

- тури геопросторових даних // Інженерна геодезія. Науково-технічний збірник. 2003. Вип. 49. Київ. С. 73-94]
11. Ruzavin G.I. (2012). *Methodology of scientific knowledge: Textbook manual for universities*. Moscow, 287 p. [In Russian]. [Рузавин Г.И. Методология научного познания: Учеб. пособие для вузов. Москва, 2005. 287 с.]
 12. Means. *Pharmaceutical encyclopedia*. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1563/zasib> [In Ukrainian]. [Засіб // Фармацевтична енциклопедія. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1563/zasib>]
 13. *National Atlas of Ukraine. Scientific bases of creation and their realization*. Ed. L.H. Rudenko (2007). Kyiv, 408 p. [In Ukrainian]. [Національний атлас України. Наукові основи створення та їх реалізація / Ред. Л.Г.Руденко. Київ, 2007. 408 с]
 14. Alexander C. (1979). *The Timeless Way Of Building*. Oxford University Press, 552 p.
 15. Chabaniuk V.S. (2018). *Relational cartography: Theory and practice*. Kyiv, 525 p. [In Ukrainian]. [Чабанюк В.С. Реляційна картографія: Теорія та практика. Київ, 2018. 525 с.]
 16. *Final Report of the Model Based Engineering (MBE) Subcommittee*. (2011). Arlington, VA, USA: National Defense Industrial Association (NDIA), 58 (60) p. URL: [http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/SystemsEngineering/Documents/Committees/M_S%20Committee/Reports/MBE_Final_Report_Document_\(2011-04-22\)_Marked_Final_Draft.pdf](http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/SystemsEngineering/Documents/Committees/M_S%20Committee/Reports/MBE_Final_Report_Document_(2011-04-22)_Marked_Final_Draft.pdf)
 17. Brambilla M., Cabot J., Wimmer M. (2017). *Model-driven Software Engineering in Practice*. 2nd ed. Milano, 209 p.
 18. Favre J.-M. (2006). Megamodelling and Etymology. A Story of Words: from MED to MDE via MODEL in Five Millenniums. *Dagstuhl Seminar Proceedings 05161*, paper 427, 22 p.
 19. Cauvin C., Escobar F., Serradj A. (2010). *Thematic Cartography*. Vol. 1-3. ISTE-Wiley.
 20. Rudenko L., Chabaniuk V., Podvoiska V., Vyshnya M. (2019). Interactive Maps of Potentially Dangerous Objects of Ukraine: Problems of Database Construction and Visualization. *Ukrainian geographical journal*, 4(108), 57-70. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.04.057>
 21. *Leaflet JavaScript library*. URL: <https://leafletjs.com>, accessed 2021-apr-04.
 22. McKenney M., Schneider M. (2016). *Map Framework: A Formal Model of Maps as a Fundamental Data Type in Information Systems*. Springer, 140 p.

The article received 13.04.2021

УДК 911.2/3

DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.03.038>

О. Г. Голубцов, Л. Ю. Сорокіна, Л. М. Тимуляк, В. М. Чехній, Ю. М. Фаріон, І. В. Рога, Н. І. Батова, М. Ф. Петров, Н. І. Назарчук

Інститут географії Національної академії наук України, Київ

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ АНТРОПОГЕННИХ ЗМІН ЛАНДШАФТІВ ЛІСОСТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Мета публікації – представити результати дослідження антропогенних змін ландшафтів лісостепової зони України, реалізованого шляхом оцінювання показників антропогенного перетворення, різноманіття і фрагментації (роздроблення) ландшафтів. Базові методи – геопросторовий ГІС-аналіз, геоінформаційне картографування. Результати оцінювання антропогенних змін ландшафтів Лісостепу України свідчать, що станом і на 1992, і на 2018 роки переважна більшість ландшафтів території є сильно та надмірно перетвореними внаслідок антропогенної діяльності. Такі закономірності зберігаються, незважаючи на те, що протягом аналізованого періоду спостерігається незначне зменшення антропогенного навантаження на ландшафти. Встановлено закономірні співвідношення між показниками антропічного ландшафтного різноманіття та фрагментованістю (роздробленістю) ландшафтів. Новизна дослідження полягає у запропонованих методичних прийомах оцінювання просторово-часових змін ландшафтів та у визначенні таких змін у ландшафтах на рівні фізико-географічних районів за період 1992-2018 рр. та розкритті трендів у структурі використання земель, насамперед сільськогосподарських угідь, лісів, забудованих територій як провідних типів землекористування у Лісостепу України.

Ключові слова: ландшафт; фізико-географічний район; антропогенне перетворення ландшафтів; антропічне ландшафтне різноманіття; фрагментованість ландшафтів; земний покрив; дані дистанційного зондування Землі; ГІС.

© О. Г. Голубцов, Л. Ю. Сорокіна, Л. М. Тимуляк, В. М. Чехній, Ю. М. Фаріон, І. В. Рога, Н. І. Батова, М. Ф. Петров, Н. І. Назарчук, 2021

O. G. Golubtsov, L. Yu. Sorokina, L. M. Tymuliak, V. M. Chekhniy, Yu. M. Farion, I. V. Roga, N. I. Batova, M. F. Petrov, N. I. Nazarchuk

Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

GEOINFORMATION ANALYSIS OF ANTHROPOGENIC CHANGES IN THE LANDSCAPES OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE

The purpose of the publication is to present the results of the study of anthropogenic changes in the landscapes of the Forest-Steppe zone of Ukraine, implemented by assessing the indicators of landscapes anthropogenic transformation, their diversity and fragmentation. The basic research methods are methods of geospatial GIS analysis and decoding of remote sensing data of the Earth, geoinformation mapping. According to the indicators of anthropogenic transformation of landscapes at the level of physical-geographical regions and districts of the Forest-Steppe zone, the features of changes for the period 1992-2018 are determined. The results of assessment of anthropogenic changes in forest-steppe landscapes of Ukraine show that in 1992 as well as in 2018 the vast majority of the landscapes of the territory are strongly and excessively transformed by anthropogenic activity. Such patterns persist, despite the fact that during the analyzed period in part of the investigated area there is a certain decrease in anthropogenic pressure on landscapes. The regular relations between the indicators of anthropic landscape diversity and fragmentation of landscapes are determined, which corroborates to their certain conditionality by the degree and nature of anthropogenic transformation of the territory. The novelty of the study are the proposed methods of spatial and temporal changes in landscapes estimating and identifying such changes in landscapes at the level of physical and geographical regions for the period 1992-2018 and revealing trends in the structure of land use, especially agricultural lands, forests, built-up territories as the leading types of land use in the Forest-Steppe zone of Ukraine.

Keywords: *landscape, physical-geographical region; anthropogenic transformation of landscapes; anthropic landscape diversity; fragmentation of landscapes; earth land cover; data of remote sensing of the Earth; GIS.*

Актуальність дослідження

Необхідною умовою ощадливого і збалансованого природокористування є наявність достовірних вихідних даних про стан ландшафтів. Для обґрунтування природоохоронних заходів важливо знати, які зміни у використанні ландшафтів відбувались і чим вони були обумовлені, наскільки глибоко зміненими є сучасні ландшафти у порівнянні з їхнім природним (вихідним) станом і чому, які регіональні особливості використання ландшафтів. Антропогенні зміни ландшафтів – спричинені діяльністю людини істотні перетворення одного або кількох компонентів ландшафтів – є важливими, актуальними для нинішнього стану ландшафтних комплексів і визначають їхній подальший розвиток як цілісних природних утворень, що змінюються людиною.

Згідно Європейської ландшафтної конвенції Україна має зобов'язання не лише уточнювати знання про ландшафти в її межах, а й вивчати, аналізувати чинники їх трансформації, фіксувати зміни, а також впроваджувати заходи, що мають за мету охорону, регулювання чи планування ландшафтів. Втілення цих зобов'язань узгоджується з виконаною у відділі ландшафтознавства Інституту географії НАНУ науково-дослідною роботою «Оцінювання антропогенних змін ландшафтів України» (№ держреєстрації 0117U002475). Модельна територія для дослідження – лісостепова

зона України.

Аналіз таких показників як антропічне ландшафтне різноманіття, фрагментованість та ступінь антропогенного перетворення ландшафтів дає можливість прослідкувати певні залежності сучасного стану та динамічних змін в антропогенних навантаженнях від ландшафтних умов аналізованих ділянок, а також від особливостей господарської діяльності людини в їх межах.

Стан вивчення питання

У працях з оцінювання антропогенних змін ландшафтів, які базуються на позиціях антропогенного ландшафтознавства, найчастіше використовують функціональний підхід. У дослідженнях, що спираються на вчення про антропогенні модифікації ландшафтів – підхід, у якому антропогенну змінність визначають за глибиною і характером порушення природних компонентів ландшафту. У вітчизняних дослідженнях кількісну оцінку *ступенів антропогенної змінності* (антропізації, антропогенної трансформації (трансформованості), антропогенного перетворення) найчастіше здійснюють на основі функціонального підходу, розробленого П. Г. Шищенком [1]. Цей підхід передбачає оцінювання глибини антропогенних перетворень залежно від соціальної функції, яку виконує той чи інший ландшафтний комплекс (лісогосподар-

ської, сільськогосподарської, сельбищної тощо). За цією методикою при обрахунках ступеня антропогенного перетворення ландшафтів використовують два коефіцієнти – ранг перетворення й індекс глибини перетворення для кожного виду землекористування. Означена методика зручна у використанні, завдяки популярності у численних наукових розробках має підстави для зіставлення отриманих результатів у сфері досліджень структури землекористування. Кількісне оцінювання антропогенного перетворення ландшафтів зони Лісостепу України здійснювали П.Г. Шищенко [1], на рівні фізико-географічних областей і районів Лісостепу – В.М. Самойленко, І.О. Діброва, В.В. Пласкальний [2], на прикладі Сумської адміністративної області – В.В. Удовиченко [3]. Апробовану П. Г. Шищенком методику застосовано в численних наукових працях [4-14]; а також у науково-дослідному доробку відділу ландшафтознавства Інституту географії НАН України [15-17].

Одним із ключових положень, закладених у теоретичний фундамент ландшафтознавства та ландшафтної екології, є теза про диференційованість, неоднорідність, або гетерогенність, земної поверхні. У ландшафтній екології таку неоднорідність простору інтерпретують як ландшафтну неоднорідність (англ. – *landscape heterogeneity*) [18] та представляють, зокрема, через кількісні показники ландшафтного різноманіття (англ. – *landscape diversity*) [18, 19]. Ландшафтне різноманіття має тісний зв'язок із біотичним різноманіттям – показники ландшафтного різноманіття пов'язані з екологічними властивостями ландшафту, які відображають умови існування біоти [20, 21].

Дослідники-ландшафтознавці наголошують на важливій ролі антропогенної складової у формуванні ландшафтного різноманіття [22, 23] та необхідності розгляду його природної й антропогенної складових. М. Д. Гродзинський [24] пропонує ландшафтне різноманіття досліджувати у чотирьох його основних аспектах: просторово-структурному, ландшафтно-антропогенному, біоцентричному та ландшафтно-гуманістичному, які закономірно доповнюють один одного. В.М. Пащенко [25] розрізняє первинне (інваріантне) і вторинне (варіантне), пов'язане з діяльністю людини, ландшафтне різноманіття.

Залежно від теоретичних позицій, на які спирається дослідник при вивченні ландшафтів, буде формуватися і певне уявлення про ландшафтне

різноманіття. Так, відповідно до підходів антропогенного ландшафтознавства [26], що розглядає більшість сучасних ландшафтів як антропогенні, визначення ландшафтного різноманіття буде близьким до різноманіття типів земного покриття (англ. – *Land Cover*), що відображає сучасний стан земної поверхні.

У ландшафтній екології для визначення ландшафтного різноманіття активно використовують метрики різноманіття (англ. – *diversity metrics*). Розрахунки індексів різноманіття на основі моделі сучасних ландшафтів, зокрема індексу різноманіття Шеннона (*SHDI*), апробовано авторами статті при вирішенні завдань охорони природи – оцінюванні території для створення нових територій ПЗФ України [27, 28]. Саме цей індекс є одним із дієвих для вирішення завдань щодо визначення ландшафтного різноманіття та ідентифікації змін ландшафтів. Індекс різноманіття Шеннона (*SHDI*) задіяно при проведенні досліджень на різних просторових рівнях. Зокрема, його використано для вивчення динаміки змін землекористування та ландшафтного різноманіття найбільшого семіаридного екорегіону Південної Америки Каатінга (*Caatinga*) [29], ландшафтного різноманіття Чехії [30] та Польщі [31], змін ландшафтів території Національного природного парку «Низькі Татри» (Словаччина) [32], аналізу ландшафтного різноманіття біосферного резервату «Західне Полісся» (Польща) [33], вивчення змін ландшафтів провінції Гуандун (Китай) [34], оцінювання екологічних умов у районі м. Кванджу – одного з найбільших міст Південної Кореї [35], динаміки ландшафтів м. Індіанapolis (штат Індіана, США) [36].

Ландшафтознавцями, зокрема М.Д.Гродзинським [24], обґрунтовано ряд індексів для визначення ландшафтного різноманіття. Теоретичні засади методики та систему показників метризації ландшафтного різноманіття розроблено у роботах А.О. Домаранського [37, 38]. Він запропонував представляти й оцінювати показники різноманіття в межах двох блоків, структурно-часового та функціонально-часового, і виконав оцінювання різноманіття ландшафтів, у тому числі лісостепових, переважно для оптимізації екомережі. Лісостепові комплекси Лівобережної України з використанням показників таксономічного, типологічного, хорологічного, топологічного різноманіття оцінила В.В. Удовиченко [39]. Показники ландшафтного різноманіття для території України з використанням програми *FRAGSTATS*

застосовували Т.Л. Кучма, О.В. Сиротенко [40], Д.І. Чмишенко, Д.В. Свідзінська [41], О.В. Краснопір [42].

Важливе для розуміння сучасного, зміненого людиною природного середовища, явище – фрагментація ландшафтів (англ. – *Landscape fragmentation*) – насамперед є предметом досліджень екологічних (у розумінні екології як наукового напрямку в межах біології), а також досліджень у галузі ландшафтно-екології та ландшафтознавства. Фрагментацію ландшафтів розглядають як процес розчленування єдиної екосистеми на ізольовані ділянки, як правило, в результаті господарської діяльності людини. В роботах екологічного змісту фрагментацію розглядають як проблему подрібнення оселищ, що впливає на стан, умови існування та відтворення біоценозів; саме у такому ключі виконано аналіз фрагментованості ландшафтів Європи [43]. Важливий ландшафтознавчий аспект – мозаїчність нерозділених просторів, яка є наслідком різних видів використання земель [44]. Прикладами досліджень, у яких оцінювання фрагментованості ландшафтів виконано на тлі їхньої природної різноманітності, є роботи [45, 46].

Мета публікації – представити результати дослідження антропогенних змін ландшафтів лісостепової зони України, отримані шляхом геоінформаційного аналізу відкритих різночасових наборів геоданих про земний покрив; визначити тренди й особливості антропогенних змін ландшафтів на основі аналізу таких показників як *ступінь антропогенного перетворення, ступінь ландшафтного різноманіття та фрагментованість*, розрахованих на рівні фізико-географічних районів. Одиницями оцінки є фізико-географічні райони, виділені на основі аналізу ландшафтно-типологічної структури території, з урахуванням місцевих відмін у спрямованості та інтенсивності сучасних природних (а також природно-антропогенних – *додано авторами*) процесів [47] – об'єктивно відображають природне ландшафтне різноманіття, яке значною мірою зумовлює просторову диференціацію видів використання та характеру змін ландшафтів.

Методи дослідження

Базовий метод дослідження – геопросторовий аналіз у середовищі геоінформаційної системи (ГІС), також застосовані методи геоінформаційного картографування. Детальніше про зміст геопросторового аналізу та особливості його ви-

користання викладено в [48, 49]. ГІС-технології у цій роботі забезпечують організацію вихідних геоданих, аналіз й оцінювання території шляхом застосування інструментів і моделей геообробки. Програмне забезпечення – *ArcGIS Desktop: ArcMap 10.6*, зокрема додаток *ModelBuilder*, та *ArcGIS Pro*¹, а також *FRAGSTATS 4.2*. Здійснено геоінформаційний ретроспективний аналіз особливостей земного покриття для розрахунку ступеня антропогенного перетворення, ступеня ландшафтного різноманіття та фрагментованості ландшафтів. Їх розрахунок ґрунтується на інтерпретації даних про характер і структуру земного покриття, отриманих на основі даних дистанційного зондування Землі.

У роботі використані дані про земний покрив проекту *Climate Change Initiative – Land Cover (CCI-LS)*² із глобальним покриттям станом на 1992 та 2018 рік; система координат – географічна система координат (GCS) на основі Світової геодезичної системи 84 (*WGS84*). Тематична класифікація цих даних відповідає Системі класифікації земного покриття *LCCS*³. Роздільна здатність растрових геоданих – 300×300 м, кожна комірка растру містить дані про тип земного покриття згідно глобальної легенди.

Розрахунок показників для оцінювання антропогенних змін ландшафтів Лісостепу здійснювався в межах фізико-географічних (ландшафтних) районів за відповідною картою із Національного атласу України [50], яка була геокодована.

Виклад основного матеріалу з обґрунтуванням наукових результатів

Визначення коефіцієнта антропогенного перетворення здійснювалось у межах фізико-географічних районів зони Лісостепу України станом на

¹Карти та аналіз у цій статті були створені за допомогою програмного забезпечення ArcGIS® фірми Esri. ArcGIS® є інтелектуальною власністю Esri і використовується тут за ліцензією. Авторське право © Esri. Всі права захищені. Для отримання додаткової інформації про програмне забезпечення Esri® відвідайте веб-сайт www.esri.com

²ESA. Land Cover CCI Product User Guide Version 2. Tech. Rep. (2017). Available at: maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf

³Di Gregorio A., Jansen L.J.M. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. Environment and Natural Resources Service, GCP/RAF/287/ITA Africover - East Africa Project and Soil Resources, Management and Conservation Service. 2000. FAO, Rome. 179 p.

1992 та 2018 рр. за усталеною методикою [1, 51]. Класифікаційні одиниці земного покриву згруповано відповідно до видів природокористування, яким присвоєно ранги антропогенного перетворення та індекс глибини перетворення (Таблиця 1).

На основі розрахунків виділяють категорії слабо перетворених, перетворених, середньо-, сильно- та надмірно антропогенно перетворених ландшафтів. Кількісні показники коефіцієнта антропогенного перетворення та якісна характеристика фізико-географічних районів, а також тенденції змін цього показника представлені на *рис. 1а, б, в*. Сегменти секторної діаграми ілюструють співвідношення частки видів землекористування в межах кожного фізико-географічного району станом на 1992 і 2018 роки і демонструють таким чином їх внесок у перетворення ландшафту.

Станом і на 1992, і на 2018 роки переважна більшість ландшафтів території є сильно та надмірно перетвореними внаслідок антропогенної діяльності (рис. 1а, б). Кардинальних змін у стані ландшафтів не спостерігається (рис.1в), незважаючи на те, що протягом досліджуваного періоду на частині території Лісостепу України відбулося певне зниження антропогенного навантаження на ландшафти завдяки незначному зростанню частки лісів у структурі використання території. У Правобережному Лісостепу (*Подільсько-Придніпровський край*) домінують сильно перетворені ландшафти, високою є частка надмірно перетворених ландшафтів, і цей показник істотно збільшився протягом досліджуваного періоду (рис.1а, б). Внаслідок збільшення площ розорюваних земель такі процеси спостерігають-

ся переважно у Північно-Західній, Центральній придніпровській та Південно-придніпровській областях. Менше перетвореними є ландшафти Середньобузької височинної області ($K_{ан} = 6,9$ у середньому), які хоч і мають родючі ґрунти, проте умови ведення рільництва тут досить несприятливі через значну вертикальну і горизонтальну розчленованість, інтенсивний розвиток ерозійних процесів, домінування схилових поверхонь.

Найбільш зміненою є Придністровсько-Східноподільська височинна область (рис. 1в), де зафіксовано максимальне зростання антропогенного навантаження у чотирьох із п'яти районів: Ялтушківсько-Копайгородському (82 - тут і далі в тексті та на рис. 1-4 позначено номер фізико-географічного району згідно Національного атласу України), Митківсько-Клембівському (83), Жмеринсько-Шаргородському (84), Могилів-Подільсько-Ямпільському (85). Територія цих районів відзначається розбалансованою структурою землекористування – надмірною розораністю, низькою залісеністю, низькою часткою заповідності (3,4 %). Зростає антропогенне навантаження на ландшафти також внаслідок видобутку відкритим способом у цих районах гранітів, вапняків-черепашників, лесоподібних суглинків, глин, що призводить до збільшення площ ландшафтних комплексів із докорінною зміною літогенної основи.

Збільшення антропогенного навантаження також значною мірою пов'язане з розвитком цивільного будівництва в регіоні. Так, у Васильківсько-Кагарлицькому (80) фізико-географічному районі Київської височинної області (рис. 1в) воно зумовлене насамперед розростанням Київ-

Таблиця 1.

Ранги антропогенного перетворення та індекс глибини перетворення видів природокористування та відповідних видів земного покриву

№ п/п	Види природокористування	Земний покрив	Ранг антропогенного перетворення	Індекс глибини перетворення
1	Ліси	листяні ліси, мішані ліси, хвойні ліси	2	1,05
2	Болота і заболочені землі	болота, водні потоки	3	1,1
3	Луки	суходільні луки; вологі луки; чагарники	4	1,15
4	Сади і виноградники	багаторічні культури – сади, виноградники, ягідники; сквери, парки, газони	5	1,2
5	Сільська забудова	садибна забудова, дачні масиви	7	1,3
6	Міська забудова	міська забудова	8	1,35
7	Водосховища, канали	водойми	9	1,4
8	Землі промислового використання	кар'єри	10	1,5

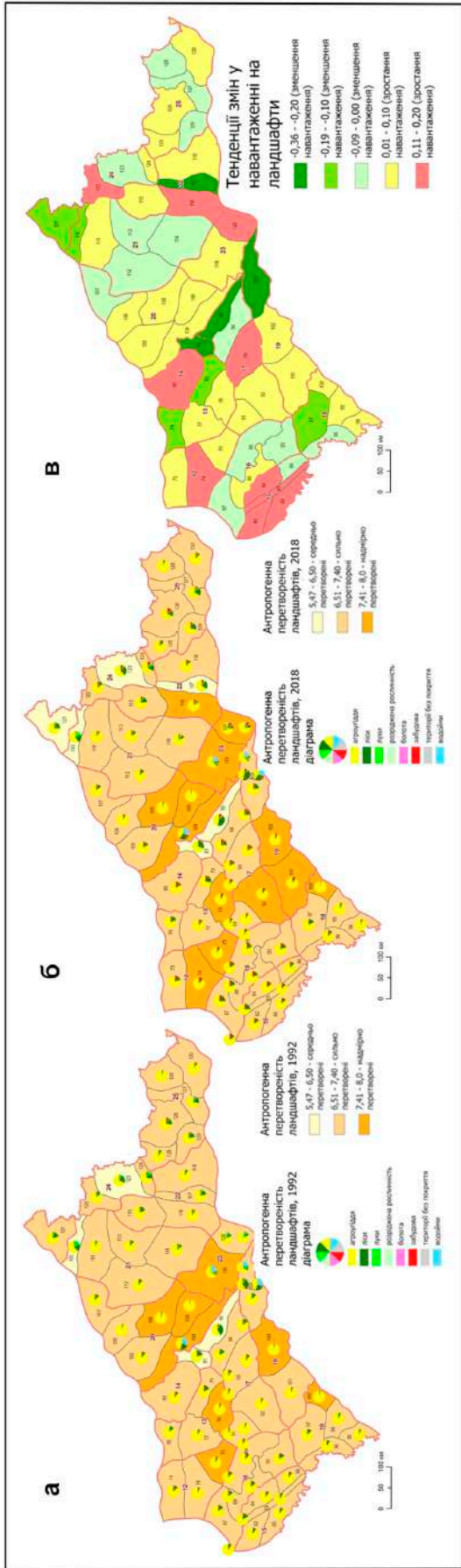


Рис. 1. Ступінь антропогенного перетворення ландшафтів лісостепової зони: а - у 1992 р., б - 2018 р.; в - тенденції змін показників антропогенного перетворення ландшафтів лісостепової зони України протягом 1992-2018 рр. (укладено авторами)

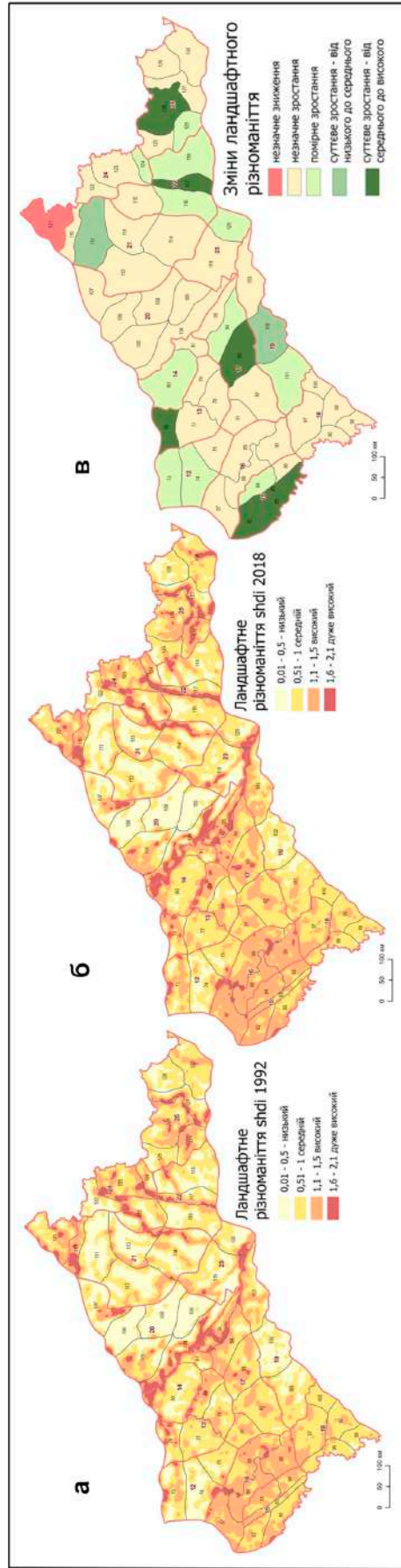


Рис. 2. Рівень антропогенного ландшафтного різноманіття за індексом різноманіття Шеннона (SHDI) станом на: а - 1992 р., б - 2018 р., в - зміни антропогенного ландшафтного різноманіття у порівнянні 1992 і 2018 років у розрізі фізико-географічних районів (укладено авторами)

ської агломерації. Істотно зросла кількість населення і, відповідно, площа забудованих територій у містах Вишневе, Боярка, Обухів, Фастів, у тому числі в населених пунктах, що не належать до Київської агломерації – м. Біла Церква, м. Кагарлик.

Максимальне зменшення антропогенного навантаження зафіксовано для Букринсько-Канівського (81), Черкасько-Чигиринського (95) та Бовтисько-Світловодського (103) фізико-географічних районів (рис. 1в). Тут збереглися доволі великі масиви широколистяних лісів та ділянки лучно-степової рослинності на непридатних для сільськогосподарського використання землях; спостерігається зростання залісеності. У цьому регіоні висока частка заповідних територій.

Для *Лівобережнодніпровського краю* характерна найбільша частка надмірно перетворених ландшафтів, де надзвичайно високою є розораність придніпровських терасових рівнин (рис. 1а, б). Найбільших перетворень зазнали ландшафти із сприятливими умовами для рільництва – вирівняним рельєфом та родючими ґрунтами. Особливо високі коефіцієнти антропогенного перетворення відзначаються для ландшафтів Північнопридніпровської і Південнопридніпровської терасових низовинних областей на Лівобережжі Дніпра (середні значення $K_{ан}$ відповідно 7,42 та 7,24). Ще один істотний чинник трансформації природних ландшафтів – створення каскаду водосховищ у долині Дніпра, яка зазнала надзвичайно глибоких перетворень, у тому числі місцево-кліматичних умов і гідрологічного режиму.

В межах Лівобережнодніпровського краю максимальне збільшення антропогенного навантаження зафіксовано у Козельщинсько-Кобеляцькому фізико-географічному районі (120) в межах Південнопридніпровської терасової низовинної області (рис. 1в). Район має надмірну розораність (80 %), дуже низький показник лісистості (6,9 %), натомість значне зростання частки забудованих територій, спричинене, передусім розвитком м. Горішні Плавні. Антропогенне навантаження збільшується у цьому районі, зокрема, через зростання площ земель промислового використання – кар'єрів Полтавського і Єрстівського гірничо-збагачувальних комбінатів. Будівництво останнього відбувалось протягом 2008-2012 рр., тобто безпосередньо відображене у різниці показників коефіцієнта антропогенного перетворення у досліджуваний період. Другий район максимального збільшення антропогенно-

го навантаження – Решетилівсько-Диканський (116) у Східнополтавській височинній області – займає більшу частину межиріччя Ворскли і Псла (рис. 1в). Він також характеризується показником розораності, що значно перевищує середній показник у межах лісостепової зони – майже 85 % (2018 р.). Частка лісів станом на 2018 р. – одна із найнижчих у Лісостепу – 3,8 %; ліси збереглися майже виключно на схилах, непридатних для сільськогосподарського використання. Значну роль у збільшенні площі під забудовою (на 4,6 %) відіграло розростання м. Полтава.

Максимальне зменшення антропогенного навантаження у межах Лівобережнодніпровського краю виявлено у Котелевсько-Полтавському (117) фізико-географічному районі Східнополтавської височинної області. Район приурочений до долини р. Ворскла. Тут поруч із лучно-степовими та широколистяно-лісовими ландшафтами значні площі займають заплавні лучні ландшафти, адже заплава р. Ворскла подекуди сягає в ширину 7 км [52]. Зменшення площі сільськогосподарських угідь відбулось переважно за рахунок виведення із обробітку заплавних ландшафтних комплексів. Загалом у районі протягом 1992-2018 рр. частка агроугідь знизилась на 10,9 % і майже на 7 % зросла частка лісів. Водночас на 4 % зросла площа забудованих територій.

У межах *Східноукраїнського краю* за оцінками, виконаними на рівні фізико-географічних районів, немає ландшафтів, які б мали рівень надмірно перетворених (рис. 1а, б). Для цього краю протягом дослідженого часового відрізка в цілому характерне певне зменшення рівнів антропогенних навантажень або їх збереження (чи незначне збільшення) (див. рис. 1в). Відзначимо Степанівсько-Хотінський (122) фізико-географічний район Сумської схилово-височинної області, який має надмірну розораність, невисоку лісистість (близько 9,5 %) та переважання сільської забудови. Істотне зменшення антропогенного навантаження зафіксоване у Кролевецько-Глухівському фізико-географічному районі (121) Сумської схилово-височинної області. Слід відзначити стабілізуючу роль природоохоронних територій.

Антропічне ландшафтне різноманіття має відношення до територіальної структури сучасного ландшафту, що представлена поєднанням земель різного використання і стану – різноманіття угідь або типів земних покривів у межах

певної території, які можуть змінюватись. Через цю умову антропічне ландшафтне різноманіття порівняно із структурно-ландшафтним є значно динамічнішим. Розрахунок показників антропічного ландшафтного різноманіття виконують за контурами угідь або типів земельних покривів [24] за допомогою низки ландшафтних метрик (*landscape metrics*) [19]. У нашому дослідженні для оцінювання рівня ландшафтного різноманіття розраховано індекс різноманіття Шеннона (*SHDI*) на двох часових зрізах – 1992 і 2018 рр. Індекс *SHDI* має фізичний зміст, він відображає зв'язки між просторовою структурою ландшафту (*spatial pattern*) та процесами, що відбуваються у ландшафті (*ecological processes*), чутливий до типів виділів, що зустрічаються зрідка, тому його використовують як для просторових, так і для часових порівнянь [53]. Значення *SHDI* зростають зі збільшенням кількості виділів та/або пропорційності розподілу їх по території. Більші значення індексу пов'язують зі зростанням екологічної стабільності території та зростанням біорізноманіття [20, 21, 53, 54]. Розрахунок виконано за допомогою програми *FRAGSTATS 4.2*. за методом ковзаючого вікна (англ. - *moving window*) радіусом 5 000 м. Діапазон значень ландшафтного різноманіття проранжовано для цілей оцінки на 4 рівні: низький, середній, високий і дуже високий. На **рис. 2а, б** відображено результат розрахунку індексу ландшафтного різноманіття Шеннона (*SHDI*) станом на 1992 і 2018 рр. та тенденції змін цього показника у розрізі фізико-географічних районів (**рис. 2 в**).

Антропічне ландшафтне різноманіття в межах **Подільсько-Придніпровського краю** відрізняється високими показниками у порівнянні, наприклад, з Лівобережним Лісостепом, що яскраво простежується за розрахованими показниками *SHDI* для обох часових зрізів (**рис. 2 а, б**). Це можна пояснити сукупністю факторів – відміними у ландшафтній структурі цих територій та характером і динамікою антропогенних навантажень. Високі та дуже високі показники різноманіття (*SHDI* 1,1-1,5 та 1,51-2,2) характерні, насамперед, для Придністровсько-Східноподільської та Середньобузької височинних областей. Ландшафти цих південно-західних лісостепових областей відрізняються значним розчленуванням території річковими долинами Дністра та Південного Бугу та їх численними притоками, глибоко врізаними (до 100-180 м) і добре терасованими. Значні амплітуди висотних рівнів, ступінчастість поверхні,

що пов'язана з різновіковими терасами Дністра, а також одні з найбільших для Лісостепу висотні рівні у межах Середнього Побужжя (350-380 м) можна розглядати як провідні фактори природного ландшафтного різноманіття. Антропічне різноманіття ландшафтів пояснюється мозаїчністю ландшафтних виділів, на тлі якої закономірно простежується складність та багатоваріантність господарського використання території. Наприклад, мезокліматичні умови ландшафтів річкових долин є сприятливими для розвитку саме в межах цієї території садівництва та виноградарства. Істотне зростання показників антропічного різноманіття ландшафтів характерне для фізико-географічних районів Придністер'я – Ялтушківсько-Копайгородського (82) та Могилів-Подільсько-Ямпільського (85) (**рис. 2а, б, в**). Високі показники антропічного ландшафтного різноманіття, зафіксовані у межах кількох районів Центрально-придніпровської височинної області, також свідчать про їх певну приуроченість до територій, у складі яких – долини великих річок та їх приток, розчленовані схили долин. З такими ландшафтними умовами пов'язана значна кількість видів господарського використання та складний характер конфігурацій ділянок земного покриву. Саме для річкових долин характерний високий рівень заселення території, що ускладнює та урізноманітнює структуру сучасного земного покриву, у якому значна участь урбанізованих територій (зокрема, міста Київ, Черкаси та інші великі міста), шляхів сполучення тощо.

В межах **Лівобережнорічковий край**, в ландшафтній структурі якого представлено особливості різновікових терасових рівнин Дніпра, домінують невисокі показники антропічного ландшафтного різноманіття (індекси Шеннона (*SHDI*) дорівнюють тут 0-0,5 та 0,5-1) (**рис. 2а, б**) та незначна динаміка їх змін протягом аналізованого періоду (**рис. 2в**). Виняток складають ландшафти річкових заплав, які відрізняються високими показниками різноманіття внаслідок природної мозаїчності та порівняно меншим антропогенним навантаженням (незначна розораність, відсутність забудови). Високими значеннями цього показника вирізняються райони, розташовані у середній течії річок Сейму (Конопсько-Путівльський (110) та Ворскли з її лівими притоками (Котелевсько-Полтавський (117) (**рис.2а, б**). У межах другого із зазначених фізико-географічних районів істотне зростання антропічного ландшафтного різноманіття, а також

показників антропогенного перетворення, пов'язане з активною забудовою м. Полтави (рис. 2 в).

Збільшення антропогенного ландшафтного різноманіття в межах Східноукраїнського краю у порівнянні з Лівобережнодніпровським, окрім особливостей ландшафтних умов території (домінування вододільних та давньотерасових місцевостей, яружно-балкове розчленування, значна кількість прохідних долин та інші), спричинене наявністю тут двох великих промислових центрів – м. Харків та м. Суми. Саме для Золочівсько-Чугуївського району (126), де розташований Харків, протягом досліджуваного періоду спостерігається істотне зростання антропогенного ландшафтного різноманіття, спричиненого розширенням урбанізованих територій.

Фрагментованість ландшафту є наслідком руйнівного впливу на екологічні зв'язки в просторово пов'язаних ландшафтах антропогенних лінійних структур, насамперед транспортних мереж [55]. Негативний ефект фрагментації обумовлений поєднанням різних впливів: виникнення бар'єрних зон і зон зіткнення, викиди хімічних забруднювачів і шумове забруднення, погіршення естетичних якостей.

Перший крок у оцінюванні фрагментованості ландшафтів – визначення площі фрагментів, які сформувались у межах ландшафтів (фізико-географічних районів) внаслідок їхньої роздробленості автошляхами з інтенсивним рухом або залізницями. Як чинник дроблення ландшафтів прийняті автошляхи державного та місцевого значення і залізниця з урахуванням зон впливу (джерело геоданих – *OpenStreetMap*⁴). Також були виключені території населених пунктів як найбільш антропогенізовані ландшафти та великі водойми. Геопросторовий аналіз здійснено на основі моделі геообробки в ГІС [56].

Чинник площі є важливим для видів, які залежать від фрагментованого середовища існування, особливо для тварин. Це може бути пов'язано з тим, що фрагмент менший, ніж мінімальна площа, необхідна для існування окремої особини, розмноження або для самопідтримуваної популяції⁵. Наприклад, у Німеччині мінімальна площа нерозділеного простору з незначимою транспортною мережею (нім. *unzerschnittene, verkehrsarme Räume (UZVR)*), яка є прийнятною

для підтримки біорізноманіття і перебуває у полі зору природоохоронного моніторингу, становить 100 кв. км⁷.

Важливо мати інформацію не лише про площу нероздроблених просторів, а й ступінь їх «природності» – збереженість типів земного покриву, важливих для підтримання біорізноманіття (лісів, луків, боліт тощо). На основі геоданих про земний покрив станом на 1992 та 2018 роки розраховано частку природної або наближеної до природної рослинності (лісової, трав'яної, чагарникової) у межах кожного із фрагментів та визначено тенденції змін частки такої рослинності. Для картографічного представлення результатів аналізу використано класифікацію територіальних одиниць за двома параметрами: величина площі фрагменту та частка «природної» рослинності в його межах. Це дає можливість візуалізувати взаємозв'язок цих двох показників та визначити «пікові» ареали: із найкращими умовами для існування видів тварин та із недостатніми умовами для підтримання сприятливих умов існування. Результати аналізу представлені на *рис. 3 а, б, в*.

Один із базових показників фрагментованості ландшафтів – це розмір ефективної комірки (*effective mesh size*) m_{eff} , який є коректнішим екологічним індикатором [57, 58]. Зміст показника полягає у ймовірності того, що дві випадково вибрані у певному регіоні точки можуть бути пов'язані, тобто можуть перебувати в межах однієї ділянки. Це може бути інтерпретовано як можливість зустрічі двох тварин без перетину ними рубежів – забудови, шляхів або великих річок, тобто дається оцінка здатності тварин пересуватися вільно, без зіткнення з бар'єрами. З ландшафтознавчих позицій цей показник може бути інтерпретовано як такий, що засвідчує можливість належності двох довільно обраних точок, що характеризують певний вид ландшафтних комплексів, до територіально цілісної (нефрагментованої) ділянки.

Показник m_{eff} має розмірність (як правило, квадратні кілометри), що дає змогу порівнювати між собою фрагментацію досліджуваних

and Landscape Change. 2011. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199554232.003.0006

⁶ Die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt: Indikator "Landschaftszerschneidung". Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). URL: <https://biologischevielfalt.bfn.de/nationale-strategie/indikatoren-und-berichterstattung/indikatorenbericht-2014/indikatoren/landschaftszerschneidung.html>

⁴ © OpenStreetMap contributors

⁵ Bennett Andrew, Saunders Denis Habitat Fragmentation

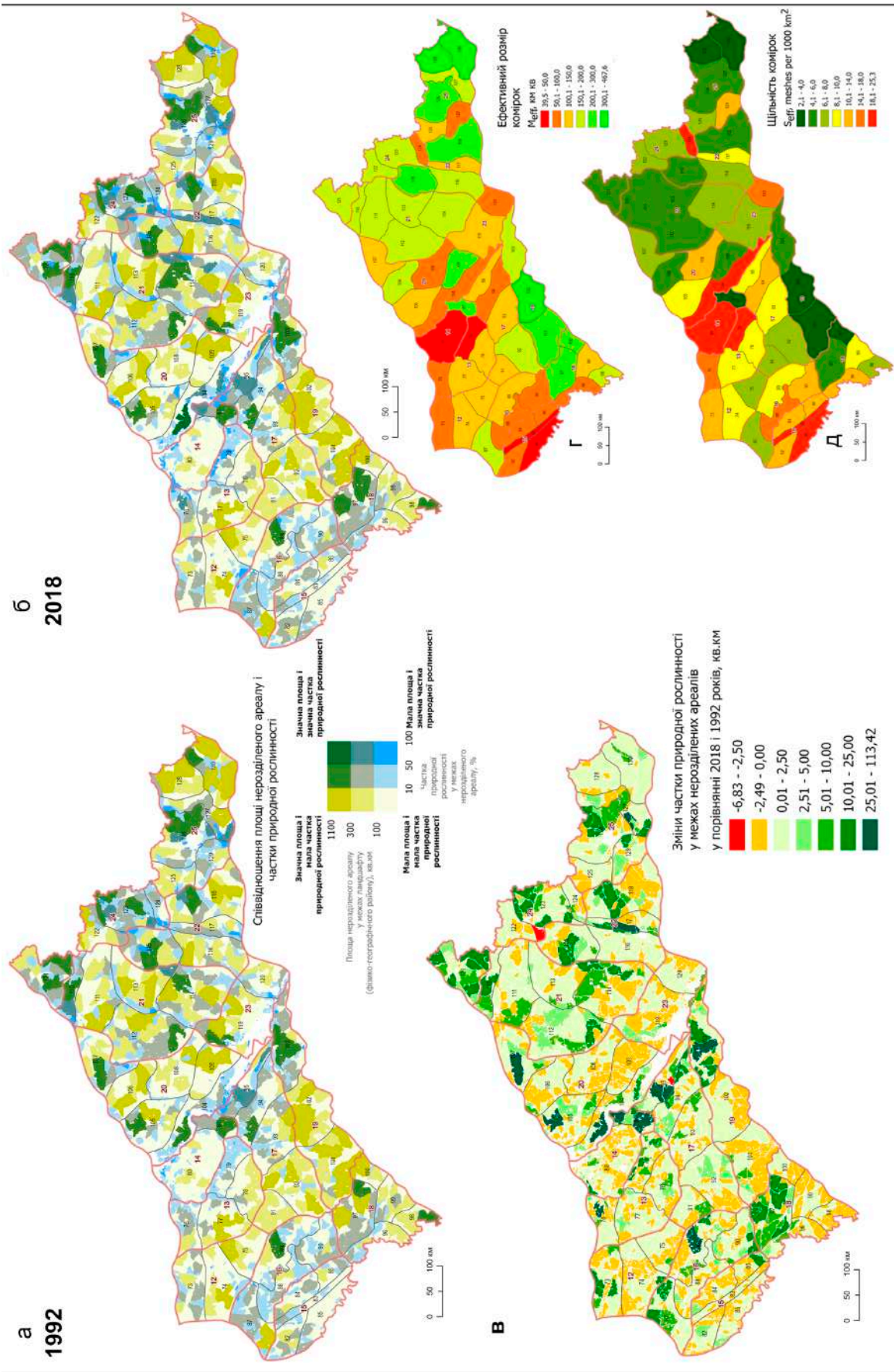


Рис. 3. Співвідношення площі нерозділених ареалів і частки лісової і лучної рослинності в межах таких ареалів: а - 1992 р., б - 2018 рік. в - Зміни частки природної рослинності у межах нерозділених ареалів у порівнянні 2018 року і 1992 року. Фрагментованість ландшафтів: г - за показником розміру ефективного комірки m_{eff} ; д - ефективного щільності комірок s_{eff} (укладено авторами)

територій, що відрізняються за площею. Показник m_{eff} розраховують за формулою [55]:

де n – число цілих нероздроблених фрагментів, A_i

$$m_{eff} = \left(\left(\frac{A_1}{A_{total}} \right)^2 + \left(\frac{A_2}{A_{total}} \right)^2 + \left(\frac{A_3}{A_{total}} \right)^2 + \dots + \left(\frac{A_n}{A_{total}} \right)^2 \right) \cdot A_{total} = \frac{1}{A_{total}} \cdot \sum_{i=1}^n A_i^2$$

– площа цілих фрагменту ($i = 1, \dots, n$), A_{total} – загальна площа певного ландшафту.

У цьому дослідженні базовою територіальною одиницею обрано фізико-географічний район. Розрахунки у першій частині формули $(A_i/A_{total})^2$ дають значення ймовірності того, що дві випадково обрані точки знаходяться в одному патчі (фрагменті). Такі значення ймовірності розраховують для кожного з фрагментів, які складають територію оцінювання. Друга частина (множення на величину регіону) перетворює цю ймовірність на міру площі – квадратні кілометри. Ця область є «розміром комірки звичайного візерунка сітки, що показує однаковий ступінь фрагментації, її можна безпосередньо порівняти з іншими регіонами»⁷

Чим менший розмір ефективної комірки, тим більше фрагментований ландшафт. Якщо територія повністю забудована, то $m_{eff} = 0$; якщо територія вільна від забудови або лінійних перешкод, m_{eff} дорівнює площі досліджуваної території. Результати розрахунку представлені на **рис. 3 г**.

Альтернативно, ступінь фрагментації може бути виражена як ефективна щільність комірок (*effective mesh density*) s_{eff} тобто ефективна кількість комірок на 1 000 кв км⁸, яка пов'язана з ефективним розміром комірок відповідно до $s_{eff} = 1 / m_{eff} * 1000$.

Для розуміння ступеня фрагментації та тенденцій простіше використовувати ефективну

щільність комірок, оскільки збільшення показника s_{eff} свідчить про збільшення фрагментації ландшафту. На **рис. 3 д** представлено характеристику фізико-географічних районів за показником ефективної щільності комірок.

Залежності між рівнями антропогенних навантажень на ландшафти та їх фрагментованістю яскраво простежуються, наприклад, у регіонах Придніпров'я, де зосереджені надмірно перетворені (рис. 1 а, б) та, відповідно, найбільш фрагментовані простори з невеликою участю ділянок умовно природної рослинності (рис. 3 а, б). У Правобережному Лісостепу виокремлюється південно-західна частина (Придністровсько-Східноподільська та Середньобузька височинні області) з переважанням середніх значень цього інтегрованого показника та центральна (переважно території Північної Західної Придніпровської, Центрально- та Південно-придніпровських областей), де при значній площі нерозділених ареалів (понад 300 км², у південних районах – до 1000 км²) частка природної рослинності мінімальна – до 10 % (рис. 3а, б). Значним зростанням площ з природною рослинністю протягом досліджуваного періоду (рис. 3 в) вирізняються території, де створені упродовж аналізованого періоду нові природоохоронні території – наприклад, Балтсько-Савранський (97) район Південноподільської височинної області, де у 2009 р. створено національний природний парк «Кармелюкове Поділля», Букринсько-Канівський район (81) Київської височинної області, де створено регіональний ландшафтний парк «Трахтемирів».

Для Лівобережного Лісостепу, крім його придніпровської частини, характерна дещо менша роздробленість ландшафтів у порівнянні з правобережжям цієї природної зони, що можна трактувати як наслідок домінування у структурі угідь земель сільськогосподарського використання (рис.3 а, б). Можна відзначити тенденцію до збільшення частки ареалів природної рослинності у східному напрямі та зростання її участі в межах нерозділених ареалів протягом 1992-2018 рр. (рис.3 в). Розрахунки засвідчують переважання у межах Східноукраїнського краю найбільших нерозділених ареалів, що мають площу 500-1000 та понад 1000 км², найбільше у Харківській схилово-височинній області. Певною мірою помітне зростання «природності» можна пов'язувати із розвитком мережі природно-заповідного фонду. Наприклад, високими є показники зростання частки «природних» територій у межах двох су-

⁷ Landscape fragmentation in Europe. EEA Report No 2/2011.URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/landscape-fragmentation-in-europe>, p.24

⁸ Jaeger, J., Bertiller, R. and Schwick, C., 2007, Degree of landscape fragmentation in Switzerland — Quantitative analysis 1885–2002 and implications for traffic planning and regional planning — Condensed version, Order No 868-0200, Federal Statistical Office, Neuchâtel, 36 pp. Also available in French (Order No 867-0200) or German (Order No 866-0200). URL: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/en/index/themen/02/22/publ.html?publicationID=2992>.

міжних фізико-географічних районів – Конотопсько-Путивльського (110, Північнополтавська височинна область Лівобережнодніпровського краю) та Кролевецько-Глухівського (121, Сумська схилово-височинна область Східноукраїнського краю). Ці два райони охоплюють середню частину басейну р. Сейм, де у 1995 р. було створено регіональний ландшафтний парк «Сеймський» площею понад 98 тис.га.

Аналіз показника m_{eff} свідчить про те, що **Подільсько-Придніпровський край** станом на 2018 р. характеризується найбільшою фрагментованістю в межах лісостепової зони України (рис. 3г). На його тлі особливо виразно виділяється Придністровсько-Східноподільська височинна область, у межах якої 2 із 5-ти фізико-географічних районів – Могилів-Подільсько-Ямпільський (85) і Митківсько-Клембівський (83) – мають мінімальний показник ефективного розміру комірок, що дорівнює 47,3 і 47,5 км² відповідно. Три інші фізико-географічні райони – Ялтушківсько-Копайгородський (82), Жмеринсько-Шаргородський (84) і Томашпільсько-Піщанський (86) характеризуються m_{eff} , що становить у середньому 78,7 км². Така фрагментованість території Придністровсько-Східноподільської височинної області пояснюється збігом мозаїчності ландшафтних виділів і різноманітного господарського використання у її межах.

Мінімальні значення показника m_{eff} характерні також для Васильківсько-Кагарлицького (80) району Київської височинної області (39,5 км²) та Білоцерківсько-Богуславського району (79) Північно-Східної Придніпровської височинної області (41,9 км²). Отримані у цих фізико-географічних районах дані m_{eff} логічно узгоджуються із максимальними значеннями показників ефективної щільності комірок s_{eff} , що сягають тут 25,3 і 23,9 на 1 000 км² відповідно (рис. 3г).

Максимальне значення показника m_{eff} у Подільсько-Придніпровському краї, як і в цілому у лісостеповій зоні України, зафіксовано у Смолинсько-Новомиргородському районі (102) Південнопридніпровської височинної області (рис. 3г). Тут ефективний розмір комірок m_{eff} дорівнює 467,6 км². Ймовірною причиною цього є висока однорідність господарського використання території. Переважання глибоких середньогумусних і малогумусних чорноземів, що є високопродуктивними землями, призвело до надмірного сільськогосподарського освоєння території – частка агроугідь тут становить близько 90 % всієї площі

фізико-географічного району. Отримане значення показника m_{eff} у Смолинсько-Новомиргородському районі закономірно обернене показнику ефективної щільності комірок s_{eff} (рис. 3д), що дорівнює 2,1 на 1 000 км² і теж є найменшим у межах території дослідження.

Лівобережнодніпровський край характеризується меншою фрагментованістю, ніж Подільсько-Придніпровський. Про це свідчить, зокрема, ефективний розмір комірок m_{eff} : із 17 фізико-географічних районів, що належать до цього краю, 7 характеризуються показником m_{eff} 150,1-200 км², ще 3 – 200-300 км² (рис. 3 г). Особливо однорідною у цьому плані є територія Північнополтавської височинної області, у межах якої середнє значення m_{eff} становить 175,4 км².

У 3-х районах Лівобережнодніпровського краю m_{eff} становить 50,1-100,0 км² – Процівсько-Ліпльавському (104) і Яготинсько-Гребінківському (108) Північнопридніпровської терасової низовинної області, а також Козельщинсько-Кобеляцькому (120) Південнопридніпровської терасової низовинної області.

У межах **Східноукраїнського краю** найменший показник m_{eff} (50,8 км²) властивий для Охтирсько-Великописарівського (124) фізико-географічного району Сумської схилово-височинної області (рис.3 г). Значна фрагментованість цього району підтверджується також щільністю комірок s_{eff} , що становить 19,7 на 1 000 км² (рис. 3д). Максимальні показники m_{eff} характерні для Куп'янсько-Дворічанського (130) і Білоколодзько-Великобурлуцького (128) фізико-географічних районів Харківської схилово-височинної області, які становлять відповідно 429,5 та 307,1 км².

Висновки

Геопросторово-часовий аналіз антропогенних змін ландшафтів Українського Лісостепу, виконаний для природних одиниць регіонального рівня, дав можливість відстежити ряд їх залежностей від ландшафтних умов території. Незважаючи на складність процесів антропогенного перетворення навколишнього природного середовища, на комплекс суспільних, економічних та інших чинників, що зумовлюють його зміни, видається важливим відстежити саме їхню залежність від природних (ландшафтних) умов території.

Врахування природних властивостей – важлива складова не лише виявлення просторової диференціації антропогенних змін, а й перспективного просторового планування території.

Обрані одиниці оцінювання – фізико-географічні райони, що об'єктивно відображають природне ландшафтне різноманіття, яке значною мірою зумовлює просторову диференціацію видів використання та характеру змін ландшафтів. Так, при домінуванні показників сильного та надмірного антропогенного перетворення лісостепових ландшафтів та загальних тенденцій певного збільшення цього показника протягом досліджуваного періоду, в окремих фізико-географічних районах спостерігається зменшення антропогенних перетворень. Це можна пояснити тим, що на певних територіях ландшафтні умови не сприяють ефективному сільськогосподарському природокористуванню, наприклад у ландшафтах долин Дніпра та Ворскли. Разом із тим, істотне збільшення показників антропогенного перетворення в інших фізико-географічних районах зумовлене подальшим зростанням площ орних земель, а також видобутком корисних копалин, розбудовою міст.

Розраховані та проаналізовані показники антропогенного ландшафтного різноманіття, роздробленості та фрагментованості ландшафтів також корелюють із ландшафтними умовами територій (зокрема мезокліматичними та гідрологічними характеристиками, особливостями літооснови, приуроченістю до певних елементів рельєфу, умовами зволоження, особливостями ґрунтово-рослинного покриву) та визначаються її сучасним використанням. Отримані інтегровані характеристики роздробленості ландшафтів та ступеня «природності» виокремлених фрагментів є важливими екологічними показниками для оцінювання біорізноманіття та якості рекреації, стійкості ландшафтів; можуть бути застосовані для регіонального планування та для прийняття рішень щодо розміщення або видалення елементів інфраструктури, визначення потенційних для заповідання територій.

У цілому для Лісостепу України протягом досліджуваного періоду зазначаються такі закономірності (тренди) динаміки показників антропогенних змін ландшафтів (у розрізі фізико-географічних районів):

– при домінуванні сильної і надмірної антропогенної перетвореності ландшафтів відбувається збереження або незначне подальше збільшення цих показників;

– спостерігається незначне або помірне зростання антропогенного ландшафтного різноманіття.

Щодо зміни частки природної рослинності у фізико-географічних районах Лісостепу, загальна тенденція не виявлена – для багатьох територій характерне або незначне зменшення частки природної рослинності або ж її, також незначне, зростання. Можна відзначити певний зв'язок підвищення частки природної рослинності у межах фізико-географічних районів, де протягом досліджуваного періоду були створені природоохоронні об'єкти.

Новизна дослідження полягає в:

– обґрунтуванні нових методичних прийомів на основі геоінформаційних технологій для вивчення просторово-часових змін ландшафтів за минулі десятиліття;

– визначенні трендів змін структури землекористування у лісостеповій зоні України в 1992-2018 рр. – в цілому та для основних типів землекористування на вказаній території (сільськогосподарських угідь, лісів, забудованих територій).

– дослідженні просторово-часових змін ландшафтів лісостепової зони України в 1992-2018 рр. на рівні фізико-географічних районів на основі показників ступеня антропогенного перетворення, ступеня ландшафтного різноманіття та фрагментованості.

References [Література]

1. Shyshchenko P.H. (1999). *Principles and methods of landscape analysis in regional design*. Kyiv, 284 p. [In Russian] [Шищенко П. Г. Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании. Киев, 1999. 284 с.]
2. Samoilenko V.M., Dibrova I.O., Plaskalnyy V.V. (2018). *Anthropization of landscapes*. Kyiv, 232 p. [In Ukrainian]. [Самойленко В. М., Діброва І. О., Пласкальний В. В. Антропоізація ландшафтів. Київ, 2018. 232 с.]
3. Udovychenko V.V. (2004). *Landscape-ecological analysis of nature management (on the example of the territory of Sumy region)*. Abstract of the dissertation. ... cand. geogr. science: 11.00.11. Kyiv. [In Ukrainian]. [Удовиченко В. В. Ландшафтно-екологічний аналіз природокористування (на прикладі території Сумської області): Автореф. дис. ... к. геогр. н.: 11.00.11 Київ, 2004]
4. Grodzinsky M.D. (1993). *Fundamentals of landscape ecology*. Textbook. Kyiv, 224 p. [In Ukrainian] [Гродзинський М. Д. Основи ландшафтно-екології: підручник. Київ, 1993. 224 с.]
5. Koinova I.B. (1999). *Anthropogenic transformation of landscape systems in the western part of Volyn Polissia*. Abstract

- of the dissertation. ... cand. geogr. science: 11.00.11. Lviv, 19 p. [In Ukrainian].
 [Койнова І. Б. Антропогенна трансформація ландшафтних систем західної частини Волинського Полісся : автореф. дис... канд. геогр. наук: 11.00.11. Львів, 1999. 19 с.]
6. Tsaryk L.P. (2006). *Ecological-geographical analysis and assessment of the territory: theory and practice (on the materials of Ternopil region)*. Ternopil, 256 p. [In Ukrainian].
 [Царик Л. П. Еколого-географічний аналіз і оцінювання території: теорія і практика (на матеріалах Тернопільської області). Тернопіль, 2006. 256 с.]
 7. Malchikova D.S. (2009). Spatial features of anthropogenic transformation of natural systems of Kherson region. *Geography and modernity*. Coll. of sci. works of M.P.Dragomanov National Pedagogical University. Iss. 20. Kyiv, 53-56. [In Ukrainian].
 [Мальчикова Д.С. Просторові особливості антропогенної трансформації природних систем Херсонської області. // Географія і сучасність: зб. наук. праць Націон. пед. ун-ту ім. М.П.Драгоманова. Вип. 20. Київ, 2009. С. 53-56.]
 8. Nesterchuk I.K. (2011). *Geoecological analysis: conceptual approaches, sustainable development*. Zhytomyr, 312 p. [In Ukrainian].
 [Нестерчук І. К. Геоекологічний аналіз: концептуальні підходи, сталий розвиток. Житомир, 2011, 312 с.]
 9. Palienko V.P., Khomich V.S., Sorokina L.Yu., Vagmet O.B., Golubtsov A.G. et al. (2013). *Problems of nature management in the transboundary region of the Belarusian and Ukrainian Polissia*. Monograph. Kyiv, 289 p. [In Russian].
 [Проблеми природопользования в трансграничном регионе Белорусского и Украинского Полесья: монография / В. П. Палиенко, В. С. Хомич, Л. Ю. Сорокина, О. Б. Вагмет, А. Г. Голубцов и др. Киев, 2013. 289 с.]
 10. Sinna O.I. (2013). GIS-analysis of anthropogenic transformation of Zmiiv district of Kharkiv region landscapes. *Problems of continuity of geographical education and cartography*. Coll. of sci. works. Iss. 17. Kharkiv, 52-56. [In Ukrainian].
 [Сінна О. І. ГІС-аналіз антропогенної перетвореності ландшафтів Зміївського району Харківської області // Проблеми безперервності географічної освіти і картографії : зб. наук. праць. 2013. Вип. 17. Харків. С. 52-56.]
 11. Titenko G.V., Baskakova L.V. (2013). Criteria and parameters for urban landscape model development. *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv national university. Ecology series*. Iss. 9, 1070, 91-95 [In Ukrainian].
 [Тітенко Г. В., Баскакова Л. В. Критерії та параметри для розробки моделі урболандшафту. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2013. Вип. 9. № 1070. С. 91-95.]
 12. Khrushchuk S. Yu., Bespalko R.I. (2013). Anthropogenic transformation as a criterion for land use optimization at the regional level. *Science and education a new dimension: natural and technical sciences, 1 (2)*. Iss. 15. P.138-141. [In Ukrainian].
 [Хрищук С. Ю., Беспалько Р. І. Антропогенна перетвореність як критерій оптимізації землекористувань на регіональному рівні // *Science and education a new dimension: natural and technical sciences*. 2013. 1 (2). Iss. 15, 138-141.]
 13. Kovalchuk I.P., Shvets O.I., Andreichuk Y.M. (2013). Transformation processes in basin geosystems of the right-bank tributary of the Dniester – Berezhnysia river and methods of their estimation and mapping. *Phys. geography and geomorphology*. Iss. 2 (70), 282-293. [In Ukrainian].
 [Ковальчук І.П., Швець О.І., Андрейчук Ю.М. Трансформаційні процеси у басейнових геосистемах правобережної притоки Дністра – р. Березниця та методи їх оцінювання і картографування // *Фіз. географія та геоморфологія*. 2013. Вип. 2 (70). С. 282-293.]
 14. Telish P. (2014). Anthropogenic transformation of the territory of the regional landscape park Upper Dniester Beskids and ways to reduce it. *Bulletin of Lviv University. Series geographical*. Iss. 48, 13-321. [In Ukrainian].
 [Теліш П. Антропогенна трансформація території регіонального ландшафтного парку «Верхньодністровські Бескиди» та шляхи її зменшення. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2014. Вип. 48. С. 313-321.]
 15. Pashchenko V.M., Chekhniy V.M., Grodzynskiy M.D. et al. (2007). *Principles, criteria and methods of landscape assessment for the optimization of nature management in Ukraine*. A report on research work. Kyiv, 280 p. [In Ukrainian].
 [Принципи, критерії та методи оцінювання ландшафтів для оптимізації природокористування в Україні : звіт про науково-дослідну роботу / Пащенко В. М., Чехній В. М., Гродзинський М. Д. та ін. Київ, 2007. 280 с.]
 16. Sorokina L.Yu. (2013). Assessment of anthropogenic transformation of landscapes of the cross-border Polesie region. *Ukrainian geographical journal*, 3, 25-33. [In Ukrainian].
 [Сорокина Л.Ю. Оценка антропогенной трансформированности ландшафтов трансграничного полесского региона // *Укр. геогр. журн.* 2013. № 3. С.25-33.]
 17. Rudenko L.H., Golubtsov O.G., Chekhniy V.M. et al. (2020). *Methodology and practice of assessing the territory of Ukraine for conservation*. Kyiv, 2020. 248 p [In Ukrainian].
 [Руденко Л.Г., Голубцов О. Г., Чехній В. М. та ін. *Методологія і практика оцінювання території України для заповідання*. Київ, 2020. 248 с.]
 18. Uuemaa E., Mander Ü., Marja R. (2013). Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: A review. *Ecological Indicators*, 28, 100–106.
 19. Turner Monica G., Gardner Robert H. (2015). *Landscape Ecology in Theory and Practice*. 2nd ed. New York, 482 p.
 20. Walz Ulrich (2011). Landscape Structure, Landscape Metrics and Biodiversity. *Living Rev. Landscape Res.*, 5, 3, 1-35.
 21. Schindler Stefan, von Wehrden Henrik, Poirazidis Kostas, Wrbka Thomas, Vassiliki Kati (2013). Multiscale performance of

- landscape metrics as indicators of species richness of plants, insects and vertebrates. *Ecological Indicators*, 31, 41–48.
22. Hrynevetskyi V.T. (2000). To substantiate the main concepts and methodology of research of landscape diversity in Ukraine. *Ukrainian geographical journal*, 2, 8-13 [In Ukrainian].
[Гриневецький В.Т. До обґрунтування основних понять і методології досліджень ландшафтного різноманіття в Україні // Укр. геогр. журн. 2000. № 2. С. 8-13.]
23. Sorokina L.Yu. (2000). The role of anthropogenic elements in landscape diversity. *Issues of landscape diversity of Ukraine*. Coll. Sci. works. Kyiv, 49-53. [In Ukrainian].
[Сорокіна Л.Ю. Роль антропогенних елементів у ландшафтному різноманітті // Проблеми ландшафтного різноманіття України. Зб. наук. праць. Київ. С.49-53]
24. Grodzynskyi M. D. (2015). Dimensions and indexes of the landscape diversity. *Journal of Education, Health and Sport*, 5(5), 283-291. DOI 10.5281/zenodo.17742 [In Ukrainian].
[Гродзинський М. Д. (2015). Виміри та показники ландшафтного різноманіття // Journal of Education, Health and Sport. 2015. 5(5). С. 283-291. DOI 10.5281/zenodo.17742]
25. Pashchenko V.M. (2000). Investigation of landscape diversity as invariance and variability. *Ukrainian geographical journal*, 2, 3 - 8 [In Ukrainian].
[Пашченко В.М. Дослідження ландшафтного різноманіття як інваріантності та варіантності // Укр. геогр. журн. 2000. №2. С. 3-8.]
26. Denisyk G.I. (1998). *Anthropogenic landscapes of the Right Bank Ukraine*. Vinnytsia, 292 p. [In Ukrainian].
[Денисюк Г. І. Антропогенні ландшафти Правобережної України. Вінниця, 1998. 292 с.]
27. Golubtsov O.G., Chekhniy V.M., Farion Yu.M. (2018). Geoinformation mapping and analysis of modern landscapes for the purpose of the nature conservation (by the example of the Steppe zone of Ukraine). *Ukrainian geographical journal*, 2, 61-71. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.061> [In Ukrainian].
[Голубцов О.Г., Чехній В.М., Фаріон Ю.М. Геоінформаційне картографування та аналіз сучасних ландшафтів для цілей заповідання (на прикладі степової зони України // Укр. геогр. журн. 2018. №2. С. 61-71. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.061>]
28. Rudenko L. H., Golubtsov O.G., Chekhniy V. M., Tymuliak L. M., Farion Yu. M. (2019). Landuse changes in the Forest-Steppe zone of Ukraine during 1991 – 2018: methodology of research and main trends. *Ukrainian geographical journal*, 1, 24-32. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.01.024> [In Ukrainian].
[Руденко Л. Г., Голубцов О. Г., Чехній В. М., Тимуляк Л. М., Фаріон Ю. М. Зміни у використанні земель лісостепової зони України протягом 1991 – 2018 років: методика, основні тенденції // Укр.геогр.журн. 2019. № 1. С.24-32. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.01.024>]
29. Schulza Christian, Koch Robert, Cierjacks Arne, Kleinschmit Birgit. (2017). Land change and loss of landscape diversity at the Caatinga phytogeographical domain – Analysis of pattern-process relationships with MODIS land cover products (2001-2012). *Journal of Arid Environments*. Vol. 136, January, 54-74.
30. Dušek Radek, Popelková Renata. (2017). Landscape diversity of the Czech Republic. *Journal of Maps*, 132, 486-490.
31. Śleszyński Przemysław, Solon Jerzy. (2017). A map of the landscape diversity of Poland. *Geographia Polonica*. Vol. 90. Iss. 3. P. 369-377.
32. Krtička Luděk, Tomčíková Ivana, Rakytová Iveta. (2018). Development versus conservation: evaluation of landscape structure changes in Demänovská Valley, Slovakia. *Journal of Mountain Science*. Vol. 15, 1153–1170.
33. Chmielewski Szymon, Chmielewski Tadeusz J., Tompalski Piotr. (2014). Land cover and landscape diversity analysis in the West Polesie Biosphere Reserve. *Int. Agrophys.*, 28, 153-162.
34. Yu X., Ng C. (2006). An integrated evaluation of landscape change using remote sensing and landscape metrics: a case study of Panyu, Guangzhou. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 6, 1075-1092.
35. Kim Keun-Ho, Pauleit Stephan. (2005). Landscape metrics to assess the ecological conditions of city regions: Application to Kwangju City, South Korea. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 12, 227–244.
36. Liu Hua, Weng Qihao (2013). Landscape metrics for analysing urbanizationinduced land use and land cover changes. *Geocarto International*, 28, 7, 582-593.
37. Domaranskyi A.O. (2003). Anthropization of landscapes and its reflection in the parameters of landscape diversity assessment. *Scientific notes of Mykhailo Kotsiubynskyi Vinnytsia State Pedagogical University. Series: Geography*. Iss. 6, 44 - 51. [In Ukrainian].
[Домаранський А.О. Антропізація ландшафтів та її відображення в параметрах оцінки ландшафтного різноманіття // Наук. зап. Вінницького держ. пед. університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія. 2003. Вип. 6. С. 44 – 51.]
38. Domaranskyi A.O. (2006). Landscape diversity: essence, meaning, metrization, conservation. Kirovograd, 146 p.[In Ukrainian].
[Домаранський А.О. Ландшафтне різноманіття: сутність, значення, метризація, збереження. Кіровоград, 2006. 146 с.]
39. Udovychenko V.V. (2016). The specificity of anthropogenic transformational processes within forest-steppe landscape complexes of the Left-Bank Ukraine (on the example of the tested research area). *Ukrainian geographical journal*, 4, 22-29. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2016.04.022> [In Ukrainian].
[Удовиченко В.В. Особливості антропогенних трансформаційних процесів лісостепових ландшафтних комплексів Лівобережної України (на прикладі тестової ділянки дослідження) // Укр. геогр. журн. 2016. №4.

- C. 22-29. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2016.04.022>]
40. Kuchma T.L., Sirotenko O.V. (2014). Assessment of landscape diversity according to remote sensing of the Earth. *Agroecological journal*, 1, 35–39. [In Ukrainian].
[Кучма Т.Л., Сиротенко О.В. Оцінювання ландшафтного різноманіття за даними дистанційного зондування Землі // Агроекологічний журнал. 2014. № 1. С. 35-39.]
 41. Chmyshenko D.I., Svidzinska D.V. (2014). Analysis of landscape diversity: a quantitative approach. *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*, 10, 245-249. [In Ukrainian].
[Чмишенко Д.І., Свідзінська Д.В. Аналіз ландшафтного різноманіття: кількісний підхід // Геополітика и екогеодинамика регионів. 2014. №10. С. 245-249.]
 42. Krasnopir O.V. (2015). Analysis of landscape diversity of Ukrainian Polissya for 2001–2012 on the basis of classified space images EOS / MODIS. *Ukrainian Journal of Remote Sensing of the Earth*, 6, 14–23. [In Ukrainian].
[Краснопір О.В. Аналіз ландшафтного різноманіття Українського Полісся за 2001–2012 рр. на основі класифікованих космічних знімків EOS/MODIS // Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. №6. С. 14–23.]
 43. Jaeger J. Soukup T., Madrinan L.F. et al. (2011). *Landscape fragmentation in Europe. Joint EEA-FOEN report. EEA Report. №2. Veröffentlicht von der Europäischen Umweltagentur (EEA) und dem Schweizerischen Bundesamt für Umwelt (FOEN)*. Luxembourg, 87 s. URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/landscapefragmentation-in-europe/>
 44. Jianguo Wu. (2009). Ecological Dynamics in Fragmented Landscapes. Ed. Simon Levin. *Princeton Guide to Ecology*. Princeton, 438-444.
 45. Khoroshev A (2016). *Multiscale organization of geographical landscape*. Moscow, 416 p. [In Russian].
[Хорошев А. Полимасштабная организация географического ландшафта. Москва, 2016. 416 с.]
 46. Biatov A.P., Ukrainskii P.A., Narozchnaia A.G. (2014) Comparative analysis of the fragmentation of landscapes in the Belgorod part of the Vorskla basin and Merla basin (Kharkiv region, Ukraine). *Scientific statements of the Belgorod state university. Series Natural Sciences*, 3. Iss.26, 157-165 [In Russian].
[Биатов А.П., Украинский П.А., Нарожная А.Г. Сравнительный анализ фрагментированности ландшафтов белгородской части бассейна Ворсклы и бассейна Мерлы (Харьковская область, Украина). Научные ведомости Белгородск. гос. ун-та. Серия Естественные науки. 2014. №3. Вып.26. С.157-165.]
 47. *Physical-geographical regioning of the Ukrainian SSR*. Ed. V.P. Popov, A.M. Marynich, A.I. Lanko (1968). Kyiv, 684 p. [In Russian].
[Физико-географическое районирование Украинской ССР / Под ред. В.П. Попова, А.М. Маринича, А.И. Ланько. Киев, 1968, 684 с.]
 48. Grekousis G. (2020). *Spatial Analysis Methods and Practice Describe–Explore–Explain through GIS*. Cambridge University Press, 518 p. DOI:<https://doi.org/10.1017/9781108614528>
 49. Michael J. de Smith, Michael F. Goodchild, Paul A. Longley & Associates (2020). *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles Techniques and Software Tools*. 6th edition, update. URL: https://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html?conclusions_delivering_the_res.htm
 50. *National Atlas of Ukraine*. (2007). Ch. Editor L.H. Rudenko. Kyiv, 440 p. [In Ukrainian].
[Національний атлас України / Гол. Ред Л.Г.Руденко. Київ, 2007. 440 с.]
 51. Shishchenko P.H. (1988). *Applied physical geography*. Kyiv, 1988. 192 p.[In Russian]
[Шищенко П. Г. Прикладная физическая география. Киев, 1988. 192 с.]
 52. Marynych O.M., Shishchenko P.H. (2006). *Physical geography of Ukraine*. Textbook. Ed. 3. Kyiv, 2006. 511 p.[In Ukrainian].
[Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України: підручник. Вид. 3. Київ, 2006. 511 с.]
 53. Nagendra Harini. (2002). Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Applied Geography*, 22, 175–186.
 54. Martina Amanda E., Collins Sara J., Crowe Susie, Girard Judith, Naujokaitis-Lewis Iona, Smith Adam C., Lindsay Kathryn, Mitchell Scott, Fahrig Lenore. (2020). Effects of farmland heterogeneity on biodiversity are similar to – or even larger than – the effects of farming practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 288, 106698.
 55. Jaeger J., Bowman J., Brennan J., Fahrig L., Bert D., Bouchard J., Charbonneau N., Frank K., Gruber B., Toschanowitz K. (2005). Predicting when animal populations are at risk from roads: An interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling*, 185, 329-348. 10.1016/j.ecolmodel.2004.12.015., 1;
 56. Golubtsov O.G. (2020). GIS-analysis of landscapes as a basis for creating a network of protected areas. In *Methodology and practice of assessing the territory of Ukraine for the nature protection/* Ed. L.G. Rudenko. Kyiv, p. 104-116. [In Ukrainian]
[Голубцов О.Г. ГИС-аналіз ландшафтів як основа створення мережі заповідних територій // Методологія і практика оцінювання території України для заповідання / За ред. Л.Г. Руденка. Київ, 2020. С. 104-116.]
 57. Jaeger, J. A. G. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape ecology* 15(2), 115-130.
 58. Esswein H., Jaeger, J. Schwarz-von Raumer H.-G.(2003). Der Grad der Landschaftszerschneidung als Indikator im Naturschutz: unzerschnittene verkehrsrarme Räume (UZR) oder effektive Maschenweite (meff)? *NNA-Berichte* 16(2), 53-68.

Стаття надійшла до редакції 04.06.2021