Вузов. Сер: Геодезия и аэрофотосъемка. – 1981. – № 2. – С. 81–87.
- Кочуров Б. И. Геоэкологическое картографирование: учеб.-метод. пособие / Б. И. Кочуров. – М.: Изд-во центр. “Академия”, 2009. – 192 с.
- Мельник В. М. Основи картографії: навч. посіб. для студентів ВНЗ. – СНУ імені Лесі Українки / В. М. Мельник. – Луцьк, 2012. – 210 с.
- Мещеряков Г. А. Теоретические основы математической картографии / Г. А. Мещеряков. – М.: Недра, 1968. – 160 с.
- Согор А. Апроксимація напруженості магнітного поля Землі многочленами Лагранжа, Чебишева та рядами Фур'є і порівняння їх точності / А. Согор, Р. Фолі, Б. Джуман, І. Бойко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Вип. I (19). – 2010. – С. 62–66.
- Сосса Р. І. Обґрунтування вибору рівнопроміжної конічної проекції для середньо- і дрібномасштабного картографування України / Р. І. Сосса, П. П. Король, В. У. Волошин // Вісник геодезії та картографії. – 2014. – № 4. – С. 7–13.
- Шумаков Ф. Т. Об использовании данных дистанционного зондирования земли для оценки характера влияния Хотыславского карьера на трофическое состояние озер Шацкого национального природного парка / Ф. Т. Шумаков, А. Т. Азимов // Уч. зап. Таврического НУ им. Вернадского. Сер. «География». – Т.26 (65). – 2013. – № 1. – С. 171–156.
- Airborne Imaging 2011: Flightglobal Insight Special Report. – Surrey: Raytheon, 2011. – 29 p.
- Chandra A. M., Ghosh S. K. Remote Sensing And Geographical Information System / Chandra A. M., Ghosh S. K. New Delhi Narosa Publishing House, 2006. – 310 p.
- Tanner G., Scholz E., Jänckel R. Einführung in Die Kartographie Und Luftbildinterpretation: Mit 21 Tabellen. 2. Aufl. Gotha: Haack, Geograph.-Kartograph. Anst., 2007. – 238 p.

В. Н. МЕЛЬНИК<sup>1</sup>, В. Л. РАСЬОН<sup>2\*</sup>, Н. В. ЛАВРЕНЧУК<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Кафедра геодезии, землеустройства и кадастра, Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки, ул. Кравчука, 36, г. Луцк, Украина, 43024, тел.: +38 (0332) 735793.

<sup>2\*</sup> Кафедра геодезии, землеустройства и кадастра, Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки, ул. Кравчука, 36, г. Луцк, Украина, 43024, тел.: +38(066) 7135904., ел. почта: vityokko@mail.ru.

<sup>3</sup> Кафедра геодезии, землеустройства и кадастра, Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки, ул. Кравчука, 36, г. Луцк, Украина, 43024.

## К ВЫБОРУ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ

**Цель.** В теории математической картографии известны два метода выискивания новых картографических проекций. Первый из них базируется на методах Чебышева. За этим методом определяют проекции, в которых в пределах картографированной области максимум модуля логарифма масштаба должен иметь минимальные значения. При этом используется ряд критериев, которые позволяют получать проекции как минимального, так и вариационного типов. Тем не менее, в картографической практике часто предоставляется преимущество нестрогим методам, в частности, можно осуществлять выбор за характером картины распределения искажений, приспособлявая их характеристики и величины соответственно назначению создаваемой карты. Обоснование выбора картографических проекций конформного и вариавалентного типов для регионального картографирования трансграничных экологических ситуаций является актуальной проблемой, которая и стала целью этой публикации. **Методика.** В случае регионального картографирования необходимо учитывать разную конфигурацию формы территории. В этом аспекте целесообразно использовать равноугольные (конформные) картографические проекции. Предлагается получать равноугольную проекцию с применением гармоничных полиномов третьей степени. **Результаты.** В статье осуществлено обоснование выбора картографических проекций конформного и вариавалентного типов для регионального картографирования трансграничных экологических ситуаций. Предложена методика приспособления индикатрисы искажения центральной точки к форме территории. **Научная новизна.** Изыскания картографических проекций специального назначения можно осуществлять без строгого соблюдения теории математической картографии. Для картографирования современного экологического состояния Украины предлагается применять сменно-масштабную (вариавалентную) нормальную коническую проекцию. Рассмотрено два метода получения такой проекции. В основу первого положено применение степенного полиномиального аппроксимирования. Второй метод предполагает использование полиномов Чебышева. **Практическая значимость.** По данной методике рассчитана сменно-масштабная картографическая проекция при условии четкого зрительного восприятия имеющихся экологических изменений в

южной части территории Украины и картографическая проекция трансграничного региона с экологически неустойчивыми объектами - Хотиславский карьер (Беларусь) и Шапкие озера (Украина). Найдено значение масштабов длин и площадей для различных в широтном отношении параллелей. Полученные данные подтверждают увеличение масштаба площадей в южной части Украины в 2,21 раза, чем возможно обеспечение существенного увеличения тематической информативности этой части территории

*Ключевые слова:* картографическая проекция; равноугольная проекция; конформная проекция; коническая проекция; степенные полиномы; полиномы Чебышева

V. M. MELNYK<sup>1</sup>, V. L. RASIUN<sup>2\*</sup>, N. V. LAVRECHUK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Geodesy, Cadastre and Land Management, Lesya Ukrainka Eastern European National University, 36 Kravchuka str., Lutsk, Ukraine, 43024, tel.: +38(0332) 735793.

<sup>2\*</sup> Department of Geodesy, Cadastre and Land Management, Lesya Ukrainka Eastern European National University, 36 Kravchuka str., Lutsk, Ukraine, 43024, tel.: +38(066) 7135904, e-mail:vityokko@mail.ru.

<sup>3</sup> Department of Geodesy, Cadastre and Land Management, Lesya Ukrainka Eastern European National University, 36 Kravchuka str., Lutsk, Ukraine, 43024.

#### TO THE CHOICE OF MAP PROJECTIONS OF TRANS-BORDER ECOLOGICAL SITUATIONS

**The aim.** In the theory of mathematical cartography there are two methods of finding new map projections. The first one is based on the methods of Chebyshev. This method defines the projection where the maximum logarithm scale module must have a minimum value within the boundaries of the mapland. Besides it applies a number of criteria, which allow to receive projections of minimum as well as variation types. However, in cartography non-strictly correct methods are mostly preferred, in particular, one can make a choice according to the character of the distribution pattern of distortion by adapting their characteristics and values to the appliance of the created map. Justification of the choice of cartographical projections of conforming and variavalent types for regional mapping of trans-border ecological situations is an urgent problem, which makes the aim of this publication. **Methods.** In case of regional mapping one should consider different configuration of the area. In respect of this aspect, it is advisable to use (conformal) map projections. It is offered to obtain equiangular conformal projection using harmonic polynoms of the third degree. **Results.** In the article the justification of the choice of map projections of conforming and variavalent types for regional mapping of trans-border ecological situations is carried out. The technique of adaptation of indicatrix of distortion of central point to the configuration of the area is offered. **Scientific novelty.** Finding cartographical projections of special appliance can be made without strict adherence to the theory of mathematical cartography. For cartography of the current ecological state of Ukraine variable-scale (variavalent) normal conical projection is suggested. Two methods of receiving this projection are investigated. The basis of the first one is the appliance of a polynomial power approximation. The second method involves the use of Chebyshev polynoms. **Practical value.** According to this technique variable-scale cartographic projection is designed providing clear visual perception of existing environmental changes in southern Ukraine Under this technique is designed variable-scale cartographic projection provided clear visual perception of existing environmental changes in southern Ukraine and cartographic projection cross-border area of ecologically unstable objects - Hotyslavskyy quarry (Belarus) and Shatsky Lakes (Ukraine). Found importance scale lengths and areas for different latitude in respect parallels. These data confirm the zoomed area in southern Ukraine in 2.21 times, the need to provide a significant increase in the content of the information content of the site. According to this technique variable-scale cartographic projection is designed providing clear visual perception of existing environmental changes in southern Ukraine.

*Keywords:* cartographic projection; equiangular projection; conformal projection; conical projection; power polynoms, Chebyshev polynoms

#### REFERENCES

- Bagratuni G. V. Kurs sfericheskoy geodezii [Course spherical geodesy], Moscow, Publisher geodetic literature 1962, 250 p.
- Baranovskyi V. D. Variatsiini metody optymizatsii kartohrafichnykh proektsii dlia Ukrainy ta yii okremykh rehioniv [Variational methods of optimization map projections for Ukraine and its separate regions] Visnyk geodesii ta kartografii [Journal of Geodesy and Cartography]. 2006, 3, pp. 13–17.
- Baranovskyi V. D., Karpinskyi Yu. O., Kucher O. V., Liashchenko A. A. Topografo-heodezychne ta kartohrafichne zabezpechennia vedennia derzhavnoho zemelnoho kadastru. Systemy koordynat i kartohrafichni proektsii; za zah.

- red. Yu. O. Karpinskoho [Topographic and geodetic and cartographic provision of state land cadastre. The coordinate systems and map projections; for the Society. Ed. J. O Karpinski]. il. Ser. Heodeziia, kartohrafiia, kadastr). Kyiv: NIIGK, 2009, 96 p.
- Bugaevskij L. M., Vahrameeva L. A. Kartograficheskie proekcii [Map Projections] Moskow: Subsoil, 1992, 292 p.
- Bugaevskij L. M. Matematicheskaja kartografija: Uchebnik dlja vuzov [Mathematical cartography: Textbook for universities] Moskow: Zlatoust, 1998, 400 p.
- Bugaevskij L. M. Flejs M. Je Opredelenie ravnovelikih proekcij s zadannymi svojstvami [The definition of equal area projection with given properties] Proceedings of the Academy of Sciences of the geographical series., 2000, no. 58, pp. 91–98.
- Dong Thi Bit' Fiong. Issledovanie, obosnovanie i razrabotka kartograficheskikh proekcij dlja sistemy kart [Study, substantiation and development of cartographic projections for card system] Thesis abstract of the candidate of technical sciences Moskow, 2003, 25 p.
- Zargarjan T. G. Razrabotka ravnougol'nyh proekcij dlja kart ot del'nyh regionov [Development of conformal projection for maps of individual regions] Proceedings of Higher Education series surveying and aerial photography. 1981, no. 2, pp. 81–87.
- Kochurov B. I. Geojekologicheskoe kartografirovanie [Geoenvironmental mapping] Training handbook Moskow: Publishing Center “Academy”, 2009. – 192 p.
- Melnyk V. M. Osnovy kartohrafi. Navchalnyi posibnyk dlja studentiv VNZ [Fundamentals of cartography. Textbook for university students] Lesya Ukrainka Eastern European National University – Lutsk, 2012, 210 p.
- Meshherjakov G. A. Teoreticheskie osnovy matematicheskoy kartografii [Theoretical Foundations of mathematical cartography] Moskow: Subsoil, 1968, 160 p.
- Sohor A., Fotsi R., Dzhuman B., Boiko I. Aproksymatsiia napruzhenosti mahnitnoho polia Zemli mnohochlenamy Lahranzha, Chebysheva ta riadamy Furie i porivniannia yikh tochnosti [Aproximation of tension of the magnetic field of earth by polynomials of earth by polynomials of Legendre, Chebishev and rows of fourier comparison of the their exactness]. Zb.: “Suchasni dosjaghennnja gheodezychnoji nauky ta vyrobnyctva” [Journal: “Modern geodesic advances of science and industry”]. Lviv, 2010, pp. 62–66.
- Sossa R. I., Korol P. P., Voloshyn V. U. Obgruntuvannia vyboru rivnopromizhnoi konichnoi proektsii dlja seredno- i dribnomasshtabnoho kartohrafuvannia Ukrainy [Justification of the choice equidistant conical projection for medium and small-scale mapping of Ukraine] Visnyk gheodeziji ta kartohrafiiji [Bulletin of Geodesy and Cartography]. Kiev: NDIGhK, 2014, no. 4, pp. 7–13.
- Shumakov F. T., Azimov A. T. Ob ispol'zovanii dannyh distancionnogo zondirovanija zemli dlja ocenki haraktera vlijanija Hotyslavskogo kar'era na troficheskoe sostojanie ozer Shackogo nacional'nogo prirodnoho parka [On the use of remote sensing data to assess the nature of influence Hotyslavskogo career on trophic status of lakes Shatsky National Natural Park] Scientific notes of Taurida National University. Series “Geography”. Vol.26 (65), 2013, no. 1, pp. 171–156.
- Airborne Imaging 2011: Flightglobal Insight Special Report. Surrey: Raytheon, 2011, 29 p.
- Chandra A.M., Ghosh S.K. Remote Sensing And Geographical Information System.. New Delhi Narosa Publishing House, 2006, 310 p.
- Tanner G., Scholz E., Jänckel R. Einführung in Die Kartographie Und Luftbildinterpretation: Mit 21 Tabellen.2. Aufl. Gotha: Haack, Geograph.-Kartograph. Anst., 2007, 238 p.

Надійшла 07.05.2015 р.