

*ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ  
ЛАНДШАФТОЗНАВСТВА ЛЯ ГЕОМОРФОЛОГІЇ*

УДК 911.9 [502.35: 502.6 + 502.7]

Маляренко О. С.

Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка

**КРИТЕРІЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МОЖЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ РЕГІОНАЛЬНИХ  
ЕКОЛОГІЧНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ СТРУКТУРНО-БАГАТОМАНІТНИХ ТА  
АНТРОПІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ**

*Ключові слова:* критерій, моделювання, регіональна екологічна мережа, фрагментований, антропоізований

**Стан проблеми.** Обґрунтування критеріїв вибору можливих елементів екологічних мереж регіонального (локального) рівня наразі є **актуальною проблемою** природничої географії, позаяк їх ефективно кластерне поєднання дозволить реалізувати принцип геоекоекологічно-економічного збалансованого (усталеного) розвитку територій та досягти консенсусу між потребами розвитку суспільства та збереженням й відновленням довкілля.

Загальні критеріальні аспекти щодо вибору можливих елементів екомереж міжрегіонального чи/або регіонального рівня розглянуто у працях Шеляга-Сосонка Ю. Р., Гродзинського М. Д., Романенка В. Д. [1, 2, 4, 10, 11], Шищенка П. Г. [12], Довганича Я. О. [3] і т.д. Досить детально критерії моделювання екомереж регіонального рівня висвітлено у працях Самойленка В. М. та Корогоди Н. П. [5–8], а проте вони є не цілком застосовними для значно фрагментованих та антропоізованих територій. Такі аспекти й визначають низку **невирішених наразі завдань** у царині моделювання регіональних екомереж, які потребують новітніх досліджень.

Звідси, **головною метою** даної роботи є адекватний підбір таких критеріїв, які були б застосовними до структурно-багатоманітних, значно фрагментованих (квазі)природних та поліфункціональних природно-антропогенних (антропогенно-природних) геосистем регіонального територіального рівня з метою перетворення їх у екологічно стійкі і безпечні об'єкти співіснування суспільства і природи.

**Основні результати.** Спираючись на результати розробок [2, 5, 10], нами було запропоновано класифікаційну схему критеріїв можливих елементів регіональної екологічної мережі для територій, які характеризуються значним багаторічним конфліктом між надмірним за інтенсивністю природокористуванням та безпечним станом довкілля, значною фрагментованістю природного рослинного покриву, наближаючись до повного домінування на даній території антропогенно-природної (техногенно-природної) підсистеми, частково і недостатньо «пом'якшеної» корисними для довкілля елементами природно-антропогенної структури за прогресуючої деградації (на межі зникнення) елементів природної підсистеми.

В основу такої класифікаційної схеми, що узагальнює і систематизує як наявні пропозиції з досліджуваної проблеми, насамперед за працями [1, 2, 5, 6, 7, 8, 10], так і результати їх аналізу, розвитку та доповнення новими пропозиціями, викладеними у наших працях [9], було покладено спадний ієрархічний ланцюжок **класифікаційних таксонів «гіперклас – клас – тип (підтип) – вид (підвид)» критеріїв** (табл. 1).

Таблиця 1. – Класифікаційна схема ідентифікаційних критеріїв можливих елементів регіональних екологічних мереж для структурно багатоманітних та значно антропоізованих територій

Гіперклас, клас, тип (підтип) критеріїв	Вид (підвид) критеріїв		Очікуваний/ймовірнісний результат вихідного застосування критеріїв
	Семантичні (змістовні)	Параметричні (метричні і/або топологічні)	
<b>1.1. Гіперклас біоекосистемних/біоекологічних/біотичних критеріїв:</b>			
1.1.1. Біопопуляційні критерії	Наявність рідкісних, зниклих у природі, зникаючих, вразливих, неоцінених, ендемічних, видів-парасоль, традиційних та реліктових видів і/або популяцій	Питомі щільності числа і місць розселення «червонокнижних» біовидів (за (3), (7)), у т.ч. за необхідності показники (9), (10), (11), (12), (13) чи/або їх інтегральні поєднання	Місцезнаходження та атрибути біопопуляційних ядер і інших ареалів
1.1.2. Біоценотичні /ценотичні критерії	Наявність екосистем із високим рівнем (вище середнього для регіону) багатством та різноманіттям фітоценозів/рослинних асоціацій	Питомі щільності числа і місць розселення «зеленокнижних» асоціацій рослинності (за (4), (8))	Місцезнаходження та атрибути біоценотичних ядер і інших ареалів
1.1.3. Критерій регіональної ландшафтної, популяційної та видової геотонності/екотонності	Наявність ділянок із високими показниками видової / популяційної, а також ценотичної насиченості, яка спричинена накладанням місць існування різних біовидів властивих для суміжних геосистем	Питомі щільності числа чи/або місць розселення біовидів (кількість біовидів на одиницю площі (км <sup>2</sup> ) – $N/S$ ), які однак в регіональному аспекті моделювання матимуть децю уявно-розрахунковий характер	Ймовірнісне місцезнаходження та атрибути геотонів/екотонів міжрегіонального, регіонального та локального рівнів
1.1.4. Загальні біоекосистемні критерії	Регіональна типовість і/або унікальність та репрезентативність біогрупвань за складом домінантів і едификаторів тощо	Задані параметри біотопів тощо (з певними модифікаціями показників 2.23, 2.24, 2.25 та за доцільності 2.2.1, 2.3.1, 2.7.1, 2.9.1, 2.12.1 табл. 2)	Місцезнаходження та атрибути біоекосистемних ядер і інших ареалів
<b>1.2. Гіперклас геосистемних критеріїв:</b>			
1.2.1. Критерії ландшафтної унікальності	Наявність в регіоні моделювання екомережі зональних і/або регіональних (локальних), у т.ч. азональних та інтразональних унікальних геосистем, що збереглися у квазіприродному стані	Повторюваності типів ландшафтів і параметри обмежень на максимальну кількість та мінімальну площу геосистем (за [10])	Місцезнаходження та атрибути ядер ландшафтної унікальності («унікальних» геосистем)
<b>1.2.2. Критерії ландшафтного різноманіття:</b>			
1.2.2.1. хоричного (за [5])/хорологічного (за [1]) різноманіття ЛТС	Територіальне поєднання значного числа довільних за типом геосистем, що загалом, обумовлене кількістю контурів геосистем у регіоні моделювання	Показники 2.1.-2.4. табл. 2, коефіцієнти, а також хоричної варіації за [5]	Місцезнаходження та атрибути ядер і інших ареалів хоричного різноманіття ЛТС
1.2.2.2. типового(за [5])/типологічного (за [1]) різноманіття ЛТС	Територіальне поєднання значного числа різнотипових геосистем	Показники 2.5-2.8 табл. 2, коефіцієнти типової варіації за [5]	Місцезнаходження та атрибути ядер і інших ареалів типового різноманіття ЛТС
1.2.2.3. складності ЛТС (інтегральні-1)	Паритетне поєднання чи/або синтетичне відображення параметрів хоричного (число геосистем) і типового (число типів геосистем) різноманіття ЛТС	Показники 2.9.-2.14 табл. 2, інтегральні коефіцієнти хорично-типової варіації та регіональні модульні коефіцієнти хорично-типової мінливості за [5]	Місцезнаходження та атрибути ядер і інших ареалів складності (хорично-типового різноманіття) ЛТС
1.2.2.4. контрастності ЛТС	Характеризує ступінь несхожості двох сусідніх геосистем чи/або всієї їх сукупності в межах певного регіону	Показники контрастності меж геосистем (2.16), дистанційний коефіцієнт відмінності між суміжними геосистемами (2.17), індекс контрастності між певним типом плям і фоном ландшафту (2.15)	Місцезнаходження та атрибути ядер і інших ареалів контрастності ЛТС
1.2.2.5. інтегральні-2	Значна варіабельність хорично-типової ЛТС з урахуванням її конкретно-територіального і регіонального аспектів	Інтегральні індекси хорично-типової мінливості ЛТС за [5]	Місцезнаходження і атрибути інтегральних ядер і інших ареалів хорично-типового різноманіття ЛТС
1.2.3. Критерії ландшафтної репрезентативності	Наявність геосистем, які характеризуються найбільшою регіональною типовістю геосистем	Індекси хорологічної (2.18), типологічної (2.19) та композиційної (2.20) репрезентативності територій	Місцезнаходження та атрибути ядер і інших ареалів репрезентативності

1.2.4. Критерії історико-культурної значущості ландшафтів	Історико-культурна, наукова і естетична значущість геосистем, які досі не охороняються за актами про культурну спадщину	Параметри обмежень на мінімальну площу геосистем за [10]	Місцезнаходження та атрибути ареалів історико-культурної значущості ландшафтів
<b>1.3. Клас комплексних критеріїв:</b>			
1.3.1. Критерії біоландшафтної натуральності /квазіприродності та відносного фонового біоландшафтного «різноманіття»	Наявність геосистем (ділянок геосистем), що збереглися у близькому до природного стані, а також природно-антропогенних / антропогенно-природних геосистем чи їх ділянок/плям із підвищеними, на загальному фоні показниками біоландшафтного «різноманіття»	Площі і просторові розподіли ареалів/плям природної рослинності (як індикатора) (за [10]), <b>2.15</b>	Місцезнаходження та атрибути ареалів біоландшафтної натуральності чи/або плям відносного фонового біоландшафтного «різноманіття»
1.3.2. Природоохоронно-типові критерії:			
1.3.2.1. соціологічно-типові	Належність до об'єктів природно-заповідного фонду певного типу та елементів міжрегіональної екомережі	Категорії, площі і просторові розподіли об'єктів ПЗФ (за [14])	Місцезнаходження та атрибути «нормативно існуючих» елементів екомережі
1.3.2.2. статусно-типові	Належність до інших природних і перетворених територій певного типу, що особливо (спеціально) охороняються	Категорії, площі і просторові розподіли територій спеціального статусу (за [5])	Місцезнаходження та атрибути статусно-типових ареалів
1.3.3. Територіально-типові критерії:			
1.3.3.1. достатньої розмірності	Достатність розмірів (площі, ширини, довжини) об'єктів для виконання ними ПСЕФ, властивих певним елементам екомережі та їх типам	Типово обумовлені (для природних ядер, екокоридорів, буферних зон) спеціальні співвідношення, обмеження тощо ([10], орієнтовна ширина буферних зон за [5])	Ступінь відповідності вимогам до можливих елементів екомережі
1.3.3.1. Критерій мінімальної життєздатної популяції	Достатність розмірів екоядер чи/або дифузійних екокоридорів для забезпечення ними із заданою високою імовірністю здатності популяції до самовідтворення	Показники достатньої розмірності плям	Ступінь відповідності вимогам до мінімальних розмірів можливих екоядер чи/або внутрішньоструктурних частинок екокоридорів
1.3.3.2. суцільності чи/або дифузійності	Суцільність чи/або допустимість для певного типу поєднаних екоядер і екокоридорів міри фрагментованості/дифузійності, які не обмежують (ліквідовують) їх необхідні біоміграційно-розселювальні і/або генофондно-обмінні функції та, зазвичай, лімітуються допустимими відстанями між їх внутрішньоструктурними фрагментами	Типово обумовлені, допустимі відстані між фрагментами екокоридорів (за <b>2.21-2.26</b> [2])	Ступінь відповідності вимогам до можливих екокоридорів
1.3.3.3. типової відповідності/екотопічний критерій	Подібність едафічних умов чи схожість біоугруповань ядер і екокоридорів, які їх поєднують	Коефіцієнти контрастності геосистем (за <b>2.16, 2.17</b> ) та коефіцієнти схожості угруповань ядер ([10])	Ступінь відповідності вимогам до можливих екокоридорів
1.3.3.4. територіальної зв'язності/прохідності	Відсутність у внутрішній структурі екомережі міграційних бар'єрів та інших чинників, що перешкоджають виконанню ними необхідних ПСЕФ	Показники зв'язності плямистих (за <b>2.26-2.28</b> ) і біотично-мережевих ( <b>2.29-2.33</b> ) ЛТС	Ступінь дифузійної та екокоридорної зв'язності елементів екомережі
1.3.4. Гідроінвайронментні критерії:			
1.3.4.1. гідроекосистемні	Значущість типовості, унікальності і натуральності ядер і інших ареалів та середовищ мешкання та міграції певних видів гідробіонтів	Морфометричні, видові і інші параметри (за [5,10])	Місцезнаходження та атрибути гідроекосистемних ядер і інших ареалів
1.3.4.2. гідрогеосистемні	Природно-каркасна значущість геосистем басейнової ЛТС або геотаксонів водних об'єктів	Морфометричні, типові і топологічні параметри та просторові розподіли геосистем або геотаксонів ([5,10])	Місцезнаходження та атрибути гідрогеосистемних ядер і інших ареалів
1.3.5. Специфічні комплексні критерії	Доцільність віднесення можливих елементів екомережі лише до ядер, або екокоридорів, або зон потенційної ренатуралізації	Морфометричні, типові, видові і інші параметри можливих елементів ([5,10, 11])	Персоніфіковані можливі елементи екомережі

**Гіперклас біоекосистемних/біоекологічних [12]/біотичних критеріїв [11]** характеризує різні біоаспекти та рівні організації живих організмів (генний, клітинний, організмівий, популяційний, екосистемний, ландшафтний) і середовище їх існування та передбачає ідентифікацію підвищених на фоні регіону моделювання екомережі показників біотичного різноманіття, за які, за класифікаційним **класом**, можуть правити певні *біопопуляційні, біоценотичні/ценотичні, регіональні геотонні/екотонні та загальні біоекосистемні* параметри.

Підставою для виділення **біопопуляційного критерію** є наявність на території моделювання екомережі рідкісних, зниклих у природі, зникаючих, вразливих, неоцінених, ендемічних, видів-парасоль (за [2])/протекційних видів (*види, протекція яких дає змогу захистити багато інших видів, umbrella species за Wilcox, 1984*), традиційних та реліктових видів і/або популяцій. Параметричними виразниками даного критерію можуть бути питомі щільності числа ( $m_{a+p,k}$ ) і місць розселення/мешкання ( $N_{a+p,k}$ ) «червонокнижних» біовидів.

**Примітка.** Різноманітною вважається популяція утворена видами, що належать до різних вікових груп, а їх статеве співвідношення має бути оптимальним. Однак врахування такого співвідношення навряд чи буде можливим і/або доцільним при моделюванні екомереж регіонального рівня.

Наявність екосистем, які відзначаються високим рівнем (вище середнього для регіону) багатством та різноманіттям фітоценозів/рослинних асоціацій є підставою для виділення **біоценотичного/ценотичного класу критеріїв**, параметричними виразниками якого є питомі щільності числа ( $m_{g,p,k}$ ) і місць/ареалів розселення ( $N_{g,p,k}$ ) «зеленокнижних» рослинних асоціацій.

Виділення **критерію ландшафтної, популяційної та видової (за Дж. Гошем) чи/або регіональної та локальної (за [1, 2]) геотонності/екотонності** обумовлене підвищеннями показниками видової/популяційної насиченості (кількість біовидів на одиницю площі ( $\text{км}^2$ ) –  $N/S$ ) у межах геотона/екотона, спричиненої перекриванням/накладанням у цій смугі екологічних ніш різних біовидів властивих для суміжних геосистем, що в кінцевому рахунку й зумовлює його різноманіття.

**Примітка.** По-перше, в аспекті моделювання регіональних екологічних мереж актуальними вважатимуться регіональний (між одиницями природничого районування: областями, провінціями, районами) та локальний (між геохорами локального масштабного рівня: від нано- до макрогеохор) масштабні рівні геотонів/екотонів. По-друге, даний біоекосистемний критерій хоча і має враховуватись при моделюванні регіональних екомереж, а проте він матиме уявно-розрахунковий характер ідентифікації, зокрема, зважаючи на відсутність вихідного набору необхідних даних та мірило проектування. Більш точне його застосування буде актуальним при симулюванні екологічних мереж локального рівня.

В аспекті моделювання регіональних екологічних мереж, важливо ідентифікувати такі геотони/екотони, які є місцем існування так званих «галявинних» біовидів чи/або виконання певних поведінкових актів. Не менш важливо враховувати і такі властивості геотонів/екотонів як дифракція та відбиття.

**Загальні біоекосистемні критерії** – охоплюють і/або враховують атрибути варіабельності екосистем, загалом, і організмів чи/або угруповань у взаємозв'язку з умовами їх існування, зокрема, та передбачають відповідність можливих елементів моделювальної екомережі регіональній *типовості* (біоугруповання території типові для відповідного біогеографічного регіону чи/або кожна біогеографічна провінція має бути представлена в екомережі принаймні однією ключовою територією) і/або *унікальності та репрезентативності біоугруповань за складом домінантів* (переважаючі або домінуючі, в головних шарах біоценозів види рослин) і *едифікаторів* (види рослин, які визначають особливості фітоценозу та відіграють найважливішу роль у формуванні структури екосистеми) тощо.

**Обґрунтування виду і складу розрахункових показників біорізноманіття** ґрунтувалося передусім на аналізі існуючих пропозицій з цієї проблеми [4] [10] і структури Червоної та Зеленої книг України, насамперед у їх електронному варіанті [14], з урахуванням загальних підходів до моделювання, викладених у працях [5], [6], [7], [8], стосовно вихідної фіксації показників у центрах певних аналітичних одиниць/контурів/«стілників» заданого розміру, що як підхід є цілком застосовним і для певних числових характеристик біорізноманіття при їх аналізі за допомогою інструментарію ГІС.

**Примітка.** Тестування показників ландшафтного і/або біотичного різноманіття можна здійснювати, наприклад, для центрів правильних шестикутних ковзких перетнутих вікон («стілників») [5] чи/або інших типів контурів (квадратів) певного зовнішнього радіуса, побудованих на регулярній сітці, що накладена на геосистеми генетико-морфологічної ЛТС (для ландшафтного різноманіття) регіону моделювання.

Таким чином, *по-перше*, акцентуючи увагу саме на популяційних і ценотичних показниках біотичного різноманіття, можна запропонувати такий **загальний набір** цих показників у розрахунковому вигляді, як:

1)  $m_{a,k}$  – щільність кількості «червонокнижних» видів тварин у кожному  $k$ -тому контурі/«стілнику» певного розміру чи/або питома щільність «червонокнижних» видів тварин ( $1/\text{км}^2$ );

2)  $m_{p,k}$  – щільність кількості «червонокнижних» видів рослин у кожному контурі/«стілнику» чи/або питома щільність «червонокнижних» видів рослин ( $1/\text{км}^2$ );

3)  $m_{a+p,k}$  – щільність кількості всіх «червонокнижних» біовидів у кожному контурі/«стілнику» чи/або питома щільність «червонокнижних» біовидів ( $1/\text{км}^2$ );

4)  $m_{g,p,k}$  – щільність кількості всіх «зеленокнижних» рослинних асоціацій у кожному контурі/«стілнику» чи/або питома щільність «зеленокнижних» асоціацій ( $1/\text{км}^2$ );

5)  $N_{a,k}$  – щільність місць розселення (мешкання) «червонокнижних» видів тварин у кожному контурі/«стілнику» чи/або питома щільність ареалів «червонокнижних» видів тварин ( $1/\text{км}^2$  за точкового подавання всіх об'єктів та безрозмірна за площинного, що стосується і всіх наступних показників);

6)  $N_{p,k}$  – щільність місць розселення (мешкання) «червонокнижних» видів рослин у кожному контурі/«стілнику» чи/або питома щільність ареалів «червонокнижних» видів рослин;

7)  $N_{a+p,k}$  – щільність місць розселення (мешкання) всіх «червонокнижних» біовидів у кожному контурі/«стілнику» чи/або питома щільність ареалів «червонокнижних» біовидів;

8)  $N_{g,p,k}$  – щільність місць розселення всіх «зеленокнижних» рослинних асоціацій у кожному контурі/«стілнику» чи/або питома щільність ареалів «зеленокнижних» асоціацій.

Відповідно до вищезазначеного набору показників нами було запропоновані наступні **параметричні індекси біорізноманіття**:

- **індекси питомої щільності «червонокнижних» видів тварин** (1) та **рослин** (2) та інтегральний показник **питомої щільності «червонокнижних» біовидів** ( $1/\text{км}^2$ ) (3):

$$m_{a,k} = \left( n_{a,k} / N_{a,sp} \right) / S_k \quad (1),$$

$$m_{p,k} = \left( n_{p,k} / N_{p,sp} \right) / S_k \quad (2),$$

$$m_{a+p,k} = m_{a,k} + m_{p,k} = \left( \frac{n_{a,k} + n_{p,k}}{N_{a+p,sp}} \right) / S_k \quad (3),$$

де,  $n_{a,k}$  – кількість «червонокнижних» видів тварин у  $k$ -му контурі/стілїнику;  $n_{p,k}$  – кількість «червонокнижних» видів рослин у  $k$ -му контурі/стілїнику;  $N_{a,sp}$  – загальна кількість видів тварин у  $k$ -му контурі/стілїнику;  $N_{p,sp}$  – загальна кількість видів рослин у  $k$ -му контурі/стілїнику;  $N_{a+p,sp}$  – загальна кількість біовидів у  $k$ -му контурі/стілїнику;  $S_k$  – площа  $k$ -го контура/стілїника;

- **індекс питомої щільності «зеленокнижних» асоціацій** (1/км<sup>2</sup>):

$$m_{g,p,k} = \left( \frac{n_{g,p,k}}{N_{p,sp}} \right) / S_k \quad (4);$$

де,  $n_{g,p,k}$  – кількість «зеленокнижних» видів рослин у  $k$ -му контурі/стілїнику;  $N_{p,sp}$  – загальна кількість видів рослин у  $k$ -му контурі/стілїнику;

- **індекси питомої щільності ареалів «червонокнижних» видів тварин і рослин та інтегральний показник питомої щільності ареалів «червонокнижних» біовидів:**

$$N_{a,k} = m_{a,k} / S_k \quad (5),$$

$$N_{p,k} = m_{p,k} / S_k \quad (6),$$

$$N_{a+p,k} = N_{a,k} + N_{p,k} = \frac{m_{a,k} + m_{p,k}}{S_k} \quad (7);$$

- **індекси питомої щільності ареалів «зеленокнижних» асоціацій:**

$$N_{g,p,k} = m_{g,p,k} / S_k \quad (8)$$

По-друге, при **виборі конкретних розрахункових показників** із щойно наведеного загального їх набору згідно із спрямованістю даної статті слід зазначити, що:

- у наявних працях ([10] і ін.) використано систему переважно з чотирьох (з п'ятого по восьмий) вище перелічених розрахункових показників біорізноманіття, причім за точкового подавання об'єктів;

- у електронному варіанті Червоної та Зеленої книг України [14] вихідні об'єкти, необхідні для розрахунків за щойно поданим набором показників, подано як у точковому, так і у площинному вигляді, що при поєднанні їх з регіональним рівнем і масштабом моделювання екомережі (1:200 000) робить наразі практично неможливим коректне визначення чотирьох (з п'ятого по восьмий) показників зазначеного набору, а тим більше розробку певного інтегрального параметра, як це було зроблено стосовно ландшафтного різноманіття;

- останнє може стати можливим або при зміні електронних форматів Червоної і Зеленої книг, або при наявності інших електронних чи придатних для цифрування джерел вищезазначеного масштабу;

- для регіонального рівня моделювання екомережі з використанням показників біорізноманіття, з огляду на критерій коректності їх фіксації, у т.ч. засобами ГІС, на думку [5] є сенс застосовувати лише **вбірковий набір показників біорізноманіття**, а  $m_{a,k}$ ,  $m_{p,k}$ ,  $m_{a+p,k}$  і  $m_{g,p,k}$ , причім характеристики

$m_{a+p,k}$  і  $m_{g,p,k}$  за їх змістом можна вважати на сьогодні найбільш репрезентативними (характерними як «квазіінтегральні»).

Існує велика кількість інших показників/індексів біорізноманіття, які, а проте, часто не можливо використати при моделюванні регіональних екологічних мереж через відсутність перш за все необхідного вихідного набору даних чи/або і взагалі недоцільність їх використання, однак вони можуть стати корисними при моделюванні вже екомереж локальних рівнів чи/або детальному дослідженні/оцінці екоядер регіонального рівня, а саме:

- **індекс поширеності/розповсюдженості/чисельності виду (2.2.1 табл. 2)** – відображає відносну репрезентативність біовидів у популяції. Відносна розповсюдженість видів показує наскільки поширеним чи/або **рідкісним** є певний вид по відношенню до інших видів в угрупованні/спільноті;

- **індекс домінування Бергера-Паркера (2.3.1 табл. 2)**. Високі значення  $d$  вказують, що одна популяція у біоценозі домінує, у той час як інші відіграють у ньому другорядну роль;

- **індекс біорізноманіття Сімпсона (2.9.1 табл. 2)**.  $D$  варіюється від 0 до 1: суворо гомогенна популяція матиме індекс різноманіття 0, а гетерогенна – 1;

- **індекс різноманіття Маргалефа (2.7.1 табл. 2)**;

- **показник рівномірності Шеннона (2.12.1 табл. 2)**.

**Примітка.** Слід відмітити, що для будь-якого заданого числа видів, є максимально можливі значення  $H_{max} = \ln S$ , які справджуються, коли всі види присутні в рівних кількостях.

Наступною підставою ідентифікації можливих елементів регіональних екомереж для структурно-багатоманітних та антропоізованих територій слід вважати **гіперклас геосистемних критеріїв**, який, у свою чергу, включає наступні **класи**, а саме: *критерій ландшафтної унікальності, ландшафтного різноманіття; ландшафтної репрезентативності; історико-культурної значущості ландшафтів.*

**Критерій ландшафтної унікальності** передбачає наявність у регіоні моделювання екомережі зональних і/або регіональних (локальних), у т.ч. азональних та інтразональних унікальних геосистем, що збереглися у квазіприродному стані.

**Критерій ландшафтного різноманіття** визначає ступінь *різноманітності геосистем*, які утворюють ландшафт, а також їх *просторової структури та конфігурації*.

Перш ніж перейти до безпосереднього розгляду критеріальних типів слід відзначити, що **основними (обов'язковими для застосування) вихідними параметрами**, що формують власне ті чи інші показники ландшафтного різноманіття, можна вважати такі, як:

- 1) **S** – площа всіх геосистем у кожному контурі/«стілнику» певного розміру;
- 2) **N** – число всіх геосистем у кожному контурі/«стілнику»;
- 3) **L** – загальний периметр всіх геосистем у кожному контурі/«стілнику»;
- 4) **s<sub>i</sub>** – площа *i*-тої геосистеми у кожному контурі/«стілнику»;
- 5) **s<sub>max</sub>** – максимальна площа геосистеми у кожному контурі/«стілнику»;
- 6) **l<sub>i</sub>** – периметр *i*-тої геосистеми у кожному контурі/«стілнику»;
- 7) **m** – число типів геосистем у кожному контурі/«стілнику»;
- 8) **n<sub>j</sub>** – кількість геосистем *j*-го типу у кожному контурі/«стілнику»;
- 9) **s<sub>j</sub>** – площа геосистем *j*-го типу у кожному контурі/«стілнику»;
- 10) **l<sub>j</sub>** – периметр геосистем *j*-го типу у кожному контурі/«стілнику».

При цьому ініціальними/вихідними показниками/параметрами ландшафтного різноманіття можна вважати такі, що систематизовані та згруповані у праці [2], які, а проте, потребують подальшого тестування та оцінки їх ефективності вже виходячи з умов конкретного регіону моделювання екомережі (Табл. 2).

Таблиця 2. – Вихідний набір розрахункових показників різноманіття, репрезентативності та зв'язності мозаїчних та плямистих структур ландшафту застосовних для моделювання регіональних екомереж

Показник	Формула	Позначення
<b>1. Показники хоричного/хорологічного різноманіття</b>		
Середня площа контуру	$SM = S/N$ (2.1)	S – площа ландшафту або досліджуваної території; N – число ландшафтних контурів у його межах (залежно від типу ЛТС, що аналізується)
Щільність контурів (число контурів на одиницю площі)*	$DC = N/S$ (2.2)	
* індекс поширеності/ розповсюдженості/чисельності виду	$A_j = n_j/N$ (2.2.1)	$n_j$ – число особин/ареалів виду «j»; N – загальна кількість особин/ареалів всіх видів
Індекс Фрідланда**	$DF = N(S - S_{max})/S^2$ (2.3)	$S_{max}$ – площа найбільшого контуру
** індекс домінування Бергера-Паркера	$D = n_{max}/N$ (2.3.1)	$n_{max}$ – число особин найбільш поширеного виду; N – загальна чисельність особин в біоценозі/угрупованні/спільноті
Щільність ландшафтних меж (довжина меж на одиницю площі)	$DB = L/S$ (2.4)	L – загальна довжина ландшафтних меж; S – площа ландшафту
<b>2. Показники типологічного різноманіття</b>		
Типологічна щільність (число типів ландшафтних контурів на одиницю площі)	$TD = m/S$ (2.5)	$m$ – число типів ландшафтних контурів (геохор, угідь, ландшафтних смуг та ін., залежно від типу ЛТС, що аналізується); S – площа ландшафту (або досліджуваної території)
Індекс різноманіття Одума	$DO = m - 1/S$ (2.6)	
Індекс різноманіття Глізона-Маргалефа***	$DGM = m - 1/\log S$ (2.7)	
*** індекс різноманіття Маргалефа	$D = S - 1/\ln N$ (2.7.1)	
Ентропійна міра	$H_1 = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N} \log n_i}{N}$ (2.8)	$n_i$ – число ландшафтних контурів i-го типу; N – загальне число ландшафтних контурів
<b>3. Показники складності</b>		
Індекс Сімпсона****	$CS = 1 - \sum_{i=1}^m \frac{s_i(s_i - 1)}{S(S - 1)}$ (2.9)	$s_i$ – площа контурів i-го типу; S – площа ландшафту (або досліджуваної території)/загальна чисельність організмів; $m$ – число типів місць/число видів
Індекс Макінтоша	$CM = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{s_i}{S}\right)^2}$ (2.10)	
Індекс неоднорідності Івашутіної-Ніколаєва	$CIN = \frac{m}{m-1} \left[ 1 - \sum_{i=1}^m \left(\frac{s_i}{S}\right)^2 \right]$ (2.11)	
Показник рівномірності Шеннона*****	$E = \frac{-\sum_{i=1}^m \left(\frac{s_i}{S} \ln \frac{s_i}{S}\right)}{m}$ (2.12)	
Ентропійно міра	$H_2 = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{s_i}{S} \log s_i}{S}$ (2.13)	
Показник складності	$H_3 = 1 - \frac{H_2}{\log_2 m}$ (2.14)	
**** індекс Сімпсона	$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m n_i(1 - n_i)}{N(N - 1)}$ (2.9.1)	
***** індекс Шеннона	$H = -\frac{\sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N} \ln n_i}{N}$ (2.12.1)	
<b>4. Показники контрастності</b>		
Показник контрастності Фрідланда	$KF = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m \frac{s_i}{S} d_{ij}$ (2.15)	$d_{id}$ – міра контрастності між i-м типом плям і фоном ландшафту
Індекс контрастності ландшафтної межі	$C_{ab} = D_{ab}/l_{ab}$ (2.16)	$l_{ab}$ – ширина межі між суміжними геосистемами a і b (при інтерпретації межі як квазілінії $l_{ab}=1$ ); $D_{ab}$ – дистанційний коефіцієнт (ступінь відмінності) між геосистемами a і b



Дистанційний коефіцієнт (ступінь відмінності) між геосистемами <i>a</i> і <i>b</i>	$D_{ab} = \sum_{i=1}^n \alpha_i (x_{ai} - x_{bi} / x_{ai} - x_{bi})^2$ (2.17)	де $x_{ai}$ і $x_{bi}$ – значення <i>i</i> -ї змінної в сусідніх геосистемах « <i>a</i> » « <i>b</i> » відповідно; <i>n</i> – число цих змінних; $\alpha_i$ – оцінка ступеня суттєвості <i>i</i> -ї змінної.
<b>5. Показники репрезентативності ЛТС</b>		
Індекс хорологічної репрезентативності	$R_{ch} = n/N$ (2.18)	<i>n</i> та <i>N</i> – число місць у межах ключової ділянки та усього регіону відповідно
Індекс типологічної репрезентативності	$R_{typ} = m/M$ (2.19)	<i>m</i> та <i>M</i> – число типів місць у межах ключової ділянки та усього регіону відповідно
Індекс композиційної репрезентативності		$(2.20)$ <i>s<sub>i</sub></i> та <i>S<sub>i</sub></i> – площа місць <i>i</i> -го типу в «ключі» та регіоні; <i>s<sub>Σ</sub></i> та <i>S<sub>Σ</sub></i> – площа ключової ділянки та досліджуваного регіону відповідно
<b>6. Показники плямистих структур ландшафту</b>		
Щільність плям	$Q_p = n/S$ (2.21)	<i>n</i> – кількість плям; <i>S</i> – площа ландшафту
Частка площі ландшафту зайнята плямами	$R_p = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{S}$ (2.22)	<i>s<sub>i</sub></i> – площа <i>i</i> -ої плями; <i>n</i> – кількість плям; <i>S</i> – площа ландшафту
Подібність ландшафту (у FRAGSTATS – splitting index)	$SPLI = \frac{S^2}{\sum_{i=1}^n s_i^2}$ (2.23)	<i>s<sub>i</sub></i> – площа <i>i</i> -ої плями; <i>n</i> – кількість плям; <i>S</i> – площа ландшафту
Роздільність ландшафту (у FRAGSTATS – landscape division index)	$DIVISION = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{s_i}{S}\right)^2$ (2.24)	
Ефективний розмір комірки (у FRAGSTATS – effective mesh size)	$MESH = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^n s_i^2$ (2.25)	
<b>6.1. Показники зв'язності плямистих структур ландшафту</b>		
Індекс стохастичності зв'язку між двома біотичними плямами/ потенційними екоядрами	$p_{ij} = \exp^{-\alpha d_{ij}}$ (2.26)	<i>d<sub>ij</sub></i> – відстань екоядрами <i>i</i> та <i>j</i> ; $\alpha$ – параметр, що оцінює дифузію певного біовиду (часто вважають, що $1/\alpha$ – середня відстань радіуса його дифузії)
Індекс зв'язності кожного <i>i</i> -го потенційного екоядра/ індекс зв'язності Ханські	$C_i = \sum_{j \neq i} \exp(-\alpha d_{ij}) N_j = \sum_{j \neq i} p_{ij} N_j$ (2.27)	<i>m</i> – кількість потенційних екоядер; <i>N<sub>j</sub></i> – чисельність популяцій в <i>j</i> -му потенційному екоядрі
Індекс бар'єрного ефекту/бар'єрності	$p_{ij} = \exp\{-\alpha d_{ij}\} - b_{ij}$ або $p_{ij} = 1/b_{ij} \exp\{-\alpha d_{ij}\}$ (2.28)	<i>b<sub>ij</sub></i> – оцінка бар'єрного ефекту ландшафту між <i>i</i> -ю та <i>j</i> -ю плямами
<b>7. Показники зв'язності біотично-мережевих структур ландшафту</b>		
<b>7.1. Індеси зв'язності графів</b>		
Альфа-індекс	$\alpha - \text{індекс} = E - V + 1 / 2V - 5$ (2.29)	<i>V</i> – кількість вершин графу (потенційних екоядер); <i>E</i> – кількість ребер графу (потенційних екокоридорів між ними)
Бета-індекс	$\beta - \text{індекс} = E / V$ (2.30)	
Гамма-індекс	$\gamma - \text{індекс} = E / 3(V - 2)$ (2.31)	
Індекс доступності вершин/Індекс Бічема	$R_i = n - 1 / \left( \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \right)$ (2.32)	<i>a<sub>ij</sub></i> – значення елемента « <i>ij</i> » матриці доступності; <i>n</i> – число біотичних плям/потенційних екоядер у мережі (вершин її графу)
Індекс ролі кожної <i>i</i> -ї плями	$SIR_i = R_i (n_i / N) \sqrt{s_i / S} \left( d_i / R_i^2 \right)$ (2.33)	<i>R<sub>i</sub></i> – індекс Бічема; <i>n<sub>i</sub></i> – число видів в <i>i</i> -му екоядрі; <i>N</i> – те саме в усіх потенційних екоядрах, об'єднаних мережею екокоридорів; <i>S<sub>i</sub></i> – площа <i>i</i> -го екоядра; <i>S</i> – площа території екомережі; <i>d<sub>i</sub></i> – відстань від <i>i</i> -го екоядра до точки геометричного центра цієї території; <i>P<sub>i</sub></i> – середня відстань від геометричного центра до зовнішніх меж досліджуваної території
*... індеси оцінки біорізноманіття, які є по-суті лише видозмінами загальних показників різноманіття (склад і вигляд показників за [2])		

Аналізуючи існуючі поширені показники різноманіття та складності структур ландшафту (табл. 2), слід відмітити, що, *по-перше*, вони можуть сильно корелювати чи/або й взагалі бути пов'язаними функціональною залежністю через те, що вони є функціями одних і тих самих змінних –  $S$ ,  $L$ ,  $N$  тощо, а тому в оцінці їх усіх здебільшого немає потреби, відповідно достатньо буде обрати по одному показнику з кожної тематичної групи, які найбільш повно відповідають стану геосистем обраного регіону моделювання.

*По-друге*, необхідно мати на увазі, що хоч зазначені показники і дають кількісну оцінку важливих характеристик територіальної гетерогенності ландшафту, однак вони не позбавлені істотних недоліків, обумовлених вадами вихідної картографічної інформації (точності просторової прив'язки растрового зображення та цифрування, ступеня деталізації чи/або достовірності ландшафтної карти), яка зазвичай не є виразником власне територіального устрою ландшафту, а виступає його картографічно-цифровою моделлю, що зрештою, і впливає на кінцеві значення показників різноманіття ЛТС.

*По-третьє*, важливим є питання пов'язане із неоднозначністю змістової інтерпретації показників, що ґрунтуються на понятті ентропії ( $E$ ,  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  в табл. 2), а також показників, які є функціями декількох змінних.

*По-четверте*, запропоновані у табл. 2 показники є застосовними до аналізу дискретних структур із квазілінійними межами, не враховуючи при цьому особливості ландшафтних меж, які мають буферно-смуговий характер, а тому для кількісної характеристики територіальної гетерогенності ландшафту слід застосовувати геостатичні методи чи/або методи просторової статистики [5].

Враховуючи вищезазначене та зважаючи на мету нашого дослідження *критерії ландшафтного різноманіття* за **ТИПОМ** мають у своїй структурі показники *хоричного/хорологічного* (визначається кількість контурів ( $N$ ) ландшафту), *типового/типологічного* (залежить від кількості типів контурів ( $m$ ) ландшафту) різноманіття ЛТС, *складності* (є функцією від кількості контурів та їх типів  $m=f(N)$ ) та *контрастності* ЛТС, а також їх можливі *інтегральні* поєднання [2, 5].

*Критерій хоричного/хорологічного різноманіття* ЛТС (табл. 2, **2.1-2.4**) відображає територіальні поєднання значного числа довільних за типом геосистем, тобто визначається кількістю контурів місць ландшафту, незалежно від їх типів, відмінностей у розподілі площ по території ландшафту тощо.

*Критерій типового/типологічного різноманіття* ЛТС (табл. 2, **2.5-2.8**) уособлює територіальне поєднання значного числа різнотипових геосистем: чим їх більше, тим різноманітнішим є територіальний устрій ландшафту. При цьому кількість контурів місць ландшафту та ступінь відмінності одного типу місць від іншого на типологічне різноманіття не впливають.

*Критеріями складності* ЛТС (інтегральні критерії) є такі виразники особливостей ландшафтів, що мають паритетно поєднувати атрибути і хоричного і типового різноманіття ЛТС, тобто бути своєрідною синтетичною характеристикою територіального устрою (табл. 2, **2.9-2.14**). Саме зазначене структурне чи/або структурно-функціональне поєднання викликає нечіткість розуміння того, за рахунок набору яких показників (значного числа окремих контурів, чи великої кількості їх типів, чи нерівномірного розподілу їх площ) досягається висока складність ландшафту, що зрештою і призводить до неоднозначних інтерпретацій. Крім того, істотним недоліком критерію складності ЛТС є значна суб'єктивна компонента, адже його показники зазвичай обумовлені не суттю самої властивості об'єкта, а конструюються задля здійснення певної його оцінки. Тому, перш за все,

необхідно виходити із конкретного завдання дослідження, заради якого власне і здійснюється доцільний розрахунок таких показників.

**Примітка.** Найбільш доцільними для перевірки ефективності тих чи інших розрахункових показників за змістом можна вважати параметри: для хоричного різноманіття –  $N$ , для типового –  $m$ , а інтегрально, для складності ЛТС, – добуток ( $Nm$ ), а у інформаційному аспекті, добуток ( $Nm$ ) може правити за одну з найбільш репрезентативних «стислих» комбінацій вихідних параметрів ландшафтного різноманіття у цілому [5].

У працях [5–8] зважаючи на показники табл. 2 запропоновано групи показників ландшафтного різноманіття, які доцільно, а проте із певними можливими модифікаціями, використати при моделюванні регіональних екомереж структурно-багатоманітних та фрагментованих територій:

- **набір коефіцієнтів хорично-типової варіації: хоричної варіації** ( $C_{v,CH,1,k}$  – відтворює варіабельність «питомих» (для кожного «стільника») площ геосистем з урахуванням їх кількості,  $C_{v,CH,2,k}$  – відтворює варіабельність «питомих» периметрів геосистем з урахуванням їх кількості) та **усереднений коефіцієнт** ( $C_{v,CH,1,k} + C_{v,CH,2,k}$ ); **типової варіації** ( $C_{v,ТYP,1,k}$  – відтворює варіабельність «питомих» (для кожного «стільника») площ геосистем певного типу одночасно зважаючи на «визначальний» параметр кількості типів;  $C_{v,ТYP,2,k}$  – віддзеркалює варіабельність «питомих» периметрів типів геосистем з урахуванням їх кількості;  $C_{v,ТYP,3,k}$  – поєднує у собі характеристики як типового, так і частково, хоричного різноманіття, а проте з переважанням складової типової варіації) та **усереднений коефіцієнт** ( $C_{v,ТYP,1,k} + C_{v,ТYP,2,k}$ ); **середній коефіцієнт хорично-типової варіації** ( $C_{v,CH/ТYP,k}$  – об'єднує сукупність характеристик хоричного і типового різноманіття); інтегральний (середньовиважений) **коефіцієнт хорично-типової варіації** ( $C_{v,CH/ТYP,k^{**}}$ ) з використанням певних балансових коефіцієнтів ( $a$  і  $b$ );

- **регіональні модульні коефіцієнти хорично-типової мінливості** ( $K_{Nm,reg,k}$  – враховують варіабельність добутку найбільш репрезентативних вихідних параметрів ландшафтного різноманіття кожного «стільника» певного розміру у мірилі всього регіону моделювання екомережі);

- **інтегральні індекси хорично-типової мінливості ЛТС** ( $I_{CH/ТYP,k}$  – поєднують міру «внутрішньої» варіабельності хорично-типової ЛТС та регіональний аспект такої варіабельності для «стільника» певного розміру).

**Критерії контрастності ЛТС** є необхідними для виявлення значної несхожості генезису і стану сусідніх геосистем чи/або їх меж. У зазначеній інтерпретації даний критерій є відособленим від трьох попередніх, оскільки враховує не кількісні аспекти різноманіття ландшафту (функції від числа контурів місць і типів місць чи/або їх поєднань), а його якісні характеристики, які визначаються вже ступенем відмінності цих місць між собою. Тому, формалізовано, ландшафт є тим контрастнішим, чим більш відмінні місця він розмежовує і чим вузучу смугу це розмежування охоплює.

Кількісно контрастність, у т.ч. ступінь відмінності сусідніх геосистем чи/або меж між ними можна оцінити за індексами **2.15 – 2.17** табл. 2.

При обранні можливих моделювальних елементів регіональної екологічної мережі слід також зважати на критерій **репрезентативності** ландшафтів, визначальною характеристикою якого є найбільша регіональна (локальна) типовість структури геосистем, іншими словами **кожна біогеографічна провінція чи/або менші одиниці фізико-географічного районування мають бути представлені в екомережі принаймні однією ключовою територією.**

Цілком очевидно, що ключові елементи екомережі мають розташовуватись у межах ареалів, які є найбільш репрезентативними для всього досліджуваного регіону, проте менш очевидним є те, яким чином такі ландшафтні ареали можливо ідентифікувати. Відповідно до можливих підходів оцінки репрезентативності

ділянок територіального устрою усього ландшафту у праці [1] вирізняються такі **види (аспекти) репрезентативності**: **хорологічну** – чим більше місць у контурі/«стілнику», тим вона більш репрезентативна (**2.18 табл. 2**); **типологічну** – чим більше типів місць у контурі/«стілнику», тим вона більш репрезентативна (**2.19 табл. 2**); **композиційну** – чим більша частка площі, яку займають різні типи місць у межах «ключа», до їх частки у межах усього ландшафту, тим ділянка більш репрезентативна (**2.20 табл. 2**).

При цьому, *по-перше*, певний аспект репрезентативності ландшафтів обирається залежно від вихідних завдань дослідження, *по-друге*, для визначення оптимальної позиції ключової ділянки розміром  $S$ , на ландшафтну карту досліджуваного регіону у різних її місцях накладається (методом «випадкового кидання») коло певної площі і кожного разу для нього оцінюється значення кожного показника репрезентативності, яке записується у центрі кола, а отримані значення при цьому інтерполюються маркуючи «поле репрезентативності» ландшафту. *По-третє*, такі ареали максимуму репрезентативності стануть ініціальними вибору для ключових ділянок, а їх доцільна форма та орієнтація буде співпадати із «гребенем» репрезентативності.

Важливу роль для формування екомереж значно фрагментованих, у т.ч. антропогенних регіонів із мізерною часткою осередків квазіприродного рослинного покриву, зокрема, через ймовірне їх можливе «заміщення/доповнення» відіграє **критерій історико-культурної значущості ландшафтів**, під яким розуміється історико-культурна, наукова і естетична значущість геосистем, які досі не охороняються за актами про культурну спадщину. Такими геосистемами можуть бути перетворені людиною ландшафти, що мають регіональне культурно-історичне значення, наприклад, пам'ятки ландшафтної архітектури, ландшафти зі збереженими елементами традиційного етнічного природокористування тощо.

Наступний класифікаційний **гіперклас** критеріїв має **комплексний** характер має і у своїй структурі такі **класи**: **біоландшафтної натуральності/квазіприродності та відносного фонового біоландшафтного «різноманіття»**, **природоохоронно-типові**, **територіально-типові** та **гідроінвайронментні**.

**Критерій біоландшафтної натуральності/квазіприродності та відносного фонового біоландшафтного «різноманіття»** передбачає наявність на території моделювання регіональної екологічної мережі геосистем (ділянок геосистем), які знаходяться у природному чи/або квазіприродному/майже природному (мало порушеному) стані та є репрезентативними для зони та/або регіону чи його частини за типом біоугруповань, а також природно-антропогенних/антропогенно-природних геосистем чи їх ділянок/плям із підвищеними, на фоні значно фрагментованих та трансформованих ландшафтів, показниками біорізноманіття, і які, відповідно, потенційно можуть стати елементами майбутньої екомережі такого регіону.

**Примітки.**

1. Для сильно урбанізованих та антропогенно трансформованих регіонів, де природний рослинний покрив майже повністю знищений, кожна ділянка з рослинністю, яка хоча б наближено відповідає природним параметрам, має бути включена до екомережі і/або розглядатися як один із її потенційних структурних елементів.

2. На територіях, де біорізноманіття було значно збіднене чи/або фактично повністю знищене (осушені торфовища, деградовані лучні та степові природні пасовища, зріджені ліси, агроценози інтенсивного використання) важливим залишається збереження саме середовищ його існування, які за певних умов потенційно можуть стати елементами екомережі.

3. Для ділянок, на яких природний рослинний покрив зберігся добре і відзначається незначною фрагментованістю, у якості ключових мають обиратися лише найцінніші геосистеми.

**Природоохоронно-типові критерії** на рівні типу можна підрозділити на *созологічно-типові* та *статусно-типові*. Перший тип передбачає наявність у регіоні моделювання об'єктів, що належать до природно-заповідного фонду (ПЗФ) певного типу (природного заповідника, біосферного заповідника, національного природного парку, регіонального ландшафтного парку, пам'ятки природи, заказника, заповідного урочища тощо) й елементів міжрегіональних екомереж. Другий тип критеріїв покликаний ідентифікувати ділянки, які належать до інших природних і/або перетворених територій, які особливо (спеціально) охороняються (у лісовому господарстві, мисливстві тощо).

Наступним класифікаційним класом критеріїв є **територіально типові**, відповідно до яких елементи моделювальної екомережі мають відповідати таким параметричним особливостям (на рівні типу): *достатньої розмірності, суцільності, типової/екотопічної відповідності, територіальної зв'язності/прохідності*.

**Критерій достатньої розмірності** передбачає достатність певних параметрів (площі, ширини, довжини) об'єктів для ефективного виконання ними природно-соціально-економічних функцій (*ПСЕФ*) (за [5]), які властиві певним елементам екомережі та їх типам.

За умов значної фрагментованості, а тому часто ізольованості квазіприродних/природно-антропогенних/антропогенно-природних ландшафтів регіону моделювання, важливим, на нашу думку, є виділення у рамках критерію достатньої розмірності – *критерію мінімальної життєздатної популяції* (МЖП), який є виразником чисельності популяції, за якої із заданою високою імовірністю (часто приймається  $P=0,95$ ) забезпечується її здатність до самовідтворення протягом екологічно тривалого часу (протягом майбутніх сторіч), а також наявність генетичної мінливості, достатньої для того, щоб за рахунок природного відбору адаптуватися до змін умов навколишнього середовища.

**Примітка.**

В умовах сильно фрагментованих ландшафтів, коли більшість біотичних плям мають невеликі площі й не зв'язані між собою, ізоляція розглядається як основний чинник вимирання популяцій та втрати біорізноманіття ландшафтів.

Відповідність можливих елементів регіональної екомережі *критеріям суцільності чи/або дифузійності* передбачає суцільність чи/або допустимість для певного типу поєднуваних екоядер і екокоридорів міри фрагментованості/дифузійності, які не обмежують (ліквідовують) їх необхідні біоміграційно-розселювальні і/або генофондно-обмінні функції та, зазвичай, обумовлюють/лімітуються допустимими відстанями між фрагментами екокоридорів.

**Примітка.** У випадку екоядер даний підтип критеріїв покликаний ідентифікувати цінні у біоекологічному чи/або ландшафтному відношеннях ділянки представлені суцільним масивом, або масивів де є незначні за площею вікна антропогенно-змінених ділянок, а за умов значної фрагментованості ландшафтів та рослинного покриву – цінних ділянок, які розміщені неподалік одна від одної і просторово пов'язані у локальну екомережу.

**Критерій типової/екотопічної відповідності** вказує на те, що територія екокоридору за своїми едафічними умовами повинна бути подібною до ключових територій, які він поєднує або забезпечувати умови для тимчасового перебування для біовидів, які мігрують на великі відстані.

Критерій *територіальної зв'язності/прохідності* за [1, 2] передбачає відсутність у внутрішній структурі можливих елементів екомережі міграційних бар'єрів та інших чинників, що перешкоджають виконанню ними необхідних *ПСЕФ* та міграції чи розселенню більшості біовидів.

**Примітка.** Під територіальною зв'язністю розуміють ступінь зв'язку між окремими біотичними плямами, які складають ЛТС: чим цей ступінь більший, тим інтенсивніші біотичні зв'язки між

плямами, тим більше особин може мігрувати між ними, тим загалом вищою є генетична мінливість популяцій і краще реалізується мета популяційний механізм їх виживання.

Оскільки в **плямистих і біотично-мережевих ЛТС** зв'язок між біотичними плямами забезпечується різними типами потоків, відповідно – через дифузію та каналізовані потоки (екокоридори), то й підходи до оцінювання зв'язності цих ЛТС дещо відрізняються.

**Примітки.**

1. Плямисті ЛТС формуються у результаті вирізнення на загальному тлі ландшафту його окремих контурів – плям, які подібні між собою у морфолого-субстанційному плані, й різко відрізняються від усіх інших геотопів, які розглядаються як фон ландшафту й відмінності між якими не вважаються суттєвими, наприклад, плями квазіприродної рослинності на фоні сильно антропоїзованої території.

2. Виділення у подальших наших дослідженнях певного інтегрального показника зв'язності буде актуальним в аспекті моделювання регіональних екомереж сильно фрагментованих територій, оскільки їх можна охарактеризувати як такі, що умовно складаються із ізольованих плямистих ареалів рослинності (плямисті ЛТС), а також відповідних ділянок, котрі можна об'єднати мережею (біотично-мережеві ЛТС).

У **біотичних плямистих ЛТС** взаємозв'язок плям забезпечується явищем **ефективної біотичної дифузії**, яка обумовлена експоненційно залежними показниками, *по-перше*, відстанню на якій може здійснюватись взаємозв'язок між плямами/потенційними екоядрами (відповідає радіусу дифузії), *по-друге*, стохастичним розподілом частот міграцій біовидів на певні відстані.

Виходячи з таких міркувань, стохастичність зв'язку між двома біотичними плямами/потенційними екоядрами, що знаходяться на відстані  $d$  одна від одної, можна оцінити за індексом **2.26**. а зв'язність кожного  $i$ -го потенційного екоядра **2.27**.

Здійснення реальних розрахунків за запропонованими індексами зв'язності є досить складним/проблематичним, оскільки вимагають даних стосовно чисельності популяції  $N_j$  у різних біотичних плямах/потенційних екоядрах, а тому замість оцінок чисельності популяції  $N_j$  доцільно використовувати площі цих плям/екоядер  $S_j$ .

**Примітки.**

1. Зв'язність плямистих ЛТС є неоднаковою для різних біовидів.

2. Використовуючи індекси зв'язності при моделюванні регіональних екомереж слід виходити не із узагальнених оцінок зв'язності для всіх біовидів, а з таких, які б забезпечили збереження та відновлення необхідних цільових популяцій чи/або видів.

Істотним недоліком вищезгаданих індексів є також повне нівелювання ними фону ландшафту, який, наприклад, у сильно фрагментованих та антропоїзованих умовах зазвичай є несприятливим для здійснення біоміграційно-розселювальних та/або генофондообмінних функцій (може містити певні неподоланні перешкоди – автошляхи, річки, лісосмуги, населені пункти, промислової забудови тощо). Тому пропонується здійснювати оцінку бар'єрного фону ландшафту із врахуванням поведінкових особливостей та закономірностей дифузії тварин та рослин відповідно, що зрештою і дасть змогу виявити певні просторові елементи досліджуваного регіону, які становлять перешкоду для міграції видів.

Бар'єрний ефект враховується в оцінці зв'язності між плямами як її лімітуючий фактор, наприклад за індексами **2.28**. табл. 2.

**Примітки.**

1. При аналізі зв'язності біотичних плямистих ЛТС важливо брати до уваги й «провідність» фону ландшафту, яку можуть обмежувати як його квазілінійні елементи, так і ареали міської, сільської забудови, промислові майданчики тощо.

2. Оцінка фону ландшафту здійснюється на основі показників питомої щільності квазілінійних бар'єрів (відношення їх довжини до одиниці площі фону ландшафту); відсотку площі фону, яку займають несприятливі для дифузії місця ландшафту; середньої відстані між бар'єрними геосистемами тощо.

**Зв'язність біотично-мережєвих ЛТС** є оцінкою їх здатності забезпечувати зв'язок між біотичними плямами/потенційними екоядрами шляхом міграції уздовж екокоридорів, зважаючи, *по-перше*, на конфігурацію самої мережі, *по-друге*, на топологічні та інші особливості потенційних екоядер і екокоридорів.

Виходячи із того, що у більшості випадків конфігурації екомереж нагадують граф, вершинами якого є екоядра, а ребрами – екокоридори, то відповідно і для оцінки їх зв'язності можна використовувати індекси зв'язності графів:

$\alpha$ -індекс (**2.29 табл.2**) характеризує наявність і *насиченість* мережі екокоридорів *циклами*. Високі значення  $\alpha$ -індексу вказують на достатню кількість альтернативних шляхів міграції біоцидів із екоядра чи/або на ефективне виконання екомережею своїх біоміграційно-розселювальних функцій (оптимальне значення  $\alpha$ -індексу=1,0).

$\beta$ -індекс (**2.30 табл.2**) оцінює *розвиненість мережі екокоридорів*: при  $\beta < 1$  мережа не має жодного циклу (тобто є графом-деревом); при  $\beta = 1$  – тільки один; при  $\beta > 1$  – декілька циклів; при  $\beta = 3$  всі біотичні плями/потенційні екоядра об'єднуються екокоридорами в цикли, що й можна вважати оптимумом.

$\gamma$ -індекс (**2.31 табл.2**) є відношенням існуючого числа ребер до їх максимально можливого (для даного  $V$ ) числа. Він характеризує *ступінь альтернативності вибору шляхів міграції від однієї плями/потенційного екоядра до інших*. Чим вище його значення, тим коротші (в топологічному розумінні) шляхи міграції між двома довільно обраними біотичними плямами/потенційними екоядрами. При  $\gamma = 1$  кожна пляма/екоядро (тобто через один екокоридор) зв'язана з кожною іншою, що й є оптимальним для біотично-мережевої ЛТС.

Роль окремих біотичних плям/потенційних екоядер у забезпеченні зв'язності екомережі відображають показники параметрів вершин графу, а саме **індекси центральності** чи/або **доступності вершини**, які розраховуються за матрицею, елементи  $a_{ij}$  якої дорівнюють кількості ребер/екокоридорів між вершинами/екоядрами  $i$  та  $j$  (тобто числу ребер, які необхідно пройти, щоб дістатися від вершини  $i$  до вершини  $j$ ). Для оцінки центральності біотичних плям/потенційних екоядер можна, наприклад, використати **індекс Бічема** (**2.32 табл. 2**).

**Примітка.** Індекси центральності розраховуються для всіх потенційних екоядер екомережі, при цьому екоядро з найбільшими значенням  $R_j$  є центральним, тобто шляхи міграції до всіх інших екоядер найкоротші (у топологічному розумінні).

При цьому, *по-перше*, «центральність» позиції екоядра в екомережі має топологічний, а не територіальний характер, тому його роль як центру розселення біовидів екомережею не буде збігатися із розрахованою за графом, *по-друге*, обмеженість показників центральності полягає у ігноруванні різноманіття популяційного складу екоядра, його площі, територіального місцеположення в регіональній екомережі тощо. Тому пропонується синтетичний показник, а саме індекс ролі  $i$ -ї плями  **$SIR_i$**  (**2.33 табл. 2**).

Суттєву роль у зв'язності екомережі відіграє зв'язність її екокоридорів, яка визначає можливості, інтенсивності, відстані міграцій особин і популяцій уздовж екокоридору, тому її ще називають *екокоридорною провідністю*.

**Примітка.** Багатофакторність провідності екокоридору та обмаль емпіричних даних щодо неї не дають змоги оцінити її за допомогою математичної формули. На сьогодні у проектах екомереж вдаються до експертних оцінок провідності екокоридорів. Такий підхід, хоч і є суб'єктивний, дає можливість отримати більш реалістичні оцінки зв'язності екомереж, ніж оцінки, в яких провідність усіх екокоридорів вважається однаковою.

Відповідно до вищезазначеного екокоридори можуть бути сильно-, середньо-, слабо- чи/або умовнозв'язними.

Клас **гідроінвайронментних критеріїв** включає **гідроекосистемні та гідрогеосистемні класифікаційні типи**.

Перший підтип вказує на значущість типовості, унікальності і натуральності ядер і інших ареалів та середовищ мешкання та міграції певних видів гідробіонтів (вищої рослинності (особливо видів із гідрохорним типом розселення), птахів (особливо водоплавних і тих, що гніздяться у заплаві і терасі річки)), а також багатьох видів ссавців.

Другий підтип гідроінвайронментних критеріїв є виразником природно-каркасної значущості геосистем басейнової ЛТС чи/або геотаксонів водних об'єктів.

**Примітка.** Екоядрами зважаючи на запропоновані критерії потенційно можуть бути витoki річок, джерела виходу підземних і ґрунтових вод, озера, ставки, стариці з протоками, заплавні луки, плавні, болота і болотяні масиви, природні нерестовища, нагульні водні об'єкти, штучно відновлені зимувальні ями в гирлах випрямлених русел річок, природні нерестовища тощо, а за екокоридори можуть правити незарегульовані профілі річок із постійною якістю води, збереженими в природному стані притоками першого порядку і гирловими ділянками, притоки другого та інших порядків (у тому числі і струмки), які сполучають заплавні озера і стариці з основним руслом річки, малі річки, тимчасові русла тощо.

Окремим класифікаційним таксоном виступає клас **специфічних комплексних критеріїв**, відповідно до якого можливі елементи екомережі доцільно відносити лише до ядер, або екокоридорів, або зон потенційної ренатуралізації.

#### **Висновки та перспективи досліджень.**

1. Розроблена класифікаційна схема критеріїв ідентифікації можливих елементів регіональних екомереж структурно-багатоманітних та антропізованих територій систематизує і удосконалює наявні критерії моделювання екомереж, а також містить нові за змістом критерії (в основному на рівні класів і типів). У її основу було покладено спадний ієрархічний ланцюжок класифікаційних таксонів «гіперклас – клас – тип (підтип) – вид (підвид)». Загалом було виділено три гіперкласи критеріїв: біоекосистемний/біоекологічний/біотичний, геосистемний, комплексний, із подальшим їх поділом на класи, типи (і підтипи за їх наявності). Так, біоекосистемні критерії було підрозділено на біопопуляційні, біоценотичні біоценотичні/ценотичні критерії, критерій регіональної ландшафтної, популяційної та видової геотонності/екотонності та загальні біоекосистемні критерії; геосистемні критерії – на ландшафтної унікальності, ландшафтного різноманіття (хоричного/хорологічного, типового/типологічного, складності ЛТС (інтегральні-1), інтегральні-2, контрастності ЛТС), ландшафтної репрезентативності, історико-культурної значущості ландшафтів); комплексні критерії мали у своїй структурі критерії біоландшафтної натуральності/квазіприродності та відносного фонового біоландшафтного «різноманіття», природоохоронно-типові (созологічно-типові, статусно-типові), територіально-типові (достатньої розмірності: критерій мінімальної життєздатної популяції, суцільності, типової/екотопічної відповідності, територіальної зв'язності/прохідності), гідроінвайронментні (гідроекосистемні, гідрогосистемні) та специфічні критерії. На рівні виду та підвиду кожен критерій мав семантичні (змістові) та параметричні (метричні і/або топологічні) виразники.

2. Запропонована класифікаційна схема критеріїв має можливість її подальшої модифікації, зокрема, зважаючи на конкретний регіон моделювання регіональних екомереж, безпосередній аналіз і тестування ефективності запропонованих параметричних показників, а також зіставність та зручність для картографічного втілення засобами ГІС. Крім того, перспективними для подальших досліджень можна вважати критерії, що стосуються рівня стану об'єктів моделювання, зокрема, їх стійкості, надійності та ефективності функціонування.



### Список літератури

1. Гродзинський М.Д. Пізнання ландшафту: місце і простір : у 2-х т. / М. Д. Гродзинський. – К. : ВЦ Київський університет, 2005. – Т.2. – 503 с.
2. Гродзинський М. Д. Ландшафтна екологія: підручник / М. Д. Гродзинський. – К. : Знання, 2014. – 550 с.
3. Домаранський А. О. Ландшафтне різноманіття : сутність, значення, метизація, збереження / А. О. Домаранський. – Кіровоград : ІМЕКС-ЛТД, 2006. – 146 с.
4. Разработка концепции экологических коридоров в трансграничных участках бассейна реки Днепр. Финальный отчет / Под рук. М. Д. Гродзинського : КНУ им. Тараса Шевченко. – К., 2002. – 110 с.
5. Самойленко В.М. Геоінформаційне моделювання екомережі / В. М. Самойленко, Н. П. Корогода. – К. : Ніка-Центр, 2006. – 224 с.
6. Самойленко В. М. Оптимізація вимірювання розрахункових показників при моделюванні басейнової екомережі / В. М. Самойленко, Н. П. Корогода // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2009. – Т. 17. – С.15-26.
7. Самойленко В. М. Критерії рівня природно-каркасної значущості та стану об'єктів моделювання екомережі в річкових басейнах / В. М. Самойленко, Н. П. Корогода // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3(20). – С.8-21.
8. Самойленко В. М. Визначення розрахункових показників при моделюванні екомережі в басейнах річок на різних територіальних рівнях проектування / В. М. Самойленко, Н. П. Корогода // Фіз. географія та геоморфологія. – 2010. – № 3(60). – С.57-62.
9. Самойленко В. М. Класифікація меж елементів позиційно-динамічної структури ландшафту / В. М. Самойленко, О. С. Маляренко // Фіз. географія та геоморфологія. – 2013. – Вип.3(71). – С.62-72.
10. Шеляг-Сосонко Ю. Р. Концепция, методы и критерии создания экосети Украины / Шеляг-Сосонко Ю. Р., Гродзинский М. Д., Романенко В. Д. – К. : Фитосоциоцентр, 2004. – 144 с.
11. Шеляг-Сосонко Ю.Р. Формування регіональних схем екомережі (методичні рекомендації) / Ю. Р. Шеляг-Сосонко. – К. : Фітосоціоцентр, 2004. – 71 с.
12. Шищенко П. Г. Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании / П. Г. Шищенко. – К. : Фитосоциоцентр, 1999. – 284 с.
13. Яцентюк Ю. В. Екомережа Вінницької області / Ю. В. Яцентюк. – Вінниця : Едельвейс і К, 2011. – 126 с.
14. <http://www.menr.gov.ua/index.php/protection/protection8>.

**Маляренко О. С. Критерії ідентифікації можливих елементів регіональних екологічних мереж для структурно багатоманітних та антропоізованих територій.** Розроблено класифікаційну схему критеріїв ідентифікації можливих елементів регіональних екомереж для структурно-багатоманітних та антропоізованих територій, яка систематизує і удосконалює наявні критерії моделювання екомереж, а також містить нові за змістом критерії. Запропоновано також параметричні виразники кожного із критеріїв, імплементація яких у процес моделювання екомереж має реалізувати принцип геоекоекологічно-економічного збалансованого (усталеного) розвитку територій.

*Ключові слова:* критерій, моделювання, регіональна екологічна мережа, фрагментований, антропоізований.

**Malyarenko O. S. Criteria for identifying of possible elements of regional ecological networks for structurally multi-mode and anthropogenically transformed territories.** The classification of criteria for identifying of possible elements of regional ecological networks for structurally multi-mode and anthropogenically transformed areas was created. It organizes and improves existing criteria for ecological networks modeling and includes some new content criteria as well. The parametric exponents for each of the criteria in according to their ability for implementation into ecological networks simulating process modeling were proposed which in turn should actualize the principles of geo-economic sustainable development of a territory.

*Keywords:* criterion, simulation, regional ecological network, fragmented, anthropogenically transformed.

**Маляренко А. С. Критерии идентификации возможных элементов региональных экологических сетей для структурно-многообразных и антропоизированных территорий.** Разработана классификационная схема критериев идентификации возможных элементов региональных экосетей для структурно-многообразных и антропоизированных территорий, которая систематизирует и совершенствует имеющиеся критерии моделирования экосетей, а также содержит новые по содержанию критерии. Предложено также параметрические выразители каждого из критериев, имплементация которых в

процесс моделирования экосети должна реализовать принцип геоэкологически-экономического сбалансированного (устойчивого) развития территорий.

*Ключевые слова:* критерий, моделирование, региональная экологическая сеть, фрагментированный, антропоизированный.

*Надійшла до редколегії 03.09.2014*

УДК 551.40

**Бездухов О. А.**

*Ніжинський державний університет  
імені Миколи Гоголя*

### **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ БАЛЬНИХ ОЦІНОК ПРИ ЕКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГІЧНОМУ ОЦІНЮВАННІ ТЕРИТОРІЇ**

*Ключові слова:* еколого-геоморфологічний аналіз, метод бальних оцінок, інтегральна оцінка еколого-геоморфологічного стану геоморфосфери

**Постановка проблеми.** Здавна людина приділяла особливу увагу навколишньому середовищу, неусвідомлено оцінюючи його при виборі місця проживання та господарювання, при цьому чільним фактором, як правило, залишався рельєф.

Оцінка будь-якого явища, в тому числі і умов природокористування, – процес складний. Уже в XIX столітті з появою нових напрямків в науках про Землю – екології та антропогеографії – природному середовищу стала відводитися додаткова роль в життєдіяльності людського суспільства, а саме оцінювався його вплив на економіку, техніку, політичний устрій і психіку людей. Іншими словами, природне середовище стало розглядатися з соціально-економічної точки зору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розуміння ролі природного середовища на сучасному етапі ґрунтується на дослідженнях XX століття, метою яких було вивчення територій різного масштабу з метою виявлення ступеня їх придатності для життєдіяльності населення. Аналізом даних питань займалися вчені багатьох напрямків географії, екології та геоекології.

Екологічне мислення і екологізація географічної науки і, зокрема, геоморфології – відмінна риса сучасності. Підняті вченими еколого-геоморфологічні проблеми відобразилися в працях як вітчизняних [7, 9, 16, 18-20], так і зарубіжних фахівців [11, 17]. Теоретичні аспекти екологічної геоморфології набули рис практичного застосування у вигляді регіонального еколого-геоморфологічного аналізу [4, 7, 8, 12].

Постановка завдання. В останні десятиліття широке поширення набуло поняття «еколого-геоморфологічний аналіз» – метод, який передбачає вивчення взаємодії компонентів і підсистем, речовинних та енергетичних потоків між ними, з'ясування кількісної оцінки різних видів антропогенного впливу на геоморфосистеми, дослідження стану геоморфосистем, які різняться між собою за морфологією, спектром та динамікою процесів, стійкістю й релаксаційною здатністю, можливостями їх використання різними галузями господарства, характером сучасної та прогнозованої ситуацій [5].

Еколого-геоморфологічний аналіз включає оцінку впливу рельєфу на стан екосистеми; виявлення шкідливих впливів геоморфологічних умов на соціосферу; оцінку і прогноз несприятливих проявів екзогенних процесів при певному виді (видах) господарського використання території; розробку рекомендацій щодо зниження наведених вище впливів; збереження і контрольовану зміну геоморфологічних умов території при її господарському використанні [13].