

УДК 551.4

## МОРФОЛОГІЧНА СКЛАДНІСТЬ РЕЛЬЄФУ: ПІДХОДИ ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ

П. Горішний

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. П. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна*

Проаналізовано головні напрями визначення морфологічної складності рельєфу: 1) через поняття однорідності, сортованості, гомогенності, взаємної зустрічності контурів, а також морфометричної складності рельєфу; 2) складність морфологічної структури рельєфу.

*Ключові слова:* морфологічна складність рельєфу, морфологічна структура рельєфу.

Проблему морфологічної складності рельєфу у геоморфології розробляють давно, однак досі однозначного трактування та чіткості змісту цього поняття немає. Багато дослідників висловлюють думку, що складність рельєфу визначена ступенем поділу (розчленування) рельєфу на його складові частини. На думку А. М. Трофімова [10], чим розчленованіший рельєф, тим більшу кількість перерахованих елементів ми виявимо в ньому. Тому складність рельєфу є функцією його розподілу. Складність рельєфу, за О. І. Спірідоновим [9], визначена ступенем його розчленування на окремі прості додатні й від'ємні форми.

Ми не розглядатимемо деяких питань, що прямо чи опосередковано стосуються складності рельєфу, – симетрії, трансляції, фрактальності, ієрархічної складності рельєфу.

Трактування поняття складності рельєфу можна аналізувати у двох напрямках: 1) складність, визначена через поняття однорідності, сортованості, гомогенності та взаємної зустрічності контурів; 2) складність рельєфу як складність морфологічної структури рельєфу. Близькою до першого підходу є морфометрична складність рельєфу. Усі методи визначення морфологічної складності рельєфу також можна розділити на загальнонаукові, загальногеографічні та геоморфологічні.

*Однорідність, сортованість, гомогенність.* Термін однорідність Ю. Г. Симонов [7] розглядає у двох аспектах: 1) як сортованість; 2) як ступінь диференціації географічних об'єктів (за Б. Л. Гуревичем). Сортованість можна визначати за допомогою гранулометричних коефіцієнтів на аїдставі диференціальних або інтегральних кривих розподілу. Для виявлення однорідності геоморфологічного контуру необхідно проаналізувати і розділити на частини за певною вибраною ознакою. Наприклад, у його межах можна виділити частини, що мають різні розчленування і кути нахилу схилів, розподіл абсолютних і відносних висот тощо (зокрема, за допомогою функції розподілу висот І. П. Шарапова [12]).

Другий аспект однорідності, як ступеня диференціації географічних об'єктів, визначають за формулою Шеннона

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i,$$

де  $p_i$  – частка  $i$ -го компонента в заданій сукупності;  $\sum_i p_i = 1$ ;  $H$  виражає ступінь невизначеності. З аналізу цієї формули випливає [7], що коефіцієнт сортованості

$$S_0 = 1 - \frac{H_i}{H_{\max}}$$

Ентропійна міра має неоднакову чутливість. Вона дуже чутлива до найменших відхилень у групі щодо однорідних об'єктів дослідження і менш придатна для вирівнювання слабо сортованих утворень.

Показник однорідності надзвичайно важливий [7] для порівняння об'єктів, що мають різний ступінь вертикального і горизонтального розчленування; об'єктів, які можуть відрізнятися за частотою зустрічності окремих її елементів.

Неоднорідність картографічного зображення посилюється зі збільшенням кількості контурів і з наближенням часток кожного з них у загальній площі карти до деякого постійного й однакового значення. О. М. Ласточкін [4] для визначення частки кожного контуру в загальній площі карти запропонував використовувати точкову палетку і вираз

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i},$$

де  $f_i$  – кількість точок  $i$ -го контуру, від якого можна перейти до виразу  $P_i \log P_i$  за допомогою спеціальних таблиць. На думку вченого, ентропію можна використовувати як міру складності рельєфу на морфологічній карті.

Поняття гомогенності обґрунтував В. Бунге [2] і розвинули Ю. Г. Симонов [7] та автори “Метаматических методов ...” [5]. В. Бунге розглянув загальний приклад із сіллю і перцем на аркуші паперу – від повної гетерогенності (дві частини аркуша з різним складом) до повної гомогенності (повне перемішування). Гомогенність, на думку Ю. Г. Симонова, є функцією ступеня перемішування ознак. Вона стосується геоморфологічних меж. За наявності чітких меж гранична смуга відрізняється помітною гетерогенністю. У разі поступових переходів, дифузних проникнень одного елемента в інший у межовій області можуть утворюватися ареали з різним ступенем гомогенності.

*Взаємна зустрічність контурів.* Зміст цього поняття пояснив Ю. Г. Симонов [7]. Якщо потрібно визначити ймовірність зустрічності контурів різних об'єктів (або типів об'єктів), то спочатку вимірюють протяжність лінії, яка розмежовує об'єкти. Довжина їх буде  $k$ . Наприклад, у нас три типи об'єктів –  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Протяжність їхніх меж буде така:  $A - a_1, a_2, a_3$  або  $\sum_i a_i$ ,  $B - \sum_i b_i$ ,  $C - \sum_i c_i$  (кількість контурів буде різною для всіх трьох типів контурів). Оскільки кожний з відрізків меж входить двічі (бо є межею двох контурів), то:

$$\sum_i a_i + \sum_i b_i + \sum_i c_i = 2k.$$

Нехай сума всіх меж контуру типу  $A$  дорівнює  $a$ , типу  $B - b$ , типу  $C - c$ , тоді ймовірність зустрічності контурів:

$$P(A) = a/k, P(B) = b/k, P(C) = c/k.$$

Звідси ймовірність спряженої зустрічності у разі випадкового розміщення контурів:

$$P(A/B) = ab/k^2, P(A/C) = ac/k^2, P(B/C) = bc/k^2.$$

Реальна спряжена зустрічність, виміряна за картами, може відрізнятися від цього значення в будь-який бік. І це може бути мірою існування або відсутності закономірностей розміщення в просторі тих чи інших об'єктів.

Близькою до понять однорідність і сортованість є *морфометрична складність рельєфу*, яку визначають через морфометричні показники рельєфу. Її обчислюють на морфометричних картах і профілях рельєфу. В. Б. Полканова і В. П. Полканов [6] оцінку складності рельєфу визначають у балах. Сума балів характеризує ступінь загального розчленування рельєфу в кількісному вираженні.

Морфометричну складність можна також визначати через показники профілю рельєфу (їх можна вважати інтерпретацією розчленування рельєфу, передусім, горизонтального розчленування). Таким показником профілю є, наприклад, ритм рельєфу [8]. А. А. Борзов під ритмом рельєфу розумів кількість підвищень і знижень на одиницю довжини профілю. На підставі цього показника В. Н. Ченцов запропонував власний показник – середню відстань між двома сусідніми перегинами профілю, з одного боку, додатної і, з іншого, – від'ємної форм рельєфу. В. І. Анісімов [1] запропонував (аналогічний до показника Ченцова) коефіцієнт вертикального розчленування  $K_v$ .

Розглянемо *складність, визначену структурою рельєфу*. Є різні трактування поняття структури рельєфу або структури земної поверхні. Під структурою рельєфу (внутрішньою формою) І. Г. Черваньов [11] розуміє систему елементів, взаємне розміщення яких найстійкіше стосовно еволюції рельєфу (тобто інваріантних елементів – характерних точок і ліній), що визначають його зовнішній вигляд (оскільки вони утворюють морфологічний каркас рельєфу) і процеси функціонування (потoki речовини, перетворення енергії). По суті, це майже відповідає поняттю “склад земної поверхні” О. М. Ласточкина [4].

Структурний аналіз рельєфу за І. Г. Черваньовим має такий змістовний алгоритм: 1) виділення інваріантних ліній рельєфу (тальвегів і вододілів); 2) топографічний і топологічний аналіз мережі цих ліній, з'ясування їхньої ієрархії; 3) відображення структурних ліній на карті; 4) побудова базисних і вершинних поверхонь; 5) розкладання рельєфу за порядками структури; 6) структурний синтез.

І. Г. Черваньов розрізняє вертикальну і горизонтальну структури рельєфу. Вертикальна структура рельєфу – це ієрархія басейнових систем, тобто різні їхні порядки. Під горизонтальною структурою він розуміє взаємне поєднання структурних елементів різного порядку на земній поверхні. Структура рельєфу (внутрішня форма) разом з морфологією рельєфу (зовнішньою формою) є складовими частинами морфологічної системи “рельєф”.

Інше трактування структури рельєфу (структури земної поверхні) запропонував О. М. Ласточкин [4]. Структура земної поверхні в його розумінні означає взаємні просторові співвідношення між її елементами – міжелементні зв'язки, виявлені для рельєфу загалом (усі можливі співвідношення) і для рельєфу будь-якої конкретної території або територіальної сукупності елементів.

Зміст структурного аналізу рельєфу полягає у визначенні просторових співвідношень між різними елементами рельєфу (точковими, лінійними, площинними, усіма елементами рельєфу). Просторові співвідношення О. М. Ласточкин розділив на латеральні (горизонтальні) і вертикальні. Латеральні просторові співвідношення між площинними елементами передбачають аналіз конфігурації, співвідношення конфігурації і площі цих елементів на морфологічній карті; вертикальні – аналіз рядів і окремих сполучень за так званими реєструвальними лініями – виявлення морфологічної ритмічності й пе-

ріодичності. Однак учений сам зазначив, що просторові зв'язки між площинними елементами розділити на вертикальні й горизонтальні важко, оскільки їхні співвідношення по вертикалі завжди супроводжуються відповідними зв'язками в горизонтальному напрямі. Перші і другі співвідношення аналізують на морфологічній карті. На ній видно конфігурацію кожного елемента, узгодженість у їхній конфігурації та інші особливості групування поверхонь різного типу в плані та по вертикалі.

Морфологічна структура [4] охоплює всі можливі й водночас строго обмежені та визначені варіанти (кінцеву множину) взаємних співвідношень між елементами. Її характеризують сполучення (поєднання) елементів. Сполучення розрізняють за складом, кількістю й особливостями групування у просторі (у плані й по вертикалі). Сукупність різних сполучень утворює ряд. Під членом сполучення розуміють елементарні поверхні з обмежувальними структурними лініями і характерними точками. Склад сполучення – це наявність у ньому поверхонь: верхніх (групи А) – плосковершинних, привершинних, уздовжгребневих; власне схилових (групи В); нижніх (групи С) – уздовжкілевих (уздовжтальвегових), придонних, плоскодонних. Крім того, виділяють групу наскрізних поверхонь. За кількістю членів сполучення розрізняють одно-, дво-, тричленні тощо. Кількість типів сполучень, які виділяють за кількістю членів, визначене можливою кількістю сполучень у групі В або, іншими словами, складністю схилів, що з'єднують верхні і нижні члени.

Просторові співвідношення між усіма елементами рельєфу спрямовані на оцінку складності рельєфу (структурно-номенклатурної неоднорідності). Стосовно складу і будови геоморфосистем (тобто певних морфологічних комплексів) О. М. Ласточкин уважав, що кількість контурів елементарних поверхонь у їхніх межах  $n$  відображає так звану номенклатурну неоднорідність (різноманітність) геоморфосистем, а частки цих контурів у загальній площі геоморфосистем – їхню структурну неоднорідність. Морфологічна структура є тим каркасом, на якому ґрунтуються виявлення й аналіз будови всіх конкретних геоморфосистем. Кількісну оцінку структури геоморфосистем можна виконати для тісноти зв'язків між елементами, складності будови геоморфосистем, взаємного розміщення окремих елементів та їхніх груп у просторі й інших структурних характеристик.

Для аналізу вертикальної структури рельєфу можна використовувати карту поєднань точкових і лінійних елементів у профілі [3]. Її будують на гіпсометричній карті, на яку попередньо нанесені точкові та лінійні елементи рельєфу. Межі між комплексами з різною послідовністю елементів рельєфу проводять по лініях стоку (векторних лініях). Ця лінія напрямлена по найбільшому падінню схилу між сусідніми горизонталями.

Наведені поєднання елементів рельєфу можна розділити за кількістю елементів (наприклад, двохелементні, трьохелементні) і типом початкового (верхнього) елемента рельєфу. У загальній схемі поєднань елементів рельєфу розрізняють верхнє, перехідне, нижнє структурні положення елемента. Верхніми елементами вертикальної структури рельєфу можуть бути гребені, випуклі перегини, вершинні точки; перехідними (проміжними) – випуклі й увігнуті перегини; нижніми – увігнуті перегини, тальвеги, днищеві точки.

Кількість верхніх і нижніх елементів у профілі, зрозуміло, завжди дорівнює 1. Кількість перехідних елементів рельєфу (випуклі й увігнуті перегини) нелімітована (0, 1, 2,...). У двохелементних поєднаннях перехідного (власне схилового) структурного елемента нема. Зі збільшенням масштабу карти зменшується частка поєднань з невеликою кількістю елементів у профілі. Аналіз запропонованої карти дає змогу визначити най-

поширеніші профілі рельєфу. Елементна морфологічна структура профілю буде повнішою, якщо ввести до неї площинні елементи рельєфу.

Якщо виявити теоретично всі можливі комбінації та вилучити з них некоректні, то можна кількісно визначити складність рельєфу. Зокрема, для двохелементних поєднань можливі 9 комбінацій, трьохелементних – 18, чотирьохелементних – 36 і т.д. Складність рельєфу визначена співвідношенням кількості варіантів поєднань елементів рельєфу на певній ділянці до всіх теоретично можливих варіантів поєднань (відповідає номенклатурній неоднорідності О. М. Ласточкина). Цей показник повинен враховувати масштаб карти і площу досліджуваної території. На підставі карт поєднань точкових і лінійних елементів у профілі також можна визначити густоту поєднань – кількість поєднань на одиницю площі.

Отже, морфологічну складність рельєфу можна визначити за допомогою різних методів. Ця проблема стосується й інших галузей географії, зокрема, ландшафтознавства, географії ґрунтів. Автоматизація картометричних процедур відкриває нові можливості у вирішенні проблеми морфологічної складності рельєфу. Подальша робота у цьому напрямі дасть змогу по-іншому вирішувати питання геоморфологічної систематики, структурного аналізу і синтезу рельєфу, морфологічної регіоналізації.

- 
1. *Анисимов В. И.* Основы морфометрического анализа рельефа. Грозный: ЧИГУ, 1987. 92 с.
  2. *Бунге В.* Теоретическая география. М.: Прогресс, 1967. 279 с.
  3. *Горішний П.* До аналізу елементної структури морфології рельєфу // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2001. Вип. 28. С. 79–83.
  4. *Ласточкин А. Н.* Морфодинамический анализ. Л.: Недра, 1987. 271 с.
  5. Математические методы в географии /Архипов Ю. Р., Блажко Н. И., Григорьев С. В. и др. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1976. 352 с.
  6. *Полканова В. Б., Полканов В. П.* Карты интенсивности расчленения рельефа // Применение геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях. М.: Недра, 1970. С. 40–43.
  7. *Симонов Ю. Г.* Региональный геоморфологический анализ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. 251 с.
  8. *Спиридонов А. И.* Геоморфологическое картографирование. М.: Географгиз, 1952. 186 с.
  9. *Спиридонов А. И.* Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. М.: Высшая школа, 1970. 456 с.
  10. *Трофимов А. М.* Морфометрические и морфографические методы в геоморфологии. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1965. 49 с.
  11. *Черванев И. Г.* Концепция поля в современной геоморфологии // Геоморфология. 1987. № 4. С. 12–20.
  12. *Шарапов И. П.* Функции распределения высоты рельефа // Рельеф Земли и математика. М.: Мысль, 1967. С. 72–79.

**THE MORPHOLOGICAL COMPOSURE OF THE RELIEF:  
APPROACHES TO THE SOLUTION OF THE PROBLEM****P. Horishnyy***Ivan Franko National University of Lviv,  
Doroshenko St., 41, UA – 79000 L'viv, Ukraine*

The basic ways of computation of the morphological composure of the relief are being analysed: 1) through the denotation of uniform, sorting, homogeny, the collision of lines, and also through the morphometrical composure of the relief; 2) the composure of the morphological structure of the relief.

*Key words:* morphological composure of the relief, composure of the morphological structure of the relief.

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ РЕЛЬЕФА:  
ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ****П. Горишний***Львовский национальный университет имени Ивана Франко,  
ул. П. Дорошенко, 41, г. Львов, 79000, Украина*

Проанализованы основные направления определения морфологической сложности рельефа: 1) используя понятия однородности, сортированности, гомогенности, взаимной встречаемости контуров, а также морфометрической сложности рельефа; 2) сложность морфологической структуры рельефа.

*Ключевые слова:* морфологическая сложность рельефа, морфологическая структура рельефа.

Стаття надійшла до редколегії 01.04.2008

Прийнята до друку 20.09.2008