УДК 911.2

І. Круглов

ДЕЛІМІТАЦІЯ, МЕТРИЗАЦІЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ МОРФОГЕННИХ ЕКОРЕГІОНІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

И. Круглов

ДЕЛИМИТАЦИЯ, МЕТРИЗАЦИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ МОРФОГЕННЫХ ЭКОРЕГИОНОВ УКРАИНСКИХ КАРПАТ

Львовский национальный университет имени Ивана Франко

С помощью ГИС на основании данных SRTM и нецифровых геологических, геоморфологических и ландшафтных карт и картосхем выделены 33 морфогенных экорегиона с точностью масштаба 1:100 000. Определены их площади, установлено соответствие тектоническим единицам, уточнены собственные названия, а также вычислены средние абсолютные и относительные высоты и соотношение площадей высотных биоклиматических поясов. Регионы объединены в пять классов согласно особенностям геологического строения. С помощью кластерного анализа значений средних абсолютных и относительных высот выделены семь орографических классов регионов. Кластерный анализ соотношений площадей высотных биоклиматических поясов позволил идентифицировать девять биоклиматических классов экорегионов. Полученные геоданные полезны для реализации положений, предусмотренных Рамковой конвенцией об охране и устойчивом развитии Карпат.

I. Kruhlov

DELIMITATION, METRISATION AND CLASSIFICATION OF MORPHOGENIC ECOREGIONS FOR THE UKRAINIAN CARPATHIANS

Ivan Franko National University of Lviv

SRTM data as well as geological, geomorphologic, and landscape maps and schemes were used to delineate 33 morphogenic meso-ecoregions using a GIS. The correspondence of the ecoregions to the tectonic units was established. The main morphometric parameters (mean absolute and relative elevations) and the area ratio of altitudinal bioclimatic belts were calculated for each region. The regions are grouped into five classes according to the geology features. Cluster analysis was used to delimit seven orographic classes based on the combinations of mean relative and absolute elevations of the regions. The analysis also afforded delineation of nine bioclimatic classes of ecoregions according to the area ratios of altitudinal bioclimatic belts. The obtained geo-data are useful for the sustainable development planning in the whole region, as stipulated in the Carpathian Convention.

Карпатська дуга визнана на міжнародному рівні як одна з найбільших гірських систем Європи, яка має унікальну екологічну, економічну та культурну цінність. Саме так зазначено у Рамковій конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат (Карпатській Конвенції) [30], яка реалізується, у тому числі, й на території України [24]. Українські Карпати (УК), попри відносно невелику площу, здійснюють функцію єдиного великого біокоридора між північно-західними та південними масивами Карпатської дуги. Крім того, у них формуються витоки великих річкових систем: Тиси, Пруту, Дністра та Сяну. Отже, збереження та екологічна оптимізація природних і культурних ландшафтів УК є надзвичайно важливою для реалізації Карпатської конвенції в цілому. Одним з важливих завдань у цьому контексті є геоінформаційне забезпечення впровадження Карпатської конвенції в Україні, зокрема геопросторово вірне визначення меж та інших властивостей регіональних гірських екосистем (ландшаф-

© *І. Круглов, 2008*

тів) для цілей їхньої охорони й оптимізації.

Дослідження природних властивостей ландшафтів УК здійснюють уже тривалий час. Деякі найважливіші результати таких досліджень підсумовані у спеціальних регіональних монографіях [23, 26]. Існує чимало картосхем геоморфологічної та ландшафтознавчої регіоналізації УК [напр., 5, 8, 10, 16, 18, 19, 23]. Особливої уваги заслуговує схема Г. Міллера та О. Федірка [18], на якій відображені види ландшафтів УК, делімітовані з урахуванням сучасних уявлень про тектонічну будову території. Ця схема лягла в основу найдетальнішої ландшафтної регіоналізації УК, запропонованої А. Мельником [16].

Нами була виконана геопросторово прив'язана уточнена регіоналізація УК за геолого-геоморфологічними властивостями та здійснена попередня класифікація таких морфогенних регіонів на підставі геологічного субстрату й середніх абсолютних та відносних висот [13]. Однак у зазначеному дослідженні не розглядали питання класифікації регіонів за кліматичними та біотичними характеристиками, як це передбачає геоекологічний підхід [12]. Тому у цій публікації більш різнобічно висвітлено питання виділення екорегіонів УК, а також їхньої метризації та класифікації на підставі інтерпретації гіпсометричних та інших даних з використанням методів географічних інформаційних систем (ГІС) та статистики.

Концептуальні засади. У міждисциплінарних (комплексних) природничих науках, таких як ландшафтознавство, ландшафтна екологія та геоекологія, попри певні термінологічні відмінності, застосовують доволі подібні підходи до регіоналізації (районування), особливо на нижчих таксономічних рівнях. Провідними критеріями делімітації дрібних ландшафтних регіонів обирають переважно геолого-геоморфологічні характеристики [1, 4, 7, 15, 20, 25, 29]. Так само, у цьому дослідженні, застосовуючи системні геопросторовий та екологічний підходи, притаманні геоекології [12], інтерпретуємо природні ландшафти регіонального масштабного рівня [6, 25] як морфогенні геоекосистеми (ГЕС), – тобто як геопросторові моделі генетичних відношень форм рельєфу з іншими біофізичними властивостями території [12]. Таким чином, з позицій постмодерністського світогляду [22], визначаємо ландшафти як реальні об'єкти дослідження, а ГЕС – як ідеальні. Оскільки природний ландшафт (ГЕС) регіонального масштабного рівня має вдалу лаконічну міжнародно визнану альтернативну назву «екорегіон» [29, 37], то об'єкти цих студій можемо позначати як «морфогенні екорегіони». Інтерпретація ландшафту як морфогенного екорегіону, з одного боку, відповідає канонам гірського ландшафтознавства [напр., 17], а з другого боку – підкреслює існування інших комплементарних концепцій та моделей (конфігурацій) ландшафту [6, 12, 28].

Виділяємо морфогенні екорегіони на підставі морфоструктур [3] переважно другого-четвертого порядку [8, 23]. Однак у процесі визначення меж екорегіонів звертаємо належну увагу також на подібність-відмінність морфоскульптури [3], оскільки саме дрібніші, екзогенні, форми рельєфу визначають особливості місцевої диференціації топобіоклімату, ґрунтового покриву та біоценозів, а отже – індивідуальність екорегіонів. У зв'язку з цим, ієрархія морфогенних екорегіонів не цілком співпадає з ієрархією тектонічних одиниць, а просторові межі, хоча переважно й успадковують давню тектоніку, але модифіковані новітніми рухами земної кори та геоморфологічними режимами [21]. Виділені у такий спосіб регіональні одиниці в цілому відповідають макрогеохорам [6, 25] або ландшафтним районам [16], але, заради послідовності та уникнення термінологічної плутанини, пропонуємо їх називати мезоекорегіонами. Цим самим наголошуємо, що мезоекорегіони, за потреби, можна поділити на ще дрібніші одиниці – мікроекорегіони (мезогеохори [6], ландшафтні підрайони [16].

Під метризацією ландшафтів (ландшафтометрією) переважно розуміють квантифікацію їхньої просторової конфігурації, яку здійснюють за допомогою геоданих і спеціального програмного забезпечення для виявлення структури, екологічних процесів і функцій [напр., 36]. Щоправда, в Україні це поняття має ширше тлумачення – як визначення просторових, часових, субстанційних, енергетичних, продуцентних, інформаційних та інших параметрів ландшафтних систем [14]. У цьому дослідженні метризацію обмежили базовою морфометрією та виявленням складу мезоекорегіонів за висотними біокліматичними поясами, які відображають найістотніші риси просторової диференціації гірських ландшафтів за топокліматом та біоценотичним покривом.

Класифікацію мезоекорегіонів здійснюємо як їхню ординацію та подальше неієрархічне групування [6] за трьома критеріями: 1) геологічними; 2) орографічними; 3) біокліматичними. Отже, результати класифікації насамперед уявляємо у вигляді тривимірної матриці, де кожному з вимірів відповідає один з критеріїв. Орографічні та біокліматичні критерії є кількісними (отримані внаслідок метризації) та комплексними (представлені кількома наборами значень). Тому для обґрунтованішого групування екорегіонів за цими критеріями застосовуємо ієрархічний агломеративний кластерний аналіз [35].

Матеріали та методи. Опрацювання даних здійснено в середовищі ГІС. Як топографічну основу використано третю версію глобальної цифрової моделі висот (ЦМВ), отриманої внаслідок радарного знімання з космосу (SRTM), з геометричним розділенням три кутові секунди [32] у глобальній системі висот EGM96 [31]. Оригінальні дані SRTM були

перетворені на 34 зону проекції UTM з геодезичною основою WGS84 та приведені до геометричного розділення 50 м. Після цього було враховано ухили поверхні, а також амплітуди рельєфу у радіусі 1 км, які відображають відносну висоту. Державні кордони України у межах Карпат векторизовано з радянських військових топографічних карт масштабу 1:100 000. Додатковими джерелами даних слугували паперові тектонічна [27] та геологічна [2] карти УК масштабу 1:200 000, а також картосхеми геоморфологічної та ландшафтної регіоналізації УК [5, 8, 10, 16, 18, 19, 23]. Особливу увагу приділено схемі Г. Міллера та О. Федірка [18] з уточненнями А. Мельника [16].

Делімітацію морфогенних мезоекорегіонів виконано мануально, але безпосередньо у середовищі ГІС (без «паперового» етапу). У процесі розмежування екорегіонів враховано текстуру ухилів поверхні, яка допомагає добре ідентифікувати межі морфоструктур та морфоскульптур.

Для кожного з мезоекорегіонів на підставі тектонічної карти [27] визначено тектонічну одиницю, якій він відповідає, а також надано власну назву. При цьому використано як існуючі, так і введено деякі нові назви, намагаючись лаконічно відобразити в них як індивідуальні, так і типологічні природно-ландшафтні особливості. У зв'язку з цим перевагу надано традиційним найменування на зразок «верховина» або «полонина».

За допомогою ГІС для кожного з регіонів визначено площу, а також враховано шляхом статистичних оверлейних операцій з ЦМВ та її похідними середні значення та стандартні відхилення основних морфометричних показників: 1) абсолютна висота; 2) відносна висота; 3) ухили поверхні. Крім того, у відсотках визначено співвідношення площ біокліматичних поясів для кожного з регіональних контурів за допомогою зонального оверлею з геоданими біокліматичних поясів.

Геодані, що відображають розподіл біокліматичних поясів, отримано шляхом стратифікації ЦМВ за висотними інтервалами, попередньо визначеними для висотних рослинних поясів УК [26] та уточненими на підставі аналізу додаткових польових і дистанційних даних [11]. Висотні інтервали визначено та, відповідно, здійснено стратифікацію ЦМВ окремо для пн.-сх. та пд.-зх. макросхилів УК, які мають помітні макрокліматичні відмінності. Отримані таким чином висотні рослинні пояси додатково охарактеризовано за сумами річних активних температур та надано їм відповідні кліматичні назви. Для цього використано дані М. Андріанова [23].

Класифікацію екорегіонів за геологічними особливостями зроблено на підставі різних варіантів геолого-геоморфологічних регіоналізацій УК [5, 23] за якісними характеристиками – належністю до тих або інших тектонічних зон [27] та за петрологічними особливостями переважаючих гірських порід [2].

Для орографічної класифікації застосовано ієрархічний агломеративний кластерний аналіз за двома кількісними показниками: 1) середньою відносною висотою (СВВ); 2) сумою СВВ та середньої абсолютної висоти (САВ). Вимірювання відстані між кластерами виконано методом середнього в групі за допомогою метрики «Канберра» [напр., 35]:

$$d_{ca} = \sum_{i=1}^{n} \frac{|x_i - y_i|}{x_i + y_i} \quad .$$

Орографічні класи мезоекорегіонів виділено на підставі отриманих кластерів. Цим класам присвоєно назви на підставі орографічних класифікацій [9, 16, 18, 23] з деякими уточненнями.

Для біокліматичної класифікації мезоекорегіонів такими самим способом кластеризували дані щодо співвідношення в їхніх межах висотних біокліматичних поясів, які спостерігаємо в УК. У цьому випадку використано евклідову метрику:

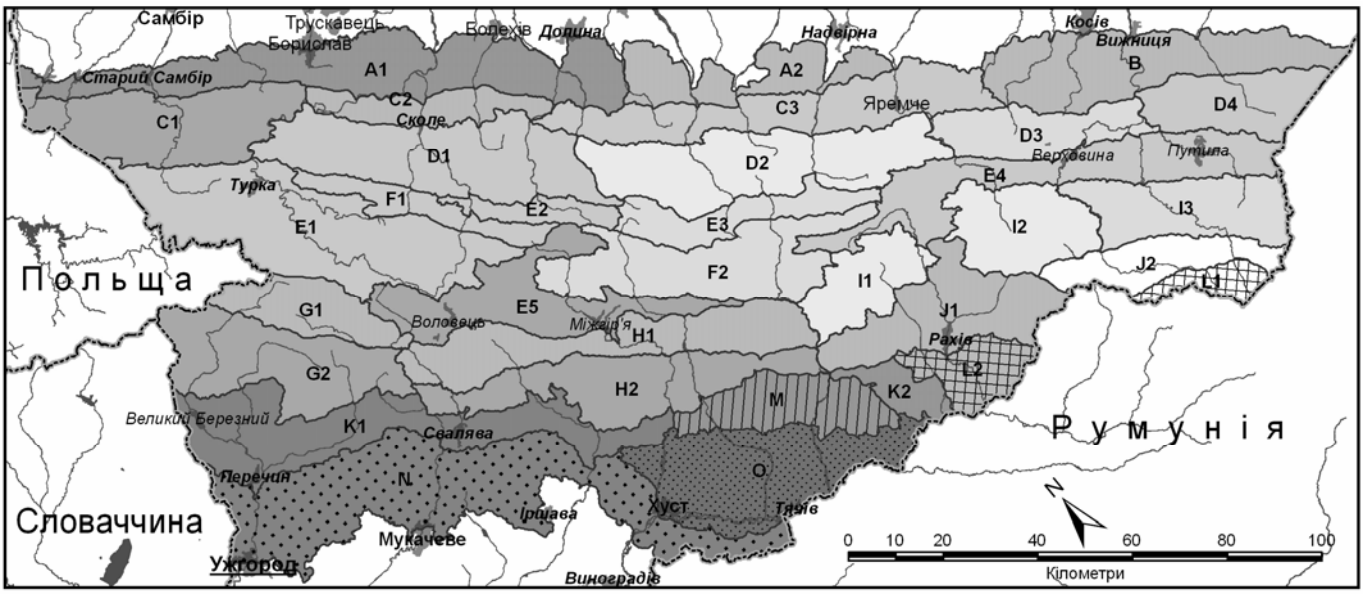
$$d_e = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - y_i)^2} \quad .$$

Отримані кластери ідентифікували шляхом аналізу дендрограми та співставлення з класами термічного зонування УК М. Андріанова [23] та висотними геоботанічними поясами [26].

У такий спосіб для кожного з мезоекорегіонів УК визначено належність до певної геологічної, орографічної та біокліматичної класифікаційної групи.

Результати. Внаслідок проведеного дослідження отримано векторний геопросторовий шар (ГПШ) морфогенних мезоекорегіонів УК, який складається з 33 індивідуальних полігонів *(рис. 1)*. Його основні первинні атрибути наведено у *таблиці 1*. Геометричну точність цього ГПШ визначають, головним чином, SRTM-дані, на підставі яких його укладено. Якщо брати до уваги, що планова та вертикальна точність цих даних у горах є дещо нижчою, ніж на топографічних картах масштабу 1:50 000 [34], то можна стверджувати, що достовірність визначення меж і гіпсометричних характеристик мезоекорегіонів в цілому відповідає масштабові 1:100 000.

Певні відмінності, порівняно з попередньою схемою [16, 18], спостерігаються у розмежуванні екорегіонів. Насамперед це стосується так званої Полонинської частини УК, яка сформована Чорногірським, Дуклянським, Поркулецьким та Рахівським тектонічними покривами [27]. Зокрема, Чорногірський і Дуклянський покриви зумовлюють дещо відмінну, по відношенню до Поркулецького та Рахівського покривів, морфологію рельєфу та, відповідно, всього природного комплексу. Цю особ-



Р и с у н о к 1. ***Морфогенні мезоекорегіони Українських Карпат***
Інтенсивність фону відображає біокліматичні класи, а штрихування – геологічні класи (пояснення у таблицях 1 і 4 та в тексті).

ливість автори попередньої схеми [16, 18] взяли до уваги лише в межах масиву Свидівця. У пропонованій регіоналізації таке розмежування поширено для масивів Чорногори, а також Красної та Боржави. Тобто Чорногірський хребет «ділимо» між двома мезоекорегіонами – його більша, східна, частина залишається в межах територіальної одиниці тієї самої назви, а невелику західну частину з горою Петрос, сформовану Поркулецьким покривом, віднесено до мезоекорегіону флішових Рахівських полонин. Так само масиви Красної та Боржави розділяємо на два мезоекорегіони – вищий регіон Полонини Красної та Боржави, який визначає Дуклянський покрив, та дещо нижчий регіон Полонини Брдо-Манчула, який знаходиться у межах Поркулецького покриву. Окремо розглядаємо масив Полонини Руни, який, попри певну тектонічну єдність, має цілком іншу морфологію, ніж масив Боржави-Красної.

Дещо по-іншому, ніж на попередній схемі [16, 18], визначено межі Латорицько-Ріцької (Міжгірської) Верховини – від неї відокремили підвищений масив Полонини Буковець. Від низькогір'їв Сянсько-Стрийської Верховини відділили масиви Високого Верху – Тростяну – Чорної Ріпи та виділили їх в окремий, вищий, мезоекорегіон Внутрішніх Бескидів. Розглядаємо його як своєрідний аналог Внутрішніх Горганів, оскільки він так само розташований у межах Кросненської тектонічної депресії та, подібно до Внутрішніх Горганів, частково відокремлений від підвищених масивів на північному сході смугою низькогір'їв. Район Сколівських Бескидів, відображений на попередніх схемах [16, 18], пропонуємо розмежувати на два мезоекорегіони: вищих Центральних Бескидів, який визначається підзоною Парашки Скибового тектонічного покриву [27], та нижчих Зовнішніх Бескидів, що лежать у Сколівській підзоні того ж покриву. Так само, пропонуємо назву Зовнішні Горгани закріпити лише за дещо нижчими горами Сколівської тектонічної підзони від долини Мізунки до долини Лючки, а більш високі гори у межах тектонічної підзони Парашки від долини Свічі до долини Прута називати Центральними Горганами.

За особливостями геологічної будови [2, 5, 23, 27] визначено п'ять класів морфогенних екорегіонів.

1) Ф л і ш о в і е к о р е г і о н и, сформовані переважно у Зовнішній тектонічній макрозоні Карпат. Їхню геологічну основу формують відклади крейди та палеогену, зім'яті в складки та насунуті одна на одну з південного заходу у вигляді лусок, скиб та покривів, що спричинило виразну асиметрію схилів гірських хребтів. Відмінності тектонічного режиму відобразилися у стратиграфії та літології флішу, а також в наявності областей підвищених (Парашківська підзона Скибового покриву, Чорногірський і Дуклянський покриви) та знижених (Зона Кросно) гір. Фліш, який зазнає денудації, зумовив «м'який» рельєф та широкий розвиток зсувів у доволі масивній корі вивітрювання. Силікатний субстрат сприяє формуванню дуже кислих ґрунтів та ацидофільних біотичних угруповань. Єдиним флішовим мезоекорегіоном поза тектонічною макрозоною Зовнішніх Карпат є Апшицько-Косівське низькогір'я, складене флішем Шопурської світи у межах Монастирецької підзони Мармароських стрімчаків.

2) К р и с т а л і ч н і е к о р е г і о н и відповідають тектонічній зоні Мармароського кристалічного масиву і представлені метаморфічними відкладами протерозою-кембрію: гнейсами, сланцями

Таблиця 1. ***Деякі основні атрибути морфогенних мезоекорегіонів Українських Карпат***

ІК	Власна назва	Тектонічні одиниці [27]	S	САВ	СВВ	СУ	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6
A1	Крайові Бескиди	Скибовий покрив: Берегова та Орівська підзони	1165	525	191	9	0	78.9	21.0	0	0	0
A2	Крайові Горгани	Скибовий покрив: Берегова та Орівська підзони	448	661	263	13	0	33.9	66.1	0	0	0
B	Покутсько-Буковинські зовн. гори	Бориславо-Покутський покрив	843	652	291	14	0	34.4	65.6	0	0	0
C1	Дністерські Бескиди	Скибовий покрив: Сколівська та Парашківська підзони	750	580	211	11	0	58.2	41.8	0	0	0
C2	Зовнішні Бескиди	Скибовий покрив: Сколівська підзона	291	667	301	14	0	29.9	70.1	0	0	0
C3	Зовнішні Горгани	Скибовий покрив: Орівська та Сколівська підзони	793	848	358	16	0	5.9	88.7	5.1	0.3	0
D1	Центральні Бескиди	Скибовий покрив: Парашківська підзона	974	854	387	18	0	6.5	85.8	6.7	1.0	0
D2	Центральні Горгани	Скибовий покрив: Парашківська підзона	955	1126	468	20	0	0	48.2	24.8	19.6	7.3
D3	Покутські Горгани	Скибовий покрив: Орівська та Парашківська підзони	409	968	421	19	0	5.7	65.3	21.0	7.8	0.1
D4	Буковинські внутрішні гори	Скибовий покрив: Орівська та Парашківська підзони	434	919	359	17	0	2.6	83.3	11.9	2.3	0
E1	Сянсько-Стрийська Верховина	Зона Кросно	1303	733	188	9	0	10.7	89.0	0.3	0	0
E2	Бескидська Верховина	Зона Кросно: Славсько-Верховинська підзона	161	847	222	11	0	1.7	98.1	0.2	0	0
E3	Горганська Верховина	Зона Кросно: Славсько-Верховинська підзона	339	1054	286	14	0	0	77.8	21.3	0.9	0
E4	Гуцульська Верховина	Зона Кросно: Славсько-Верховин. та Турківська підзони	829	853	269	13	0	3.8	95.0	1.2	0	0
E5	Латорицько-Ріцька Верховина	Зона Кросно	687	689	281	13	0.1	55.4	44.5	0	0	0
F1	Внутрішні Бескиди	Зона Кросно: Славсько-Верховинська підзона	254	885	327	16	0	0.4	95.2	4.4	0.1	0
F2	Внутрішні Горгани	Зона Кросно: Турківська підзона	799	1085	517	22	0	4.7	62.2	17.6	11.2	4.3
G1	Полонина Буковець	Зона Кросно: Бітлянська підзона	364	778	334	15	0.8	33.6	62.5	2.7	0.3	0
G2	Полонина Равки-Руни	Дуклянський покрив	743	690	381	16	5.7	50.8	41.2	1.8	0.5	0
H1	Полонина Боржави-Красної	Дуклянський покрив	752	853	506	22	2.2	26.2	62.2	6.5	2.6	0.3
H2	Полонина Брдо-Манчула	Поркулецький покрив	735	661	422	20	10.2	50.2	38.2	1.2	0.2	0
I1	Полонина Свидівця	Чорногірський та Дуклянський покриви	371	1127	488	19	0	6.2	53.2	18.5	12.1	10.1
I2	Полонина Чорногори	Чорногірський та Дуклянський покриви	493	1234	447	18	0	0.1	40.6	22.4	18.5	18.4
I3	Полонина Гриняви	Чорногірський покрив	550	1055	368	18	0	0	61.2	29.8	8.8	0.2
J1	Рахівські флішові полонини	Поркулецький та Рахівський покриви	671	972	494	21	0	15.6	65.6	10	5.1	3.6
J2	Чивчинські флішові полонини	Поркулецький та Рахівський покриви	361	1271	388	19	0	0	14.4	29.6	45.5	10.5
K1	Цірохо-Ріцьке низькогір'я	Дуклянський, Поркулецький та Магурський покриви	1012	352	240	11	68.2	31.6	0.2	0	0	0
K2	Апшицько-Косівське низькогір'я	Зона мармароських стрімчаків: Монастирецька підзона	163	558	309	12	15.5	66.1	18.4	0	0	0
L1	Чивчинські кристалічні полонини	Мармароський кристалічний масив	140	1382	346	16	0	0	3.4	16.4	46.5	33.8
L2	Рахівські кристалічні полонини	Мармароський кристалічний масив	275	895	572	22	2.4	27.3	53.1	9.0	5.2	3.1
M	Ріцько-Апшицькі стрімчакові гори	Зони стрімчаків, Крайова зона Закарпатського прогину	445	494	293	15	24	71.0	5.0	0	0	0
N	Вигорлат-Гутинська гряда	Вигорлат-Гутинська вулканічна гряда	1606	422	249	11	53.4	34.1	12.4	0	0	0
O	Верхньотисенська улоговина	Центральна зона Закарпатського прогину	909	275	122	6	93.7	6.3	0	0	0	0
	Українські Карпати		**21022**	**754**	**327**	**15**	**12.7**	**24.9**	**50.3**	**6.5**	**3.9**	**1.7**

ІК – індекси морфогенних мезоекорегіонів (див. *рисунок 1*); S – площа (км^2); САВ – середня абсолютна висота (м); СВВ – середня відносна висота (м); СУ – середній ухил поверхні (град.); П-1,..., П-6 – частка площі біокліматичних поясів (%), характеристики біокліматичних поясів у *таблиці 3*.

тощо. Крім того, тут трапляються щільні силікатні відклади палеозою-мезозою, а також мезозойські карбонатні та вулканогенні гірські породи. Підвищена твердість гірських порід спричинила, в умовах низького базису ерозії басейну Тиси, формування дуже розчленованого рельєфу (Рахівські кристалічні полонини), а у верхів'ях Черемошу з меншою енергією ерозії – масивних привододільних поверхонь (Чивчинські кристалічні полонини). Виходи карбонатних порід зумовлюють наявність ендемічних кальцефільних біотичних видів та угруповань.

3) Моласовий мезоекорегіон виділяємо одним ареалом у межах зон Мармароських та Пенінських стрімчаків, а також у Крайовій зоні Закарпатського внутрішнього прогину, між долинами Ріки та Апшиці. Його специфіку визначає поширення ізольованих велетенських вапнякових блоків-олістолітів юрського часу в товщах молодших піщано-глинистих нефлішових відкладів та аргілітів-мергелів. Ці блоки формують екзотичні скелі-стрімчаки. Таке різноманіття геологічних умов спричинило багатство усього природного комплексу, зокрема його біотичних компонентів.

4) Алювіально-моласовий мезоекорегіон відповідає Верхньотисенській улоговині, повністю розташованій у Закарпатському внутрішньому прогині. Моласові глини з прошарками пісковиків, алевролітів і туфів, що містять соляні куполи, на значних площах перекриті сучасними алювіальними відкладами. Отже, тут широко представлений рівнинний флювіальний природний комплекс у поєднанні з моласовими межиріччями горбогірного характеру.

5) Вулканічний мезоекорегіон визначають неогенові утворення Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма. Виходи лави утворили круті схили з характерним рельєфом залишків кратерів та кальдер. На вулканогенних відкладах сформувалися дещо багатші ґрунти, що вплинуло на особливості біоценозів.

Розподіл і групування морфогенних мезоекорегіонів за відносними та абсолютними висотами ілюструють *рисунки 2 і 3*. Вони дають змогу виразно ідентифікувати сім кластерів, на підставі яких визначено орографічні класи мезоекорегіонів УК *(таблиця 2)*.

Як видно з наведених вище результатів, залучення до процедури орографічної класифікації показників відносних висот дало змогу краще відобразити особливості рельєфу регіонів, порівняно з використанням лише даних про абсолютні висоти. Так, значення СВВ тісно корелюють з середніми ухилами поверхні – в нашому випадку коефіцієнт кореляції становить 0,97. Проте значення СВВ, обраховані у радіусі 1 км, порівняно з середніми ухилами поверхні менш залежні від детальності ЦМВ та не потребують нормалізації при кластерному аналізі у поєд-

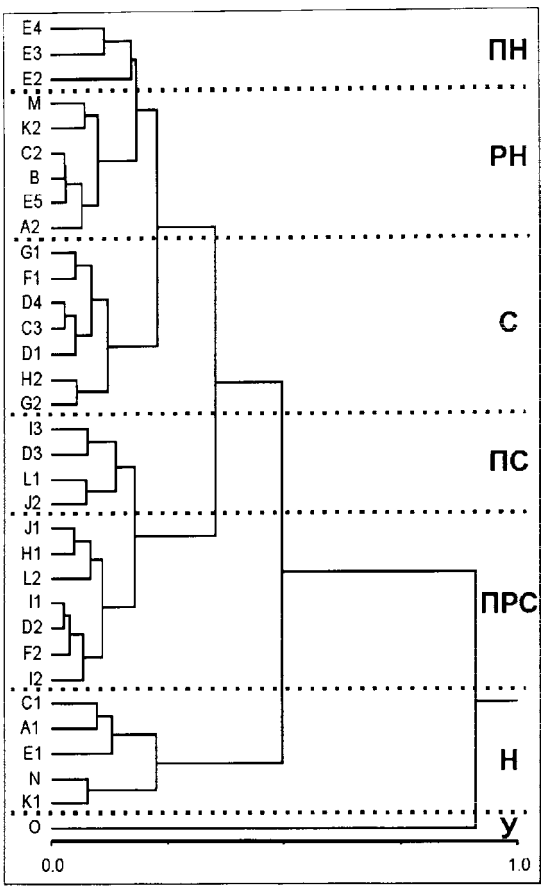


Рисунок 2. ***Дендрограма кластерного аналізу морфогенних екорегіонів УК за СВВ та САВ+СВВ***

Коефіцієнт кофенетичної кореляції – 0.82. Пояснення індексів у *таблицях 1 і 2*

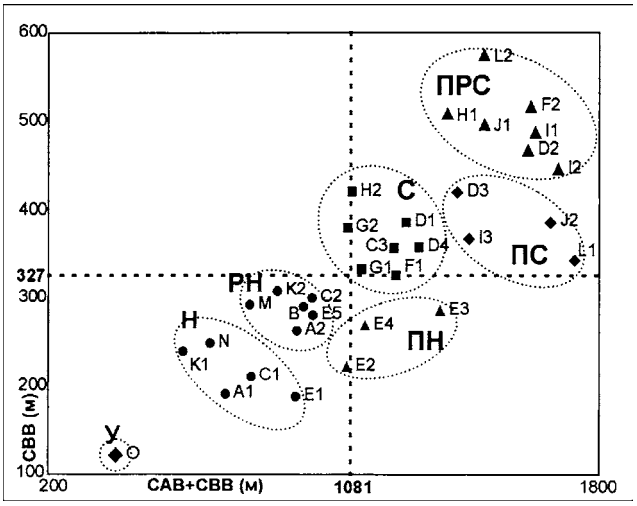


Рисунок 3. ***Розподіл морфогенних екорегіонів УК за СВВ та САВ+СВВ***

Пояснення індексів у *таблицях 1 і 2*.

Таблиця 2. ***Орографічні класи морфогенних мезоекорегіонів Українських Карпат***

№	Назва класу	СВВ (м)	САВ + СВВ (м)	Морфогенні мезоекорегіони
1	**У** – улоговини	122	397	O. Верхньотисенська улоговина
2	**Н** – низькогір'я	188-249	592-921	A1. Крайові Бескиди; C1. Дністерські Бескиди; E1. Сянсько-Стрийська Верховина; K1. Ціохо-Ріцьке низькогір'я; N. Вигорлат-Гутинська гряда
3	**РН** – розчленовані низькогір'я	263-309	787-970	A2. Крайові Горгани; B. Покутсько-Буковинські зовнішні гори; C2. Зовнішні Бескиди; E5. Латорицько-Ріцька Верховина; K2 Апшицько-Косівське низькогір'я; M. Ріцько-Апшицькі стрімчакові гори
4	**ПН** – підвищені низькогір'я	222-286	1069-1340	E2. Бескидська Верховина; E3. Горганська Верховина; E4. Гуцульська Верховина
5	**С** – середньогір'я	327-422	1071-1278	C3. Зовнішні Горгани; D1. Центральні Бескиди; D4. Буковинські внутрішні гори; F1. Внутрішні Бескиди; G1. Полонина Буковець; G2. Полонини Равки-Руни; H2. Полонини Брдо-Манчула
6	**ПС** – підвищені середньогір'я	346-421	1389-1728	D3. Покутські Горгани; I3. Полонини Гриняви; J2. Чивчинські флішові полонини; L1. Чивчинські кристалічні полонини
7	**ПРС** – підвищені розчленовані середньогір'я	447-572	1359-1681	D2. Центральні Горгани; F2. Внутрішні Горгани; H1. Полонини Боржави-Красної; I1. Полонини Свидівця; I2. Полонини Чорногори; J1. Рахівські флішові полонини; L2. Рахівські кристалічні полонини

нанні з САВ. Сума САВ та СВВ найбільш адекватно характеризує абсолютну висоту місцевості, оскільки, з одного боку, на відміну від абсолютної максимальної висоти, цей показник є статистично значимим, а з іншого боку, на відміну від лише САВ, зважено відображає верхню межу висот місцевості, яку звично використовують для орографічної класифікації [напр., 9]. Також цілком виправданим є застосування в процесі кластерного аналізу орографічних показників метрики «Канберра», яка більш чутливо фіксує зміни у менших значеннях – адже у низькогір'ї невеликі зміни відносних висот є помітнішими, ніж у високогір'ї.

Звернемо увагу, що замість терміна «високогір'я», яким на попередніх схемах позначали деякі найвищі регіони УК [16, 18], використано більш «обережну» назву – «підвищені середньогір'я». Таке позначення дає змогу коректніше порівнювати гори УК з вищими частинами Карпатської дуги (наприклад, Татрами) та іншими гірськими системами. Категорія «підвищені низькогір'я» відповідає слаборозчленованим, але понад 1000 м заввишки ділянкам УК, які мають характер нагірного рельєфу. «Розчленованими» називаємо ті низькогір'я та середньогір'я, які вирізняються більшими значеннями СВВ. Загалом для УК значення СВВ становить 327 м, а САВ+СВВ – 1081 м. Фактично ці величини фіксують статистичну межу між карпатським низькогір'ям та середньогір'ям.

Пропонована орографічна класифікація детальніше, ніж попередні схеми [8, 9, 10, 16, 18, 23], відображає особливості розчленування рельєфу УК. Однак зауважимо, що така класифікація, здійснена на підставі базових морфометричних показників для достатньо великих територій, іноді надто загально узгоджується з поділом за генезисом морфоскульптури. Наприклад, серед підвищених та підвищених розчленованих середньогір'їв є регіони як з реліктовим гляціальним рельєфом, так і без нього. Проте, з точки зору застосування для подальшого екологічного та соціально-економічного оцінювання території УК, вона є цілком зручною. Крім того, універсальність даних (SRTM) та методики дає змогу кондиційного порівняння з іншими регіонами світу.

Метризацію та класифікацію екорегіонів за біокліматичними характеристиками здійснено на підставі даних, наведених у *таблиці 3*. Групування регіонів за цими властивостями відображає дендрограма кластерного аналізу *(рисунок 4, таблиця 4)*.

Половину площі УК (50,3%) займає помірно прохолодний пояс смереково-букових лісів. Другим за площею є помірно теплий пояс букових лісів (24,9%). Холодний альпійський пояс має незначне поширення (0,1% площі УК) і виразно представлений лише у Чорногорі (3,4% площі). У зв'язку з цим для біокліматичної класифікації регіонів його об'єднали з помірно холодним субальпійським поясом (див. *таблиці 1 та 3*).

Результати кластерного аналізу дають змогу виділити 3-9 біокліматичних класів морфогенних мезоекорегіонів. Особливе положення займає група теплих низькогірних регіонів (біокліматичні класи A1-A3), які, за винятком Крайових Бескидів, зосереджені поблизу Тисенської низовини. Також вирізняються найхолодніші підвищені середньогір'я Чивчинських полонин (біокліматичний клас E). Однак

Таблиця 3. ***Біокліматичні пояси Українських Карпат (за: [23, 26] з уточненнями)***

№	Кліматична назва	САТ понад 10 град. С	Геоботанічна назва	Інтервали висот (м)	
				Пн.-сх. макросхил	Пд.-зах. макросхил
1	Теплий	> 2400	Дубовий	До 300	До 400
2	Помірно теплий	1800-2400	Буковий	300-600	400-700
3	Помірно прохолодний	1400-1800	Смереково-буковий	600-1100	700-1200
4	Прохолодний	1400-1000	Буково-смерековий	1100-1250	1200-1350
5	Дуже прохолодний	1000-600	Смерековий	1250-1450	1350-1500
6a	Помірно холодний	300-600	Субальпійський	1450-1750	1500-1800
6b	Холодний	< 300	Альпійський	Понад 1750	Понад 1800

САТ – сума активних температур

Таблиця 4. ***Біокліматичні класи морфогенних мезоекорегіонів Українських Карпат***

№	ІК	Кліматична назва	Геоботанічна назва	Морфогенні мезоекорегіони
1	A1	Теплі	Дубових лісів	O. Верхньотисенська улоговина
2	A2	Теплі до помірно теплих	Дубових і букових лісів	K1. Ціохо-Ріцьке низькогір'я; N. Вигорлат-Гутинська гряда
3	A3	Помірно теплі	Букових лісів	A1. Крайові Бескиди; K2 Апшицько-Косівське низькогір'я; M. Ріцько-Апшицькі стрімчакові гори
4	B1	Помірно теплі до помірно прохолодних	Букових і смереково-букових лісів	C1. Дністерські Бескиди; E5. Латорицько-Ріцька Верховина; G2. Полонини Равки-Руни; H2. Полонини Брдо-Манчула
5	B2	Помірно прохолодні до помірно теплих	Смереково-букових і букових лісів	A2. Крайові Горгани; B. Покутсько-Буковинські зовнішні гори; C2. Зовнішні Бескиди; G1. Полонина Буковець; H1. Полонини Боржави-Красної; J1. Рахівські флішові полонини; L2. Рахівські кристалічні полонини
6	C	Помірно прохолодні	Смереково-букових лісів	C3. Зовнішні Горгани; D1. Центральні Бескиди; D4. Буковинські внутрішні гори; E1. Сянсько-Стрийська Верховина; E2. Бескидська Верховина; E4. Гуцульська Верховина; F1. Внутрішні Бескиди;
7	D1	Помірно прохолодні до дуже прохолодних	Смереково-букових і смерекових лісів	D3. Покутські Горгани; E3. Горганська Верховина; F2. Внутрішні Горгани; I3. Полонини Гриняви;
8	D2	Помірно-прохолодні до помірно холодних	Смереково-букових і смерекових лісів та (суб-) альпійських угруповань	D2. Центральні Горгани; I1. Полонини Свидівця; I2. Полонини Чорногори;
9	E	Прохолодні до помірно холодних	Буково-смерекових і смерекових лісів та (суб-) альпійських угруповань	J2. Чивчинські флішові полонини; L1. Чивчинські кристалічні полонини

найбільшу групу становлять мезорегіони помірно прохолодного поясу, які утворюють три виразні кластери (біокліматичні класи B, C і D). Перехідні помірно теплі – помірно прохолодні регіони (біокліматичні класи B1 і B2) – це низькогір'я північно-східного макросхилу УК та середньогір'я південно-західного макросхилу. Власне помірно прохолодні екорегіони з пануванням смереково-букових лісів відповідають середньогір'ям та підвищеним низькогір'ям басейнів Пруту та Дністра. Перехідні помірно прохолодні до помірно холодних регіони (біокліматичні класи D1 і D2) утворюють розчленовані та підвищені середньогір'я Горганів, Свидівця, Чорногори та Гриняви. До цієї групи віднесене також півищене

низькогір'я Горганської Верховини. Зауважимо, що підвищені середньогір'я Чивчин класифіковані як холодніші, ніж Чорногори, Свидівця та Центральних Горганів, оскільки до аналізу не було залучено тепліший південно-західний макросхил Чивчин, розташований поза державним кордоном України.

Висновки.

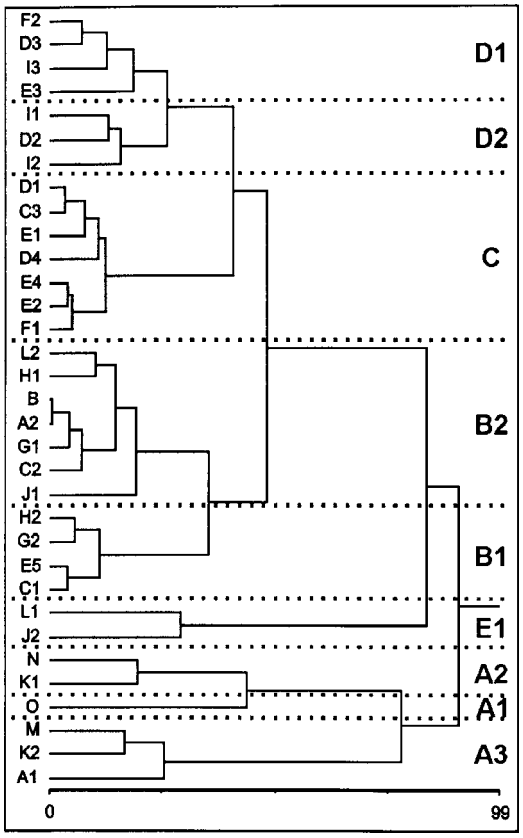
Дані SRTM з розділенням у три кутові секунди виявилися надійною гіпсометричною основою для морфогенної екологічної регіоналізації та метризації УК у середовищі ГІС з точністю масштабу 1:100 000, що дало змогу отримати більш вірогідну інформацію щодо регіону. Так, з'ясувалося, що площа УК (21 022 км^2) на 3 тис. км^2 менша, ніж вважали раніше [напр., 18]. Співставлення SRTM-даних з середньомасштабними геологічними картами підтвердило в цілому добру узгодженість геоморфологічної будови, а отже і морфології всього ландшафту з тектонікою в УК. Однак у багатьох випадках межі морфогенних регіонів помітно модифіковані денудацією.

У тектонічній депресії Кросно, яку асоціюють з низькогір'ями [23], спостерігаються невідповідності, зумовлені, очевидно, специфікою новітніх тектонічних та геоморфологічних режимів [21] – адже у цій зоні розташовані , зокрема, середньогір'я Полонини Буковець та Внутрішніх Горганів. Отже, безоглядна редукція геоморфологічних та ландшафтних регіонів до «давніх» тектонічних одиниць може бути помилковою.

Статистичні гіпсометричні показники, здобуті внаслідок опрацювання SRTM-даних засобами ГІС, можна ефективно використовувати не лише для орографічних, а й для екологічних (біокліматичних) класифікацій, оскільки рельєф є основним диференціатором локальних гідрокліматичних умов. Кластерний аналіз розподілу екорегіонів за СВВ та САВ дав змогу детальніше, порівняно з попередніми дослідженнями, відобразити орографічні особливості УК. Біокліматична класифікація регіонів УК із застосуванням кластерного аналізу щодо даних про співвідношення площ висотних біокліматичних поясів є оригінальною та цілком ефективною. Вона допомагає визначати придатність регіонів для господарської діяльності, залежної від кліматичних та біотичних умов.

Отже, є підстави стверджувати, що SRTM-дані є надзвичайно цінним загальнодоступним інформаційним ресурсом для геоекологічних досліджень в горах. Також сподіваємося, що нові геодані та класифікації будуть корисні для планування сталого розвитку УК, передбаченого Карпатською конвенцією [30].

Розвитком цих досліджень може бути розмежування морфогенних мезоекорегіонів на дрібніші одиниці (мікроекорегіони) з подальшою їхньою класифікацією за подібною методикою з використанням даних SRTM. При цьому зауважимо, що для різнобічного геоекологічного аналізу УК, передбаченого Карпатською конвенцією [30], крім даних про морфогенні екорегіони, необхідні інші геодані – про морфогенні ГЕС локальної розмірності, актуальні наземні покриви, клімат, водозбірні басейни та стік, поширення біотичних видів та угруповань, різноманітні господарсько-адміністративні одиниці, транспортні мережі тощо. Тобто, ми перебуваємо лише на початку формування банку цифрових геоданих, важливого для підтримки екологічно збалансованого використання природних ресурсів Українських Карпат.



Р и с у н о к 4. ***Дендрограма кластерного аналізу морфогенних екорегіонів УК за співвідношенням площ висотних біокліматичних поясів***

Коефіцієнт кофенетичної кореляції – 0.84.
Пояснення індексів у *таблицях 1 і 4*

Це дослідження виконане у рамках міжнародного проекту з підтримки впровадження Карпатської конвенції «Розвиток Карпатської екологічної мережі» [33] та науково-дослідної теми Львівського національного університету імені Івана Франка «Формування інформаційного середовища сталого розвитку Карпатського регіону України» (номер держреєстрації 0107U002036). Автор вдячний колегам з географічного факультету за обговорення та поради стосовно матеріалу, викладеного у цій публікації.

1. *Волощук В.М., Гродзинський М.Д., Шищенко П.Г.* Географічні проблеми сталого розвитку України // Укр. геогр. журн. – 1998. – № 1. – С.13-18.
2. Геологическая карта Украинских Карпат и прилегающих прогибов / Под ред. В.А. Шакина и др. – К.: Министерство геологии УССР, 1977.
3. *Герасимов И.П., Мещеряков Ю.А.* Понятия «морфоструктура» и «морфоскульптура» и использование их в целях геоморфологического анализа // Рельеф Земли (морфоструктура и морфоскульптура). – М.: Наука, 1967. – С. 7-12.
4. *Геренчук К.И.* О физико-географическом районировании Украинской ССР // Физическая география и геоморфология. – 1981. – Вып. 26. – С. 7-15.
5. *Гофштейн И.Д.* Геоморфологический очерк Украинских Карпат. – К.: Наук. думка, 1995. – 86 с.
6. *Гродзинський М.Д.* Пізнання ландшафту: місце і простір. – К.: Видав.-поліграф. центр «Київ. ун-т», 2005. – Т. 2. – 431 с.
7. *Исаченко А.Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: Учебник. – М.: Высш. шк., 1991. – 366 с.
8. *Кравчук Я.С.* Геоморфологія Скибових Карпат. – Львів: Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2005. – 232 с.
9. *Кравчук Я.* Альпійський рельєф Українських Карпат // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. – С. 2-17. (www.franko.lviv.ua/faculty/geography/6Lok_res/1Publik/Konferenc/2006/geom/mat_sem.pdf)
10. *Кравчук Я., Іваник М.* Геоморфологічна регіоналізація Полонинсько-Чорногірських Карпат // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. – С. 51-63. (www.franko.lviv.ua/faculty/geography/6Lok_res/1Publik/Konferenc/2006/geom/mat_sem.pdf)
11. *Круглов І.С.* Геоекологічна база даних Західної України // Україна: Географічні проблеми сталого розвитку. Том 2. – К.: Обрії, 2004. – С. 30-32.
12. *Круглов І.С.* Ландшафт як геоекосистема // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2006. – Вип. 33. – С. 186-193. (www.franko.lviv.ua/faculty/geography/6Lok_res/1Publik/Period/visn/33/Kruglov.pdf)
13. *Круглов І.С.* Делімітація та класифікація морфогенних екорегіонів Українських Карпат // Фіз. геогр. та геоморф. – 2008. – Вип. 54. – С. 162-169.
14. *Кукурудза С.І.* Метризація ландшафтних систем: сутність і проблеми // Укр. геогр. журн. – 1999. – № 2. – С. 6–10.
15. *Маринич О.М., Пархоменко Г.О., Петренко О.М., Шищенко П.Г.* Удосконалена схема фізико-географічного районування України // Укр. геогр. журн. – 2003. – № 1. – С. 16-20.
16. *Мельник А.В.* Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження. – Львів, 1999. – 286 с.
17. *Міллер Г.П., Мельник А.В., Петлін В.М.* Ландшафтознавство: теорія і практика: Навч. посібн. – Львів: Видав. центр ЛНУ ім. І.Франка, 2002. – 172 с.
18. *Міллер Г.П., Федірко О.М.* Карпати Українські // Географічна енциклопедія України. – К.: Українська Радянська Енциклопедія, 1990. – С. 113-114.
19. *Муха Б.П.* Ландшафтна карта Львівської області масштабу 1:200 000 // Вісник Львів. ун-ту. Серія географічна. – 2003. – Вип. 29, Ч. І. – С. 58-65.
20. *Олішевська Ю.А.* Геоекологічне районування України // Наук. записки Тернопільського держ. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. – 2004. – №2. – Ч.2. – С. 78-84.
21. *Палієнко В. П.* Морфотектоніка та геоморфологічні режими Українських Карпат // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. – С. 199-204. (www.franko.lviv.ua/faculty/geography/6Lok_res/1Publik/Konferenc/2006/geom/mat_sem.pdf)
22. *Пащенко В.М.* Методологія постнекласичного ландшафтознавства. – К., 1999. – 284 с.
23. Природа Українських Карпат / За ред. К.І. Геренчука. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1968. – 267 с.
24. Про схвалення Стратегії виконання Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат. – Кабінет Міністрів України, 2007. (http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=11-2007-%F0)
25. *Сочава В.Б.* Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978. – 320 с.
26. Украинские Карпаты. Природа / Под ред. М.А. Голубца, М.Т. Гончара, В.И. Комендара, В.А. Кучерявого, Я.П. Одынака. – К.: Наук. думка, 1988. – 208 с.
27. Тектоническая карта Украинских Карпат. Масштаб 1:200 000 / Под ред. В.В. Глушко, С.С. Круглова. – К.: Мин. геологии УССР, 1986.
28. *Bastian O.* Landscape ecology – towards a unified discipline? // Landscape Ecology. – 2001. –Vol. 16. – P. 757-766.
29. *Bailey R.G.* Ecosystem geography. – New York: Springer, 1996. – 204 p.
30. Carpathian Convention, 2003. (http://www.carpathianconvention.org/index.htm)
31. EGM96: The NASA GSFC and NIMA Joint Geopotential Model (http://cddis.nasa.gov/926/egm96/egm96.html)
32. *Jarvis, A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara*. Hole-filled SRTM for the globe Version 3. Available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database, 2006 (http://srtm.csi.cgiar.org)
33. Development of a Carpathian Ecological Network (http://www.carpates.org/matra_index.html)
34. *Kocak G., Buyuksalih G., Jacobsen K.* Analysis of Digital Elevation Models Determined by High Resolution Space Images // Int. Arch. Ph. RS. – 2004. – Vol. – P. 636-664.
35. *Krebs J.C.* Ecological Methodology. 2nd ed. – New York: Addison-Welsey, 1998. – 624 p.
36. *O'Neil R.V., Krummel J.R., Gardner R.H.* et al. Indices of landscape pattern // Landscape Ecology. – 1988. – No 1. – P. 153-162.
37. WWF. Conservation Science: Ecoregions (http://www.worldwildlife.org/science/ecoregions.cfm)

Львівський національний університет імені Івана Франка **Отримано 14.05.2008**