

7. Polyvach K.A. (2012). *Cultural heritage and its influence on the development of regions of Ukraine*. Kyiv. [In Ukrainian]. [Поливач К.А. Культурна спадщина та її вплив на розвиток регіонів України. Київ, 2012. 208 с.]
8. Tregubova T.A., Vodzinsky E.E. (1990). Studying and accounting of historical inhabited places of Ukraine. *Construction and architecture*, 10, 8-9. [In Russian]. [Трегубова Т.А., Водзинский Е.Е. Изучение и учет исторических населенных мест Украины // Строительство и архитектура. 1990. № 10. С. 8–9.]
9. *The register of destroyed monuments of architecture in Kiev over the past 15 years*. Informational and Analytical Internet Edition KievVlast. [Реєстр уничтоженных памятников архитектуры Киева за последние 15 лет // Информационно-аналитическое Интернет-издание КиевВласть. URL: [http://kievvlast.com.ua/base/reestr\\_unichtozhennih\\_pamjatnikov\\_arhitekturi\\_kieva\\_za\\_poslednie\\_15\\_let27112](http://kievvlast.com.ua/base/reestr_unichtozhennih_pamjatnikov_arhitekturi_kieva_za_poslednie_15_let27112)]
10. Polyvach K.A. (2013). Formation of the system to monitor the cultural heritage objects in Ukraine. *Ukrainian geographical journal*, 3, 57-63. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2013.03.057>. [In Ukrainian]. [Поливач К. А. Формування системи моніторингу об'єктів культурної спадщини в Україні // Укр. геогр. журн. 2013. №3. С. 57-63.]
11. *Concept of national policy on cultural heritage development in Ukraine (draft)* / Ed. O.P. Oliynyk. Kyiv, 2014. [In Ukrainian]. [Концепція національної політики щодо культурної спадщини в Україні (Проект). / Під ред. О.П. Олійник. Київ, 2014. 134 с.]

Стаття надійшла до редакції 18.04.2018

УДК 911.2/3

DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.061>

**О. Г. Голубцов, В. М. Чехній, Ю.М. Фаріон**

Інститут географії Національної академії наук України, Київ

## **ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ ТА АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЛАНДШАФТІВ ДЛЯ ЦІЛЕЙ ЗАПОВІДАННЯ (НА ПРИКЛАДІ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ)\***

Мета цієї публікації – розкрити зміст методів геоінформаційного картографування ландшафтів (базовий масштаб 1:1 000 000) для визначення перспективних об'єктів і територій як складових природоохоронної мережі, зокрема в умовах високого рівня антропогенної трансформації природи регіону дослідження – степової зони України. Застосовано нові підходи до моделювання структури сучасних ландшафтів на основі методології виділення екологічних територіальних одиниць (ELU) з використанням відкритих наборів геопросторових даних. На основі змодельованої структури сучасних ландшафтів уточнено ступінь антропогенних змін ландшафтних комплексів степової зони. Враховано істотний критерій оцінювання території для заповідання – ландшафтне різноманіття, важливість збереження якого відзначена в низці міжнародних документів. Для його визначення у контексті оцінки територій з позицій їхньої значущості для заповідання на регіональному рівні пропонується використовувати ландшафтні метрики, що відносяться до групи метрик різноманіття. Результати геоінформаційного аналізу ландшафтів стали основою укладання схеми мережі потенційних для заповідання територій та об'єктів степової зони України у межах адміністративних областей, а також зони пріоритетного та перспективного заповідання.

**Ключові слова:** сучасні ландшафти; геоінформаційні системи (ГІС); ландшафтне різноманіття; охорона природи; заповідні території.

\*Дослідження виконано у рамках науково-дослідної роботи Інституту географії НАН України «Розробка наукових принципів та ландшафтно-біотичних критеріїв організації перспективної сітки заповідних територій різного рангу». Етап 3. «Дослідження степової природної зони з метою визначення природних виділів до заповідання. Підготовка рекомендацій щодо створення об'єктів ПЗФ», що виконується згідно з Договором від 01.03.2017 № 19-17 з Президією НАН України.

© **О.Г. Голубцов, В.М. Чехній, Ю.М. Фаріон, 2018**

ISSN 1561-4980. Укр. геогр. журн. 2018, 2(102)

**O.H. Golubtsov, V. M. Chekhniy, Yu.M. Farion**

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

**GEOINFORMATION MAPPING AND ANALYSIS OF MODERN LANDSCAPES FOR THE PURPOSE OF THE NATURE CONSERVATION (BY THE EXAMPLE OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE)**

The aim of this publication is to describe the methods of geoinformation mapping of landscapes (basic scale 1:1000000) for the purpose of identification of prospective objects and territories as part of the nature protection network, in particular, in conditions of high level of anthropogenic transformation of the nature of the research region – steppe zone of Ukraine. The new approaches to modeling the modern landscapes structure have been applied on the basis of the methodology of ecological land units (ELUs) allocation using open geospatial datasets. On the basis of the simulated structure of modern landscapes, the degree of anthropogenic changes of the steppe zone landscapes has been specified. It is considered the essential criterion for assessing the territory for the reservation – landscape diversity, the importance of whose conservation is noted in a number of international documents. For its definition in the context of the assessment of the territories from the point of view of their importance for the reservation at the regional level it is proposed to use the landscape metrics belonging to the group of diversity metrics. The results of the landscapes geoinformation analysis became the basis for creation of the scheme of territories and objects in the steppe zone of Ukraine within the administrative regions, that are prospective for reservation as well as priority and promising areas.

**Keywords:** *modern landscapes; geographic information systems (GIS); landscape diversity; nature conservation; protected areas.*

**Актуальність питання**

Створення мережі нових об'єктів та територій природно-заповідного фонду України є важливим державним завданням у контексті реалізації положень, закладених у Законі України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» та Національний плану дій з охорони навколишнього природного середовища на 2016-2020 роки. Це завдання є комплексним за змістом і потребує залучення підходів низки наукових дисциплін. Важливою у цьому контексті є роль ландшафтознавства, зокрема щодо опрацювання дієвого методичного ландшафтознавчого інструментарію для картографування сучасних ландшафтів на регіональному рівні на основі ефективного використання потенціалу сучасних ГІС-технологій, із залученням матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Наступне важливе завдання – цільове оцінювання сучасних ландшафтів із врахуванням ступеню антропогенного перетворення та актуальних показників ландшафтного різноманіття. Результати такого аналізу – надійна основа для розроблення обґрунтованих заходів і рекомендацій щодо охорони природи.

**Вихідні передумови**

У центрі уваги представлено дослідження – сучасні ландшафти, виділення і картографування яких спирається на методичні підходи до моделювання *екологічних територіальних одиниць* (Ecological Land Units). Зазначені підходи були

реалізовані при створенні карти «Екологічні земельні одиниці Світу» (World Ecological Land Units Map)<sup>1</sup> – комплексної за своїм змістом розробки, в якій були задіяні Асоціація американських географів, геологічна служба США, компанія ESRI та Група спостереження за Землею (The Group on Earth Observation). У контексті цих напрацювань *екологічна територіальна одиниця* (Ecological Land Units – далі ELU) визначається як ареал поєднання своєрідних біокліматичних, літологічних умов, форм земної поверхні і типів земного покриву (Land Cover) [1]. Це чотири основні структурні складові екосистеми, перші три з яких (біоклімат, рельєф і літологічні умови) є фізичними «драйверами» розподілу рослинності, оскільки вони здійснюють багатоманітний вплив на ґрунт та його фізико-хімічні умови, параметри місцевого клімату і мікроклімату (сумарне випаровування, опади, температуру, вітер, хмарність та радіаційний режим тощо) [1].

Модель ELU за своєю суттю є географічною – її засадничі положення ближчі до концепції геоекосистем, ніж до біоекосистем, тому що основний акцент робиться на комплекс фізичних особливостей території, що формують ландшафт, а не на біоту [2, 3]. Людина та її вплив на ландшафт у цій моделі враховані через включення інформації щодо земного покриву, оскільки де-

<sup>1</sup>World Ecological Land Units Map 2015 / USGS, Esri, Metzger et al. 2012, ESA, GEO. URL: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=77bbcb86d5eb48a8adb084d499c1f7ef>

які класи земних покривів пов'язані з землекористуванням певних типів – штучні поверхні та міські території, поля та інші. При визначенні структури сучасних ландшафтів степової зони до основних чотирьох складових цієї моделі було долучено п'ятий – ґрунти, що, на думку авторів статті, посилює обґрунтованість виокремлення окремих ландшафтних одиниць.

У США модель ELU використовують з метою охорони природи, зокрема у великомасштабних проєктах із планування природоохоронних заходів, встановлення пріоритетів збереження ландшафтів тощо [3, 4]. Подібні методичні підходи використано при картографуванні рослинності в Північній Алясці – Integrated terrain unit mapping (ITUM)<sup>2</sup>, у проєкті створення бази даних (кадастру) про природні ресурси Австралії – Australian Soil Resource Information System<sup>3</sup>.

В Україні методичний підхід визначення та аналізу структури змінених внаслідок антропогенного впливу ландшафтів застосовано, зокрема, при вивченні наслідків аварії на Чорнобильській АЕС [5, 6].

Результати моделювання структури сучасних ландшафтів стали основою для оцінювання показників ландшафтного різноманіття. Уявлення про неоднорідність або гетерогенність території є одним із фундаментальних у сучасній ландшафтній екології – постулюється тісний зв'язок між просторовим рисунком, структурою (spatial patterns) та процесами, що відбуваються у ландшафті [7]. Це процеси різної природи, зокрема ті, що істотно впливають на просторову організацію біоти та мають безпосереднє відношення до біорізноманіття. У ландшафтознавстві така гетерогенність інтерпретується через поняття *ландшафтного різноманіття* (ЛР). Тому показники ЛР є одними із важливих критеріїв оцінювання важливості території з позиції її заповідання.

Детальніше про поняття «ландшафтного різноманіття» та його типи – в роботах [8 – 12], про його зв'язок з біотичним різноманіттям – у працях [13 – 16].

Дослідження базується на геоінформаційних

технологіях отримання й організації вихідних даних, створення карти ландшафтів, аналізу ландшафтів та моделювання мережі потенційних для заповідання територій. Для отримання, підготовки, аналізу та візуалізації просторових даних використано програмне забезпечення ArcGIS Desktop (ArcMap) і ArcGIS Online. Розрахунок ландшафтних метрик здійснено за допомогою спеціалізованої програми Fragstats 4.2, підготовка вихідних даних для обробки та візуалізація остаточних результатів – у програмному середовищі Arc GIS 10.5<sup>4</sup>.

### Постановка завдання

Мета цієї публікації – розкрити зміст методів геоінформаційного картографування ландшафтів (базовий масштаб 1:1 000 000) для визначення перспективних об'єктів та територій як складових природоохоронної мережі, зокрема в умовах високого рівня антропогенної трансформації природи регіону дослідження – степової зони України. У статті представлено досвід моделювання структури сучасних ландшафтів України із застосуванням нових підходів – на основі методології виділення екологічних територіальних одиниць (ELU). Аналіз сучасних ландшафтів, змодельованих за такою методикою, дав можливість уточнити ступінь антропогенних змін ландшафтів степової зони. До аналізу території також включено такий важливий критерій оцінки території для заповідання як ландшафтне різноманіття (ЛР), важливість збереження якого відзначена в низці міжнародних документів. Для визначення ЛР у процесі оцінювання територій з позицій їх значущості для заповідання на регіональному рівні пропонується залучити ландшафтні метрики, що відносяться до групи метрик різноманіття (diversity metrics). Представлені результати є основою для укладання схеми мережі потенційних для заповідання територій степової зони.

### Виклад основного матеріалу

#### Вихідні дані

Геоінформаційне картографування сучасних ландшафтів згідно методики моделювання ELU та з доповненнями авторів статті, ґрунтується на ком-

<sup>2</sup>Walker D.A. The CAVM integrated terrain unit mapping approach as developed for northern Alaska / Presented at the 2nd International CBVM Workshop, Helsinki, Finland, 12-14 May 2010/ URL: [http://caff.arcticportal.org/images/stories/WalkerCBVM\\_HelsinkiTalk\\_100314.1.pdf](http://caff.arcticportal.org/images/stories/WalkerCBVM_HelsinkiTalk_100314.1.pdf)

<sup>3</sup>Australian Soil Resource Information System. URL: <http://www.asris.csiro.au/methods.html>

<sup>4</sup>Maps and WebApp throughout this article were created using ArcGIS® software by Esri. ArcGIS® are the intellectual property of Esri and are used herein under license. Copyright © Esri. All rights reserved. For more information about Esri® software, please visit [www.esri.com](http://www.esri.com)

бінації та комплексному представленні таких чинників:

- Біокліматичні умови<sup>5</sup>. Класифікація ґрунтується на поєднанні двох параметрів – температура повітря (середня місячна температура за 1950-2000 рр.) і атмосферні опади (використано показник посушливості, розрахований діленням показника кількості опадів на випаровування). Роздільна здатність 250 метрів.

- Форми земної поверхні<sup>6</sup>, які характеризують великі «впізнавані риси», такі як гори, височини і рівнини (загалом 16 класів). Класифікаційні одиниці форм земної поверхні характеризують регіони, а не виявлення окремих ознак і особливостей рельєфу. Цей веб-шар був укладений компанією ESRI в 2016 р. за допомогою вдосконаленого алгоритму класифікації форм земної поверхні Хаммонда [17], який базується на новітніх роботах у цій галузі<sup>7</sup>. Опрацьовано глобальний 250-метровий растр GMTED2010<sup>8</sup>. Для кожної комірки у цьому наборі даних розраховано три характеристики: крутизна схилу на основі 3-кілометрової сусідства, вертикальна розчленованість рельєфу і профіль (співвідношення ареалів із пологими і крутими схилами) в обводі 6 км. Останній крок полягав у перекритті комбінації цих трьох характеристик з територіями, виключно рівнинами. Роздільна здатність отриманого растру 250 метрів.

- Літологічні умови – характеристика відкладів. У роботі використано дані Global Lithological map (GLiM) [18, 19]. GLiM є відкритою базою геоданих, що репрезентує типи відкладів, які узагальнені й опрацьовані на основі 92 регіональних геологічних карт масштабу 1:1 000 000 або дрібніше. Просторові дані, доступні у векторному форматі (база геоданих .gdb), містять полігони, для яких визначено три

рівні деталізації характеристик відкладів, наприклад: «Змішані осадові породи – Змішаний розмір часток – Випонні органічні рештки рослинного матеріалу» (Mixed sedimentary rocks - Mixed grain size – Fossil plant organic material mentioned). Для створення карти сучасних ландшафтів степової зони застосовано класифікацію вищого рівня із найбільшим ступенем узагальнення характеристик.

- Ґрунтовий покрив – доданий до основного набору чинників як важливий фактор диференціації ландшафтів. Джерело даних – The European Soil Databases (ESDB)<sup>9</sup>, що описує ґрунтовий покрив Європи і є у відкритому доступі<sup>10</sup>. Базовий масштаб векторних даних – 1:1 000 000. Для аналізу використано набір геоданих, який містить класифікацію ґрунтів за Довідковою базою даних по ґрунтах Світу (World Reference Base for Soil Resources) [20]. Використання саме цієї класифікації зумовлено тим, що у ній відображено антропогенний вплив через введення таких груп ґрунтів як антросолі й техносолі та деталізації ознак змін ґрунтів на нижчих класифікаційних рівнях. Згідно рекомендацій ФАО для картографування ґрунтів у масштабі 1:1 000 000 (базовий масштаб у цій роботі), для включення ґрунтів до виділення ландшафтів степової зони використано дворівневу систему показників. Класифікація WRB включає ознаки наслідків впливу людини на ґрунти, її використання є виправданим з огляду на необхідність визначення ступеню антропогенної трансформації ландшафтів степової зони.

- Земний покрив (Land Cover). Для характеристики земного покриву степової зони використано набори геоданих Global Land Cover Map, отриманих у рамках науково-дослідницького проекту Climate Change Initiative (CCI), який реалізується European Space Agency's (ESA)<sup>11</sup>. Растрові дані мають роздільну здатність 300 метрів і містять дані про 36 класів глобального земного покриву, в тому числі орних земель, боліт, лісів, штучних поверхонь, водойм. Тематична

<sup>5</sup>Esri, USGS, Metzger and others 2012 // URL: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=5826b14592ab4ebc99574919165bd860>

<sup>6</sup> World Ecological Facets Landform Classes, ESRI. URL: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=cd817a746aa7437cbd72a6d39cdb4559>

<sup>7</sup> Morgan John M., Ashley M. Lesh. Developing Landform Maps Using ESRI's ModelBuilder. Paper presented at the ESRI user conference, 2005

<sup>8</sup>Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 (GMTED2010). URL: <https://lta.cr.usgs.gov/GMTED2010>

<sup>9</sup>The European Soil Database distribution version 2.0, European Commission and the European Soil Bureau Network, CD-ROM, EUR 19945 EN, 2004.

<sup>10</sup> European Soil Data Centre (ESDAC), [esdac.jrc.ec.europa.eu](http://esdac.jrc.ec.europa.eu), European Commission, Joint Research Centre.

<sup>11</sup> ESA Climate Change Initiative. About the CCI LC Project. URL: <https://www.esa-landcover-cci.org/?q=node/1>



класифікація даних узгоджена з системою ООН класифікації земельного покриву (UN Land Cover Classification System (LCCS)). Для виконання цього проекту використано дані, що характеризують стан земного покриву на 2015 рік (*рис. 1*).

### **Геоінформаційне картографування сучасних ландшафтів**

Структура сучасних ландшафтів визначена на основі комбінації 5 тематичних наборів просторових даних, які описують біоклімат, форми земної поверхні, літологію, ґрунти і земний покрив (*таблиця 1*). Із цих наборів геоданих, що мають глобальне покриття, в ArcMap із використанням інструментів геообробки були сформовані вихідні тематичні растри для степової зони. Векторні дані приведені у растровий формат роздільною здатністю 250 метрів. Для кожного із тематичних растрів попередньо виконано процедуру ресемплінгу – приведення роздільної здатності растрів до одного значення. Як базовий для ресемплінгу використано растр земного покриву, його вихідна роздільна здатність 300 м.

Цифрові растрові геодані по кожному з названих компонентів і складових ландшафту були підготовлені та скомбіновані за допомогою геоінформаційних технологій з використанням ArcMap. Застосовано інструмент геообробки *Combine з набору Local* розширення *Spatial Analyst*. У результаті отримано новий набір растрових даних, кожен піксель якого містить опис (індекс) складових ландшафту. При відпрацюванні інструменту геообробки в таблицю атрибутів записуються ідентифікатори тематичних растрів із поля *Value*. Для формування текстової легенди ці індекси через вбудовану функцію Калькулятора поля за допомогою Python замінені текстовими характеристиками. Записи з окремих полів, що містять дані про характеристику компонентів, зведено в одному полі. Саме це поле є основою для характеристики виділів. Загалом визначено 2804 унікальні виділи зі своєрідним набором характеристик. Візуалізація – на *рис. 2*, повна легенда доступна у цифровій версії карти та в онлайн-версії (<https://goo.gl/ydjk4e>).

### **Ступінь антропогенного перетворення ландшафтів**

У цій роботі оцінювання змін природних ландшафтів ґрунтується на аналізі змодельованої в ГІС- середовищі структури сучасних ланд-

шафтів. Ключем до з'ясування ступеня змін є найдинамічніші складові ландшафтів – земний покрив (Land Cover) та ґрунтовий покрив. Провідний критерій оцінювання: чим більша частка або наявність елементів ландшафту, зумовлена впливом людини та її господарської діяльності, тим більше перетворений ландшафт. Застосовано 5-бальну шкалу оцінювання ландшафтів:

- 1 – наближені до природного стану;
- 2 – слабоперетворені;
- 3 – перетворені;
- 4 – сильноперетворені;
- 5 – дуже сильноперетворені.

Застосування експертного порівняльного оцінювання структури земного покриву та особливостей ґрунтового покриву (ознак впливу людини на ґрунти), виконаного за допомогою ГІС, дають можливість диференціювати територію дослідження за ступенем антропогенного перетворення (*рис. 3*).

Ландшафти степової зони тотально перетворені внаслідок антропогенної діяльності. Основний фактор – рільництво: територія степу практично повністю розорана й інтенсивно використовується у сільському господарстві. Досить значним фактором є забудова, особливо на Донбасі, де сформувались великі агломерації з практично суцільною промисловою і житловою забудовою.

Слід звернути увагу на ареали з мозаїчною структурою рослинного покриву та землекористування. Це – агроландшафти у поєднанні з рослинністю лук, чагарників, лісів. За технологією дешифрування даних ДЗЗ, яку використано для укладання набору растрових даних Land Cover, мозаїчні ареали виділено окремо на фоні суцільних агроландшафтів або лісових ландшафтів.

Класи, означені як «мозаїчні», вказують на низьку інтенсивність використання земель, відповідно, у ландшафті наявні елементи природної або відновленої рослинності.

На нашу думку, в умовах дуже сильно перетворених ландшафтів через розорювання земель, саме ці ареали, ідентифіковані як мозаїчні, є придатними до відновлення природних ландшафтів і можуть бути джерелом розширення територій природно-заповідного фонду.

Основне ж джерело розширення територій ПЗФ – ландшафти у стані, наближеному до природного або слабоперетворені.

Таблиця 1

## Характеристики компонентів і складових ландшафтів степової зони України\*

Форми земної поверхні <sup>а</sup>	Літологічні <sup>б</sup> умови	Біоклімат <sup>в</sup>	Ґрунти <sup>г</sup>	Земний покрив Індекс Land Cover (Рис.1) <sup>д</sup>
Плоскі або майже плоскі рівнини	Карбонатні осадові породи	Прохолодний / Дуже вологий	Альбелю-вісолі	10. Сільськогосподарські угіддя, незрошувані
Підвищені височини	Змішані осадові породи	Прохолодний / Вологий	Ареносоли	11. Сільськогосподарські угіддя. Трав'яний покрив
Низькогір'я	Пухкі відклади	Прохолодний / Напівсухий	Камбісолі	12. Сільськогосподарські угіддя. Лісовий або чагарниковий покрив
Помірні височини (середньої висоти)	Кремнисто-уламкові осадові породи	Теплий / Вологий	Чорноземи	20. Сільськогосподарські угіддя, зрошувані або підтоплювані
Розосереджені підвищені височини	Мета-морфічні породи		Флювісолі	30. Мозаїчні агроугіддя (>50%). Природна рослинність (дерева, чагарники, трав'яний покрив; <50%)
Розосереджені знижені височини	Кислі глибинні породи		Глейсолі	40. Мозаїчна природна рослинність (дерева, чагарники, трав'яний покрив; <30%), угіддя (<50%)
Розосереджені пагорби середньої висоти	Оснóвні глибинні породи		Гістосоли	60. Лісовий покрив (широколистяні листопадні ліси, зімкнуті до відкритих; >15%)
Пологі рівнини з незначним розчленуванням	Середні глибинні породи		Каштаноземи	61. Лісовий покрив (широколистяні, листопадні ліси, зімкнуті; >40%)
Плато з істотним розчленуванням	Середні вулканічні породи		Лептосоли	70. Лісовий покрив (хвойні вічнозелені ліси, зімкнуті до відкритих; >15%)
Плато з високим розчленуванням			Лювісолі	71. Лісовий покрив (хвойні вічнозелені ліси, зімкнуті; >40%)
Плато з помірним розчленуванням			Феозем	80. Лісовий покрив (хвойні листопадні ліси, зімкнуті до відкритих; >15%)
			Планосоли	90. Лісовий покрив (мішані ліси – широколистяні та хвойні)
			Регосоли	100. Мозаїчний лісовий та чагарниковий покрив (> 50%), трав'яний покрив (<50%)
			Солончаки	110. Мозаїчний трав'яний покрив (>50%), лісовий та чагарниковий покрив (< 50%)
			Солонці	120. Місцевість, вкрита чагарниками
				130. Луки
				150. Розріджена рослинність (дерева, чагарники, трав'яний покрив; <15%)
				160. Лісовий покрив (ліси, затоплені прісною або солонуватою водою)
				180. Чагарниковий або трав'яний покрив, затоплений прісною або солонуватою водою
				190. Забудовані території
				200. Території без покриття
				201. Консолідовані території без покриття
				202. Неконсолідовані території без покриття
				210. Водойми

\*Джерела:

- а) - див. [17] та зноски 7 - 9;  
б) - див. [19];  
в) - див. зноску 6;  
г) - див. [20] та зноски 10, 11;  
д) - див. зноску 12.

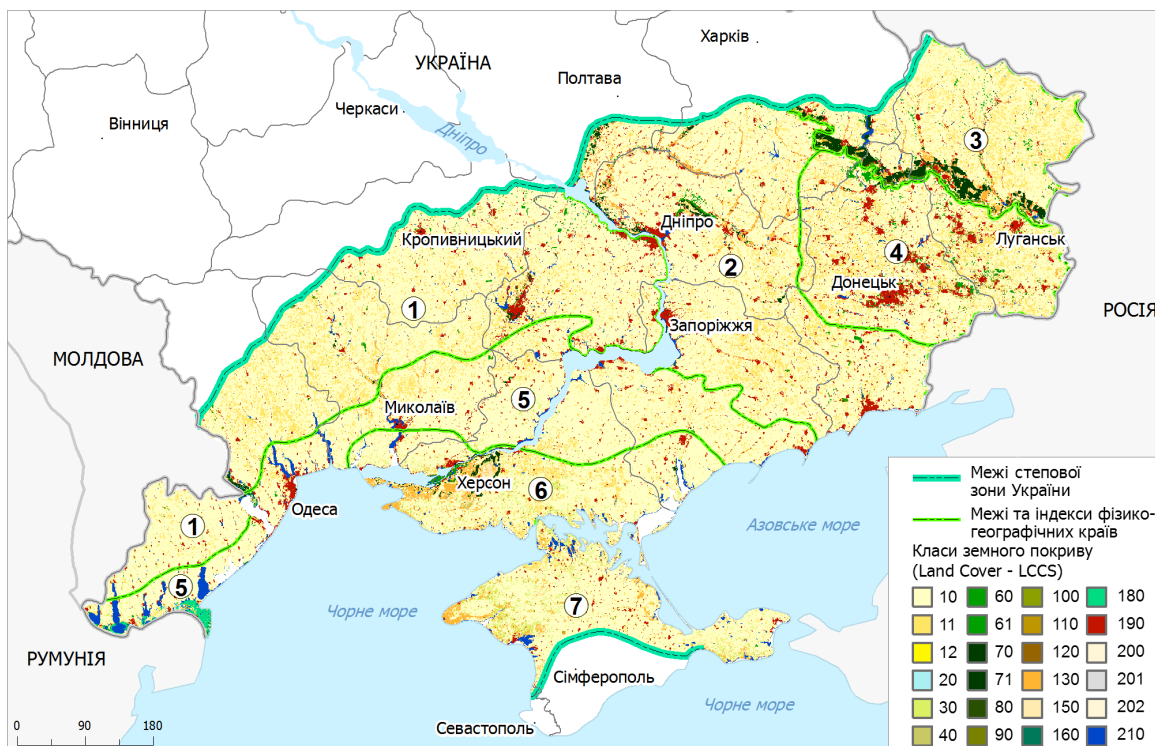


Рис. 1. Земний покритв степової зони (індекси – див. табл. 1<sup>а</sup>)

Тут і далі на рисунках відображені межі фізико-географічних країв: 1 – Дністровсько-Дніпровський північностеповий край; 2 - Лівобережнодніпровсько-Приазовський північностеповий край; 3 - Задонецько-Донський північностеповий край; 4 - Донецький північностеповий край; 5 - Причорноморський середньостеповий край; 6 - Причорноморсько-Приазовський південностеповий край; 7 - Кримський південностеповий край

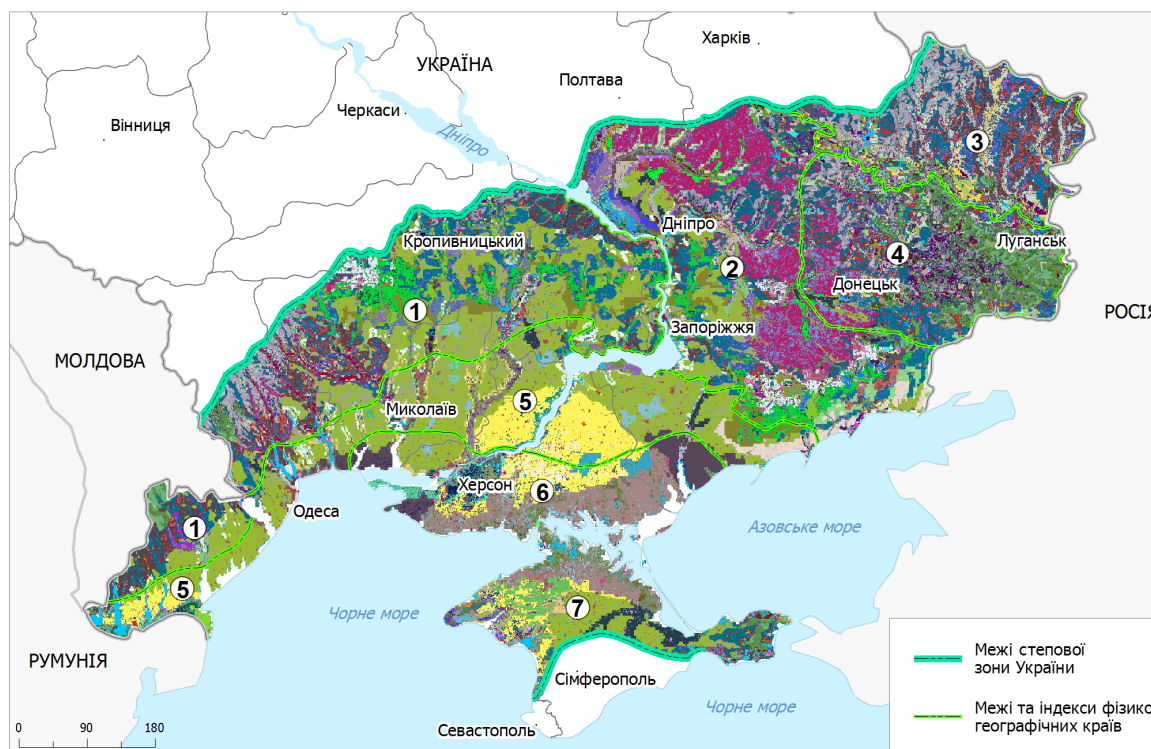


Рис. 2. Сучасні ландшафти степової зони – візуалізація (легенда – див. веб-карту за посиланням <https://goo.gl/ydgk4e>)



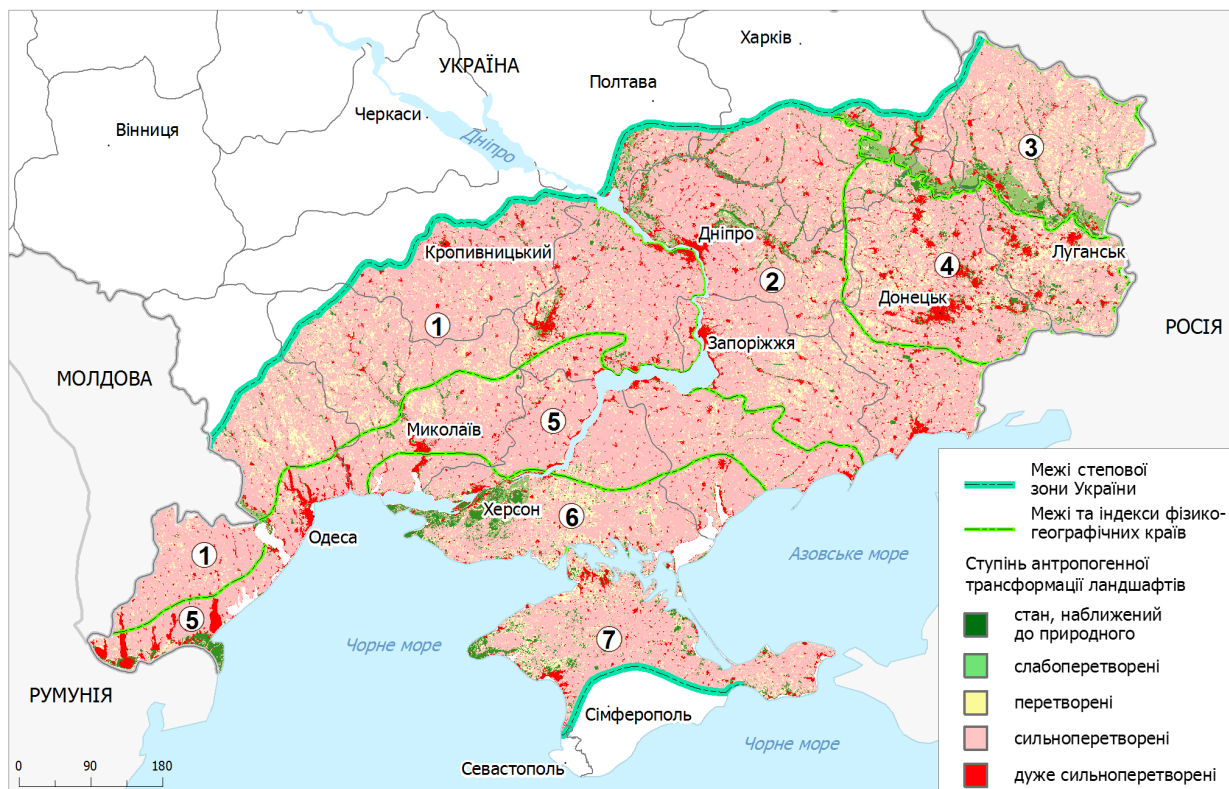


Рис. 3. Ступінь антропогенної трансформації ландшафтів степової зони

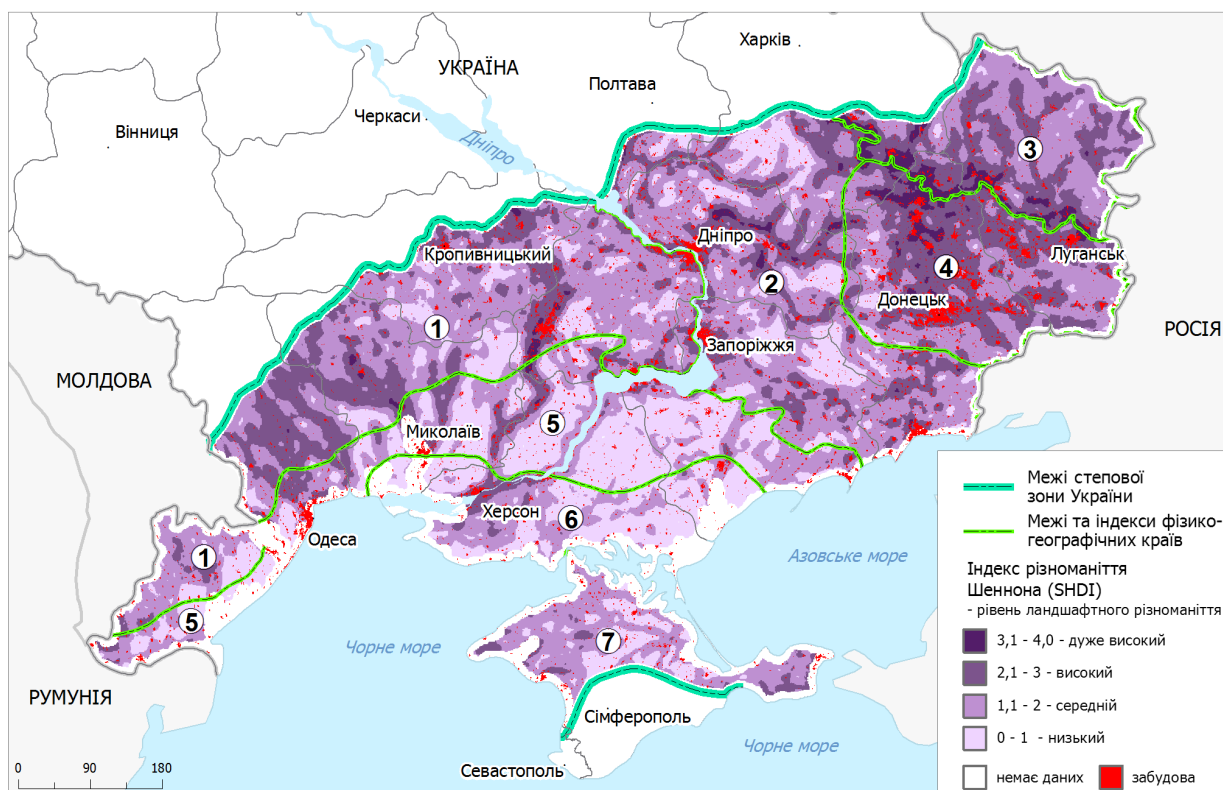


Рис. 4. Рівень ландшафтного різноманіття степової зони України за Індексом різноманіття Шеннона (SHDI)



Таблиця 2.

**Основні метрики ландшафтного різноманіття, що використовуються програмою Fragstats**

Назва метрики (індексу)	Формула*	Зміст показника та коментарі
Індекс багатства типів виділів (патчів) (Patch Richness -PR)	$PR = m$ $PR \geq 1$	Відображає кількість типів виділів (патчів) у межах ландшафту. Є одним із найпростіших показників, що відображає композицію ландшафту. Не відображає відносне багатство типів виділів (патчів).
Індекс щільності ландшафтного різноманіття (Patch Richness Density – PRD)	$PRD = \frac{m}{A} (10.000)(100)$ $PRD \geq 0$	Показує кількість різних типів виділів (патчів) у межах ландшафту в розрахунку на одиницю площі.
Індекс різноманіття Шеннона (SHDI)	$SHDI = \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$ $SHDI \geq 0$	Відображає одночасно кількість типів патчів та рівномірність їх поширення (вимірюється в умовних одиницях). Коли SHDI = 0 – наявний тільки 1 тип виділів (патчів) – немає різноманіття. Збільшується зі зростанням кількості типів патчів і/або рівномірності їх розподілу.
Індекс різноманіття Сімпсона (SIDI)	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$ $0 \leq SIDI < 1$	Відображає ймовірність того, що дві випадково вибрані точки будуть відноситися до фрагментів різного класу (умовні одиниці). SIDI = 0 за умов, коли наявний тільки 1 тип виділів (патчів) – немає різноманіття. SIDI зростає до 1, коли збільшується кількість типів патчів і/або рівномірність їх розподілу. Вищі значення індексу свідчать про більшу різноманітність (вищу ймовірність того, що вибіркочна пара точок відноситься до різних класів).
Індекс рівномірності Шеннона (SHEI)	$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)}{\ln m}$ $0 \leq SHEI \leq 1$	Є часткою від максимально можливого показника індексу різноманіття Шеннона (умовні одиниці). SHDI = 0 за умов, коли ландшафт містить тільки 1 виділ (патч) і наближається до нуля при вкрай нерівномірному розподілі типів патчів. SHEI = 1 – коли розподіл площ між різними типами патчів є рівномірним (однакова частка).
Індекс рівномірності Сімпсона (SIEI)	$SIEI = \frac{1 - \sum_{i=1}^m P_i^2}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)}$ $0 \leq SIEI < 1$	Є часткою від максимально можливого показника індексу різноманіття Сімпсона (умовні одиниці). SIDI = 0 за умов, коли ландшафт містить тільки 1 виділ (патч) і наближається до нуля при вкрай нерівномірному розподілі типів патчів. SIEI = 1 – коли розподіл площ між різними типами патчів є рівномірним (однакова частка).
*Примітка: m – кількість типів виділів (патчів), A – загальна площа території дослідження, м <sup>2</sup> ; P <sub>i</sub> – частка ландшафту, зайнята виділом (патчем) i-го типу.		

Це ландшафти, які мало або неінтенсивно задіяні у землекористуванні та вкриті трав'яною, чагарниковою або лісовою рослинністю.

**Ландшафтне різноманіття як показник значимості ландшафтів для заповідання**

В основу оцінки території з позицій їхньої зна-

чущості для заповідання на регіональному рівні доцільно покласти ландшафтні метрики, що відносяться до групи метрик різноманіття (diversity metrics).

У таблиці 2 наведено базові метрики різноманіття (diversity metrics), які розраховуються програмою Fragstats 4.2. Представлені метрики за

своїм змістом подібні, тому немає необхідності їх одночасно використовувати. Вони відображають особливості композиції та структури ландшафту, ґрунтуються на розрахунку двох складових – багатства (richness) та рівномірності (evenness). Багатство має відношення до кількості наявних типів виділів (патчів), рівномірність – до розподілу по території виділів (патчів) різних типів<sup>13</sup>.

Для виконання цієї частини дослідження, як уже зазначалося, за вихідну основу для аналізу використано набір растрових даних, що відображає структуру сучасних ландшафтів, роздільною здатність 300 м, що є достатнім для визначення ландшафтних метрик на регіональному рівні [21]. Визначені індекси ландшафтного різноманіття відображають його антропоїчну складову (антропоїчне ландшафтне різноманіття за М. Д. Гродзинським [8]). В умовах значної антропогенної перетвореності степової зони, зокрема тотальної розораності, такі показники є важливими для визначення територій, які зберігають різноманіття біотопів, що є середовищем існування тих чи інших видів біоти.

При розрахунку індексів ландшафтного різноманіття за допомогою програми Fragstats 4.2. використано метод ковзного вікна (moving window). Для досліджуваної території визначено оптимальним радіус вікна 5 000 м. Діапазон значень ландшафтного різноманіття проранжовано для оцінки на 4 рівні: низький, середній, високий і дуже високий.

Для аналізу та конфігурації перспективних заповідних територій використано результати оцінювання ландшафтного різноманіття за Індексом різноманіття Шеннона (SHDI) (*рис. 4*).

Мережа потенційних для заповідання територій змодельована на основі структури сучасних ландшафтів і тому враховує як природні, так і антропогенні чинники. На основі цифрової карти сучасних ландшафтів розраховано дві групи оцінювальних показників:

1) Ступінь антропогенної трансформації ландшафтів як показник чутливості до антропогенних впливів.

2) Ступінь ландшафтного різноманіття як показник значимості ландшафтів для заповідання.

Спряжений аналіз цих двох груп показників надав можливість розробити схему мережі потенційних для заповідання територій.

- До зони пріоритетного заповідання віднесено території з дуже високим ступенем ландшафтного різноманіття; ландшафти у стані, наближеному до природного або слабозмінени.

- До зони перспективного заповідання віднесено території з високим ступенем ландшафтного різноманіття.

- Як об'єкти виняткового значення для заповідання позначено пропозиції щодо створення заповідних територій, які вже опрацьовані на локальному рівні, зокрема експертами в геоботаніці та зоології.

## Висновки

ГІС-аналіз сучасних ландшафтів – один із важливих та необхідних етапів складного комплексного завдання – визначення потенційних для заповідання територій та об'єктів. На прикладі степової зони України пропонується методика оцінювання сучасних ландшафтів за картою, укладеною за допомогою геоінформаційних технологій з використанням відкритих наборів геопросторових даних – згідно з методичними принципами виділення екологічних територіальних одиниць (Ecological Land Units).

До традиційної для створення таких карт методики було додано інформацію про ґрунтовий покрив території.

У результаті було отримано цифрову растрову модель, що відображає диференціацію території степової зони за поєднанням таких компонентів і складових ландшафтів як біоклімат, форми рельєфу, літологічні умови, ґрунтовий покрив та сучасний земний покрив. Аналіз ландшафтів був спрямований на визначення значимих для заповідання ареалів даних – ступінь відповідності природному стану, а також ступінь ландшафтного різноманіття.

До перспективних територій ПЗФ у визначеному контексті віднесено території з високим ступенем ландшафтного різноманіття та ландшафти, що перебувають у природному або наближеному до нього стані. Як результат – укладено схему мережі потенційних для заповідання територій степової зони, на якій відображено, крім запропонованих у межах окремих адміністративних областей територій та об'єктів, зони пріоритетного заповідання та зони перспективного заповідання.

<sup>13</sup>Fragstats 4.2 help. URL: [http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats\\_documents.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats_documents.html)

*Література [References]:*

1. Sayre R., Dangermond J., Frye C., Vaughan R., Aniello P., Breyer S., Cribbs D., Hopkins D., Nauman R., Derrenbacher W., Wright D., Brown C., Convis C., Smith J., Benson L., Paco VanSistine D., Warner H., Cress J., Danielson J., Hamann S., Cecere T., Reddy A., Burton D., Grosse A., True D., Metzger M., Hartmann J., Moosdorf N., Dürr H., Paganini M., DeFourny P., Arino O., Maynard S., Anderson M., Comer P. (2014). *A new map of global ecological land units – an ecophysiological stratification approach*. Washington.
2. Rowe J. S., Barnes B. V. (1994). Geo-ecosystems and bio-ecosystems. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 75, 40–41.
3. Anderson M., Comer P., Grossman D., Groves C., Poiani K., Reid M., Schneider R., Vickery B., Weakley A. (1999). *Guidelines for Representing Ecological Communities in Ecoregional Conservation Plans*. The Nature Conservancy. Arlington, VA.
4. Groves C. (2003). *Drafting a Conservation Blueprint. A Practitioner's Guide To Planning For Biodiversity*. Washington.
5. Davydchuk V.S., Sorokina L.Yu., Fomenko Yu.Ya. (1992). *Anthropogenic changes in landscapes and modern vegetation of the Chernobyl NPP zone*. Map of scale 1: 100 000. Kiev. [In Russian].  
[Давидчук В. С., Сорокіна Л. Ю., Фоменко Ю.Я. Антропогенні зміни ландшафтів і сучасна рослинність зони Чорнобильської АЕС. Карта м-ба 1:100 000. Київ, 1992.]
6. Sorokina L.Yu. (1997). *Anthropogenic changes in the landscapes of the Chornobyl zone and radionuclide contamination of the phyto-component*. Candidate geography sciences dissertation. Kyiv. [In Ukrainian]  
[Сорокіна Л. Ю. Антропогенні зміни ландшафтів Чорнобильської зони та радіонуклідне забруднення фітокомпонента: дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.01. Київ, 1997. 151 с.]
7. Turner Monica G., Gardner Robert H. (2015). *Landscape Ecology in Theory and Practice*. Springer. 2nd edition. 482 p.
8. Grodzynski 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
9. 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].  
[Гринецький В.Т. До обґрунтування основних понять і методології досліджень ландшафтного різноманіття в Україні / Укр. геогр. журнал. 2000. № 2. – С. 8-13.]
10. Domaranskyi A.O.(2006). *Landscape diversity: essence, meaning, metrization, conservation*. Kirovograd [In Ukrainian]. [Домаранський А.О. Ландшафтне різноманіття: сутність, значення, метризація, збереження. Монографія. Кіровоград, 2006. 146 с].
11. 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.]
12. Chmyshenko D.I., Svidzinska D.V. (2014). Landscape diversity analysis: quantitative approach. *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*, 10, 245-249. [In Ukrainian]  
[Чмишенко Д.І., Свідзінська Д.В. Аналіз ландшафтного різноманіття: кількісний підхід // Геополітика і екогеодинаміка регіонів. 2014. №10. – С. 245-249.]
13. Uuemaa Evelyn, Mander Ülo, Marja Riho (2013). Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: A review. *Ecological Indicators*. Vol. 28, May 2013, 100–106.
14. Keun-Ho Kim, 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.
15. 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.
16. Walz Ulrich (2011). Landscape Structure, Landscape Metrics and Biodiversity. *Living Rev. Landscape Res.*, 5, 3.
17. Hammond H. E. (1954) Small-scale continental landform maps. *Annals of the Association of American Geographers*, 44, 1, 33-42.
18. Hartmann Jens, Moosdorf Nils (2012). The new global lithological map database GLiM: A representation of rock properties at the Earth surface. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 13, Q12004, DOI:10.1029/2012GC004370
19. Hartmann Jens, Moosdorf Nils (2012). *Global Lithological Map Database v1.0 (gridded to 0.5° spatial resolution)*. DOI:10.1594/PANGAEA.788537
20. *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. IUSS Working Group WRB. 2015. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
21. Kuchma T.L. (2015). *Indication of landscape diversity on the basis of remote sensing of the Earth*. Candidate agricultural sciences dissertation. Kyiv. [In Ukrainian]  
[Кучма Т.Л. Індикація ландшафтного різноманіття за даними дистанційного зондування Землі. Дис...к. с.-г. н. 03.00.16 – екологія. Київ, 2015.]

Стаття надійшла до редакції 15.05.2018