

ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 911.2(477)

<https://doi.org/10.15407/ugz2017.03.010>

Л.Ю. Сорокіна, О.Г. Голубцов, В.М. Чехній, Н.І. Батова

Інститут географії Національної академії наук України, Київ

МЕТОДОЛОГІЯ І МЕТОДИКА СЕРЕДНЬОМАСШТАБНОГО ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ЛАНДШАФТІВ*

Мета публікації - узагальнення досвіду робіт з укладання цифрової ландшафтної карти України та представлення методологічних підходів до середньомасштабного геоінформаційного картографування ландшафтів, а також опрацьованих при виконанні роботи технологічних прийомів як цілісної методичної розробки. Висвітлено низку методичних та технічних питань, пов'язаних із виконанням науково-дослідної роботи. Продуктивним є цільове поєднання класичних ландшафтознавчих методів та підходів з новітніми ГІС-технологіями. Визначено та вирішено основні методологічні питання розроблення структури цифрової ландшафтної карти та формування концепції ГІС «Ландшафти України»: обґрунтування базової (операційної) ландшафтної одиниці картографування, що є об'єктом середньомасштабного геоінформаційного картографування (у цьому дослідженні – місцевість, складне урочище); розроблення структури легенди ландшафтної карти; визначення змісту тематичного наповнення бази геоданих про ландшафти; опрацювання методичних прийомів ГІС-картографування ландшафтів. Використано великий масив інформації щодо окремих компонентів природи (літературних, фондових, картографічних даних, матеріалів дистанційного зондування Землі тощо) та ландшафтної структури регіонів України. Опрацьована методика середньомасштабного геоінформаційного картографування ландшафтів спрямована на використання можливостей сучасних ГІС-технологій для збору, систематизації й аналізу даних про ландшафти та їх складові й різноцільового прикладного оцінювання ландшафтів. Наукова новизна виконаного дослідження полягає в опрацюванні методологічних та методичних засад геоінформаційного картографування ландшафтів та створенні середньомасштабної цифрової ландшафтної карти України як відкритої геоінформаційної системи, що забезпечена базою даних про ландшафти та їх компоненти.

Ключові слова: ландшафт; геоінформаційне картографування ландшафтів; методологія і методика ГІС-картографування ландшафтів; бази геоданих про ландшафти.

L. Yu. Sorokina, O. H. Golubtsov, V. M. Chekhnii, N. I. Batova

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

METHODOLOGY AND PROCEDURES OF MEDIUM-SCALE GEOINFORMATION MAPPING OF LANDSCAPES

The purpose of the publication is to summarize the experience of work on the producing of the digital landscape map of Ukraine and the presentation of methodological approaches to the medium-scale geoinformation mapping of landscapes, as well as the technological developments worked out as a holistic methodological creation. The number of methodological and technical issues related to the implementation of research work are covered. The special combination of classical landscape science methods and approaches with the latest GIS technologies is productive. The main methodological issues of developing the structure of the digital landscape map and forming the structure of GIS "Landscapes of Ukraine" are determined and solved: the grounds of the basic (operational) landscape mapping unit, which is the object of medium-scale geoinformation mapping (in this study- mistsevist and complex urochishcha); development of the structure of the landscape map legend; working out of methodical techniques of GIS-mapping of landscapes. A large array of information on individual components of nature and the landscape structure of the regions of Ukraine is used. The worked out method of the medium-scale geoinformation mapping

* Статтю підготовлено за результатами виконання НДР «Методологія середньомасштабного геоінформаційного картографування ландшафтів України» (2011-2016 рр.). Виконавці теми – співробітники відділу ландшафтознавства Інституту географії НАН України.

of landscapes is aimed at using the possibilities of modern GIS technologies for collecting, systematizing and analyzing data on landscapes and their constituents and applied landscape assessment for different purposes. The scientific novelty of the research is in developed methodological and methodical principles of geoinformation mapping of landscapes and in the created medium-scale digital landscape map of Ukraine as an open geographic information system supplied with a database of landscapes and their components.

Keywords: *landscape; geoinformation mapping of landscapes; methodology and procedures of GIS-mapping of landscapes; landscapes geodatabases.*

Актуальність теми дослідження

Природні властивості ландшафтів та їх окремих компонентів значною мірою визначають умови проживання людини, основні напрями господарської діяльності, структуру землекористування, реакції природного середовища на техногенне навантаження, а також спектр пов'язаних з цим геоекологічних проблем. Відомості про ландшафтну структуру території, природні закономірності її формування, характер антропогенних змін ландшафтів важливі у науково-дослідних розробках та у практичній діяльності – при обґрунтуванні напрямів природокористування, проєктів будівництва, у природоохоронній справі та інших галузях.

Достовірна і достатньо деталізована геопросторова сучасна інформація про ландшафти України представлена на цифровій середньомасштабній (1:500 000) ландшафтній карті, укладеній в Інституті географії НАН України при виконанні науково-дослідної теми «Методологія середньомасштабного геоінформаційного картографування ландшафтів України». У процесі роботи над темою сформульовано дослідницькі підходи і принципи ГІС-картографування ландшафтів, запропоновано класифікацію ландшафтів, у якій з використанням єдиних критеріїв систематизовано різнорангові природні та антропогенно змінені ландшафти. Важливою складовою дослідження є те, що разом із використанням традиційних методів картографування ландшафтів виконавці теми опрацювали та застосували нові методичні прийоми геоінформаційного картографування ландшафтів.

Актуальність опрацювання методології середньомасштабного геоінформаційного картографування ландшафтів пов'язана з необхідністю формування єдиних теоретичних і методичних засад створення цифрових ландшафтних карт.

Стан вивчення питання

Перший в Україні досвід геоінформаційного картографування ландшафтів – це розробка ГІС на ландшафтній основі, призначеної для вирішення

завдань мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи, реабілітації радіоактивно забруднених територій [3].

У роботах ландшафтознавців сформульовано методологічні засади створення баз геоданих та ландшафтних інформаційних систем, розглядаються можливості автоматизації процесу укладання ландшафтних карт, зокрема на основі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), мультимасштабного ГІС-картографування ландшафтів, інші методичні питання; значна частина таких робіт пов'язана із створенням баз геоданих на ландшафтній основі, зорієнтованих на ведення земельного кадастру та кадастру природних ресурсів [1, 2, 6, 7, 9, 13, 18 та інші].

Геоінформаційне картографування ландшафтів було ефективним при вирішенні численних прикладних завдань, зокрема, пов'язаних із оцінкою впливу на навколишнє середовище атомних електростанцій, оцінкою наслідків надзвичайних ситуацій у зонах впливу техногенних об'єктів та вивчення військових об'єктів, планування екологічної мережі, екологічного супроводу інвестиційно-будівельних проєктів у нафтовій і газовій промисловості.

Геоінформаційні системи дають можливість оптимізувати і навіть певною мірою автоматизувати процес виділення контурів та укладання ландшафтної карти. Відомі розробки підходів щодо автоматичного та напівавтоматичного укладання ландшафтних карт. Так, І. Круглов [8] запропонував *методику інтерпретації цифрової моделі рельєфу (ЦМР)*, що полягає у виділенні висотних ступенів території, а також схилів різної крутизни, експозиції та форми. О. Мкртчян [12] обґрунтував методику автоматизованої класифікації рельєфу і пов'язаних з нею ландшафтних характеристик, в основу якої покладено *статистичну кластеризацію параметрів рельєфу*.

Для екологічної класифікації рельєфу і виділення ландшафтних одиниць на основі відповідних показників (розраховуються за формулами)

використано методику *ітераційного кластерного аналізу*, який виділяє класи на основі аналізу “природних угруповань” даних у просторі атрибутів. Класифікацію даних здійснено шляхом послідовного застосування функцій Isocuster і Mlclassify (ПЗ ArcGIS). Д. Козлов (2006; 2010) застосовував методику ГІС-аналізу дистанційного мультиспектрального супутникового знімання відбитої сонячної радіації за різні періоди вимірювань (сезони, роки) та ЦМР у поєднанні із польовими вимірюваннями стану характерних властивостей ландшафтного покриву на ключових ділянках, прив’язаних до географічної системи координат. Є. Істоміна (2006) запропонувала автоматизоване укладання карти ландшафтів на основі інтерпретації багатоканальних космічних знімків, що ґрунтуються на аналізі функціональних зв’язків (диференціальний та автокореляційний підходи). На основі ГІС-аналізу була змодельована різнорівнева ландшафтна структура та укладені векторні карти ландшафтних одиниць Саксонії (Німеччина) [4]

Метою цієї публікації є узагальнення досвіду робіт з укладання цифрової ландшафтної карти України та представлення методологічних підходів до середньомасштабного геоінформаційного картографування ландшафтів, а також опрацьованих при виконанні роботи технологічних прийомів як цілісної методичної розробки.

Виклад основного матеріалу

Геоінформаційне картографування ландшафтів ґрунтується на базових теоретико-методологічних положеннях ландшафтознавства, сформульованих у працях М. А. Солнцева, А. Г. Ісаченка, В. О. Ніколаєва, В. К. Жучкової, І. І. Мамай, В. С. Преображенського, інших дослідників.

Відомі праці українських географів, присвячені теоретичним і методичним проблемам дослідження і картографування ландшафтів, у тому числі з використанням засобів ГІС, – О. М. Маринича, П. Г. Шищенка, Г. І. Швєбса, К. І. Геренчука, Г. П. Міллера, В.М.Пашенка, В.М.Петліна, С. І. Кукурудзи, А. В. Мельника, Б. П. Мухи, І. С. Круглова, В. С. Давидчука, М. Д. Гродзинського, К. А. Позаченюк, інших дослідників. Створені під керівництвом О. М. Маринича та П. Г. Шищенка ландшафтні карти України у масштабах 1 : 1 000 000 – 1 : 2 500 000 і дрібніших, зокрема карта «Ландшафти» для Національного атласу України [14], є теоретичним і методичним узагальненням великого обсягу інформації про

ландшафти та її геопросторового представлення.

Під час виконання науково-дослідної роботи було визначено й вирішено низку нових методологічних питань щодо розроблення структури цифрової ландшафтної карти та формування концепції ГІС «Ландшафти України»:

- обґрунтування базової (операційної) ландшафтної одиниці картографування, що є об’єктом середньомасштабного геоінформаційного картографування;
- розроблення структури легенди ландшафтної карти;
- зміст тематичного наповнення бази геоданих про ландшафти;
- опрацювання методичних прийомів ГІС-картографування ландшафтів.

Обґрунтування базової (операційної) ландшафтної одиниці картографування

Це положення визначає принципи побудови легенди створюваної карти, детальність опрацювання даних про ландшафти, а також методичні й технічні прийоми укладання карти. Аналіз робіт, присвячених методиці середньомасштабного картографування ландшафтів [5 та інші] і ландшафтних карт, укладених у такому масштабі, свідчить, що представленими на них об’єктами картографування є такі ландшафти (у регіональному значенні цього поняття): місцевості, складні урочища.

При апробації методики ГІС-картографування на ключових ділянках було з’ясовано можливості подання на створюваній карті ландшафтних комплексів рангів *місцевість* та *складне урочище*, які й визначено базовими об’єктами картографування. Приклади формулювання характеристик ландшафтних комплексів такого рангу наведено у *таблиці 1*. Критерії точності відображення та рівня генералізації змісту ландшафтної карти визначені обраним масштабом картографування – 1 : 500 000. Згідно з вимогами візуального сприйняття об’єктів на карті, площа мінімального контуру (на паперовій карті) – 4 мм². Відповідно, у масштабі картографування ландшафтні комплекси (рангу місцевість, складне урочище) площею 1 км² прийнято як мінімальні за розміром об’єкти картографування.

Розроблення структури легенди ландшафтної карти

Відповідно до обраних принципів побудови легенди формується її змістовне наповнення, ви-

значається перелік вихідних (тематичних) даних про компоненти ландшафтів, впорядковуються та індексуються об'єкти картографування. Саме легенда визначає структуру бази геоданих у ГІС, в якій зберігається інформація про ландшафти.

Структуру легенди середньомасштабної ландшафтної карти України опрацьовано на основі класифікації природних і антропогенно змінених ландшафтних комплексів України [16]. При розробленні запропонованої класифікації використано праці О. М. Маринича зі співавторами, В. О. Ніколаєва, В. М. Пашенка, К. І. Геренчука, А. І. Мельника, інших дослідників, виконано комплексний аналіз чинників, що визначають природні властивості ландшафтних комплексів та аналіз антропогенних змін їх компонентів.

Складність ландшафтних комплексів як об'єктів класифікування і систематики є причиною того, що при опрацьованні структури легенди ландшафтної карти не завжди можливо дотриматися послідовного відображення всіх виокремлених класифікаційних рівнів. Наприклад, у структурі легенди укладеної середньомасштабної ландшафтної карти України відсутній класифікаційний рівень *вид ландшафтних комплексів* (який презентує індивідуальні ландшафти). Близькі за структурою *підвиди* і *відміни ландшафтних комплексів* – місцевості та складні урочища, які є об'єктами картографування, – можуть бути виокремлені в різних індивідуальних ландшафтах. Це унеможливує структурування легенди у межах класифікаційних рівнів *вид – підвид – відміна*.

Традиційно межі індивідуальних ландшафтів та їх характеристика подаються на окремій карті (в окремому тематичному шарі в ГІС), яка, відповідно, має самостійну легенду.

Розроблення структури легенди середньомасштабної ландшафтної карти є предметом окремого докладного представлення [16, 17.]

У межах цієї статті наводимо лише фрагмент легенди ландшафтної карти України, який ілюструє принципи її формування та зміст характеристики місцевостей і складних урочищ (*підвидів* і *відмін* ландшафтних комплексів). Легенда структурована відповідно до одиниць фізико-географічного районування України (на рівні країв та областей) [14]. Це дає можливість систематизувати картографовані ландшафтні комплекси типологічно та регіонально (*табл. 1*).

Зміст тематичного наповнення бази геоданих про ландшафти

Середньомасштабна ландшафтна карта України сформована як геоінформаційна система, яка містить комплексну і покомпонентну інформацію про ландшафти, систематизовану у вигляді геопросторової бази даних. До набору просторових даних в ГІС «Ландшафти України» входять:

- основна складова – клас просторових даних (тип геометрії – полігон) природних ландшафтних комплексів. Атрибутивні таблиці вміщують інформацію про комплексні та покомпонентні характеристики кожного виділу. Також можуть бути укладені карти акваторіальних та підземно-територіальних ландшафтних комплексів;

- клас просторових даних (тип геометрії – полігон) «сучасне землекористування» (на основі матеріалів ДЗЗ);

- клас просторових даних (тип геометрії – полігон) «сучасне використання природних ландшафтних комплексів». Цей тематичний шар створюється шляхом оверлей-аналізу ландшафтної карти (природних ландшафтних комплексів) та карти структури землекористування;

- класи просторових даних (тип геометрії – полігон, полілінія, точка), які складають базову карту ГІС. Це елементи топографічної основи: Державний кордон України, адміністративні межі, гідрографічна мережа, найбільші населені пункти (міста). Зважаючи на застарілість аналогових топографічних карт, для формування базових шарів використано геодані Open Street Map.

- додаткові растрові тематичні шари – цифрова модель рельєфу, структура земного покриву.

Опрацьовання методичних прийомів ГІС-картографування ландшафтів

У геоінформаційному картографуванні використано низку методичних прийомів для оптимізації робіт з підготовки та аналізу вихідних даних, створення й управління базою геоданих, укладання контурів ландшафтних виділів.

Реалізація завдань ландшафтної картографування ґрунтується на застосуванні геоінформаційних систем (ГІС). «Географічна інформаційна система» – це цифрова інформаційна система, яка складається із апаратних засобів (Hardware), програмного забезпечення (Software), даних і застосунків, призначених для збору, управління та аналізу, обробки, моделювання й візуалізації просторової інформації (Bill&Fritsch, 1994). У цьому сенсі ГІС означає як сукупність інстру-

Таблиця 1.

Структура легенди ландшафтної карти України, масштаб 1:500 000 (фрагмент)

Ряд.	Підряд	Відділ	Підвідділ	Клас	Система	Тип	Підтип	Рід Родина		
								Підвид / відміна	Природні ландшафтні комплекси	Антропогенно змінені ландшафтні комплекси (підвиди, відміни)
Ландшафтна оболонка. Материкові	Територіальні	Поверхнево-територіальні	Рівнинні	Субоборсальні	Хвойно-широколистянілісові	<p>Рід ЛК: Хвойно-широколистянолісові ландшафтні комплекси пластово-аккумулятивних рівнин (Ландшафтні комплекси Поліського краю)</p> <p>Родина ЛК: Височини і низовини з малопотужним антропогенним покривом на крейдових відкладах (Ландшафтні комплекси Волинського Полісся)</p> <p>Підвиди ЛК (місцевості): Ландшафтні комплекси рівнин, складених моренними відкладами: 1. Рівнини горбисто-пасмові, низовинні та височинні, відносно підвищені (180-210 м), з пологими (3-4°) схилами, складені моренними пісками з включенням валунів, підстелені крейдовими відкладами, слабозчленовані улоговинами і балками, з дерново-слабопідзолистими піщаними ґрунтами під сухими й свіжими борами</p> <p>Ландшафтні комплекси рівнин, складених моренно-воднольодовиковими відкладами 5. Рівнини низовинні, відносно підвищені (175-180 м), горбисто-хвилясті з слабопохилими схилами (1-3°), складені воднольодовиковими пісками, що підстелені мореною, з дерново-слабопідзолистими сухими та оглеєними піщаними і супіщаними ґрунтами під свіжими борами і суборами, розчленовані улоговинами та заболоченими заплавами струмків, зрідка – балками, ускладнені моренними горбами; у комплексі з сирими і заболоченими міжпасмовими зниженнями з болотними, болотними опідзоленими ґрунтами і торфовищами під болотнотравно-вологотравними луками та вторинними осиково-березово-сосновими лісами</p> <p>Відміни ЛК (складні урочища): 28. Балки з пологими схилами в пісках та пісках на морені, з дерновими оглеєними ґрунтами під сирими дубово-сосновими лісами та вологотравно-різнотравними луками, з сирими лощинами у верхів'ях</p>			<p>Приклад до пункту 1 «Рівнини горбисто-пасмові...»: фітоваріантні: I-1-під об'єктами природно-заповідного фонду; I-2- під лісонасадженнями; I-6-під агроценозами літоваріантні: I-11- під міською забудовою; I-15- під кар'єрами</p>	

ментарію – програмне забезпечення для виконання геообробки, так і комп'ютерну програму, яка пропонує користувачеві інформаційний продукт – ландшафтну карту. Застосування ГІС-технологій у картографуванні ландшафтів базується на загальних теоретико-методологічних засадах функціонування геоінформаційних систем і на врахуванні методологічних особливостей галузевих робіт. Технічна будова, типи даних, функціо-

нальні можливості і особливості географічних інформаційних систем докладно розглянуті і представлені у фаховій літературі (Haines-Young et al. 1993, Bill & Fritsch 1994, Bill 1996, Burroughs et al. 2015, Geographic Information Science and Systems..., 2015).

Програмне забезпечення, яке використовувався під час виконання науково-дослідної роботи, – ArcGIS for Desktop 10.x, низка матеріалів

підготовлено в MapInfoProfessional, деякі завдання із ГІС-аналізу виконані в SAGAGIS. Картографічною основою для укладання попередньої робочої версії ландшафтної карти є топографічні карти масштабу 1:200 000, зведення і заключне оформлення ландшафтної карти виконано на основі топографічної карти масштабу 1:500 000. Картографічна проекція – Гауса-Крюгера (Пулково, 1942), що відповідає прийнятій в Україні державній системі географічних координат.

При укладанні ландшафтної карти має бути проаналізований великий масив даних про природні компоненти для характеристики виділів ландшафтних комплексів та формування легенди, створюються і редагуються значні об'єми вихідної картографічної інформації.

Завдання геоінформаційних технологій на етапі створення карти такі: організація та підготовка вихідних даних; їх аналіз на основі інструментів геообробки та ГІС-моделей; створення та налаштування бази геоданих для картографування ландшафтів; укладання та редагування контурної частини цифрової карти.

Інформаційне забезпечення вихідних матеріалів про ландшафти та їх компоненти

Використано такі вихідні дані: фондові картографічні матеріали, що характеризують компоненти ландшафтів (топографічні карти масштабів 1:200 000, 1:500 000, геологічні й геоморфологічні карти, карти четвертинних відкладів, рослинності, ґрунтів); матеріали ДЗЗ та інші.

При середньомасштабному ГІС-картографуванні ландшафтів України вихідними даними також слугують *наявні ландшафтні карти* на територію її окремих регіонів. Такі карти, укладені у різні роки фахівцями-ландшафтознавцями з багатьох наукових центрів України, у тому числі - Інституту географії НАНУ, є важливим джерелом даних про ландшафтну структуру, результатом аналізу та інтегрування всієї сукупності вихідних даних, значною мірою – матеріалів польових досліджень. Разом з тим, вони потребують адаптації змісту та контурної частини до масштабного рівня, технічних вимог та змістовного наповнення створюваної ландшафтної карти України.

Основним джерелом інформації *про літогенну основу ландшафтів*, що використовується при їх картографуванні, є матеріали державного геологічного знімання (зберігаються у ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд Укра-

їни»¹). Першочергове значення мають матеріали геологічного знімання у масштабі 1: 200 000 – антропогенових відкладів, доантропогенових утворень та геоморфологічна схема району досліджень. Особливо важливою складовою для виділення контурів ландшафту є рельєф. Його аналізовано за даними геоморфологічних карт та на основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР) – цифрового представлення рельєфу як топографічної моделі земної поверхні без покриття. На основі ЦМР засобами ГІС створено похідні цифрові матеріали, пов'язані з виділенням тальвегів, басейнових структур, визначенням ступеня вертикальної та горизонтальної розчленованості поверхні, висотних рівнів тощо.

Для підготовки основи для геоінформаційного картографування ландшафтів необхідно мати інформацію *про структуру ґрунтового покриву*, а також про фізико-хімічні властивості ґрунтів; для аналізу антропогенних змін – дані про вміст у ґрунтах забруднюючих речовин. Основні джерела інформації про ґрунтовий покрив України – це картографічні матеріали: карти ґрунтів Української РСР (1967), масштаб 1:200000 [10], матеріали лісовпорядкування, опубліковані карти ґрунтів й інші. Загальні дані про ґрунтовий покрив та характеристики ґрунтів можна отримати із літературних джерел.

Одним із основних джерел інформації *про рослинний покрив* є карта рослинності України масштабу 1 : 1 500 000 [11]. Карта відображає загальні закономірності поширення основних ценотаксонів природного рослинного покриву України, на ній також відображені основні похідні, відновлені та культурні (штучні насадження, сільськогосподарські угіддя) рослинні угруповання. Легенда карти відображає основне різноманіття рослинності України на рівні класифікаційних одиниць середнього рангу. Виділені ареали рослинності займають площу, яка дає змогу картувати їх у середньому масштабі й використовувати дані про них при характеристиці фітокомпоненту ландшафтних комплексів рангу місцевостей.

Матеріали дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) при геоінформаційному картографуванні є одним із найбільш інформативних джерел для от-

¹<http://geoinf.kiev.ua/>

римання та інтерпретації даних про ландшафти, насамперед про їх антропогенні перетворення. Головне джерело даних ДЗЗ – відкриті або передплачувані інтернет-ресурси. Найбільший у світі відкритий (некомерційний) доступний для наукових досліджень обсяг даних про земну поверхню від 1972 р. забезпечує програма Landsat (USGS, NASA (США), а також тематичні карти Геологічної служби США (USGS)², Living Atlas of the World (ESRI)³, набори геоданих від International Steering Committee for Global Mapping (ISCGM)⁴, інформація про характеристики ґрунтового покриву (ISRIC-WISE)⁵ та інші.

Тематичні картографічні матеріали в Україні у відкритому доступі наявні переважно на паперових носіях. Для ГІС-опрацювання їх було відскановано і введено в ГІС із геоприв'язкою. Доцільно також виконати оцифровування цих матеріалів: представлення даних про компоненти у векторному форматі забезпечує можливість подальшого їх аналізу із використанням інструментів геообробки. Наприклад, знаходити об'єкти за необхідними критеріями, створювати вибірки, виконувати спряжений аналіз (оверлей), укладати тематичні карти на основі одного чи кількох показників за категоріями, класами значень. Легенди тематичних карт є основою для укладання компонентних класифікаторів для характеристики ландшафтних виділів.

Перед початком робіт із укладання карти ландшафтів усі вихідні просторові дані різного формату організовані в проект – документ формату *.MXD – файл карти в ArcGIS for Desktop, для їхнього взаємопов'язаного і комплексного аналізу. Процеси налаштування проекту *.MXD такі:

- Визначено систему координат (залежить від регіону і відповідної йому зони в СК-42).
- Встановлено базовий масштаб (1:500 000), ця опція визначає коректне відображення умовних знаків і підписів базової карти та тематичної карти.
- Налаштовано мінімальний і максимальний масштаби відображення для вихідних даних.
- Виконано компоновку у одному фреймі даних та об'єднання у групи даних однієї теми.

²U.S. Geological Survey <http://www.usgs.gov/pubprod/>

³Living Atlas of theWorld <http://doc.arcgis.com/en/living-atlas/>

⁴International Steering Committee for Global Mapping <http://www.iscgm.org/gm/index.html>

⁵World Soil Information <http://www.isric.org>

- Для збереження класифікацій параметрів, які впливають на визначення ландшафтного виділу (кути нахилу поверхні, висотні рівні, типи ґрунтів тощо) були налаштовані відповідні стилі та збережені у форматі *.LYR – файл, що зберігає відображення даних. Тобто, на основі одного і того ж класу просторових даних може бути створено і збережено декілька тематичних стилізованих шарів.

Важливим етапом цієї роботи є підготовка бази геоданих для зберігання й управління основними даними – набором просторових даних, які містять об'єкти й атрибути ландшафтних виділів. Вимоги, які постають перед початком робіт із картографування, такі:

- 1) забезпечити цілісність геоданих;
- 2) забезпечити управління процесом наповнення бази даних атрибутивною інформацією з характеристикою ландшафтних виділів;
- 3) забезпечити якість виконаної роботи – контроль за топологічними помилками.

Коротко охарактеризуємо кожну з цих вимог.

- 1) Для оптимізації робіт щодо організації та управління даними при укладанні ландшафтною карти було створено та налаштовано базу просторових даних у середовищі ArcGIS for Desktop. Хоча ArcGIS працює з географічною інформацією різних ГІС-форматів, найефективніше функціональні можливості використовуються саме в базах геоданих. Просторова база даних (або база геоданих) – це база даних, оптимізована для зберігання й виконання запитів про просторові об'єкти, представлені деякими абстракціями: точка, лінія, полігон тощо. Просторовим базам даних властива розширена функціональність, що дозволяє зберігати цілісний просторовий об'єкт (*англ. Feature*), який об'єднує як традиційні види даних (описова частина або атрибутивна), так і геометричні (дані про положення об'єкта у просторі). Просторові БД дозволяють виконувати аналітичні запити, що містять просторові оператори для аналізу просторово-логічних відносин об'єктів (перетинається, стосується, міститься в, міститься, знаходиться на відстані X від, збігається тощо) [15].

Для забезпечення цілісності геоданих при картографуванні ландшафтних комплексів створено два набори класів даних⁶: основний із класами

⁶<http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/manage-data/feature-datasets/an-overview-of-working-with-feature-datasets.htm>

просторових даних (тип геометрії – полігон), які містять ландшафтні виділи; додатковий – класи просторових даних для базової карти.

2) Краща продуктивність бази геоданих реалізована завдяки використанню підтипів і доменів.

Підтипи – це підгрупи просторових об'єктів класу просторових об'єктів, або об'єктів таблиці з однаковими атрибутами. Їх використовують як метод класифікації даних. Кожен новий об'єкт одразу буде віднесений до певного класу даних із визначеним для такого класу набором значень атрибутів. Для укладання карти ландшафтів у середньому масштабі таким основним класом (підтипом) встановлено елемент рельєфу (межирічні рівнини, надзаплавні тераси, заплави, балки тощо), які є ознакою зміни літогенної основи ландшафтів і провідним чинником виділення місцевостей та складних урочищ.

Згідно розроблених принципів укладання цифрової ландшафтною карти, компонентні характеристики ландшафтних виділів розподілені в окремі поля таблиці (*рис. 1*). Інформація до кожного виділу в записах атрибутивних полів карти вміщує характеристики рельєфу (форми поверхні, висотні рівні, характеристика схилів та розчленування), поверхневих відкладів та підстелюючих порід (вік, склад, потужність), ґрунтового покриву (тип, назва за міжнародною класифікацією ґрунтів, підтип, характер оглеєння, гранулометричний склад тощо), сучасної та потенційної природної рослинності, гідрокліматичних умов, сучасного використання території, природних і природно-антропогенних процесів та інші. Уніфікація інформації по кожному із полів забезпечується розробкою та використанням класифікаторів, які представляють вичерпний перелік характеристик та параметрів для ландшафтного виділу. З метою оптимізації внесення цих характеристик та параметрів до бази даних та запобігання появи помилок у записах для підтипів застосовано домени кодованих значень.

Атрибутивні домени – це правила, які описують допустимі значення для різних типів полів і забезпечують цілісність даних. Якщо об'єкти класу просторових об'єктів або об'єкти таблиці згруповано в підтипи (як у цій роботі), кожному підтипу може бути присвоєно свій атрибутивний домен. Домен є описом допустимих значень атрибутів. Оскільки домен асоційований з атрибутивним полем, для цього поля допустимі тільки ті значення, які входять у доменні значення.

Наприклад, для підтипу «Межирічні рівнини» доменні значення типів ґрунтів можуть бути визначені тільки ті, що поширені на межиріччях. Іншими словами, поле не прийме значення, якого немає в домені. Використання доменів допомагає гарантувати цілісність даних, обмежуючи вибір значень для певного поля. Також важливо, що домени допомагають уникнути граматичних помилок при заповненні таблиці. Вибір значень – із «випадаючого» списку або у таблиці атрибутів (якщо для одного об'єкта), або у вікні «Атрибути» (якщо для групи об'єктів) (*рис. 2*).

Налаштований для укладання контурів ландшафтів клас просторових об'єктів додано в проєкт карти *.MXD із вихідними даними. Власне для укладання та редагування контурів в ArcGIS for Desktop, як і в будь-якій іншій повнофункціональній ГІС, доступний широкий вибір інструментів редагування. Застосовуються такі інструменти редагування:

- створення нових об'єктів прямими сегментами, дугами тощо;
- створення нових об'єктів у ручному режимі, у потоковому режимі, трасування контурів;
- застосування інструментів редагування вже створених об'єктів.

3) Контроль та виправлення помилок при укладанні контурів ландшафтних виділів реалізований за допомогою топології – набору правил, що дозволяють точніше моделювати геометричні відношення в базі геоданих⁷, правила визначають, як просторові об'єкти взаєморозміщуються у просторі. Правила задаються під час створення топології. Для перевірки полігональних класів даних із виділами ландшафтних контурів застосовано правила «об'єкти не можуть перетинатися», «недопустимі пробіли між полігонами». При додаванні на карту (в проєкт *.mxd) топологія відображає виявлені помилки згідно заданих правил та стає доступним інструментарієм для напівавтоматичного виправлення таких помилок.

Висновки

Середньомасштабну ландшафтну карту України укладено на основі використання сучасних методів геоінформаційного картографування. Це дало змогу представити інформацію про ландшафти всієї території країни на єдиній методологічній

⁷ <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/manage-data/topologies/topology-basics.htm>

системі загально- і конкретнонаукових принципів та підходів. Це пов'язано із складністю об'єктів дослідження – різнорівневих, різною мірою перетворених ландшафтних комплексів. З підходів – складових методології дослідження – реалізовано генетичний, системний, геоінформаційний, ландшафтознавчий. Серед принципів особливу роль у дослідженні мали принципи поліструктурності ландшафтів, їх позиційності (геопросторового положення), антропогенної перетвореності.

Опрацьована схема класифікації ландшафтних комплексів ґрунтується на структурно-генетичних принципах. При її формуванні використано низку відомих робіт у галузі класифікації ландшафтів (О.М.Маринич та ін., 1985, 2007; А. Г. Ісаченко, 1991; В.О. Ніколаєв, 1973, 2000; К.І.Геренчук та ін., 1977; В.М. Пашенко, 1993 та інші).

Комплексний аналіз провідних чинників, що визначають природні властивості ландшафтних комплексів і характер їх антропогенних змін, є основою побудови класифікаційної схеми, у якій представлено ієрархію різнорангових природних і антропогенно змінених ландшафтних комплексів. Запропонована класифікація дала можливість представити ієрархічний ряд різнорангових ландшафтних комплексів, її використано для формування структури легенди середньомасштабної ландшафтної карти України.

Застосування ГІС-технологій у картографуванні ландшафтів базується як на загальних теоретико-методологічних засадах функціонування геоінформаційних систем, так і на врахуванні методологічних особливостей власне галузевих робіт. Опрацьована у межах виконання науково-дослідної теми методика середньомасштабного геоінформаційного картографування ландшафтів полягає в розробці методичних підходів раціонального, послідовного і взаємопов'язаного

застосування функціональних можливостей сучасних геоінформаційних систем для збору, систематизації та управління даними про ландшафти та їх компоненти, їх геопросторового аналізу, оцінювання та візуалізації даних про ландшафтну структуру території.

Середньомасштабна (1:500 000) цифрова ландшафтна карта України призначена для використання у наукових, науково-прикладних, природоохоронних цілях. Одним із актуальних шляхів застосування прикладної ГІС «Ландшафти України» є її використання для інтеграції екологічних вимог (аспектів) в систему територіального планування України. Моделювання планувальної організації території спирається на оцінку території з позицій, передбачених стратегіями розвитку держави і регіонів, згідно з показниками, визначеними у нормативно-правових документах (ДБН, санітарно-гігієнічні норми і т.п.), в тому числі екологічного змісту. Поряд з цим, залишається актуальним питання вдосконалення методики використання результатів ГІС-картографування ландшафтів для цільового оцінювання природних умов території, визначення ступеня антропогенного тиску й ідентифікації екологічних проблем, ризиків і конфліктів для розробки обґрунтованих планувальних рішень. Як інструмент розроблення еколого-орієнтованих схем використання території значними є можливості застосування ландшафтного планування.

Наукова новизна виконаного дослідження полягає в опрацюванні методологічних та методичних засад геоінформаційного картографування ландшафтів та створенні середньомасштабної цифрової ландшафтної карти України як відкритої геоінформаційної системи, що забезпечена базою даних про ландшафти та їх компоненти.

References [Література]

1. Bozhuk T.I. (2004). *Landscape-cadastr of Ukrainian Marmarosh*. Dissertation ... cand. tech. sci. Lviv. [In Ukrainian]. [Божук Т. І. Ландшафтний кадастр Українського Мармарошу. Дис... канд. техн. наук: 05.24.04. Львів, 2004.]
2. Davydychuk V.S. From a computer landscape map to thematic GIS on landscape basis and landscape databases: experience of development, creation and application in Kyiv region. Materials of regional conferences: *Possibilities of modern GIS/ Remote sensing of earth- technologies in the assistance of decision of problems of Kyiv region*. URL: <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=713> [In Ukrainian]. [Давидчук В.С. Від комп'ютерної ландшафтної карти до тематичних ГІС на ландшафтній основі і ландшафтних баз даних: досвід розробки, створення і застосування на Київщині. Матеріали регіональних нарад. *Можливості сучасних ГІС/ДЗЗ-технологій у сприянні вирішенню проблем Київщини*. URL: <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=713>]
3. Davydychuk V.S., Linnik V.G., Chepurnoi N.D. (1987). Regional level geoinformation system – the tool for the decisions in natural processes management. *Issues of regional geographical information arrangement*. III regional school-seminar reports. Vladivostok, 17-18. [In Russian].

- [Давыдчук В.С., Линник В.Г., Чепурной Н.Д. Геоинформационная система регионального уровня – инструмент для принятия решений в управлении природными процессами. Вопросы организации региональной географической информации: III региональная школа-семинар: тезисы докл. Владивосток, 1987. С. 17-18.]
4. Haase Günter; Mannsfeld Karl; Bastian Olaf et al.(2002). Naturraumeinheiten, Landschaftsfunktionen und Leitbilder am Beispiel von Sachsen. *Forschungen zur Deutschen Landeskunde*, 250. Deutsche Akademie für Landeskunde, Flensburg.
 5. Herenchuk K.I., Kukurudzа S.I. (1977). Some fundamental issues on medium scale landscape researches methodology. *Physical geography and geomorphology*, 18. *Complex geographical researches*, 18-24. [In Russian].
[Геренчук К.И., Кукурудза С.И. Некоторые принципиальные вопросы методики среднемасштабных ландшафтных исследований. Физическая география и геоморфология. 1977. Вып. 18: *Комплексные геогр. исследования*. С. 18–24.]
 6. Interaktiver Kartendienst (Web-Mapping) zu den Landschaften in Deutschland. URL: <http://www.bfn.de/geoinfo/landschaften/>
 7. Krouglov I. (1998). Geoinformation aspect of State land cadastre of Ukraine foundation. *Budownictwo I Inzynieria Srodowiska* (Rzeszów, Poland), 29. 85-93. [In Ukrainian].
[Круглов І. Геоінформаційний аспект організації державного земельного кадастру України. *Budownictwo I Inzynieria Srodowiska* (Rzeszów, Poland). 1998. Z. 29. С. 85-93.]
 8. Krouglov I. S.(2004) Methodology of the semiautomated creation of geospatial layer of pedomorphologic units of Upper Dnister basin. *Visnyk of the Lviv university. Series Geography, Vol. 31*. 312-320. [In Ukrainian].
[Круглов І.С. Методика напівавтоматизованого створення геопросторового шару педоморфологічних одиниць басейну Верхнього Дністра. Вісник Львівського університету. Серія Географічна. 2004. Вип. 31. С.312–320.]
 9. Krouglov I., Melnyk A., Mukcha B., Senchina B.(2004). Geocological database of Upper Dnister basin. *Physical geography and geomorphology*, 46, Vol. 1. 69-75. [In Ukrainian].
[Геоecологічна база даних Басейну Верхнього Дністра /І. Круглов, А. Мельник, Б. Муха, Б. Сенчина. Фізична географія та геоморфологія. 2004. Вип. 46. Т. 1. С. 69-75.]
 10. *Map of soils of Ukrainian SSR* (1967). O.N. Sokolovskyi Ukr. research institute of soil science. Ukrzemproject; Scale 1: 200 000. Kyiv. [In Ukrainian].
[Карта ґрунтів Української РСР . Укр. НДІ ґрунтознавства ім. О. Н. Соколовського, Укрземпроект; - М-б 1:200 000. Київ, 1967.]
 11. *Map of vegetation of Ukrainian SSR*. (1984). Scale 1:1500 000. Moscow. [In Russian].
[Карта растительности Украинской ССР. М-б 1:1500 000. Москва, 1984.]
 12. Mkrtchian A.S. (2006). Automated selection of landscape units by classification of relief with application of GIS. Landscape planning: general grounds, methodology, technology: *labours of international school-conference the Landscape planning*. Moscow, 202-208. [In Russian].
[Мкртчян А.С. Автоматизированное выделение ландшафтных единиц путем классификации рельефа с применением ГИС. Ландшафтное планирование: общие основания, методология, технология: *Труды международной школы-конференции «Ландшафтное планирование»*. Москва, 2006. С. 203-208.]
 13. Mkrtchian A.S. (2006). Landscape-ecological base of data integration into land information systems. Diss... cand. geogr. sciences 11.00.01. Lviv. [In Ukrainian].
[Мкртчян О.С. Ландшафтно-ecологічні основи інтеграції даних в земельні інформаційні системи : дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.01. Львів., 2006. 215 с.]
 14. *National Atlas of Ukraine* (2007). Kyiv. [In Ukrainian].
[Національний атлас України. Київ, 2007. 440 с.]
 15. Shekhar Shashi, Chaula Sanzhei (2004). *Bases of spatial databases*. Moscow. [In Russian].
[Шекхар Шаши, Чаула Санжей. Основы пространственных баз данных. Москва, 2004. 336 с.]
 16. Sorokina L.Yu. (2013). Principles of construction of incorporated classification of natural and anthropogenically changed landscape complexes of Ukraine. *Visnyk of the Lviv university. Series Geography, Vol. 42*, 339-347. [In Ukrainian].
[Сорокіна Л.Ю. Принципи побудови єдиної класифікації природних й антропогенно змінених ландшафтних комплексів України. Вісник Львівського університету. Серія геогр. 2013. Вип. 42. С. 339-347.]
 17. Sorokina L.Yu. (2014). *Incorporated classification of natural and anthropogenically changed landscape complexes and the structure of legend of medium scale landscape map of Ukraine*. Testifying to registration of copyright on work № 55151. Institute of geography of NAS of Ukraine. State service of intellectual property of Ukraine. Registration data 04.06.2014.(Copyright and allied rights. Official bulletin, 34. 220. URL: http://sips.gov.ua/i_upload/file/BULETEN_Avt_Pravo_%2034_2014_zag.pdf) [In Ukrainian].
[Сорокіна Л.Ю. Єдина класифікація природних і антропогенно змінених ландшафтних комплексів та структура легенди середньомасштабної ландшафтної карти України. Свідectvo про реєстрацію авторського права на твір № 55151. Інститут географії НАНУ. Державна служба інтелектуальної власності України. Дата реєстрації 04.06.2014. (Авторське право і суміжні права. Офіційний бюлетень No 34, 2014. С.220. URL: http://sips.gov.ua/i_upload/file/BULETEN_Avt_Pravo_%2034_2014_zag.pdf)]
 18. Walker D.A. (2010). The CBVM 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

Стаття надійшла до редакції 21.06.2017