ВІСНИК ЛЬВІВ. УН-ТУ *VISNYK LVIV UNIV.*
Серія географічна. 2004. Вип. 30. С. 159-166 *Ser. Geogr. 2004. N 30. P. 159-166*

УДК 528.9: 911.01

ГЕОЕКОЛОГІЧНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УКРАЇНСЬКОГО МАРМАРОШУ: МОДЕЛЬНА ДІЛЯНКА "КВАСНИЙ"

І. Круглов[*], Т. Божук[**]

[*]*Львівський національний університет імені Івана Франка,*
вул. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна
[**]*Національний університет "Львівська політехніка"*
вул. С. Бандери , 12, м. Львів, 79013, Україна

У геоекологічній інформаційній системі (ГЕІС) Українського Мармарошу використані принципи геоекології для організації даних про ландшафт та моделювання його властивостей. Ландшафт інтерпретують як геоекосистему, яка складається з педогеоморфологічних, гідрокліматичних та біоценотичних компонентів. Єдиний векторний геопросторовий шар педогеоморфологічних одиниць містить інформацію про форми рельєфу, ґрунти та їхні материнські породи. Цей шар мануально укладений на підставі топографічної, геоморфологічної та геологічної карт, а також польових геоекологічних обстежень взаємозв'язків між рельєфом, ґрунтом та рослинністю на вибраних ділянках. Растровий геопросторовий шар біоценотичних одиниць отриманий у результаті керованої класифікації космозображення та наступної деталізації з використанням педогеоморфологічних даних та геоекологічних знань про взаємозв'язки між рослинністю та рельєфом і ґрунтом. ГЕІС дає змогу продукувати взаємодоповнювальні та гармонізовані тематичні галузеві карти (геоморфологічну, ґрунтову, геоботанічну), що забезпечує точніше, у порівнянні з первинними негармонізованими галузевими картами, інтегральне представлення ландшафту. Також мінімізується нагромадження просторової похибки у процесі оверлейного аналізу.

Ключові слова: геоекологія, геоекосистеми, географічні інформаційні системи, дистанційне зондування, педогеоморфологічні одиниці, біоценотичні одиниці.

Український Мармарош займає площу 356 км^2 у південно-західній частині Українських Карпат і охоплює ліву сторону басейну р. Білої Тиси та Тиси (рис. 1). Хоча більша частина площі цього фізико-географічного району належить до Румунії, його українська частина є автономною гідрологічною одиницею – державний кордон проходить точно по вододілу.

Територія має абсолютні висоти 330–1938 м, різноманітну геологічну будову (фліш, лава, сланці, конгломерати і метаморфічні формації), складну геоморфологію (круті гравітаційні схили, нівальні та реліктові гляціальні форми рельєфу, поверхні вирівнювання); різноманітний біоценотичний покрив представлений листяними, мішаними і хвойними лісами, а також субальпійськими чагарниками й альпійськими луками. Внаслідок віддаленості від головних транспортних ліній і відсутності великих поселень цей район є привабливим для природозаповідання та рекреації. Карпатський біосферний заповідник (КБЗ) займає тут площу 89 км^2. Щоправда, неподалік заповідних масивів розташовані інтенсивні лісорозробки, технологія яких переважно не відповідає сучасним природоохоронним стандартам.

© Круглов І., Божук Т., 2004

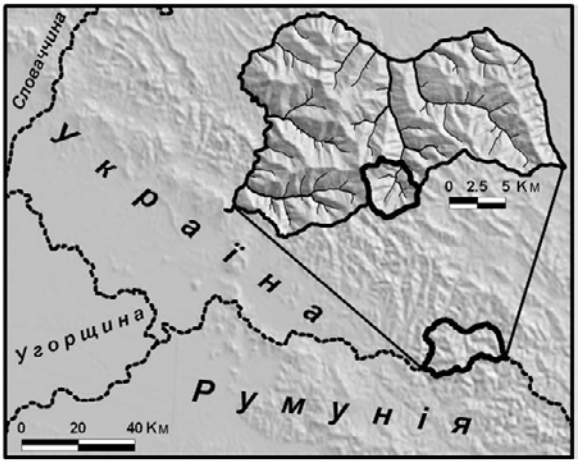

Рис. 1. Місцеположення Українського Мармарошу та модельної ділянки "Квасний" (обведена жирною лінією).

Високе ландшафтне різноманіття території, а також потенційний конфлікт між різними типами природокористування роблять Український Мармарош прекрасною тестовою ділянкою для створення та апробації географічних інформаційних систем (ГІС) природних територіальних (земельних) ресурсів, у якій база даних та моделювальні функції визначені принципами геоекології. Таку ГІС можна називати ***геоекологічною інформаційною системою (ГЕІС)***. Очікують, що ГЕІС Українського Мармарошу допоможе дослідити можливості застосування геоекологічного підходу щодо інтегрованого аналізу довкілля і, отже, зможе стати прототипом для подібних ГІС-проектів. Також передбачають, що ГЕІС сприятиме оптимізації управління Мармароським масивом КБЗ та виробленню стратегії сталого розвитку Українського Мармарошу в цілому.

Є відмінні інтерпретації терміна геоекологія [1, 9, 12, 14]. Проте абсолютна більшість дослідників згідна, що геоекологія – це наука про геоекосистеми як поєднання різних компонентів земної поверхні, які вивчають з погляду взаємодій у географічному просторі та часі. На відміну від ландшафтної екології, яку переважно трактують в англосакській науці як географічну популяційну екологію хребетних [11], геоекологія більше сфокусована на холістичних чи навіть абіотичних аспектах взаємодії між природними компонентами [14, 15]. Наприклад, просторові межі біоекосистем як об'єктів біоекології і біоцентричної ландшафтної екології визначені змінами у рослинному (наземному) покриві, а мозаїчність геоекосистем головно зумовлена диференціацією рельєфу та геологічного субстрату [16]. Концепція множинності ландшафтних структур [2], яка передбачає виділення різноманітних взаємодоповнюваних просторових структур геоекосистем, дає змогу об'єднати біоцентричний і абіоцентрични підходи та може бути корисною для розвитку холістичної теорії геоекології (ландшафтної екології). У цьому випадку ГІС є засобом, який робить таке об'єднання практично можливим.

Ідея синтетичного відображення різноманітних природних властивостей у ГІС за допомогою одного шару полігонів "інтегрованих територіальних одиниць" виникла досить давно [8, 13]. Проте цей підхід ґрунтується на доволі механістичній компіляції одиниць за допомогою різних галузевих карт [13] і тому може спричиняти багато неточностей. Крім того, він не передбачає використання континуальних геопросторових даних, таких як цифрові моделі рельєфу (ЦМР) або кліматичні поверхні. Альтернативою цьому підходові є використання кількох векторних і растрових геопросторових шарів, які можна об'єднувати за допомогою різних геоекологічних моделей залежно від мети дослідження. На відміну від набору даних "звичайної" ГІС, ці шари гармонізовані та

організовані згідно з геоекологічними принципами і, отже, мінімізують нагромадження похибок під час оверлейних операцій [8].

За ідеєю Н. Солнцева [7] про нерівнозначність компонентів ландшафту, геоекосистеми можна розглядати як поєднання трьох головних груп властивостей (компонентів): 1) педогеоморфологічних (форм рельєфу, геоморфологічних процесів, грунту та його материнської породи); 2) гідрокліматичних (режимів радіації, температури та зволоження); 3) біоценотичних (рослинності, тваринного населення, мікроорганізмів). Ці три групи властивостей геоекосистеми відображені відповідними геопросторовим шарами ГІС.

Для опрацювання даних використано пакети ArcGIS і Erdas Imagine.

Дослідження виконано на двох просторових рівнях. Увесь регіон (356 км^2) охоплено геопросторовими даними із точністю карт масштабу 1:100 000. Цей блок бази даних перебуває в процесі підготовки. Модельна ділянка площею 17,4 км^2, яка розташована у верхів'ях потоку Квасний і займає найбільше підвищену та найскладнішу за природними умовами територію, має точність карти масштабу 1:25 000. Оскільки формування первинної бази даних на цю територію в цілому завершено, то розглянемо далі особливості ГЕІС модельної ділянки "Квасний".

Первинні геопросторові дані підготовлені на підставі наявних паперових карт – топографічної, геологічної (знімання Б. Мацьківа, О. Ковальова) та геоморфологічної (знімання Р. Гнатюка, М. Іваника), а також карти лісотаксації. Іншим джерелом даних слугували польові геоекологічні обстеження, проведені протягом серпня 2000 р. та спектрозональне космозображення Aster VNIR від жовтня 2001 р. (роздільна здатність – 15x15 м, зелений, червоний та ближній інфрачервоний канали).

База даних уміщує геокодовані скановані копії паперових карт і космічне зображення, а також векторні та растрові геопросторові шари (рис. 2). До геопросторових шарів належать топографічні дані, такі як векторні шари відміток висот, гідромережі та ізогіпс, на підставі яких виготовлено ЦМР (15 на 15 м) та похідні поверхні – крутість схилів, їхня експозиція, випуклість. Тематичні дані представлені точковим шаром польових геоекологічних описів, полігонними шарами тренувальних площ (використовують для автоматизованої керованої класифікації спектрозональних геозображень) та педогеоморфологічних одиниць, а також растровим шаром біоценотичних одиниць.

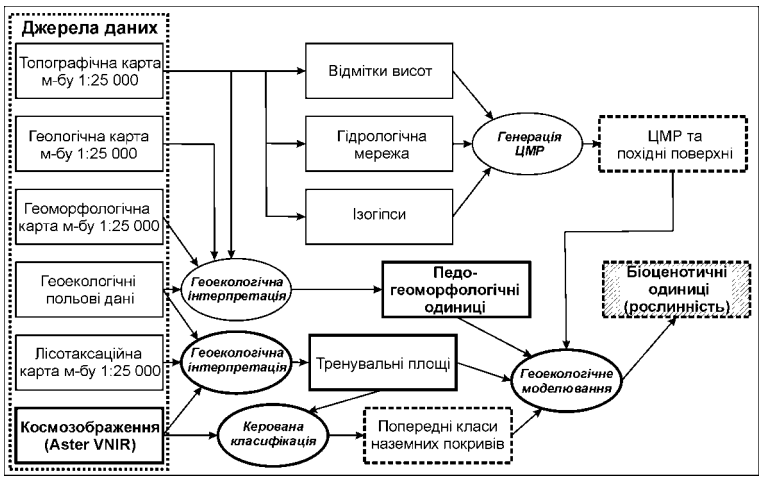

Рис. 2. Схема геопросторової бази даних ГЕІС модельної ділянки "Квасний".

Векторний шар точок геоекологічних спостережень містить інформацію про порівняно малі ділянки (близько 20 м у діаметрі), описані на місці. Атрибутивні дані стосуються рельєфу, ґрунту та рослинності, зокрема, видового складу, морфології рослинних шарів (синузій) та умов місцезростання. Текстові описи доповнені цифровими фотографіями рослинного покриву та грунтових розрізів. Описи виконано за дещо модифікованою методикою польових ландшафтних спостережень [6]. Суміщення даних польових обстежень з космозображенням та лісотаксаційною картою дало змогу виділити тренувальні площі, які використано для подальшої керованої класифікації космозображення.

Геопросторовий шар педогеоморфологічних одиниць є результатом геоекологічного синтезу кількох інформаційних джерел. Неавтоматизована інтерпретація топографічної, геоморфологічної та геологічної карт, яка ґрунтувалась на польовому досвіді та знанні про геоекологічні взаємовідносини між властивостями ландшафту, дала змогу виділити полігони форм рельєфу з певними комбінаціями морфографічних і морфогенетичних характеристик, а також поверхневих геологічних відкладів. Ці контури форм рельєфу використано для просторової інтерпретації головних властивостей ґрунту, отриманих протягом польових обстежень і, отже, для доповнення цього геопросторового шару даними про ґрунтовий покрив. Атрибутивна база даних полігонів містить розділи про морфографію, ухили та випуклість поверхні, морфогенезис, геоморфологічні процеси, генетичні типи ґрунту, потужність і скелетність ґрунтового покриву. Ці педогеоморфологічні одиниці, які відповідають ієрархічному рівню мікроморфохор, згруповані також у вищі просторові об’єднання – макроморфохори [3]. Геопросторовий шар педогеоморфологічних одиниць також передає лінійні геоморфологічні елементи – гребені хребтів, бровки схилів тощо. Отже, він підміняє кілька “традиційних” галузевих карт (четвертинної геології, геоморфологічну та ґрунтову) і надає узгоджену геопросторову інформацію про зазначені властивості ландшафту, мінімізуючи нагромадження просторової похибки у процесі оверлейних операцій.

Растровий шар біоценотичних одиниць отримано шляхом геоекологічної інтерпретації космозображення Aster. Спочатку за допомогою сигнатур, генерованих на підставі тренувальних площ, виконано попередню автоматизовану керовану класифікацію зображення. У процесі подальшого опрацювання використано концепцію Н. Солнцева [7] про контролювальний вплив педогеоморфологічних умов на розподіл місцевого клімату та рослинності. Оверлей класифікованого космозображення із шаром педогеоморфологічних одиниць та ЦМР дав змогу суттєво конкретизувати попередні результати. Алгоритм оверлейного аналізу визначений геоекологічними знаннями про взаємовідносини між рослинністю та рельєфом, сформованими на підставі регіональної літератури [5, 10] та польових геоекологічних спостережень. Детальніше геоекологічну інтерпретацію космозображення описано в [4].

Отже, отримані геопросторові шари педогеоморфологічних та біоценотичних одиниць точніше передають просторову диференціацію ландшафту, якщо порівнювати їх зі звичними галузевими картами, під час складання яких не брали до уваги геоекологічні взаємозв’язки. У результаті геоекологічної інтерпретації отримано узгоджені геометричні частини та атрибутивні дані окремих геопросторових шарів. Це особливо важливо для наступного просторового моделювання (наприклад, комплексної оцінки природних умов), оскільки гармонізовані дані забезпечують мінімальне збільшення просторової похибки у процесі оверлейного аналізу. ГЕІС також дає змогу виготовити гарні тематичні карти синтетичного та взаємодоповнювального змісту (рис. 3, 4).

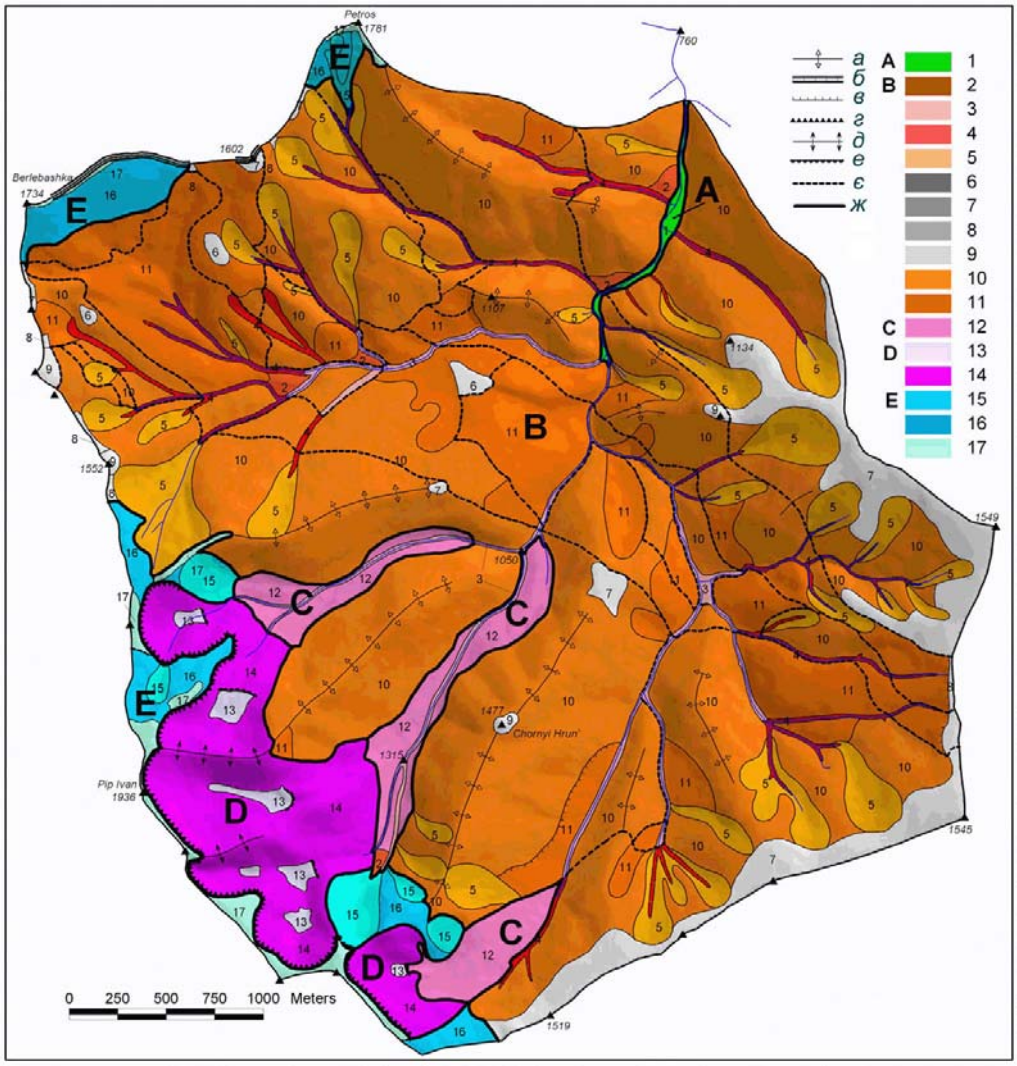

Рис. 3. Басейн верхів'я потоку Квасний. Педогеоморфологічні одиниці.

Мікроморфохори: *1-17*. Макроморфохори: *A* – флювіально-акумулятивний рельєф з алювіальними дерново-буроземними ґрунтами; *B* – флювіально-денудаційний та гравітаційний рельєф з бурими гірсько-лісовими ґрунтами; *C* – гляціальний реліктовий та флювіальний рельєф з бурими гірсько-лісовими ґрунтами; *D* – гляціальний реліктовий та нівально-гравітаційний рельєф з гірськими лучно-буроземними ґрунтами; *E* – нівально-гравітаційний рельєф з гірськими лучно-буроземними ґрунтами. Інше: *а* – вузькі гребені хребтів; *б* – рови відпадання; *в* – стінки відриву зсувів; *г* – бровки стінок карів; *д* – міжкарові гребені (arète); *е* – ригелі; *є* – петрографічні межі; *ж* – межі макроморфохор.

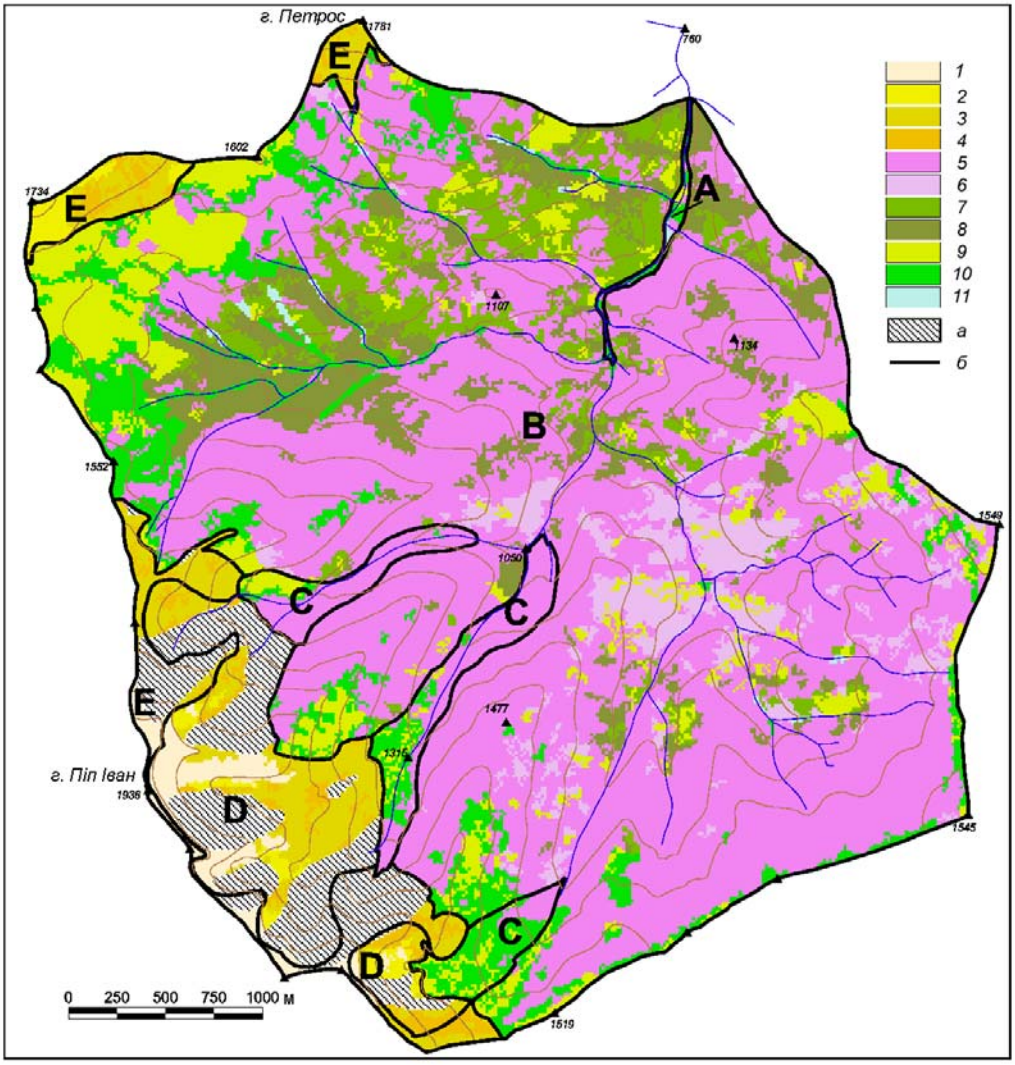

Рис. 4. Басейн верхів'я потоку Квасний. Актуальні біоценотичні одиниці.

1 – альпійські луки; *2* – субальпійські луки; *3* – субальпійські луки з чагарниками; *4* – субальпійські чагарники та смерекове низькоросле рідколісся; *5* – смерекові та ялицево-смерекові ліси; *6* – смерековий молодняк; *7* – букові та яворово-букові ліси; *8* – мішані (буково-ялицеві та ін.) ліси; *9* – вторинні післялісові луки; *10* – сукцесійна чагарникова рослинність; *11* – сіровільхові та вербові угруповання; *а* – сильно затінені ділянки; *б* – межі макроморфохор (характеристику макроморфохор див. на рис. 3).

Зазначимо, що неавтоматизоване укладання шару педогеоморфологічних одиниць на підставі кількох галузевих карт є затратною щодо часу та інтелектуальних зусиль операцією, яка виправдана лише у випадку, коли нема автоматизованих галузевих карт (як в описаній ситуації). Тому перспективною є розробка методів автоматизованої

генерації синтетичних геоекологічних карт на підставі цифрових галузевих даних. Застосування редукціоністської моделі Н. Солнцева для інтерпретації рослинності за дистанційними даними може призводити до умоглядних результатів, якщо нема надійної процедури верифікації. Сьогодні ГЕІС не містить гідрокліматичних даних, що суттєво звужує можливості геоекологічного моделювання. Ці питання опрацьовують у процесі створення ГЕІС усього Українського Мармарошу.

---

1. Геоэкология: Науч.-метод. книга по экологии / Боков В.А., Ена А.В., Ена В.Г. и др. – Симферополь: Таврия, 1996. – 384 с.
2. *Гродзинський М.Д.* Основи ландшафтної екології: Підручник. – К.: Либідь, 1993. – 224 с.
3. *Круглов І.* Поліструктурна інтерпретація "традиційної" системи ландшафтних морфологічних одиниць // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2000. – Вип. 27. – С. 67–71.
4. *Круглов І., Божук Т.* Геоекологічна інтерпретація рослинного покриву Українського Мармарошу за космічним зображенням ASTER VNIR // Вісн. геодез. та карт. – 2004. – №3. – С. 48–52.
5. *Малиновський К.А.* Рослинність високогір'я Українських Карпат. – К.: Наук. думка, 1980. – 280 с.
6. *Миллер Г.П.* Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. – Львов: Вища школа, 1974. – 202 с.
7. *Солнцев Н.А.* О взаимоотношениях "живой" и "мёртвой" природы // Вестн. Москов. ун-та. Сер. геогр. – 1960. – № 6. – С. 10–17.
8. *Aronoff S.* Geographic information systems: A management perspective. – Ottawa: WDL Publications, 1989. – 294 p.
9. *Blumenstein O., Schachtzabel H., Barsch H., et all.* Grundlagen der Geoökologie. – Berlin: Springer-Verlag, 2000. – 260 s.
10. *Deyl M.* Plants, Soil and Climate of Pop Ivan. Synecological Study from Carpathian Ukraine. – Praha: Opera Botanica Cechica, 1940. – 290 p.
11. *Forman R.T.T.* Landscape mosaics: The ecology of landscapes and regions. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 632 p.
12. *Huggett R.* Geoecology: an evolutionary approach. – London: Taylor & Francis, 1995. – 344 p.
13. Integrated terrain unit mapping. – Redlands: Aerial Information Systems, no date. – 38 p.
14. *Leser H.* Landschaftsökologie und Geoökologie. Ansätze, Probleme, Perspektiven // Geoökologie in Lehre, Forschung, Anwendung. Karlsruher Schriften zur Geographie und Geoökologie. – 1997. – Bd. 7. – S. 1–12.
15. *Moss M.R.* Landscape ecology: The need for a discipline? // Landscape ecology: Theory and applications for practical purposes. The Problems of Landscape Ecology, Vol. 6. – Warsaw, 2000. – P. 172–185.
16. *Rowe J.S., Barnes B.V.* Geo-ecosystems and bio-ecosystems // Bulletin of the Ecological Society of America. – 1994. – N 75. – P. 40–41.

GEOECOLOGICAL INFORMATION SYSTEM OF THE UKRAINIAN MARAMOROSH: MODEL AREA "KVASNYI"

I. Kruhlov*, T. Bozhuk**

**Ivan Franko National University of Lviv,*
Doroshenko Str., 41, UA – 79 000 Lviv, Ukraine
***National University "Lvivs'ka Politekhnika",*
Bandera Str., 12, UA – 79013 Lviv, Ukraine

The geoecological information system of the Ukrainian Maramorosh (GEIS) utilises principles of geoecology to organise data about a landscape and to model its properties. The landscape is interpreted as a geoecosystem consisting of pedogeomorphic, hydroclimatic, and biocenotic features. The single vector layer of pedogeomorphic units contains information about landforms, soils, and their parent material. It is manually compiled using existing analogue topographic, geomorphological, and geological maps as well as special geoecological field observation data on relationships between landforms, soils, and vegetation within selected sites. The raster layer of biocenotic units is derived via supervised classification of a

satellite image and via further enhancement using pedogeomorphic data and geoecological information about the relations between vegetation and landforms/soils. The GEIS allows production of compatible and complementary to each other thematic systematic maps (geomorphological, pedological, geobotanical), which support a more accurate, in comparison with original non-harmonised thematic maps, integral representation of a landscape. This also minimises uncertainty propagation in overlay analysis.

Key words: geoecology, geoecosystems, geographical information systems, remote sensing, pedogeomorphic units, biocenotic units

Стаття надійшла до редколегії 10.03.2004
Прийнята до друку 18.03.2004