

УДК 911.2/3

## МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СУЧАСНИХ ЛАНДШАФТІВ

**Олександр Голубцов**

Відділ ландшафтознавства, Інститут географії НАН України, вул. Володимирська, 44, Київ, Україна, 01030  
golubtsovoleksandr@gmail.com

Представлено методичні підходи геоінформаційного моделювання сучасних антропогенізованих рівнинних ландшафтів. Застосовано нові підходи до моделювання структури сучасних ландшафтів на основі методології виділення екологічних територіальних одиниць (ELU) із використанням відкритих наборів геопросторових даних. Модель призначена для аналізу ступеню антропогенних змін ландшафтів, для цілей створення перспективних об'єктів та територій природно-заповідного фонду України.

*Ключові слова* – ландшафти, геоінформаційні системи (ГІС), ArcGIS, геоінформаційне моделювання, відкриті геодані.

### Вступ

У центрі уваги дослідження – сучасні антропогенізовані рівнинні ландшафти, виділення і моделювання структури яких спирається на методику створення цифрової карти World Ecological Land Units Map [Sayre, Dangermond et al, 2015]. Це – комплексна за своїм змістом розробка, у якій були задіяні Асоціація американських географів, Геологічна служба США, компанія ESRI та Група спостереження за Землею (The Group on Earth Observation). Ecological Land Units (ELU, *екологічні територіальні одиниці*), виділені на карті, визначаються як ареали поєднання своєрідних біокліматичних, літологічних умов, форм земної поверхні і земного покриву. [Sayre, Dangermond et al, 2015].

Модель ELU є за своєю суттю географічною – її засадничі положення ближче до концепції геоекосистем, ніж до біоекосистем, бо основний акцент робиться на комплексі фізичних особливостей території, що формують ландшафт (біоклімат, рельєф, літологічні умови, ґрунти), а не лише на біоті [Anderson, Comer, Grossman et al, 1999; Rowe, Barnes, 1994].

Клімат, рельєф і літологічні умови є фізичними «драйверами» розподілу рослинності, оскільки вони здійснюють багатоманітний вплив на фізико-хімічні умови ґрунту, параметри місцевого клімату і мікроклімату (сумарне випаровування, опади, температуру, вітер, хмарність та радіаційний режим тощо) [Sayre, Dangermond, Frye et al, 2015].

До цих складових нами долучено ґрунти, які є однією із головних складових ландшафтного комплексу і його важливою діагностичною ознакою. Критерій ґрунтового покриву має посилити обґрунтованість виокремлення ландшафтних одиниць. Людина та її вплив у моделі ELU враховані через включення даних про земний покрив. Часто поняття земного покриву вважають синонімом землекористування (LandUse), хоча це не зовсім вірно. Земний покрив є сучасним (біо)фізичним покриттям Землі [Bartalev, 2000]. Тобто, мова йде про стани земної поверхні «як є» – забудова, заасфальтовані ділянки, водні поверхні і, звичайно, рослинний покрив.

У США модель ELU використовують у цілях охорони природи, зокрема у проєктах із планування природоохоронних заходів, встановлення пріоритетів збереження ландшафтів тощо [Anderson et al, 1999; Groves, 2003]. Схожі методичні підходи використано при картографуванні рослинності та умов її виростання в Північній Алясці – Integrated terrain unit mapping (ITUM) [Walker, 2010], у проєкті створення бази даних (кадастру) природних ресурсів Австралії – Australian Soil Resource Information System [ASRIS, 2011].

В Україні методичний підхід визначення та аналізу структури змінених внаслідок антропогенного впливу ландшафтів застосовано при вивченні наслідків аварії на Чорнобильській АЕС [Давидчук та ін., 1992; Сорокіна, 1997]. Антропогенізовані ландшафтні комплекси, виділені і нанесені на карту у цих роботах, найближчі за суттю до поняття ELU.

### Мета

Мета цієї публікації – розкрити зміст геоінформаційного моделювання антропогенізованих рівнинних ландшафтів України (базовий масштаб картографування 1:1 000 000) на основі методології виділення екологічних територіальних одиниць ELU.

### Методика

Дослідження базується на геоінформаційних технологіях. Для отримання, підготовки, аналізу та візуалізації просторових даних використане програмне забезпечення ArcGIS Desktop (ArcMap) і ArcGIS Online з доступом до геоданих Living Atlas. Моделювання виконано для рівнинних ландшафтів України – у межах зони широколистяних і мішаних лісів, лісостепової і степової зони.

### Виклад основного матеріалу

Геоінформаційне картографування сучасних ландшафтів згідно методики моделювання ELU та з нашими доповненнями, ґрунтується на аналізі таких складових:

Біокліматичні умови [Esri, USGS, Metzger and others 2012]. Класифікація умов у цьому наборі геоданих ґрунтується на поєднанні двох параметрів – температури повітря (середня місячна температура за 1950-2000 рр.) і атмосферних опадів (використано показник засушливості, розрахований шляхом ділення показника кількості опадів на випаровування). Роздільна здатність 250 метрів.

Форми земної поверхні [World Ecological..., 2015], 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 році за допомогою вдосконаленого алгоритму класифікації форм земної поверхні Хаммонда [Hammond, 1954], який базується на новітніх роботах у цій галузі [Morgan et al, 2005]. Роздільна здатність отриманого растру 250 метрів.

Літологічні умови – характеристика відкладів. У роботі використані дані Global Lithological map (GLiM) [Hartmann, 2012; Hartmann & Moosdorf, 2012]. GLiM є відкритою базою геоданих, яка репрезентує типи відкладів, узагальнених і опрацьованих на основі 92 регіональних геологічних карт масштабу 1:1000000 або дрібніше. Просторові дані доступні у векторному форматі (база геоданих .gdb). У цій роботі застосована класифікація вищого рівня, найбільшого ступеню узагальнення.

Ґрунтовий покрив – доданий до основного набору чинників як важливий фактор диференціації ландшафтів. Джерело даних – The European Soil Databases (ESDB), що описують ґрунтовий покрив Європи і є у відкритому доступі [European Soil Data Centre, 2019]. Базовий масштаб – 1:1 000 000. Для аналізу використаний набір геоданих, який містить класифікацію ґрунтів за Довідковою базою даних по ґрунтах Світу (World Reference Base for Soil Resources) [World... 2014, update 2018]. Саме ця класифікація відображає антропогенний вплив через наявність таких груп ґрунтів як антросолі та техносолі.

Земний покрив (Land Cover) – використані набори геоданих Global Land Cover Map [ESA, 2015]. Растр має роздільну здатність 300 метрів і містить дані про 36 класів глобального земного покриву – орні землі, болота, ліси, штучні поверхні, водойми. Класифікація узгоджена з системою UN Land Cover Classification System (LCCS). У цій роботі використані дані, що характеризують стан земного покриву на 2015 рік.

Структура сучасних ландшафтів змодельована на основі комбінації 5 тематичних наборів геоданих, які описують біоклімат, форми земної поверхні, літологію, ґрунти і земний покрив. В ArcMap із використанням інструментів геооброб-

ки сформовані вихідні тематичні растри для території дослідження. Векторні дані приведені у растр роздільною здатністю 250 метрів. Для кожного растру виконана процедура *ресемплінгу* – приведення роздільної здатності растрів до одного значення. Як базовий для ресемплінгу використаний растр земного покриву із роздільною здатністю 250 м.

Цифрові растрові геодані по кожному із названих компонентів і складових ландшафту були скомбіновані в ArcMap. Застосовано інструмент геообробки *Combine* з набору *Local* розширення *Spatial Analyst*.

У результаті отримано новий набір растрових даних, кожен піксель якого містить індексний опис складових ландшафту, записаний як ціле число у полі. При відпрацюванні інструменту геообробки в таблицю атрибутів записуються ідентифікатори тематичних растрів із поля Value кожного із тематичних растрів. Для формування текстової легенди ці індекси через вбудовану функцію *Калькулятора поля* за допомогою *Python*, замінені текстовими характеристиками. А потім записи із окремих полів, що містять записи про характеристику компонентів, зведені в одному полі. Саме це поле є основою для характеристики кожного із виділів – антропогенізованого ландшафтного комплексу – і формування легенди.

## Висновки

У результаті геоінформаційного моделювання, заснованого на методичних принципах виділення екологічних територіальних одиниць (Ecological Land Units), отримана цифрова карта ландшафтних комплексів, що відображає диференціацію території мішанолісової, широколистяних лісів, лісостепової, степової зони України за поєднанням таких компонентів і складових ландшафтів як біоклімат, форми рельєфу, літологічні умови, ґрунтовий покрив, сучасний земний покрив. Карта укладена за допомогою геоінформаційних технологій з використанням відкритих наборів геопросторових даних. Методика створення карти глобального охоплення (ESRI, Association of American Geographers) була розширена за рахунок додавання інформації про ґрунтовий покрив території. Результати моделювання структури сучасних ландшафтів стали основою для оцінювання антропогенних змін ландшафтів, оцінювання показників ландшафтного різноманіття, визначення перспективних для заповідання територій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Давыдчук В. С., Сорокина Л. Ю., Фоменко Ю.Я. Антропогенные изменения ландшафтов и современная растительность зоны Чернобыльской АЭС. Карта м-ба 1:100 000. – Киев, 1992.

2. Сорокіна Л. Ю. Антропогенні зміни ландшафтів Чорнобильської зони та радіонуклідне забруднення фітокомпонента: дис. канд. геогр. наук : 11.00.01 / Сорокіна Людмила Юріївна. – К., 1997. – 151 с.
3. Anderson, M., P. Comer, D. Grossman, C. Groves, K. Poiani, M. Reid, R. Schneider, B. Vickery, and A. Weakley. 1999. Guidelines for Representing Ecological Communities in Ecoregional Conservation Plans. The Nature Conservancy. Arlington, VA. 74 p.
4. ASRIS. (2011). ASRIS - Australian Soil Resource Information System.
5. Bartalev S. Global land cover mapping: conceptual and historical background / [Електронний ресурс] : GLC 2000 // Режим доступу: [http://www.peer.eu/fileadmin/user\\_upload/opportunities/metier/course3/c3\\_global\\_landcover\\_mapping\\_concept.pdf](http://www.peer.eu/fileadmin/user_upload/opportunities/metier/course3/c3_global_landcover_mapping_concept.pdf)
6. ESA Climate Change Initiative. CCI LC Project, 2015/ [Електронний ресурс] : <https://www.esa-landcover-cci.org/?q=node/1>
7. Esri, USGS, Metzger and others 2012 / [Електронний ресурс] : <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=5826b14592ab4ebc99574919165bd860>
8. European Soil Data Centre (ESDAC), European Commission, Joint Research Centre, 2019 / [Електронний ресурс] : [esdac.jrc.ec.europa.eu](http://esdac.jrc.ec.europa.eu)
9. Groves, C. 2003. Drafting a Conservation Blueprint – A Practitioner’s Guide To Planning For Biodiversity. Island Press, Washington, DC. 459 p.
10. Hammond H. E. 1954 Small-scale continental landform maps. *Annals of the Association of American Geographers*, 44 No 1: 33-42.
11. 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
12. Hartmann, Jens; Moosdorf, Nils (2012): Global Lithological Map Database v1.0 (gridded to 0.5° spatial resolution)
13. Morgan, John M., Ashley M. Lesh. "Developing Landform Maps Using ESRI's ModelBuilder". Paper presented at the ESRI user conference, 2005.
14. Rowe, J. S., and B. V. Barnes. (1994). Geoecosystems and bio-ecosystems. *Bulletin of the Ecological Society of America* 75: 40–41.
15. Sayre, R., J. Dangermond, C. Frye, R. Vaughan, P. Aniello, S. Breyer, D. Cribbs, D. Hopkins, R. Nauman, W. Derrenbacher, D. Wright, C. Brown, C. Convis, J. Smith, L. Benson, D. Paco VanSistine, H. Warner, J. Cress, J. Danielson, S. Hamann, T. Cecere, A. Reddy, D. Burton, A. Grosse, D. True, M. Metzger, J. Hartmann, N. Moosdorf, H. Dürr, M. Paganini, P. DeFourny, O. Arino, S. Maynard, M. Anderson, and P. Comer. 2014. A New Map of Global Ecological Land Units — An Ecophysiological Stratification Approach. Washington, DC: Association of American Geographers. 46 p.
16. The European Soil Database distribution version 2.0, European Commission and the European Soil Bureau Network, CD-ROM, EUR 19945 EN, 2004.
17. Walker D.A. The CAVM integrated terrain unit mapping approach as developed for northern Alaska [Електронний ресурс] / Presented at the 2nd International CBVM Workshop, Helsinki, Finland, 12-14 May 2010 / [Електронний ресурс] : [http://caff.arcticportal.org/images/stories/WalkerCBVM\\_HelsinkiTalk\\_100314.1.pdf](http://caff.arcticportal.org/images/stories/WalkerCBVM_HelsinkiTalk_100314.1.pdf)
18. World Ecological Facets Landform Classes, ESRI
19. World Ecological Land Units Map 2015 / USGS, Esri, Metzger et al. 2012, ESA, GEO / [Електронний ресурс] : <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=5826b14592ab4ebc99574919165bd860>
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. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.conference, 2005.

## **METHODICAL APPROACHES OF GEO-INFORMATION MODELING OF MODERN LANDSCAPES**

**Oleksandr Golubtsov**

Department of Landscape Studies, Institute of Geography of NAS of Ukraine, vul. Volodymyrska, 44, Kyiv, Ukraine, 01030

Methodical approaches of geoinformation modeling of modern anthropogenized plain landscapes are presented. New approaches to modeling the structure of modern landscapes have been applied based on the methodology of allocation of ecological territorial units using open geospatial data sets. The model is intended for analysis of the extent of anthropogenic changes of landscapes, for the purpose of creation of perspective objects and territories of the nature reserve fund of Ukraine.

*Keywords* – landscapes, geoinformation systems (GIS), ArcGIS, geoinformation modeling, open geodata.