

УДК 528.854:551.4(477.4)

## Аналіз ландшафтного різноманіття Українського Полісся за 2001–2012 рр. на основі класифікованих космічних знімків EOS/MODIS

О. В. Краснопір \*

ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України", Київ, Україна

Виконано розрахунки ландшафтних метрик на територію Українського Полісся для 2001 та 2012 років в програмі FRAGSTATS. Обґрунтовано оптимальний розмір ковзаючого вікна (moving window) для побудови зображень просторового розподілу метричних значень. Визначено набір метрик класового рівню, які найбільш широко характеризують особливості ландшафтного різноманіття регіону. За отриманими даними проведено аналіз ландшафтного різноманіття Українського Полісся станом на 2001 та 2012 роки, дана оцінка його просторово-часових змін за даний період, а також виявлені певні особливості та тенденції цих змін.

**Ключові слова:** ландшафтне різноманіття, космічні знімки, класифікація, ландшафтні метрики, FRAGSTATS, Українське Полісся

© О. В. Краснопір 2015

Одним із основних видів природоохоронної діяльності в Україні останні десятиліття є збереження ландшафтного різноманіття (ЛР) та зупинення його процесів, що призводять до його зменшення. Пріоритетні напрямки стосовно цих заходів були визначені Всеєвропейською стратегією збереження біологічного та ландшафтного різноманіття [2].

Просторова конфігурація та склад елементів ландшафту відіграють важливу роль в екологічній функціональності та біологічному різноманітті будь-якого природного середовища. Багато уваги було приділено розробці методів кількісної оцінки структури ландшафту, зокрема на основі ландшафтних показників (метрик), які знайшли широке застосування в дослідженнях просторових змін структурної неоднорідності таких складних природно-територіальних комплексів, як ландшафт.

Практично всі кількісні показники, які застосовуються при аналізі неоднорідності ландшафтів, були взяті з біогеографічної науки, де вони використовуються для оцінки біологічного різноманіття. Останнє тісно пов'язане з ландшафтними особливостями місцевості, які відображають характерні риси рослинних та тваринних угруповань [1].

Стрімкий розвиток у сфері дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) надав широкі можливості використання космічних знімків та класифікованих зображень для оцінки різноманіття природно-антропогенних ландшафтів [3–5, 8, 10, 11]. На відміну від аерофотозйомки, ДЗЗ, зважаючи на різноманіття сучасних сенсорних систем, забезпечує даними, які є придатними для використання не лише на локальному, а й на регіональному та глобальному

рівнях [6]. Характеристики ландшафтів, які досліджуються за космічними знімками, отримують не тільки якісну, а й кількісну оцінку. З такою метою можуть бути використані математично-статистичні підходи реалізовані в програмних середовищах на кшталт FRAGSTATS. Крім того, дані довготривалих зйомок роблять можливим виконання оцінки просторово-часових змін ЛР за досить тривалий час.

### Територія дослідження

В даній роботі територією дослідження є Українське Полісся, яке простягається з північного заходу на північний схід через всю територію країни, і займає південну частину великої природної зони мішаних лісів Східно-Європейської рівнини. За територіальним розподілом, цей ландшафтний регіон охоплює більшу частину Волинської, Рівненської, Житомирської, Київської, Чернігівської й Сумської областей. Полісся розташоване в межах басейнів Дніпра, Прип'яті, верхів'я та середньої течії Західного Бугу. Характерною ознакою цього регіону є переважання низовинної, заболоченої і залісненої території.

Як і для будь-якої місцевості літогенною основою ландшафтів Українського Полісся є геологічна будова і рельєф, які визначають характер похідних компонентів природного територіального комплексу — рослинність, тваринний світ, ґрунти. Територія Українського Полісся характеризується мішано-лісовими хвойно-широколистяними ландшафтами, переважна частина яких представлена терасовими, перезволоженими та заболоченими територіями. Крім того для даного регіону характерними є заплави лучно-болотного ландшафту.

\* krasnopir\_ov@meta.ua

## Матеріали та методика дослідження

Вихідними матеріалами є дані продукту MOD12 Land\_Cover за 2001 та 2012 роки. Даному продукту відповідають класифіковані знімки земного покриття за різними варіантами класифікацій з просторовою розрізненністю в 500 м. В дослідженні були використані зображення класифікації IGBP, яка в загальному випадку відображає земну поверхню по 17 класам (рис. 1).

Попередня та постобробка знімків (рис. 2) були виконані в програмному середовищі ArcGIS 10.2. Розрахунок ландшафтних метрик зроблений у відкритій програмі “FRAGSTATS” [9], на двох рівнях:

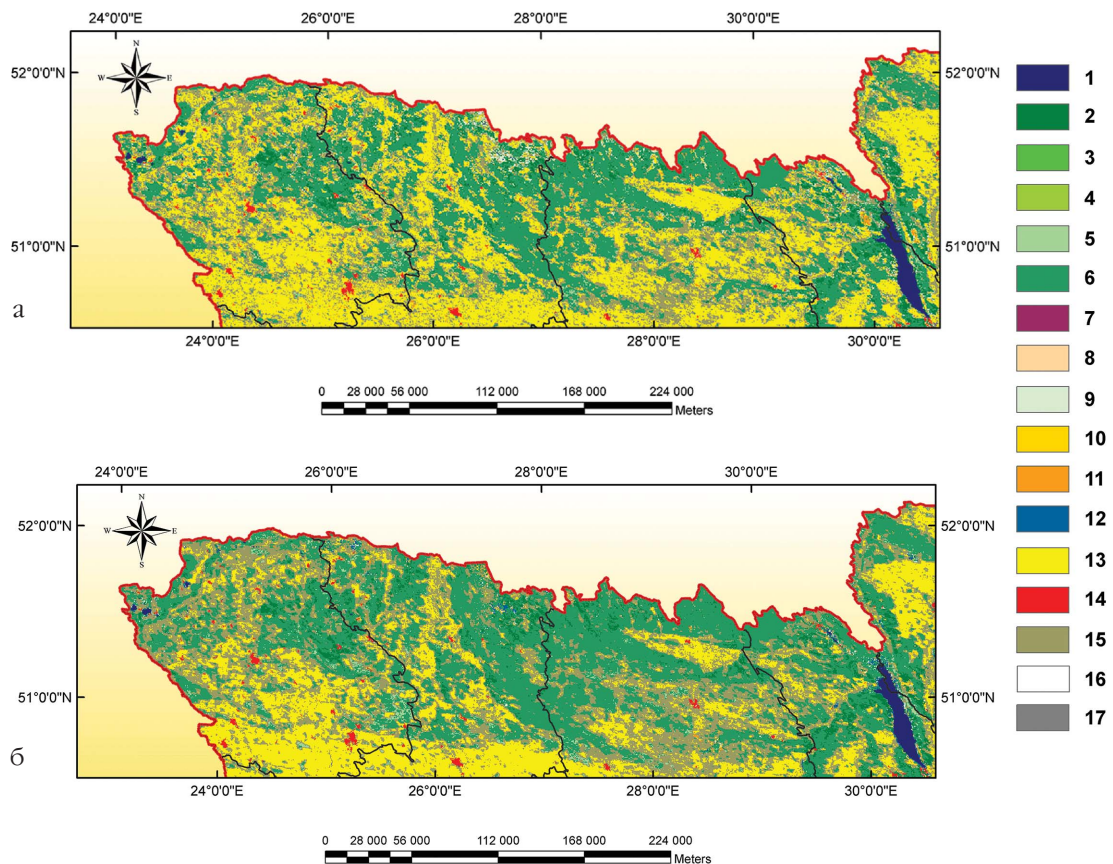
- класовий рівень. Розраховано 13 метрик для 16 класів (площа класу, кількість фрагментів, індекси форми, об'єднаності, суміжності та ін.);
- ландшафтний рівень. Розраховано 6 метрик для всієї мозаїки класифікації (індекси різноманіття та однорідності Шеннона і Сімпсона, індекс щільності ландшафтного різноманіття, кількість класів на одиницю площі).

Відібраний шар Land\_Cover\_Type 1\_(IGBP) з наборів даних MOD12 2001 та 2012 років для зручності

був конвертований в TIFF-формат. Після виділення території інтересу, знімки зберігались в форматі ASCII для подальшої обробки. На основі двох файлів .asc, засобами програми FRAGSTATS розраховано 72 зображення метрик ландшафтного рівня, та 416 значень метрик класового рівня в табличному вигляді.

В результаті виконаної роботи були отримані тематичні карти по 6 ландшафтних метриках за 2001 та 2012 роки з використанням різних діаметрів кіл ковзаючого вікна.

Вибір діаметра ковзаючого кола (або ширина вікна) ґрунтується на охопленні максимального діапазону даних. Таким чином при аналізі зображень, які були отримані при застосуванні кола діаметром 1 500 м відсутня можливість визначення основних тенденцій просторового розподілу значень (рис. 3.а). Якщо збільшити діаметр до 10 000 м спостерігається зменшення просторової розрізненості інформації на зображенні (рис. 3.б). Методом порівняння діапазонів значень для шести метрик, які були розраховані на основі використання ковзаючих кіл діаметрами 1 500, 3 000, 4 500, 6 000, 10 000 м було виявлено, що найбільш широкі діапазони мають метрики отримані з діаметром ковзаючого кола в 4 500 м. Про



**Рис. 1.** Вихідні класифікації земного покриття на територію Українського Полісся продукту MOD12 (а – 2001 р., б – 2012 р.). Класи IGBP: 1 – вода; 2 – вічнозелені хвойні ліси; 3 – вічнозелені широколистяні ліси; 4 – листопадні хвойні ліси; 5 – листопадні широколистяні ліси; 6 – мішані ліси; 7 – непрохідні чагарники; 8 – прохідні чагарники; 9 – рідколісся з лісовим покриттям в 30–60%; 10 – рідколісся з лісовим покриттям 10–30%; 11 – трав'яний покрив; 12 – постійні водно-болотні угіддя; 13 – с/г угіддя; 14 – урбанізовані території та забудова; 15 – природна рослинна мозаїка з орними землями; 16 – сніг та лід; 17 – відкриті ділянки з рідким рослинним покриттям

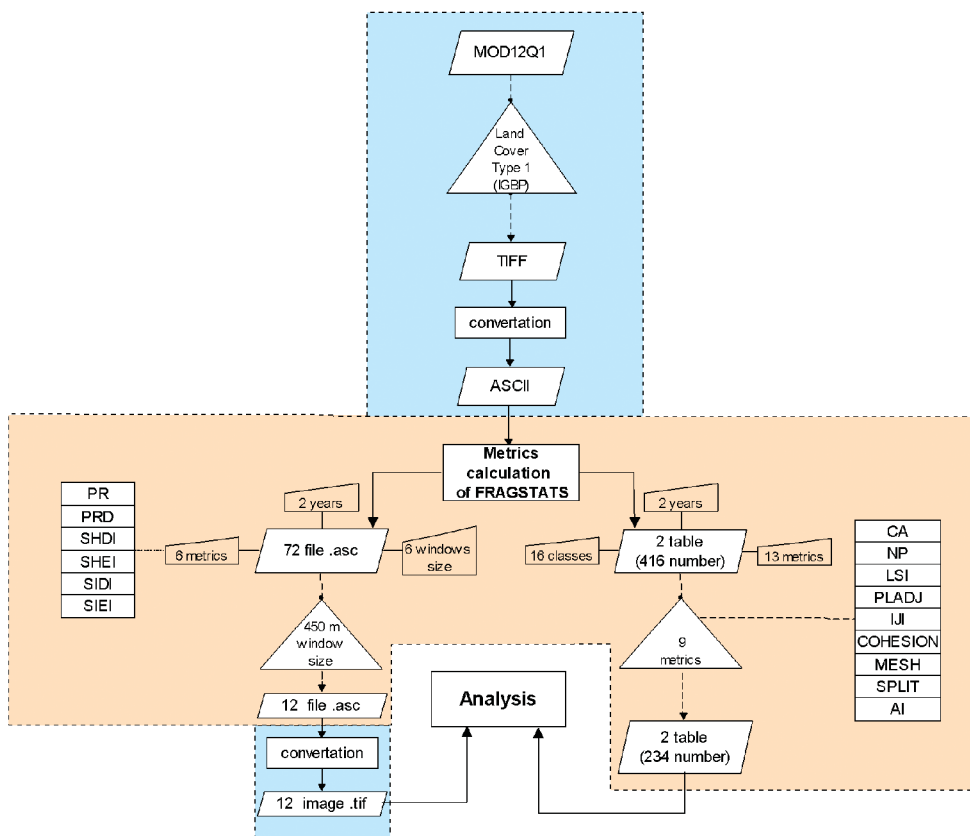


Рис. 2. Алгоритм розрахунку ландшафтних метрик. Блакитним виділено етапи виконані в ArcGis 10.2, рожевим — в програмі FRAGSTATS

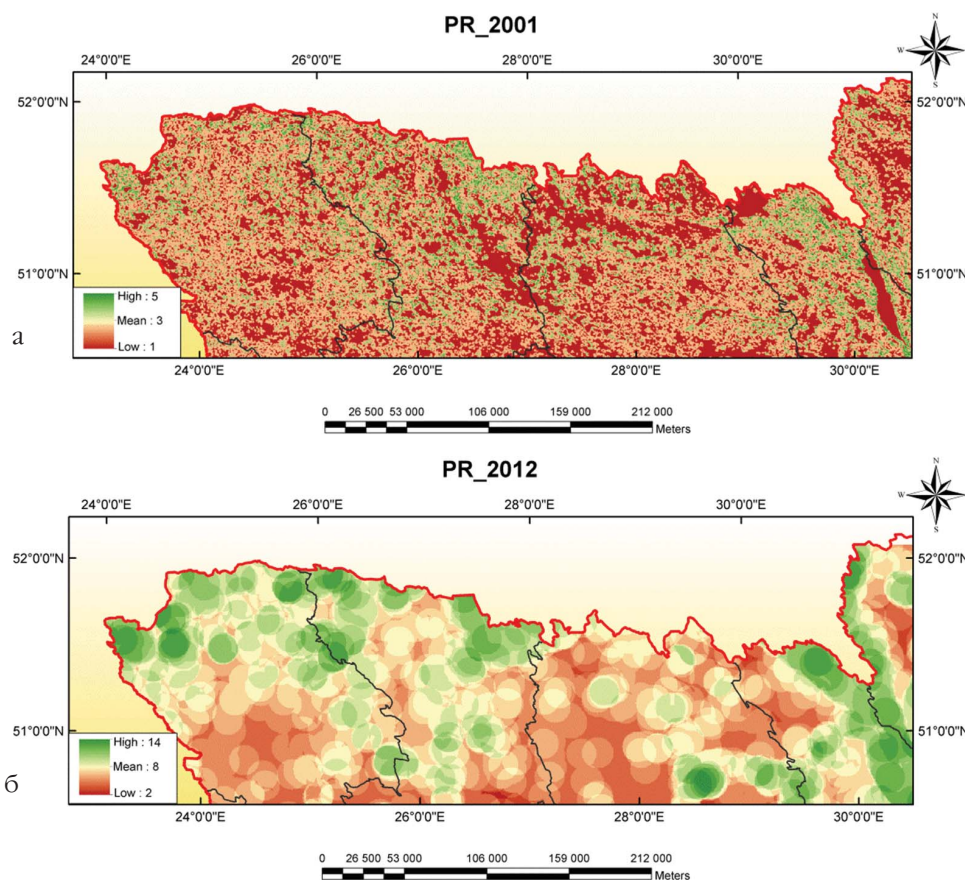


Рис. 3. Просторовий розподіл показника PR для 2001 року. Діаметр кола ковзаючого вікна: а — 1 500 м; б — 10 000 м  
 Online ISSN 2313-2132

це свідчить діапазон кількості класів, максимальна ширина якого в середньому за два роки становить 14 класів, що відповідає діаметрам 4 500 та 6 000 м.

При цьому, зважаючи на те, що діапазонам значень інших метрик характерне спадання при застосуванні кола діаметром 6 000 м, вирішено в подальшому аналізі використовувати зображення, отримані на основі використання кола діаметром 4 500 м (табл. 1).

Отже в кінцевому результаті для аналізу ландшафтного різноманіття було використано 12 (по 6 за кожний рік) зображень наступних метрик: Patch Richness (PR) — число фрагментів (патчів), Patch Richness Density (PRD) — щільність ландшафтного різноманіття, Shannon’s Diversity Index (SHDI) — індекс Шеннона, Shannon’s Evenness Index (SHEI) — індекс однорідності Шеннона, Simpson’s Diversity Index (SIDI) — індекс Сімпсона, Simpson’s Evenness Index (SIEI) — індекс однорідності Сімпсона.

Крім зображень просторового розподілу значень показників ландшафтного різноманіття, із розрахованих 13 метрик класового рівня, був визначений набір наступних, які були використані в подальшому аналізі (рис. 2): Total area (CA) — площа класу, Number of Patches (NP) — кількість фрагментів у класі, Landscape Shape Index (LSI) — індекс форми, Percentage of Like Adjacencies (PLADJ) — відсоткова частка класової суміжності по фрагментах, Interspersion and Juxtaposition Index (IJI) — індекс сусідства та межування, Patch Cohesion Index (COHESION) — індекс зв’язності, Effective Mesh Size (mesh) — розмір ефективної сітки, Splitting Index (SLIPT) — індекс розщеплення, Aggregation Index (AI) — індекс об’єднання.

Даний відбір ґрунтується на виявленні тих метрик, які мають суттєво відмінні значення для різних типів земного покриву Українського Полісся.

Теоретичні основи розрахованих ландшафтних метрик детально описані в [9].

## Результати

За попереднім аналізом змін земного покриву впродовж досліджуваного періоду, слід відзначити, що загальна площа залісненої території збільшилась на 17%, мозаїки орних земель з натуральною рослинністю — на 26%, водно-болотних угідь (ВБУ) — на 603% ( в 2001 році — 6 568 га, а в 2012 році — 46 151 га). Це все є наслідком різкого зменшення інтенсивності сільськогосподарської діяльності за останні десятиріччя, яке підтверджується результатами порівняння площ орних земель, що скоротились на 25%.

Отримані зображення значень ландшафтних метрик були генералізовані шляхом групування значень на 4 групи (табл. 2).

Діапазон метрики PR, яка розраховується без врахування просторового розміщення фрагментів класів в межах ландшафту, в 2001 році становить 1–15 класів. Розподіл значень характеризується досить плавним переходом від максимальної кількості класів до мінімальної з півночі на південь (рис. 4.а). Особливо висока різноманітність ландшафтних елементів притаманна територіям природо-заповідного фонду (ПЗФ), зокрема на крайньому північному заході Волинської області — НПП “Шацький” та на півночі — НПП “Прип’ять-Стохід”. На території Рівненщини найвищі значення цього показника характерні для території Рівненського природного заповідника. В межах Київського Полісся PR досягає свого максимуму на прибережних територіях Дніпра. За 11 років розподіл значень даного показника значно змінився: більш ніж на половину скоротились площі територій з PR вище 5, при цьому території зі щільністю розподілу до 5 класів на одиницю площі збільшились майже на 79% (табл. 3).

Особливо “бідно” класова різноманітність 2012 року представлена в межах Житомирського Полісся,

**Таблиця 1**

Середня ширина діапазонів за 2001 та 2012 роки для ландшафтних метрик за різними діаметрами кола ковзаючого вікна

метрика/ розмір вікна	800 м	1 500 м	3 000 м	4 500 м	6 000 м	10 000 м
PR	4	10	13	14	14	13
PRD	3.73	1.61	0.52	0.25	0.19	0.04
SHDI	1.61	2.26	2.24	2.19	2.16	1.95
SIEI	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.92
SHEI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86
SIDI	0.80	0.89	0.88	0.87	0.87	0.82

**Таблиця 2**

Діапазони значень ландшафтних метрик груп (класів) генералізованих зображень

Група/метрика	pr	prd	shdi	siei	shei	sidi
1	5	< 0.07	< 0.6	< 0.3	< 0.3	< 0.2
2	6–8	0.07–0.14	0.6–1.2	0.3–0.5	0.3–0.5	0.2–0.5
3	9–12	0.14–0.21	1.20–1.8	0.5–0.8	0.5–0.8	0.5–0.7
4	13	> 0.21	> 1.8	> 0.8	> 0.8	> 0.7

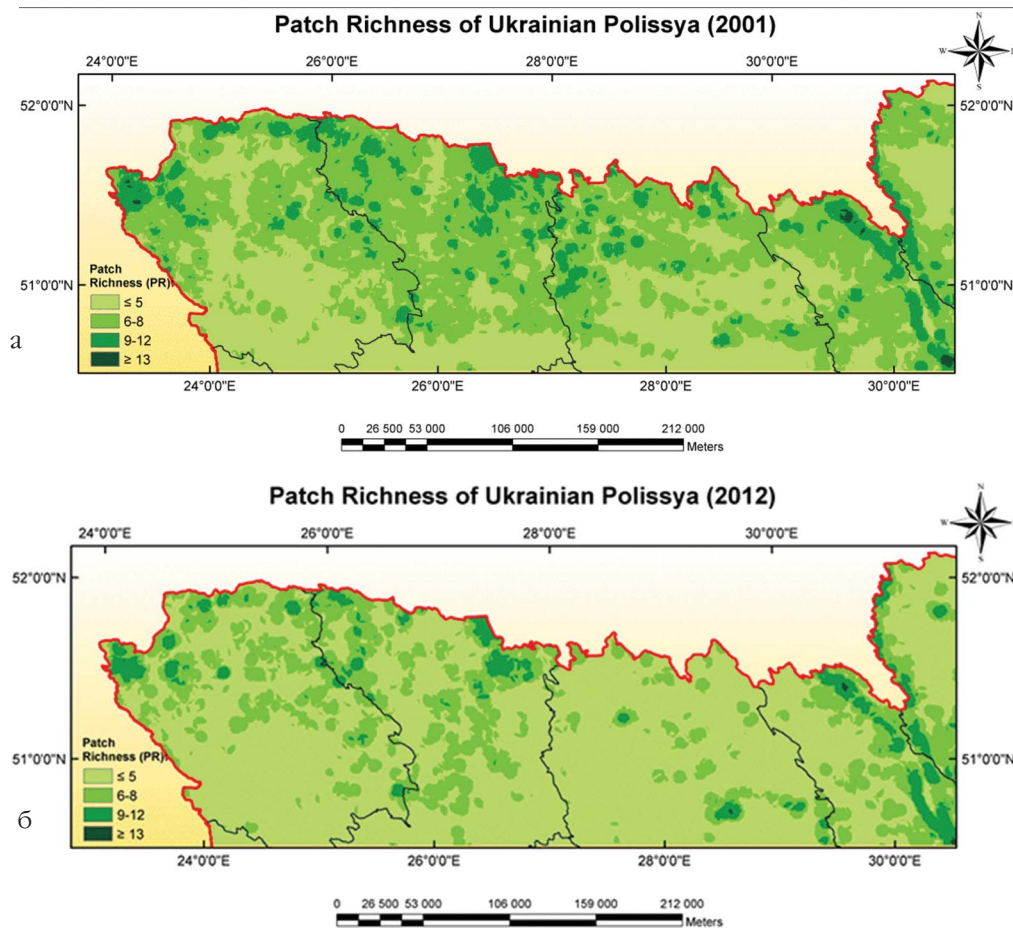


Рис. 4. Груповий розподіл значень показника PR: а — 2001 р., б — 2012 р.

що вказує на значний вплив антропогенної діяльності, який пов'язаний насамперед з видобуванням корисних копалин, меліорацією, розорюванням та вирубкою лісів (рис. 4.б).

PRD, який відповідає щільності ландшафтного різноманіття, нормалізує значення різноманіття до одиниці площі (за замовчуванням 100 га) і є похідною метрикою PR. Високі значення PRD ( $> 0.14$ ) характеризуються неоднорідністю поширення зі збільшенням розрідженості фрагментів 3 та 4 групи з півночі на південь. Зважаючи на спорідненість з метрикою PR, відсоткове значення приростів є дещо подібним.

Індекс різноманітності Шеннона (SHDI) базується на поширеності, тобто чисельності типів фрагментів та рівномірності їх розподілу в межах всього ландшафту. Цей показник в якості інформаційного індексу біорізноманіття широко використовується

ще з середини минулого століття і розраховується за формулою:

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i) \quad (1)$$

де  $i$  — клас,  $m$  — кількість класів в ландшафті,  $P_i$  — частка класу в ландшафті.

Отримані результати на основі розрахунку SHDI підтверджують тенденцію розподілу PRD: площа територій зі значеннями індексу  $> 1.2$  (3 та 4 групи) зменшилась приблизно на половину за досліджуваний період, відповідно, площа територій з невисоким ландшафтным різноманіттям ( $SHDI < 1.2$ ) збільшилась приблизно на 30% (рис. 5).

Індекс однорідності Шеннона (SHEI) полягає у відношенні SHDI до максимального його значення, тобто рівномірного розподілу. Діапазон значень SHEI в межах від 0 до 1, при цьому індекс однорідності

Таблиця 3

Відсоткове значення приросту площ за групами для кожної метрики в період 2001–2012 рр.

Група/метрика	pr	prd	shdi	siei	shei	sidi
1	78.8	72.2	32.7	50.0	46.1	31.2
2	-48.5	11.6	29.3	-2.1	2.2	11.2
3	-50.6	-59.7	-50.6	-0.6	-9.7	4.2
4	-73.4	-50.6	-49.7	-10.2	88.0	-57.2

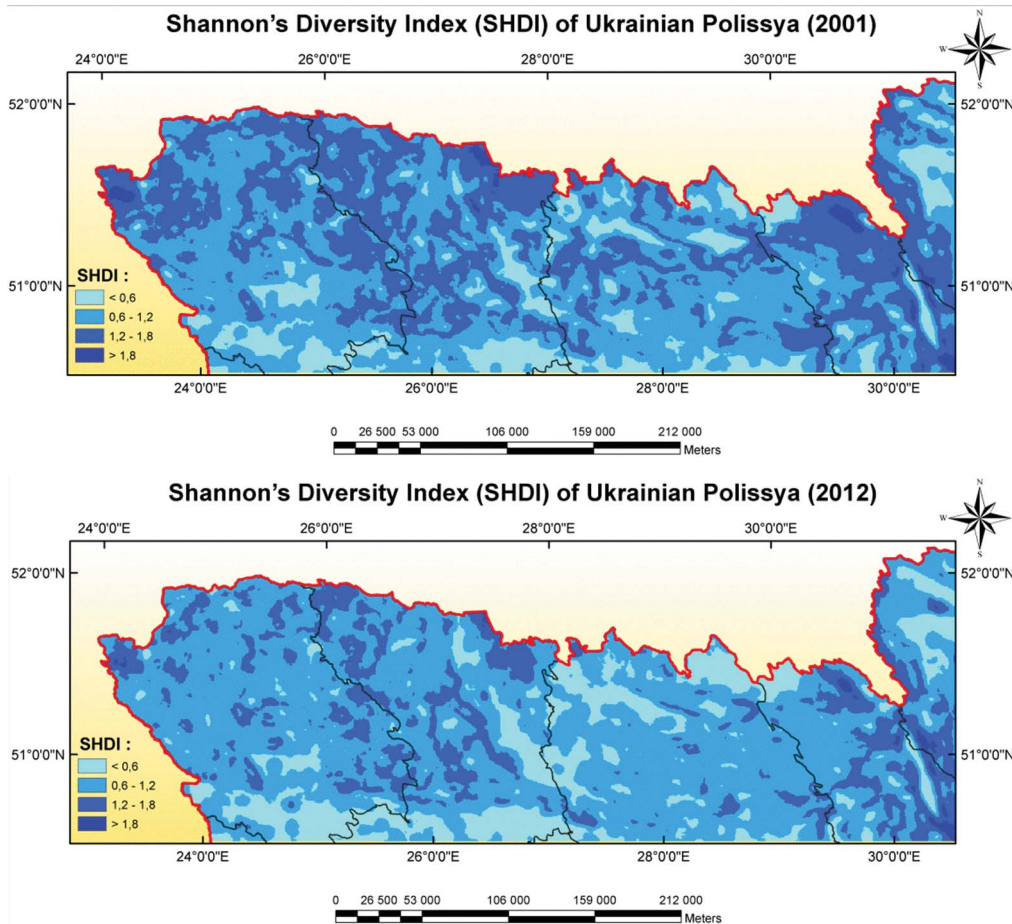


Рис. 5. Груповий розподіл значень показника SHDI: а – 2001 р., б – 2012 р.

наближається до нуля при низькій однорідності, та до одиниці, якщо однорідність висока. Зміни значень даного показника дещо неоднозначні: основна частина площ з середніми значеннями SHEI, в межах 0.3–0.7, залишилась відносно без змін, а площі груп з максимумами та мінімумами збільшились: SHEI < 0.3 — на 46.1%, а SHEI > 0.8 — на 88%.

Індекс різноманітності Сімпсона (SIDI) — ще один широко вживаний показник видової структури ландшафту, суть якого полягає у використанні сум відношень площ класів до загальної площі ландшафту і розраховується за формулою:

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2 \quad (2)$$

де показники  $i, m, P_i$  — ті, що використовуються у формулі (1).

Найбільша ландшафтна різноманітність по SIDI характерна, як і по іншим метрикам, для територій ПЗФ Волинського Полісся, на півночі Київського Полісся та для прибережних ділянок Дніпра, зокрема Київського водосховища. Прирости площ для трьох перших груп значень SIDI є додатними за рахунок зменшення територій з максимальною ландшафтною різноманітністю на 57.2%. Відповідно, площа територій з мінімальними значеннями індек-

су однорідності Сімпсона (SIEI) збільшилася приблизно на 50%, що підтверджує зростання неоднорідності розподілу видових структур ландшафту.

Для аналізу ЛР за класами IGPB, було відібрано 9 метрик, які чітко характеризують особливості ландшафтних структур за типами земного покриття Українського Полісся.

Для території дослідження є характерним розподіл площі між чітко домінуючими класами, до яких відносяться землі с/г призначення, мішані ліси та природна рослинна мозаїка (табл. 4). Склад останніх представлений орними землями, лісами, чагарниками та луками, при цьому не один компонент не займає 60% ділянки [7]. Аналізуючи характер цього розподілу та особливості його змін впродовж 11 років, було виявлено зменшення площі територій земель с/г призначення майже на 25% відносно початкової. При цьому, якщо в 2001 році даний тип покриття займав 37.9% території, то в 2012 — 28.4%. Це підтверджує позитивну тенденцію до зменшення розораності земель, що сприяє підтримці екологічно-сприятливого співвідношення площ різних типів земного покриття і, відповідно, має позитивний вплив на стійкість ландшафтів.

Загальна частка всіх лісових масивів збільшилась на 6.5%, зокрема площа мішаних — на 2.4%. При цьо-

Таблиця 4

Площі типів земного покриву Українського Полісся, їхня відсоткова частка в ландшафті та показники змін за 2001–2012рр.

класи/роки та одиниці	Class Area (CA)				різниця, тис га	різни ця,%	віднос ний приріст, %
	2001		2012				
	га	%	га	%			
Water	66264.36	0.29	64182.19	0.28	-2.08	-0.01	-3.14
Evergreen Needleleaf forest	432832.67	1.87	473874.93	2.04	41.04	0.18	9.48
Deciduous Needleleaf forest	14081.44	0.06	12772.04	0.06	-1.31	-0.01	-9.30
Deciduous Broadleaf forest	121194.87	0.52	154509.50	0.67	3.31	0.14	27.49
Mixed forest	3334790.71	14.39	3899422.27	16.83	564.63	2.44	16.93
Closed shrublands	923.02	0.00	665.43	0.00	-0.26	0.00	-27.91
Open shrublands	603.184	0.03	4250.19	0.02	-1.78	-0.01	-29.54
Woody savannas	258209.89	1.11	2054.12	0.22	-206.16	-0.89	-79.84
Savannas	57763.97	0.25	7663.22	0.03	-50.10	-0.22	-86.73
Grasslands	66822.46	0.29	35375.33	0.15	-31.45	-0.14	-47.06
Permanent wetlands	6568.48	0.03	46151.07	0.20	39.58	0.17	602.61
Croplands	4386240.96	18.93	3292610.78	14.21	-1093.63	-4.72	-24.93
Urban and built-up	101167.45	0.44	101081.58	0.44	-0.09	0.00	-0.08
Cropland/Natural vegetation mosaic	272847.293	1.177	3441066.98	14.85	7 12.59	3.08	26.12
Barren or sparsely vegetated	193.19	0.00	128.79	0.00	-0.06	0.00	-33.33
Evergreen Broadleaf forest	4378.99	0.02	-	-	-	-	-
Snow and ice	-	-	128.79	0.00	-	-	-

му територія під рідколіссям з лісовим покривом в 30–60% (Woody savannas) зменшилась з 258.2 тис. га до 51.2 тис. га, а з лісовим покривом в 10–30% (Savannas) — з 57.8 тис. га до 7.7 тис. га. Землі під трав'яною рослинністю (Grasslands) скоротились майже вдвічі (2001р. — 66.8 тис. га, 2012р. — 35.4 тис. га), а територія земель природної рослинної мозаїки (Cropland/Natural vegetation mosaic) збільшилась на 3.08%.

Незважаючи на незначну частку постійних ВБУ (Permanent wetlands), їхня площа збільшилась в досить великому обсязі. Так, якщо в 2001 році СА для даного класу становила 6.6 тис. га, то в 2012 — вже 46.2 тис. га. Такий характер змін є наслідком зменшення інтенсивності осушувальних меліоративних робіт, широкомасштабність яких в минулому столітті призвела до негативних екологічних наслідків природного середовища цього регіону.

Найбільш фрагментованим класом є землі природної мозаїки: кількість патчів на 2001 рік становить майже 10 тисяч, проте вже в 2012 році NP = 4 023 (табл. 5, 6). Відповідно даний клас характеризується максимальною нерівномірністю форми (LSI<sub>2001</sub> = 160.39, LSI<sub>2012</sub> = 121.39) та одним з найвищих значень згуртованості (зв'язаності) фрагментів (COHESION<sub>2001</sub> = 95.6%, COHESION<sub>2012</sub> = 99.27%). Розчленованість цього типу покриву є відносно незначною і з роками зменшується (SPLIT<sub>2001</sub> = 1188, SPLIT<sub>2001</sub> = 60). Досить високим є ступінь сукупності даного класу, на що вказує індекс об'єднання AI.

Кількість фрагментів найпоширенішого типу серед лісів — мішаного лісу (Mixed forest) — за 11 років зменшилась на 19%, і має високу відсоткову частку суміжності (PLADJ<sub>2001</sub> = 78.45%, PLADJ<sub>2012</sub> = 81.29%) та максимальний індекс зв'язності. Даний клас має найбільший розмір ефективної сітки (MESH) по ландшафту, який не залежить від NP, мінімальну розчленованість та високий індекс

об'єднання, що вказує на значний рівень однорідності розподілу мішаних лісів Українського Полісся. Серед інших типів лісових біомів, які представлені в даній класифікації, найбільшу територію займають вічнозелені хвойні ліси — 473.87 га, які за своєю структурою та просторовим розподілом зазнали незначних змін. Середнє значення NP становить 4 248 фрагментів, при цьому їх згуртованість (COHESION<sub>сер</sub>) ≈ 80%, а нерівномірність форми (LSI<sub>сер</sub>) ≈ 76%. Інші показники мають досить опосередковані значення.

Площа прохідних чагарників (Open shrublands) в 6.5 раз більша площі непрохідних чагарників (Closed shrublands). Для обох цих типів земного покриву характерним є зменшення площ на 29.5% та 27.2%, відповідно. Розмір ефективної сітки (MESH) для чагарників фактично дорівнює нулю. Індекс сусідства та межування (ІІ) в середньому досягає 70%, що вказує на конкретну локалізацію фрагментів цих класів в межах ландшафту. Враховуючи невеликі площі, індекс розщеплення приймає одні з найвищих значень серед класів.

Значне скорочення територій під рідколіссям не призвело до суттєвих змін ландшафтних метрик даного класу, окрім індексу SPLIT. Для рідколісся з лісовим покривом 30–60% даний індекс зріс в 25 разів, а з лісовим покривом в 10–30% — в 10 разів. Для територій з трав'яною рослинністю між значеннями показників ландшафтного різноманіття за 2001 р. та 2012 р. також великих коливань не зафіксовано.

Стрімке збільшення заболочених територій (постійних ВБУ) характеризується відповідним зростанням кількості ділянок даного класу з 174 до 774. Розмір ефективної сітки зріс з 0.04 га до 0.98 га, а відсотковий індекс об'єднаності класу з 17.33% до 30.26%, при цьому індекс ІІ зменшився на 9.34%.

Водні об'єкти також зазнали значних змін: площа скоротилась на 2.08 га, а кількість фрагментів —

**Таблиця 5**

Ландшафтні метрики за 2001р. класового рівня на територію Українського Полісся

TYPE	CA (ha)	NP	LSI	PLADJ (%)	IJI (%)	COHESION (%)	MESH (ha)	SPLIT	AI (%)
Water	66.26	126	6.70	87.85	66.95	96.07	287.57	40289	89.48
Evergreen Needleleaf forest	432.83	4493	76.18	46.35	35.85	79.22	116.42	99517	46.68
Evergreen Broadleaf forest	4.38	190	13.72	2.45	62.02	4.68	0.01	1244972588	2.64
Deciduous Needleleaf forest	14.08	507	22.92	9.15	66.78	20.15	0.07	178288608	9.52
Deciduous Broadleaf forest	121.19	2752	57.21	23.49	35.66	48.98	2.23	5205553	23.81
Mixed forest	3334.79	3409	84.86	78.45	60.80	98.91	144896.46	80	78.65
Closed shrublands	0.92	42	6.07	1.16	72.14	1.44	0.00	6473857456	1.39
Open shrublands	6.03	170	13.79	16.55	68.73	34.00	0.04	285891644	17.61
Woody savannas	258.21	5590	84.40	22.82	58.13	55.27	7.85	1476694	23.03
Savannas	57.76	1931	46.28	10.57	64.33	24.57	0.27	43216672	10.78
Grasslands	66.82	1943	45.61	17.96	55.76	34.83	0.85	3606258	18.29
Permanent wetlands	6.57	174	14.63	16.34	77.95	35.39	0.04	267269345	17.33
Croplands	4386.24	3857	98.95	78.09	26.90	99.39	438246.47	26	78.26
Urban and built-up	101.17	306	23.17	66.07	44.36	84.02	19.30	600208	67.05
Cropland/Natural vegetation mosaic	2728.47	9743	160.39	54.95	40.46	95.61	9755.32	1188	55.11

**Таблиця 6**

Ландшафтні метрики за 2012р. класового рівня на територію Українського Полісся

TYPE	CA (ha)	NP	LSI	PLADJ (%)	IJI (%)	COHESION (%)	MESH (ha)	SPLIT	AI (%)
Water	66.26	126	6.70	87.85	66.95	96.07	287.57	40289	89.48
Evergreen Needleleaf forest	432.83	4493	76.18	46.35	35.85	79.22	116.42	99517	46.68
Evergreen Broadleaf forest	4.38	190	13.72	2.45	62.02	4.68	0.01	1244972588	2.64
Deciduous Needleleaf forest	14.08	507	22.92	9.15	66.78	20.15	0.07	178288608	9.52
Deciduous Broadleaf forest	121.19	2752	57.21	23.49	35.66	48.98	2.23	5205553	23.81
Mixed forest	3334.79	3409	84.86	78.45	60.80	98.91	144896.46	80	78.65
Closed shrublands	0.92	42	6.07	1.16	72.14	1.44	0.00	6473857456	1.39
Open shrublands	6.03	170	13.79	16.55	68.73	34.00	0.04	285891644	17.61
Woody savannas	258.21	5590	84.40	22.82	58.13	55.27	7.85	1476694	23.03
Savannas	57.76	1931	46.28	10.57	64.33	24.57	0.27	43216672	10.78
Grasslands	66.82	1943	45.61	17.96	55.76	34.83	0.85	3606258	18.29
Permanent wetlands	6.57	174	14.63	16.34	77.95	35.39	0.04	267269345	17.33
Croplands	4386.24	3857	98.95	78.09	26.90	99.39	438246.47	26	78.26
Urban and built-up	101.17	306	23.17	66.07	44.36	84.02	19.30	600208	67.05
Cropland/Natural vegetation mosaic	2728.47	9743	160.39	54.95	40.46	95.61	9755.32	1188	55.11
Barren or sparsely vegetated	0.19	9	3.00	0.00	76.32	0.00	0.00	32369287282	0.00

вдвічі, що може означати висушування невеликих озер та ставків, які є окремими елементами даного класу. За своєрідністю даного типу покриву є логічною висока зв'язність фрагментів класу, яка становить  $\approx 96\%$ . Але при аналізі особливостей розподілу елементів слід врахувати наявність в межах ландшафту Київського водосховища, яке за своїми розмірами істотно перевищує інші водні об'єкти і має значний вплив при розрахунку ландшафтних метрик даного класу.

Внаслідок скорочення земель с/г призначення, вдвічі меншим став MESH цього класу, при цьому ступінь згуртованості фрагментів залишається на максимальному рівні  $\approx 99\%$ . Середня відсоткова частка суміжності класу становить 80%, таке саме значення має і індекс AI, при цьому нерівномірність форми зменшилась з 98.95 до 70.77. Все це вказує на збільшення однорідності, сукупності та компактності розміщення орних земель.

Урбанізовані території та землі під забудовою фактично не змінилися і займають близько 101.1 тис. га. Маючи досить високий рівень згуртованості фрагментів — 84.02%, що в принципі характерно для даного класу, розподіл патчів по ландшафту є відносно рівномірним, на що вказують посередні значення PLADJ — 66.1%, AI — 67.1% та IJI — 48.4%.

Відкриті ділянки землі з розрідженою рослинністю, є мізерно малими, тому як і для класу “Сніг та лід” (“Snow and ice”), значення розчленованості є максимально високим по всьому ландшафту, а значення інших показників — несуттєвими.

### Висновки

Ландшафтна структура Українського Полісся зазнала значних змін впродовж 2001–2012 рр. як на загальному ландшафтному рівні, так і на рівні окремих типів земного покриття.



Максимальні значення показників ландшафтного різноманіття Українського Полісся є типовими для територій ПЗФ, а також заплавної та прибережних ділянок Дніпра, що пов'язане з меншим антропогенним впливом на природні компоненти цих територій та ландшафти в цілому. Характерним для просторового розподілу значень ландшафтних метрик є зменшення різноманітності та збільшення однорідності типів ландшафтів з півночі на південь. Аналіз часових змін ЛР досліджуваної території за 2001–2012 рр., свідчить про скорочення площ з максимальними показниками різноманітності та збільшення однорідності територій за всіма розрахованими метриками в досить значному ступені.

Відповідний вплив на ландшафтне різноманіття Українського Полісся за досліджуваний період мають зміни геопросторової локалізації, кількість фрагментів в межах ландшафтів та збільшення або зменшення площ типів земного покриву.

Результати даного дослідження можуть бути використані при прийнятті управлінських рішень щодо заходів по збереженню біологічного та ландшафтного різноманіття досліджуваної території.

## Література

- Абрамова Л. А. Ландшафтне різноманіття та охорона природи / Л. А. Абрамова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. — 2011. — №2. — С. 577–579.
- Всеєвропейська стратегія збереження біологічного та ландшафтного різноманіття. — К.: Вид-во Мінекобезпеки України. — 1998. — 52 с.
- Загальська О. Б. Природні чинники антропоїзації ландшафтів у західній частині України / О. Б. Загальська // Геополітика і екогеодинаміка регіонів. — 2014. — Т. 10. — Вип.1 — С. 547–552.
- Зміни ландшафтів у Сулинській затоці Кременчуцького водосховища за даними дистанційного зондування та наземних спостережень / В. М. Стародубцев, І. М. Дремлюга, В. С. Струк [та ін.] // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України : електрон. наук. фах. вид. — 2012. — №4 (33). — 13 с.
- Кучма Т. Л. Оцінювання ландшафтного різноманіття за даними дистанційного зондування Землі / Т. Л. Кучма, О. В. Сиротенко // Агроекологічний журнал. — 2014. — №1. — С. 35–39.
- Николаев В. А. Космическое ландшафтоведение / В. А. Николаев // М.: МГУ. — 1993. — 81 с.
- Definitions of MODIS Land Cover Classes [Electronic recourse]. — Mode of access: URL [http://studentclimatedata.sr.unh.edu/climate/albedo/MODISLandcoverClass\\_definitions.pdf](http://studentclimatedata.sr.unh.edu/climate/albedo/MODISLandcoverClass_definitions.pdf) — Last access: 2015. — Title from the screen.
- Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain) / E. M. Castillo, A. Garc?a–Martin, L. A. Longares Aladren, M. Luis // Applied Geography. — 2015. — V. 62. — P. 247–255.
- McGarigal K. FRAGSTATS HELP [Electronic recourse] / K. McGarigal — 2015. — 182p. — Mode of access: URL <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf> — Last access: 2015. — Title from the screen.
- Remote sensing in landscape ecology: experiences and perspectives in a European context / G. Groom, C. A. Mucher, M. Ihse, T. Wrbka // Landscape Ecology. — 2006. — V. 21. — №. 3. — P. 391–408.
- Understanding and quantifying landscape structure — A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics / A. Lausch, T. Blaschke, D. Haase [et al] // Ecological Modelling. — 2015. — V. 295. — P. 31–41.

## АНАЛИЗ ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛАНДШАФТОВ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ ЗА 2001–2012 ГГ. НА ОСНОВЕ КЛАССИФИЦИРОВАННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ EOS/MODIS

Е. В. Краснопір

Выполненные расчеты ландшафтных метрик на территорию Украинского Полесья для 2001 и 2012 годов в программе FRAGSTATS. Обоснованно оптимальный размер скользящего окна (moving window) для построения изображений пространственного распределения метрических значений. Определен набор метрик классового уровня, которые наиболее полно характеризуют особенности ландшафтного разнообразия региона. По полученным данным был проведен анализ ландшафтного разнообразия Украинского Полесья за 2001 и 2012 годы, дана оценка его пространственно-временных изменениям за данный период, а также выявлены определенные особенности и тенденции этих изменений.

**Ключевые слова:** ландшафтне різноманіття, космічні знімки, класифікація, ландшафтні метрики, FRAGSTATS, Українське Полісся

ANALYSIS OF LANDSCAPE DIVERSITY OF UKRAINIAN POLISSIA FOR 2001–2012 YEARS BASED ON CLASSIFIED SATELLITE IMAGES EOS/MODIS

O. V. Krasnopir

Calculating landscape metrics has been carried out for landscapes of Ukrainian Polissia in the program FRAGSTATS based on classified satellite images of informational product MOD12. Optimal size of the moving windows was reasoned for building images of the spatial distribution of metric values. Set metrics at the class level has been determined for complete characteristic of features landscape diversity of the region. Analysis of landscape diversity of Ukrainian Polissia landscapes has been executed. Some features of spatial and temporal changes have been revealed.

**Keywords:** landscape diversity, satellite images, classification, landscape metrics, FRAGSTATS, Ukrainian Polissia