

НАПІВАВТОМАТИЗОВАНА ДЕЛІМІТАЦІЯ ПРОСТОРОВОГО КАРКАСУ ПРИРОДНИХ МОРФОГЕННИХ ГЕОЕКОСИСТЕМ ОКОЛИЦЬ БІОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТУ "СХІДНІ КАРПАТИ"

© Кулачковський Р.І., Круглов І.С., 2008

Для крупномасштабного моделирования в среде географической информационной системы (ГИС) использовали концепцию природной морфогенной геоэкосистемы (ПМГЭС) как геопространственной модели отношений форм рельефа к другим природным ландшафтным компонентам. Формы рельефа выделили на основе цифровой модели рельефа (ЦМР) и дополнили информацией о геологических отложениях.

the concept of the natural morphogenic geoecosystem as a geo-spatial model of relations between landforms and other natural landscape components was used in the GIS modelling. A digital elevation model was used to delineate landforms. They were supplemented with the parent rock.

Постановка проблеми. Під час укладання карт природних територіальних комплексів (ПТК) [13], геосистем [2], геоекосистем (ГЕС) [7] чи карт інших природних явищ, картувальник керується певними суб'єктивними моментами. Особливо це помітно за індивідуальних підходів до виділення форм рельєфу, на підставі яких виконують делімітацію морфогенних ГЕС (ПТК, геосистем) [7]. Впровадження автоматизованих методів виділення та класифікації форм рельєфу і, відповідно, ГЕС засобами геоматики, може позитивно вплинути на вирішення цього проблемного завдання. Це питання неодноразово розглядали у публікаціях [наприклад, 8, 10] та на міжнародних конференціях.

Ця публікація передбачає розгляд лише першого етапу – напівавтоматизованого виділення форм рельєфу (рис. 3), що формують просторовий каркас ПМГЕС околиць Біосферного заповідника "Східні Карпати". Моделювання топобіоклімату та біотичних компонентів на цю територію плануємо описати в подальших публікаціях.

Аналіз останніх досліджень. Методи автоматизованого виділення ландшафтних (геоекологічних) одиниць на підставі даних про наземні покриви та рельєф розробляли Т. Бляшке [20], І. Шьоц та М. Петі [23], В. Сисуєв, [18], І. Круглов [8]. Зокрема, наголошується на важливості урахування параметрів увігнутості-випуклості рельєфу для делімітації ГЕС [18; 8]. А.Н. Ласточкин також наголошує на важливості згаданих параметрів, а також вважає рельєф інваріантом геосистеми [11]. Деякі спроби використати поєднання методів цих авторів описані в літературі [8, 10].

Ціль дослідження – напівавтоматизована класифікація форм рельєфу як основи для виділення морфогенних ГЕС рангу "мікроморфохора" ("урочище") [10] на околиці біосферного заповідника "Східні Карпати" за дещо вдосконаленою методикою [8]. Точність здобутого геопросторового шару (ГПШ) відповідає масштабові 1:100 000.

Під ПМГЕС розуміємо геопросторові екологічні моделі реальних ландшафтів, які відображають взаємозв'язки форм рельєфу (як системоформуючого компонента) з іншими властивостями (компонентами) ландшафту [7], які розглядаємо як синоніми ПТК, виділених на основі генетичних форм рельєфу (фацій, урочищ та місцевостей) [12].

Територія дослідження. Біосферний резерват “Східні Карпати” охоплює прикордоння Польщі, України та Словаччини (рис. 1). Територія простягається через північно-східні та південно-західні макросхили Східних Карпат, які відповідають басейнам річок Сяну та Тиси.

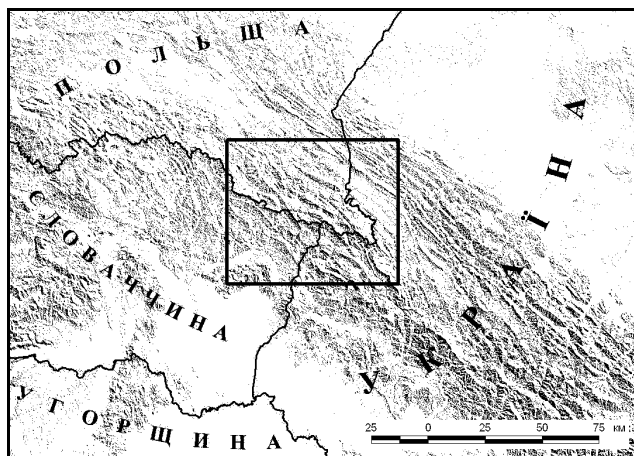


Рис. 1. Околиці біосферного заповідника “Східні Карпати”
(межі виділені потовщеною лінією)

Дослідженнями охоплено площу 4722 км², з яких резерват займає близько 2132 км². На Польщу припадає 1139 км² (54%), Україну – 585 км² (28%), Словаччину – 408 км² (18%). Абсолютні висоти коливаються від 164 до 1345 м (схили гори Лаутанська Галиця). Ця частина Карпат переважно складена флішем (алевроліти, аргіліти, пісковики) і лише південно-західна частина зображена вулканічними породами, має різноманітний рельєф (флювіальний, гравітаційний) та складний біоценотичний покрив (букові, смерекові, ялицеві, яворові ліси, трав'яна рослинність вторинних лук).

Матеріали. Для моделювання форм рельєфу використали загальнодоступну ЦМР SRTM з геометричним розділенням три кутові секунди [22] та дрібномасштабні векторні дані про стратиграфію геологічних відкладів [21] (рис. 2)

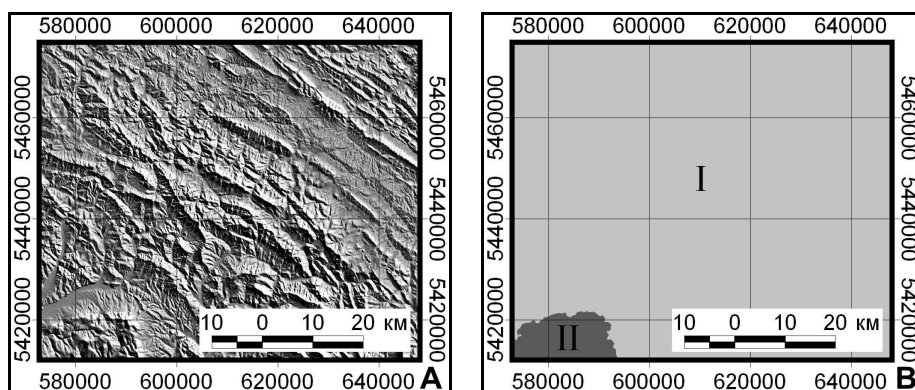


Рис. 2. Цифрова модель рельєфу (А) та геологічні відклади (В)

Оригінальна точність ЦМР прирівнюється до масштабу 1:75 000 [22]. Для калібрування моделей та верифікації результатів моделювання виконані польові геоecологічні дослідження – 122 описи площадок зроблені протягом літніх сезонів 2002–2007 рр. Додаткові дані про природні умови отримали з літературних джерел [1, 3, 4, 5, 15, 16, 17].

Методи. Моделювання ПМГЕС складається з чотирьох послідовних етапів, раніше описаних [наприклад 10]: 1) напівавтоматизованого виділення форм рельєфу, що формують просторовий каркас ПМГЕС, на підставі цифрової моделі рельєфу (ЦМР); 2) моделювання топовіоклімату; 3) виділення біотичних компонентів; 4) верифікація результатів дослідження.

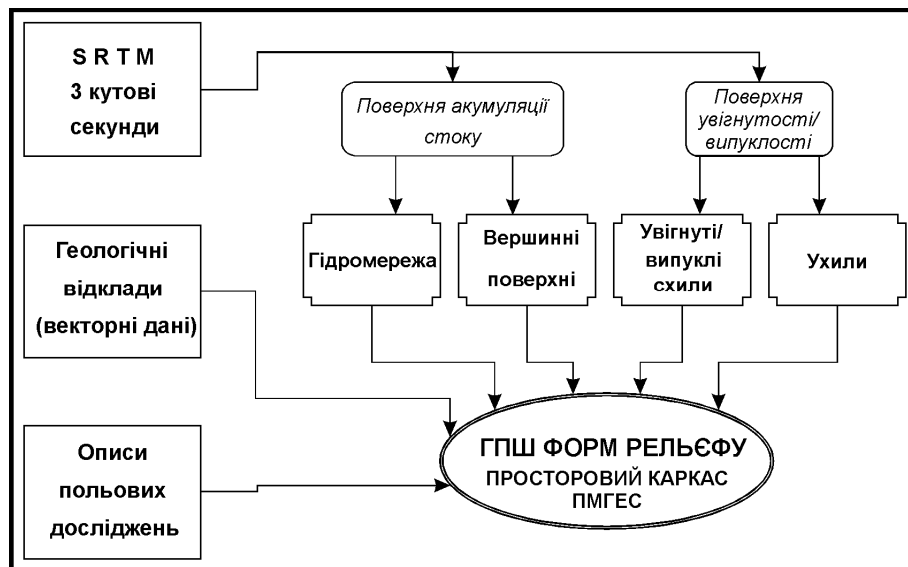


Рис. 3. Схема напівавтоматизованої делімітації просторового каркасу природних морфогенних геоєкосистем

Усю роботу виконали за такою послідовністю:

1. Підготовка даних для аналізу. ЦМР попередньо обрізали в межах досліджуваної території, перевели у картографічну проекцію WGS-84 та систему координат UTM (34 зона), перебрали розмір комірки до 30х30 м, а також виконали нівелювання псевдопонижень (за значення 28 м). Калібрування моделі виконували за морфометричними даними польових досліджень. Векторні геологічні дані генералізували та відкоректували за ЦМР.

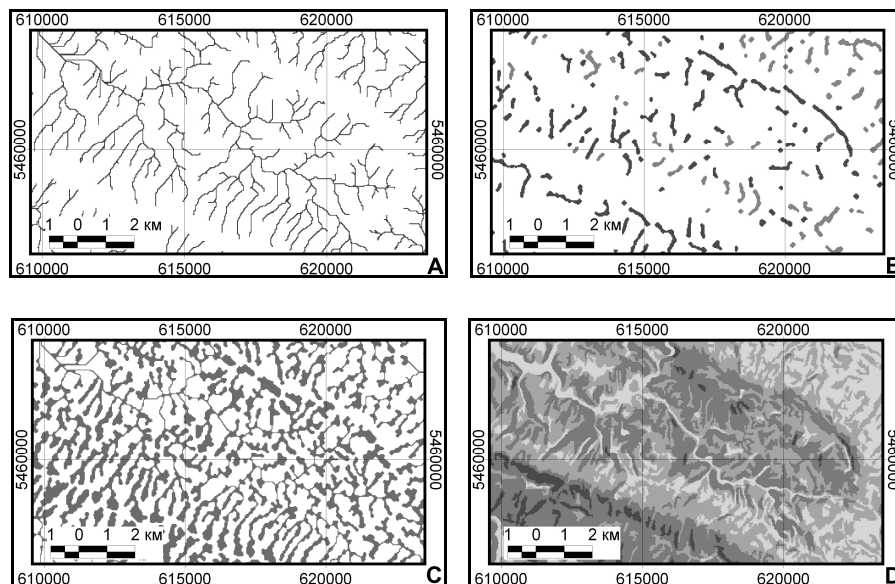


Рис. 4. Фрагменти тематичних ГПШ на ділянці між хребтами Отрит та Остре

2. Виділення похідних поверхонь із ЦМР (аккумуляції стоку та увігнутості/випуклості) та створення на їхній основі тематичних растрових ГПШ. Гідромережа виділена із поверхні аккумуляції стоку при відборі більше 100 комірок (рис. 4 А). Вершинні поверхні (рис. 4 В) утворено із ГПШ, який відображає ділянки, з яких розтікається вода, та класифіковано на два класи за ухилом поверхні: 1) 0-5° (світліший), 2) 5-10° (темніший). Увігнуті та випуклі схили виділені при запиті із пороговим значенням -0.01 (рис. 4 С, сірий колір – увігнуті). Поверхню ухилів (рис. 4 D) класифікували за такими параметрами: 1) 0-5° пологі (блідий сірий), 2) 5-10° слабкоспадисті (світло-сірий), 3) 10-20° сильноспадисті (сірий), 4) 20-55° круті (темно-сірий). Вручну створено ГПШ терасованих днищ річкових долин.

3. Виконання деяких оверлейних операцій, фільтрування і генералізації, інтегрування даних щодо геологічних відкладів, а також внесення даних до атрибутивних таблиць.

4. Верифікацію змодельованих форм рельєфу виконували за геокодованими топографічними картами масштабу 1:50 000 та даними польових досліджень.

У результаті дослідження отримуємо інтегрований ГПШ форм рельєфу та геологічних відкладів. У роботі використано програмне забезпечення ArcInfo 7.1, ArcView 3.2, та Erdas IMAGINE 8.4.

Результати дослідження та їхнє обговорення. ГПШ, що являє собою каркас ПМГЕС, складається із 50361 індивідуального полігону. Кожна одиниця визначає межі мікроморфохлор, які за характером літології підстилаючих відкладів, форми рельєфу та ухилу об'єднані у 24 типи. Кожна властивість (компонент) ГЕС представлена окремим полем в атрибутивній базі даних і може бути відображена як окремий ГПШ.

Так, за типом підстилаючих відкладів маємо форми рельєфу утворені у флішових породах (рис. 2 В, I) та у вулканічних (рис. 2 В, II). Треба визнати, що цей поділ не відображає реальної детальності літології ґрунотворних відкладів, але в подальшому моделюванні їхня класифікація буде деталізована на підставі генезису.

Форми рельєфу згрупували у п'ять класів за топографічним положенням: 1) вершинні поверхні; 2) увігнуті схили; 3) опуклі та рівні схили; 4) вузькі днища річкових долин та гірські яри; 5) терасовані днища річкових долин. Ці класи будуть деталізовані за положенням у макроморфохорах, що дасть змогу виділити більшу кількість типів генетичних форм. На рис. 5 показано фрагмент кінцевого полігонального варіанта карти форм (просторового каркасу ПМГЕС) рельєфу згрупованих за топографічним положенням.

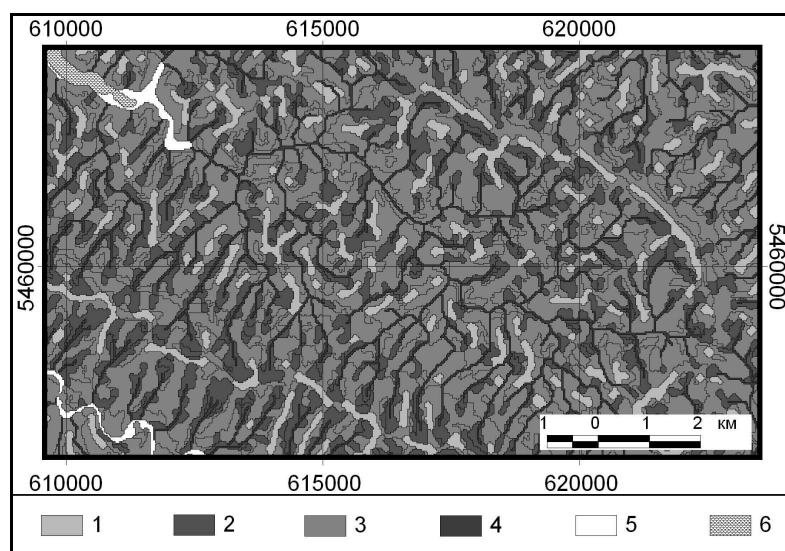


Рис. 5. Фрагмент карти форм рельєфу згрупованих за топографічним положенням:

1 – вершинні поверхні, 2 – увігнуті схили, 3 – опуклі та рівні схили, 4 – вузькі днища річкових долин та гірські яри, 5 – терасовані днища річкових долин, 6 – водняна поверхня

Кожний полігон (форма рельєфу) отримав характеристику ухилу за такою градацією:
 1) пологі 0–5°; 2) слабкоспадисті 5–10°; 3) сильноспадисті 10–20°; 4) круті > 20°.

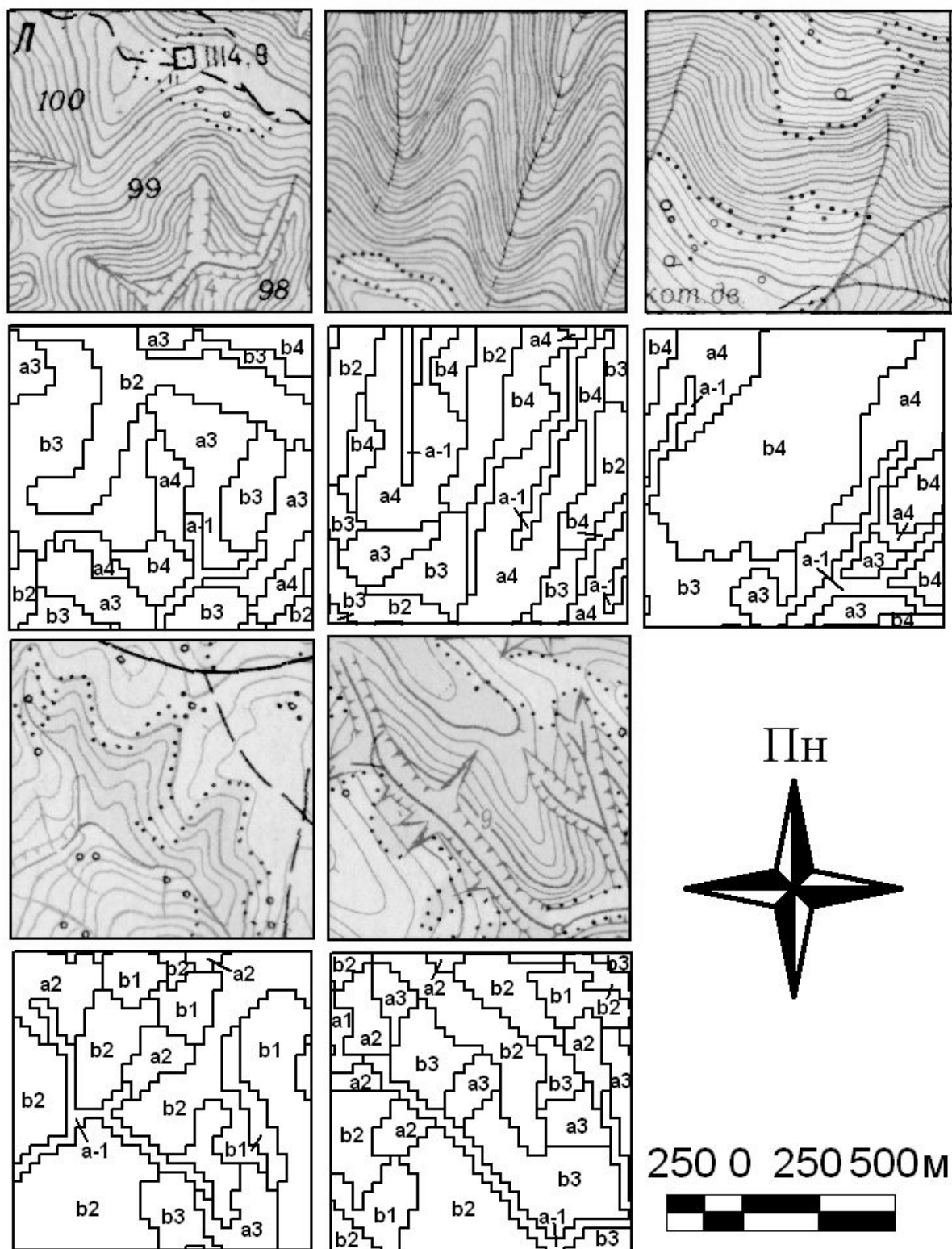


Рис. 6. Фрагменти топографічної карти (1:50 000) та відповідні фрагменти ГПШ форм рельєфу (індекси розтлумачені в таблиці)

Контури форм рельєфу, отримані у вихідному ГПШ, доволі чітко узгоджуються із реальними формами. Порівняння результату моделювання та точніших даних (топографічних карт масштабу 1:50 000) фрагментарно показано на рис. 6.

Виконана верифікація за топографічною картою (рис. 6) показує точність результуючої моделі за параметрами увігнутості/випуклості – 100%, а за ухилом – 93,3%. Згідно з перевіркою за даними польових досліджень ці показники становлять 85,5% та 65,2% відповідно. Але тут треба пам'ятати, що польове вимірювання ухилу часто характеризує рельєф у межах кількох піксел (комірок 30x30 м), а змодельованим формам присвоєно середнє значення ухилу в межах контуру. Також, під час верифікації за польовими даними, ігнорувалась допустима просторова похибка делімітації форм рельєфу, яка для масштабу 1:75 000 становить не менше 75 м. Це зробило перевірку доволі жорсткою.

Форми рельєфу згруповані за топографічним положенням

Індекс	Назва одиниці	Увігнутість/ випуклість	Ухил, °	Площа, га	Частка, %
b1	Вершинні поверхні	Ви́пуклі	0-5	9781,5	2,1
b2			5-10	24349,8	5,2
a1	Схили	Уві́гнуті	0-5	2796,1	0,6
a2			5-10	27763,1	5,9
a3			10-20	62095,3	13,1
a4			20-55	13693,3	2,9
b1		Ви́пуклі та рівні	0-5	28337,5	6,0
b2			5-10	85042,5	18,0
b3			10-20	148164	31,4
b4			20-55	29009,2	6,1
a0	Терасовані днища річкових долин	Уві́гнуті	0-5	10912,6	2,3
a-1	Гірські яри (звори)	Уві́гнуті	0-55	28334,6	6,0
w	Водна поверхня	Плaскі	0	1995,3	0,4

Висновки. У результаті дослідження створено синтетичний ГПШ, каркас ПМГЕС рангу мікроморфохора, який характеризує такі компоненти ГЕС (властивості ландшафту): літологію підстилаючих відкладів, форми рельєфу та ухили поверхні.

Виконана верифікація засвідчує достатню точність моделювання та підтверджує значимість вдосконалення процесу перевірки результатів та зм'якшення жорсткості процедури.

Подальша робота над методикою має бути спрямована на вдосконалення алгоритмів виділення форм рельєфу за ЦМР та оптимізацію процесу генералізації.

Наступним кроком цього дослідження має бути доповнення класифікації морфогенетичними характеристиками та моделювання ґрунтоутворних відкладів, інтегрування даних про топоклімат (річні суми активних температур та опадів) та біотичні компоненти ГЕС (едафічні умови, потенційна природна рослинність).

1. Брусак В.П., Кричевська Д.А. Ландшафтна будова території національного природного парку Ужанський // Матер. міжнар. конф. "Гори і люди". – Рахів: ЗАТ Надвірнянська друкарня, 2002, Т.2.– С.229–233. 2. Геренчук К.І., Раковська Е.М., Топчієв О.Г. Польові географічні дослідження. – К., 1975. 3. Голубець М.А., Гаврусевич А.Н., Загайкевич І.К. и др. Украинские Карпаты. Природа – К.: Наук. думка, 1988. – 208 с. 4. Кричевська Д., Брусак В. Орографічні і гідрологічні особливості Ужанського національного парку // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: Зб. наук. праць. – Львів: Видавничий

центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006. С. 164 – 173. 5. Крічвалушій В.В., Іванега І.Ю., Луговой О.Є., Будников Г.Б. та ін. Ужанський національний природний парк. Ужгород, 2001. 120 с. 6. Круглов І., Мельник А., Муха Б., Сенчина Б. Геоекологічна база даних басейну верхнього Дністра // Фізична географія та геоморфологія. – К.: ВГЛ Обрії, 2004. – Вип. 46, Т.1. – 274с. (с. 69–75). 7 Круглов І.С. Ландшафт як геоекосистема // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2006. – Вип. 33. – С. 186–193. 8. Круглов І.С. Методика напіваавтоматизованого створення геопросторового шару педоморфологічних одиниць Басейну Верхнього Дністра // Вісн. Львів. ун-ту. Серія геогр. – 2004. – Вип. 31. – С. 312–320. 9. Круглов І.С. Моделювання біоклімату та біотичних компонентів морфогенних геоекосистем Басейну Верхнього Дністра // Фізична географія та геоморфологія. – 2005. – Вип. 49. – С.29–36. 10. Кулачковський Р.І., Круглов І.С. Моделювання геоекосистем басейну витоків Прута // Фіз. геогр. та геоморф. – 2008. – Вип. 54. – С. 169–176. 11. Ласточкин А.Н. Рельєф земної поверхності: (принципи і методи стат. геоморфології). – Л.: Наука. Ленінгр. Отд-ние, 1991. – 339 с. 12. Міллер Г.П., Петлін В.М., Мельник А.В. Ландшафтознавство: теорія і практика: Навч. посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2002. – 172 с.. 13. Міллер Г.П. Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. – М.: Вища школа, 1974, с. 202. 14. Міллер Г.П. Польове ландшафтне знімання гірських територій: Навчальний посібник для студентів спеціальності "Ландшафтознавство". – 2-е вид. – Львів: ІЗМН, 1996. – 168 с. 15. Природа Закарпатської області / Під. ред. К.І. Геренчука. – Львів: Вища школа, 1981. – 156 с. 16. Природа Українських Карпат / Під. ред. К.І. Геренчука. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1968. – 267 с. 17. Стойко С., Шушняк В., Кричевська Д. Регіональний ландшафтний парк "Стужиця" – частина польсько-словацько-українського біосферного резервату "Східні Карпати" та його значення для збереження природи та культурної спадщини // Пр. наук. тов. ім. Шевченка. Том II. Екологія. – Львів, 1998. – С.432–447. 18. Сысуев В.В. Физико-математические основы ландшафтоведения. – М.: Географический факультет МГУ, 2003. – 246 с. 19. Ужанський національний природний парк. Поліфункціональне значення / За. ред. С.М. Стойка. – Львів, 2007. – 306 с. 20. Blaschke T.A multiscalar GIS / image processing approach for landscape monitoring of mountainous areas // Interdisciplinary Mountain Research. Bozen, 2002. 21. Global land cover facility. Earth science data interface. University of Maryland, 2004 (<http://glcfapp.umiaccs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>) 22. 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>) 23. Schiøtz I., Pèti M. 2003 : Rule Based Geoecological Mapping on a Local Scale. Res. Rep. № 125. Publications from Geography, Department of Geography and International Development Studies, Roskilde University, Denmark.