

Совгира С. В., д.пед.н., професор, Максютов А. О., к.пед.н., доцент, (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, sovgirasvitlana@gmail.com, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua), **Турчина К. П., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, k.p.turchina@nuwm.edu.ua)

ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОЦІНКИ МОРФОМЕТРИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТОПОГРАФІЧНОЇ ОСНОВИ СКЛАДНО-РЕЛЬЄФНОЇ МІСЦЕВОСТІ

У статті розглянуті практичні аспекти вдосконалення способів геодезичної оцінки морфометричних елементів топографічної основи складно-рельєфної місцевості. Доведено, що актуальним завданням сьогодні є розробка методики визначення висот перерізу рельєфу шляхом використання інформативних і геоіндикаторних характеристик, що забезпечує точність і оптимальність параметрів складання топографічних карт і планів. Встановлено, що використання методу геоінформаційного картографування, в умовах місцевостей зі складним рельєфом, забезпечить користувачів необхідною інформацією з високим ступенем актуалізації та точності.

Ключові слова: геодезичні роботи; геодезична оцінка; морфометричні елементи; переріз рельєфу; топографо-геодезичні дослідження; складно-рельєфна місцевість; топографічні карти та плани; геоінформаційне картографування.

Постановка проблеми. В умовах динамічного розвитку економіки нашої країни виникла потреба докорінного перегляду земельних відносин у країні, до Земельного кодексу України постійно вводяться зміни, у суспільстві гостро обговорюється питання прозорості процесів, пов'язаних із землеустроєм та землекористуванням. Отримання точних, достовірних і актуальних топографічних даних щодо земельних та інших природних ресурсів зараз має високе соціально-економічне загальнодержавне значення. У зв'язку з цим, основним завданням геодезії є якісна побудова топографічних, тематичних карт і планів, основною

вимогою до яких є відповідність світовим стандартам і встановленим нормативам.

У багатьох галузях економіки України важливою складовою є інформація про місцевість, у зв'язку з чим зростає попит на якісні послуги з використанням геодезичної та картографічної продукції, нерідко ця продукція є важливим юридичним документом. Вивчення морфометричних характеристик рельєфу земної поверхні викликає великий інтерес, як у методологічній, так і практичній сферах досліджень [2, С. 275].

Значні результати вдосконалення технологій та методів вивчення геодезії та картографії надали різкого поштовху у розвитку сфер господарства, що залежать від інженерних досліджень. Питання дослідження рельєфу територій нашої країни успішно вирішуються на досягнутій методичній основі із застосуванням доступної технології цифрової картографічної інформації.

Значна зміна якісних показників за рахунок покращення технології вимірювань планових та висотних даних цифрової моделі рельєфу дала можливість покращити виміри, що проводяться по всій території України, значно скоротити час на створення карт масштабу, що перевищують відношення 1:50000 для місцевостей зі складним рельєфом.

Застосування результатів дистанційного зондування земної поверхні з космічних супутників, зйомки з повітряних літальних апаратів все більше стають затребуваними і є основними структуроутворюючими деталями картографічного матеріалу, що оновлюється.

Розвідувальні роботи з будови поверхні землі з використанням цифрових моделей місцевості на основі точних даних математичного розподілу точок висот, а також отриманих похідних значень кутів, положень та кутів схилів, планових та висотних величин рельєфу, геоморфологічних даних усіх вимірів є основою при створенні карт місцевості [8, С. 159].

Застосування сучасних приладів систем фіксації деталей рельєфу поверхні землі, створення новітніх програмних продуктів і технічних рішень щодо оцифрування даних, що отримуються при розвідувальних роботах дають можливість створювати інформаційні банки даних необмеженого обсягу, формувати сховища для масивів даних вимірів із багаторазовим захистом від втрат інформації

цифрових моделей місцевості.

Існуючі способи, спрямовані на вивчення складного рельєфу і визначення раціональної висоти перерізу рельєфу, зумовлюють необхідність удосконалення чи розробки нових способів визначення оптимальних висот перерізу рельєфу, цим представляючи певний науковий інтерес. Висота перерізу рельєфу тісно пов'язана і визначається масштабом, зі зростанням знаменника масштабу збільшується і висота перерізу рельєфу [5, С. 259]. Найбільш вирішальним для вибору раціонального масштабу топографічної основи є даний параметр. Результати аналізу свідчать про методологічну та практичну важливість, а також про новизну вирішення проблем визначення раціональної висоти перерізу при побудові топографічних карт та планів місцевостей різної морфометричної складності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розподілу висот нерівностей рельєфу вивчалися небагатьма дослідниками. У своїх наукових доробках автори доводять можливість задовільного опису розподілу висот, ухилів та елементарних площ рельєфу деякими теоретичними законами розподілу [1; 2; 4; 8; 9; 12]. Нормальний Закон розподілу з метою оцінки морфометричних ознак, включаючи висоти рельєфу, використаний І. П. Шараповим [14], Закон Циппа застосовано Ю.К. Неумивакіним [8], Оміржановою Ж. Т. [10] та інші вчені вважають близькими емпіричні розподіли висот рельєфу до нормального закону розподілу та деяких типів кривих Пірсона. Результати більш детального дослідження морфометричних ознак рельєфів різної складності висвітлено також у роботах дослідників, які спрямовані на вирішення задач визначення висоти перерізу рельєфу, де розглянуто питання визначення висоти перерізу рельєфу з урахуванням випадкової складової природної мінливості елементарних поверхонь рельєфу. Проте, вищезазначений перелік наукових праць не передбачає визначення перерізу рельєфу шляхом використання інформативних і геоіндикаторних характеристик, що забезпечує точність і оптимальність параметрів складання топографічних карт і планів.

Мета і завдання досліджень. Метою дослідження є вдосконалення способів комплексної геодезичної оцінки морфометричних елементів топографічної поверхні в умовах місцевості зі складним рельєфом.

Основні завдання дослідження: розробка раціональної методики визначення висоти перерізу рельєфу за умов місцевості зі складним рельєфом; вивчення морфометричних характеристик рельєфу земної поверхні з метою підвищення оптимальності та диференційованості висоти перерізу рельєфу; удосконалення методичної основи та ефективного використання джерел аерокосмічної, наземної, картографічної інформації.

Виклад основного матеріалу досліджень. На сьогодні в картографічному виробництві використовуються різні джерела даних вимірювань поверхні землі, застосовуються новітні методи їх інтерполяції при проектуванні земної поверхні, що не переривається, з висотними характеристиками, застосування яких дають різні за точністю цифрові моделі рельєфу. У зв'язку з цим покращення ступеня якості цифрової моделі рельєфу є одним із актуальних питань геодезичної науки і картографічного виробництва, що передбачає отримання точніших вимірів точок висот зі значно більшою роздільною здатністю.

Геодезія як наука повинна постійно вдосконалювати методику вимірювань, удосконалювати систематизацію збору та обробки даних точок висот, автоматизувати процес опису та візуалізації топографічних елементів, значно розширювати методику зображення поверхні землі [10, С. 140].

Створення нових інтелектуальних комп'ютерних технологій, надточних вимірювальних приладів, створення найскладніших та найнадійніших геоінформаційних систем, освоєння своєї космічної індустрії дозволило створити умови для вдосконалення геодезичних досліджень рельєфу території України.

Вивчення рельєфу топографічної основи місцевості зі складним рельєфом є першочерговим завданням для наукових та прикладних досліджень у галузі геодезії та картографії, для сільськогосподарських робіт, для практичних цілей навігації, будівництва, видобутку корисних копалин, при проведенні пошуково-розвідувальних робіт, включаючи прокладання трубопроводів, а також розвиток глобальних інформаційних систем, а саме створення нового покоління цифрових карт з високою роздільною здатністю та великим ступенем надійності [11, С. 127].

Методика вибору оптимальної величини перерізу рельєфу заснована на модельному поданні закономірностей змін його

значень у заданому діапазоні, залежно від ступеня мінливості елементарних висот рельєфних нерівностей за допомогою статистичного критерію ефективності та композиційного розподілу ймовірностей.

Очевидно, що емпіричні розподіли висот рельєфу по місцевостях різної складності описуються різною формою кривої гіпсографічної розподілу. При цьому емпіричний розподіл висот рельєфу рівнинної місцевості описується унімодальною симетричною висотою рельєфу місцевості [1, С. 64].

Отже, для оцінки площі рельєфу під гіпсографічною кривою чергування його висот, варто використовувати функції нормального, показового та спеціального розподілів.

У сфері земної поверхні морфометричні показники – це кількісні показники, що характеризують типи і форми рельєфу місцевості, протяжності, площі та числа характерних точок рельєфу, висоту, глибину прогинів, нерівностей і величину градієнта горизонтальної відстані між сусідніми характерними точками, розмірних параметрів виділених водних об'єктів, гірських піків, тальвегів, площин, а також параметрів ухилу рельєфу, довжини та ширини витягнутих форм, азимутів простягання та падіння, експозиції крутих та пологих схилів та асиметричних форм. Поряд з цими важливими є деякі відносні показники: коефіцієнт витягнутості форми, коефіцієнт рельєфності, коефіцієнт звивистості, масштабні коефіцієнти висот характерних точок рельєфу, які відіграють основну роль при вирішенні картографічних та інших топографо-геодезичних завдань в цілому, за їх особливостями визначається величина висоти перерізу тобто перевищення між характерними точками рельєфу [12, С. 169].

У різних інструкціях та положеннях з топографічної зйомки висоту перерізу рельєфу рекомендується визначати з урахуванням масштабу зйомки та найголовніших особливостей місцевості. При цьому враховується класична формула оцінки нормальної висоти перерізу у вигляді:

$$h = atg\nu,$$

де h – висота перерізу рельєфу; a – закладення, t – відстань між горизонталями на карті; ν – кут нахилу місцевості. Ця формула отримана на підставі геометричного зв'язку елементів аналога-

трикутника, хоча на фізичній поверхні Землі такі прямі лінії – дуже рідкісний випадок.

Способи визначення висоти перетину західноєвропейських країнах мають особливості. У Німеччині як основа для оцінки висоти перетину до цього часу використовується класична формула геометричного зв'язку сторін трикутника. Висотою перерізу або перерізом мається на увазі різниця цілих відміток двох сусідніх точок градуйованої проекції прямої. Інакше різниця відміток сусідніх горизонталей називається перетином площини. За висоту перерізу практично приймають величини 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 25; 50; 100 [4, С. 314].

Проблема визначення оптимальної висоти перерізу рельєфу є предметом досліджень і в інших країнах. Підходи, що використовуються зарубіжними вченими для визначення висоти перерізу мають аналогічний характер, і переважно співпадають з основами класичної формули підрахунку висоти перерізу. У більшості зарубіжних країн на топографічних картах того самого масштабу встановлюються не менше двох розмірів висот перерізу, а країнах з різноманітним характером рельєфу ця кількість сягає 3–4 і більше (Італія, США, Канада та інші) [15, С. 121]. При такому підході переходу до карти дрібнішого масштабу зі збільшенням висоти перерізу рельєфу відстані між горизонталями не змінюються, а відстані між рештою елементів (населені пункти, дороги тощо) різко зменшуються. Внаслідок цього створюється диспропорція у навантаженні карти з горизонталями та іншими елементами, і місцевість видається рівниною. Такий диференційований підхід не вимагає обґрунтування висоти перерізу рельєфу, що забезпечує допустимі похибки при розрахунках [7, С. 140].

До площ Земної поверхонь притаманні різноманітні форми розчленування рельєфу різної складності, включаючи геометрії чергування елементарних прогинів, перевищень та понижень. Оцінка площі рельєфу розглянута із залученням інтегральної функції розподілу та гіпсографічної кривої частот чергування висот рельєфу. Функція розподілу частоти чергування вершинних перевищень і знижень висот рельєфу місцевості виражається через теоретичну щільність розподілу як:

$$F(t) = f(t)dt.$$

Відповідно площа рельєфу по даній місцевості, обмеженою гіпсографічною кривою, що відображає характер розсіювання його висотних нерівностей за допомогою інтегральної функції, може бути представлена у вигляді:

$$S = \int_{t_{min}}^{t_{max}} f(t) dt,$$

де $f(t)dt$ – є функцією щільності розподілу висот рельєфу.

Узагальнені формули визначення площі S_T з урахуванням густоти функції різної форми спеціальної моделі розподілу отримані у вигляді:

для симетричного типу розподілу висот:

$$S_{c.p} = \Phi_0 \int_0^{t_{max}} \frac{1}{ch^2 \beta (t_i - t_{mo})} dt$$

для помірно асиметричних розподілів висот:

$$S_{ac.p} = \Phi_0 \int_0^{t_{max}} \frac{1}{ch \beta (t_i - t_{mo})} dt,$$

для радіального вкрай асиметричного типу розподілу висот:

$$S_{p.ac} = \Phi_0 \int_0^{t_{max}} e^{-m(t_i - t_{mo})} dt,$$

де β , m – теоретичні параметри спеціальної моделі розподілу; t_{mo} – мода ознаки t_i ; Φ_0 – модальна частота ознаки рельєфу.

Аналогічно для показового розподілу висот рельєфу маємо:

$$S_{n.p} = A \int_0^{t_{max}} e^{-\lambda t} dt.$$

Для нормального розподілу площа, оконтуреною гіпсографічною кривою цього розподілу та її проекцією на горизонтальну площину дорівнює:

$$S_{лог} = \frac{nM}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_{max}} \frac{1}{t} e^{-\frac{(\lg t - t)^2}{2\beta^2}} dt,$$

де A , λ – теоретичні параметри показового розподілу; β – теоретичний параметр нормального розподілу; n – число

спостережень, $M = 0,431$.

Наведені формули визначення площ може бути приведені в робочі види при подальшому їх перетворенні.

Аналітичні оцінки визначення площі S_T оконтуреною гіпсографічною кривою та її горизонтальною проекцією в умовах радіальних асиметричних форм розподілу висот при перетворенні їх отримані у вигляді:

$$\begin{cases} S_T^c = \frac{\Phi_0}{m} [1 - e^{-m(t_{max} - t_{mo})}] \\ S_T^n = A\lambda(1 - e^{-\lambda t_{max}}) \end{cases}$$

Аналітична оцінка площі оконтуреної кривої, що обгинає вершинних висот рельєфу та довжиною його проекції, обґрунтована на використанні структурно-кореляційного аналізу та отримана у вигляді:

$$S_3 = \frac{L_t}{2} (1 - e^{KV_t}) \times d, \text{ м}^2,$$

де $(1 - e^{KV_t})$ горизонтальної проекції гіпсографічної кривої чергування висотних висот рельєфу на площині, m ; V_t – показник коливання чергування вершинних висот рельєфу; K – статистичний коефіцієнт; d – середнє значення вершинних висот (перевищень) рельєфу, м.

Із залученням формул функції розподілу та розрахункового значення площі ми можемо скласти базову аналітичну формулу у вигляді:

$$\int_0^{t_{max}} f(t) dt = \frac{d}{2} (1 - e^{KV_t}) L_t.$$

Для помірно асиметричних видів розподілів, що описує спеціальною моделлю та радіальних асиметричних видів розподілу, що описує показовим розподіл, базова формула площ набуває вигляду:

$$\begin{aligned} \frac{\Phi_0}{m} [1 - e^{-m(t_{max} - t_{mo})}] &= \frac{d_i}{2} (1 - e^{K_i V_i}) L_{t_i}; \\ A \times \lambda (1 - e^{-\lambda t_{max}}) &= \frac{d_i}{2} (1 - e^{K_j V_j}) L_{t_j}. \end{aligned}$$

Зв'язки теоретичних параметрів розподілу та показника геометричної коливання Vt та середнього значення (d) вершинних висот рельєфу для видів розподілів представлені у вигляді:

$$\begin{cases} \frac{V^i}{\bar{T}} = \omega_i(T_i), \\ T_i = f(L_i, m, t_{mo}) \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{V^j}{\bar{T}} = \omega_j(T_i), \\ T_j = f(L_j, A, \lambda) \end{cases}$$

де V^i , V^j , d_i , d_j – показники геометричної коливання та середні значення вершинних висот рельєфу відповідно по i -й та j -й місцевості, вершинні висоти, які описуються спеціальною моделлю та показовими розподілами; ω_i , ω_j – емпіричні коефіцієнти пропорційності, що визначаються для конкретних умов рельєфу.

Оцінка нерівностей показує, що зв'язки параметрів статистичного розподілу топографічної ознаки та показників морфометрії рельєфу носять багато-параметричний та різнозначний характер. Для структуроутворюючих показників зв'язку використані теоретичні параметри розподілу, геометричні коливання, протяжність та середнє значення вершинних висот рельєфу.

Аналіз отриманих аналітичних оцінок дозволяє сформулювати наступну формулу:

$$S = \int_{t_{min}}^{t_{max}} f(t) dt.$$

Між середнім значенням, геометричним показником коливання та теоретичними параметрами розподілу вершинних висот рельєфу існує тісний взаємозв'язок; розмірні елементи розчленування елементарних поверхонь рельєфу можна підрахувати із залученням теоретичних параметрів статистичного розподілу вершинних висот рельєфу [9, С. 196].

Залежність між параметрами статистичного розподілу головної морфометричної ознаки та геометричного розчленування рельєфу дозволяє підвищити достовірність та ефективність результатів



прогнозу, розрахунків та освоєння земельних ресурсів при їх використанні у різних сферах проектування та експлуатації.

У відомих способах визначення висоти перерізу топографічних поверхонь класичною основою виступають показники масштабу, ухилу та закладання; присутні емпіричні аналоги між масштабами графіків, кутами нахилу та величинами закладення, що відображають геометрії геоознаків по земних ділянках; методичної основою аналітичних оцінок визначення висоти перерізу топографічних поверхонь по об'єктах георесурсів є положення графоаналітичних і статистичних підходів та структурного аналізу, що дає можливість підвищити диференційованість та достовірність оцінки висот перерізу рельєфу [3, С. 260].

Рекомендована методика ґрунтується на концепції визначення диференційованих розмірів висоти перерізу рельєфу шляхом використання основних інформативних і геоіндикаторних показників поширення висот рельєфу території, якими забезпечується облік морфометричних особливостей характерних елементів поверхні рельєфу.

Сутність методики полягає в обґрунтуванні ефективних значень висоти перерізу рельєфу за встановленими диференційованими структурними ділянками морфометричного поля рельєфу, що представляють три окремі множини фактичних значень вершинних висот рельєфу по даній місцевості. При цьому враховано, що рельєф місцевості як морфометричне поле висот є прихованою поверхнею топографічного порядку, яка розкривається лише у певних ділянках зі значеннями випадкового характеру площі.

Для виділення різних частин поля аналогічно визначенню поверхневого тренду по морфометричному полю доцільним є використання головних геоіндикаторних характеристик. Такими специфічними характеристиками висот рельєфу є: модальне значення і амплітуда коливання висот рельєфу, які реально відображають просторово-статистичні закономірності, властиві морфометрії рельєфу. Притаманні їм властивості: геоіндикаторна виділеність, функціональний зв'язок з основними морфометричними ознаками рельєфу, висока інформомісткість та достовірність відображення генетичних особливостей та закономірності розподілу ознаки, що впливають із самої просторово-статистичної сутності та їх призначення [6, С. 135].

Базовою основою диференціації висоти перерізу рельєфу служить концепція геометричного поділу морфометричного поля висот на окремі структурні частини, що відрізняються за абсолютними значеннями висот. Сутність диференціації зводиться до поділу очікуваних розмірів висоти перерізу рельєфу на три базові рівні: головний рівень висот просторово описуваний модальною висотою перерізу; другий рівень представлений частинами поля, на яких значення висоти перерізу нижче модальної висоти; третій рівень представлений частинами поля, на яких значення висоти перерізу вище модальної висоти. Цим самим виділяються три основні оптимізовані розміри висоти перерізу, що геометризуються через модальне, нижче за модальне і вище модального значення висот рельєфу. Тут модальна висота відіграє роль природного структурного вузлового параметра рельєфу і виступає як загальний просторово-статистичний критерій, що розділяє морфометричні поля на окремі структурні частини, виходячи з абсолютних значень вершинних висот та їх коливання в просторі рельєфу. Ці три диференційованих ділянки морфометричного поля рельєфу служать структурними об'єктами, за якими встановлюються відповідно три диференційованих значення висоти перерізу рельєфу місцевості [13, С. 239].

Реалізація та конкретне застосування методики визначення диференційованої висоти перерізу рельєфу містить наступний технологічний порядок, що включає наступні етапи: перший етап – вивчення геометрії об'єкта, що вивчається, та визначення типу морфометричного поля, оцінки складності рельєфу місцевості; другий етап – оцінка виду статистичного розподілу та визначення модального значення за статистичними характеристиками розташування фактичних висот рельєфу місцевості; третій етап – розрахунок раціональних диференційованих висот перерізу рельєфу місцевості, визначення масштабу, показників обліку геометричного коливання та перших різниць у межах конкретної протяжності земної поверхні по ділянці місцевості, що досліджується.

За результатами одержаними цими трьома етапами проводиться реалізація методики. Технологічний порядок реалізації методики включає базовий етап проведення горизонталей. Початковий етап є базовим та відправним, при якому здійснюється проведення головної горизонталі – допоміжної горизонталі поверхнею рельєфу. Головна горизонталь проводиться за

модальним значенням висот рельєфу, у якому охоплюється щонайменше 40–50% всіх значень висот рельєфу. Це підтверджує те, що статистичні розподіли висот рельєфу описуються вкрай асиметричним радіальним типом розподілу, де модальні значення займають понад 50% від усіх множин значень висот рельєфу. Висока інформативність та потенційна достовірність виявлення, властивих до моди висот, дозволяє горизонталь, що проходить через його значення, яку можна вважати головною горизонталлю поверхні рельєфу.

Висновки. Отже, методика визначення висоти перерізу рельєфу дозволяє диференціацію її розмірів по ділянках земної поверхні, що дискретно виділяються, чим забезпечуються точність і оптимальність параметрів топографічних карт і планів. Методика містить аналітичні оцінки визначення диференційованих розмірів висоти перерізу рельєфу, структуроутворюючими вихідними параметрами яких є головні природні просторово-статистичні характеристики морфометричного поля земної поверхні; концепція використання модальної характеристики та амплітудної коливання розміщення висот рельєфу з урахуванням масштабу.

Встановлено, що найбільш поширеними точними характеристиками достовірності результатів оцінки висоти перерізу рельєфу залишаються показники середньоквадратичної похибки, арифметичного середнього, випадкової похибки, а також похибки інтерполювання, стандарт похибки вимірювань, помилки узагальнення. В результаті нашого дослідження доведено, що, основні вимоги до диференціації розмірів висот перерізу залежать від точності підрахунку обсягу земляних робіт та інших проектно-вишукувальних робіт

На нашу думку, відстань між горизонталями має забезпечувати наочність; – висота перерізу топографічної функції має відповідати показникам вихідних даних та заданим кордонам; в основу вибору перерізу топографічної поверхні має бути покладена вимога відповідності ступеня вивченості функції та точності зображення; для оцінки величини висоти перерізу не обов'язково користуватися лише однією розрахунковою формулою та приймати рівні її розміри однією величиною.

Практична цінність та реалізація дослідження полягає у ефективності запропонованих методів раціональної методики

визначення висоти перерізу топографічної поверхні в умовах місцевостей зі складним рельєфом. Також матеріали дослідження можуть бути використані управлінськими структурами, проектними та науково-дослідними організаціями та іншими установами, пов'язаними з проблемами обліку земельних ресурсів, природокористування, захисту довкілля, розміщення та територіальної організації виробництва.

1. Білокриницький С. М. Топографія і геодезія : метод. посібник. Чернівці : Рута, 2001. 64 с.
2. Божок А. П. Топографія з основами геодезії : підручник. Київ : Вища школа, 1995. 275 с.
3. Карпик А. П. Методологічні та технологічні засади геоінформаційного забезпечення територій : монографія. Київ : Надра, 2004. 260 с.
4. Курманшкіна А. О., Оспанов С. Р. Кваліметричні засади сучасної картографії. Теорія та методи : монографія. Київ : Науковий Проспект, 2022. 314 с.
5. Лісицький Д. В. Основні засади цифрового картографування місцевості : навч. посіб. Київ : Надра, 2020. 259 с.
6. Малигін Д. О. Особливості поширення морфометричних ознак рельєфу в різних регіонах України : монографія. Київ : Пронікс. С. 135–134.
7. Міхно П. Б. Проблеми застосування традиційних інженерно-геодезичних технологій в Україні в сучасних умовах. *Технічні та економічні рішення з протидії глобальним викликам*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (17–20 вересня 2020 р., Кременчук). Кременчук : Колос, 2020. С. 150–154.
8. Неумивайкін Ю. К. Обґрунтування точності топографічних зйомок для проектування : навч.-метод. посіб. Київ : Надра, 2020. 159 с.
9. Ніколаєв С. А. Закономірності будови рельєфу : навч. посіб. Київ : Геодезист, 2020. 196 с.
10. Оміржанова Ж. Т. Імовірно-статистична оцінка розподілу регуляційних параметрів в умовах складно-рельєфної місцевості : монографія. Київ : Надра, 2019. С. 140–145.
11. Опанасенко А. В. Методи визначення висоти перерізу рельєфу : посіб. Київ : Наукова думка, 2021. 127 с.
12. Полоний В. О. Зв'язки параметрів статичного розподілу морфометричних ознак та геометричних елементів розчленування рельєфу : монографія. Київ : Освіта, 2018. С. 169–171.
13. Сиздикова Г. Д. Способи оцінки висоти перерізу ізотопографічних поверхонь об'єктами георесурсів : монографія. Київ : Надра, 2022. С. 239–245.
14. Шарапов І. П. Функція розподілу висот рельєфу : посіб. Київ : Думка, 2022. С. 72–79.
15. Holtzheimer P., Huxhold W. E. An Introduction to GBF/DIME. Computers and Planning. *An Introduction to Urban GIS*. New York : Oxford University Press, 2021. P. 121–122.

REFERENCES:

1. Bilokrynytskyi S. M. Topohrafiia i heodeziia : metod. posibnyk. Chernivtsi : Ruta, 2001. 64 s.
 2. Bozhok A. P. Topohrafiia z osnovamy heodezii : pidruchnyk. Kyiv : Vyshcha shkola, 1995. 275 s.
 3. Karpik A. P. Metodolohichni ta tekhnolohichni zasady heoinformatsiinoho zabezpechennia terytorii : monohrafiia. Kyiv : Nadra. 2004. 260 s.
 4. Kurmanshkina A. O., Ospanov S. R. Kvalimetrychni zasady suchasnoi kartohrafi. Teoriia ta metody : monohrafiia. Kyiv : Naukovi Prospekt, 2022. 314 s.
 5. Lisytskyi D. V. Osnovni zasady tsyfrovoho kartohrafuvannia mistsevosti : navch. posib. Kyiv : Nadra. 2020. 259 s.
 6. Malyhin D. O. Osoblyvosti poshyrennia morfometrychnykh oznak reliefu v riznykh rehionakh Ukrainy : monohrafiia. Kyiv : Proniks. S. 135–134.
 7. Mikhno P. B. Problemy zastosuvannia tradytsiinykh inzhenerno-heodezychnykh tekhnolohii v Ukraini v suchasnykh umovakh. *Tekhnichni ta ekonomichni rishennia z protydii hlobalnym vyklykam* : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (17–20 veresnia 2020 r., Kremenchuk). Kremenchuk : Kolos, 2020. S. 150–154.
 8. Neumyvakin Yu. K. Obgruntuvannia tochnosti topohrafichnykh ziomok dlia proektuvannia : navch.-metod. posib. Kyiv : Nadra, 2020. 159 s.
 9. Nikolaiev S. A. Zakonomirnosti budovy reliefu : navch. posib. Kyiv : Heodezyst, 2020. 196 s.
 10. Omirzhanova Zh. T. Imovirno-statystychna otsinka rozpodilu rehuliatsiinykh parametriv v umovakh skladno-reliefnoi mistsevosti : monohrafiia. Kyiv : Nadra, 2019. S. 140–145.
 11. Opanasenko A. V. Metody vyznachennia vysoty pererizu reliefu : posib. Kyiv : Naukova dumka, 2021. 127 s.
 12. Polonyi V. O. Zviazky parametriv statychnoho rozpodilu morfometrychnykh oznak ta heometrychnykh elementiv rozchlenuvannia reliefu : monohrafiia. Kyiv : Osvita, 2018. S. 169–171.
 13. Syzdykova H. D. Sposoby otsinky vysoty pererizu izotopohrafichnykh poverkhon ob'ektamy heoresursiv : monohrafiia. Kyiv : Nadra, 2022. S. 239–245.
 14. Sharapov I. P. Funktsiia rozpodilu vysot reliefu : posib. Kyiv : Dumka, 2022, S. 72–79.
 15. Holtzheimer P., Huxhold W. E. An Introduction to GBF/DIME. Computers and Planning. *An Introduction to Urban GIS*. New York : Oxford University Press, 2021. P. 121–122.
-

**Sovhyra S. V., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Maksiutov A. O., Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.), Associate
Professor (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman,
Cherkasy region), Turchyna K. P., Candidate of Agricultural Sciences
(Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and
Environmental Engineering, Rivne)**

IMPROVING METHODS OF GEODESIC ASSESSMENT OF MORPHOMETRIC ELEMENTS OF THE TOPOGRAPHIC BASIS OF A COMPLEX RELIEF LOCATION

The article deals with the practical aspects of improving methods of geodetic assessment of morphometric elements of the topographical basis of terrain with complex relief. It has been proven that an urgent task today is the development of a methodology for determining the elevations of a relief section by using informative and geoindicative characteristics, which ensures the accuracy and optimality of the parameters for drawing up topographic maps and plans. It has been established that the use of the geoinformation mapping method, in the conditions of areas with complex terrain, will provide users with the necessary information with a high degree of updating and accuracy.

This research proves that the use of modern devices of systems for fixing details of the earth's surface relief, the creation of the latest software products and technical solutions for digitizing data obtained during reconnaissance work make it possible to create information banks of unlimited volume, to form repositories for data arrays of measurements with multiple protection against loss of information of digital terrain models.

It has been established that the existing methods aimed at studying complex relief and determining the rational height of the relief cross-section necessitate the improvement or development of new methods for determining the optimal heights of the relief cross-section, thereby representing a certain scientific interest.

It is appropriate to use the method of choosing the optimal size of the relief cross-section based on the model representation of the patterns of changes in its values in a given range, depending on the degree of variability of the elementary heights of the relief irregularities using the statistical criterion of efficiency and composite probability distribution.



It is obvious that the empirical distributions of relief heights in areas of different complexity are described by different forms of the hypsographic distribution curve. At the same time, the empirical distribution of the relief heights of the flat area is described by the unimodal symmetrical relief height of the area.

***Keywords:* geodetic works; geodetic assessment; morphometric elements; relief section; topographic-geodetic research; complex terrain; topographic maps and plans; geo-informational mapping.**