Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Проблеми безперервної географічної освіти і картографії

Випуск 19

+ диск із матеріалами конференції

ГІС-форум`14
•освіта •наука •виробництво

ISSN 2075-1893

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна

ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ГЕОГРАФІЧНОЇ ОСВІТИ І КАРТОГРАФІЇ

Збірник наукових праць

Заснований 2000 року

Випуск 19

Харків — 2014

До збірника включені статті, у яких розглядаються актуальні проблеми сучасної географічної освіти та картографічного її забезпечення; узагальнюється досвід і розкриваються перспективи розробки та впровадження у навчальний процес інноваційних педагогічних технологій, підготовки і видання нових картографічних творів, призначених для використання у школах, вищих навчальних закладах та в інших установах безперервної географічної освіти.

Призначено для науковців, аспірантів, викладачів та вчителів географії.

Затверджено до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 3 від 24 лютого 2014 р.)

Редакційна колегія:

В. А. Пересадько, д-р геогр. наук, проф. (голова редколегії, ХНУ імені В. Н. Каразіна); О. В. Барладін, канд. техн. наук (ПрАТ «Інститут передових технологій»); О. М. Берлянт, д-р геогр. наук, проф. (Канада); О. С. Володченко, д-р географії, проф. (Дрезденський технічний університет, Німеччина); А. П. Голіков, д-р геогр. наук, проф. (ХНУ імені В. Н. Каразіна); Л. М. Даценко, д-р геогр. наук, проф. (КНУ імені Т. Шевченка); О. О. Жемеров, канд. геогр. наук, проф. (ХНУ імені В. Н. Каразіна); І. П. Ковальчук, д-р геогр. наук, проф. (Національний університет біоресурсів і природокористування України); С. В. Костріков, д-р геогр. наук, проф. (ХНУ імені В. Н. Каразіна); Б. І. Кочуров, д-р геогр. наук, проф. (Інститут географії РАН, Росія); В. М. Московкін, д-р геогр. наук, проф. (ХНУ імені В. Н. Каразіна); А. Н. Некос, д-р геогр. наук, проф. (ХНУ імені В. Н. Каразіна); К. А. Нємець, д-р геогр. наук, проф. (ХНУ імені В. Н. Каразіна); Л. М. Нємець, д-р геогр. наук, проф. (ХНУ імені В. Н. Каразіна); Л. Г. Руденко, д-р геогр. наук, проф., академік НАН України (Інститут географії НАНУ); Р. І. Сосса, д-р геогр. наук, проф. (ДНВП «Картографія»); О. С. Третьяков, канд. геогр. наук (ХНУ імені В. Н. Каразіна), д-р географії (Франція); І. Г. Черваньов, д-р техн. наук, проф. (ХНУ імені В. Н. Каразіна); П. Г. Шищенко, д-р геогр. наук, проф., чл.-кор. НАПН України (КНУ імені Т. Шевченка).

Адреса редакційної колегії:
61022, м. Харків — 22, майдан. Свободи, 4, к. 4 — 72
тел. 707-53-60, e-mail: methodgeo@univer.kharkov.ua

Збірник занесений до переліку наукових фахових видань

Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2014. — Вип. 19. — 124 с.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за добір, точність, достовірність наведених даних, фактів, цитат, інших відомостей.

Статті пройшли внутрішнє та зовнішнє рецензування.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 8681 від 22.04.2004

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, оформлення, 2014

УДК 551.4

Г. Р. Байрак
Львівський національний університет імені Івана Франка

МОЖЛИВОСТІ ГІС ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬЄФУ І ПРОЯВІВ СУЧАСНОЇ ЕКЗОДИНАМІКИ

В статті розглянуто методичні прийоми визначення і візуалізації морфометричних показників рельєфу у ГІС. Виконаний поєднаний аналіз морфології рельєфу і проявів зсувних процесів у Верховинських Карпатах. Виявлені певні закономірності у розподілі процесів згідно морфологічних особливостей рельєфу.

Ключові слова: морфологія рельєфу, ГІС, поєднаний аналіз морфології рельєфу, геології і проявів зсувних процесів.

Г. Р. Байрак

ВОЗМОЖНОСТИ ГИС ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬЕФА И ПРОЯВЛЕНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ЭКЗОДИНАМИКИ

В статье рассмотрены методические приемы определения и визуализации морфометрических показателей рельефа в ГИС. Выполнен совмещенный анализ морфологии рельефа и проявлений оползневых процессов в Верховинских Карпатах. Выявлены определенные закономерности в распределении процессов согласно морфологических особенностей рельефа.

Ключевые слова: морфология рельефа, ГИС, совмещенный анализ морфологии рельефа, геологии и проявлений оползней.

G. R. Bayrak

GIS FACILITIES USEFUL TO DISPLAY THE RELIEF CHARACTERISTICS AND FORMS OF MODERN EXODYNAMICS

The article deals with methodical techniques designed to compute and visualize morphometric parameters of relief in GIS. A combined analysis of morphology and topography and landslide development in Verhovynsky Carpathians is made. Certain patterns in the distribution process by morphological features of relief are identified.

Keywords: morphology relief, GIS, combined analysis of morphology, topography, geology, and landslide development.

Вступ. Один з аспектів ГІС-аналізу полягає в отриманні та відображенні морфологічних характеристик рельєфу. Дослідження в цьому напрямі активізувались у зв'язку з можливостями автоматичного та напівавтоматичного обчислення показників цифрових моделей рельєфу (ЦМР). ЦМР є частиною цифрової моделі місцевості (ЦММ), що включає дані про ріки, дороги, ліси, населені пункти тощо. Побудова ЦМР важлива для ряду галузей, на об'єкти яких у великій мірі впливають морфометричні показники рельєфу. Так, крутість схилів впливає на вибір площадок для будівництва споруд, прокладання гірськолижних трас, закладання сільськогосподарських угідь. Показник експозиції схилів важливий у сільському господарстві, впливає на характер розміщення житлових та рекреаційних споруд. Кривизна поверхні лежить в основі визначення затрат при прокладанні трас трубопроводів і різного роду шляхів сполучень. Складні і нерівномірні морфометричні характеристики рельєфу є одним із чинників розвитку екологічно несприятливих сучасних екзогенних процесів, які в разі активізації приносять суттєві матеріальні і моральні збитки [5]. Тому морфометричний ГІС-аналіз рельєфу є важливим аспектом сучасних науково-практичних досліджень у різних галузях господарства країни.

Вихідні передумови. Дослідження морфології рельєфу активізувались в останнє десятиріччя з розвитком технологій ГІС-аналізу. В Україні існує кілька осередків наукових досліджень в галузі природознавчих ГІС: київська школа науковців центру аерокосмічних досліджень Інституту геологічних наук НАНУ (М. Попов), університету біоресурсів і природокористування (С. Кохан, А. Москаленко); одеська школа ґрунтознавчих геоінформаційних досліджень ОНУ ім. І. Мечнікова (О. Світличний, С. Плотницький); львівська школа з ландшафтних, флювіальних, геоморфологічних та екологічних геоінформаційних досліджень ЛНУ ім. І. Франка (І. Круглов, Ю. Андрейчук, А. Михнович, Т. Ямелинець, Г. Байрак, О. Мкртчян); харківська школа науковців національного аерокосмічного університету (Г. Красовський), ХНУ ім. В. Каразіна, (І. Черваньов, С. Костріков). Проте власне аналізу морфометричних показників рельєфу та висвітлення чинників розвитку екзодинамічних процесів засобами ГІС приділена недостатня увага.

Мета роботи — показати методичні прийоми знаходження і висвітлення морфометричних показників рельєфу у ГІС та можливості їхнього застосування в екзодинаміці.

Виклад основного матеріалу. ЦМР отримують векторизацією (оцифруванням) горизонталей у робочому вікні геоінформаційної програми і присвоєнням їм значень висот у табличній формі. Кожна горизонталь стає головним компонентом цифрової моделі і формує зовнішній вигляд рельєфу [4]. Після векторизації горизонталей, записаних у вигляді шейп-файла (.shp), ГІС будує об'ємну модель рельєфу у вигляді TIN — Triangular Irregular Network (трикутної нерегулярної мережі). Нерегулярною вона є тому, що розміри трикутників різні в залежності від щільності горизонталей.

За даними ЦМР визначили такі головні морфометричні характеристики рельєфу: 1) відносне перевищення висот, 2) горизонтальне розчленування рельєфу, 3) крутість схилів та їхній ухил, 4) експозицію схилів, 5) поздовжню і поперечну кривизну контурів, 6) частоту і щільність розміщення об'єктів.

Дані моделі TIN представлені у вигляді класифікації рельєфу за значеннями його висот. Кожній градації висот при цьому присвоєний певний колір. Збільшенням чи зменшенням кількості класів, дістають густішу чи рідшу градацію висот, внаслідок чого зростає чи знижується гіпсометрична деталізація рельєфу. Детальність відображення поверхні рельєфу задають перед класифікацією, виставлянням розмірів комірок моделі (cell size).

Під час обчислення морфометричних показників рельєфу з використанням його цифрової моделі виникає потреба виокремити певні градації висот, верхнє і нижнє значення яких не співпадає з градаціями, виділеними програмою автоматично. Наприклад, у поданих дослідженнях були відображені абсолютні висоти Карпат, на яких найбільше проявляються зсувні екзогенні процеси. Їх треба задати у просторі ЦМР. Звичайно, можна задати стільки класів, щоб рельєф став розбитий за висотами майже через один метр. Тоді виділити потрібні градації через команду «Властивості»/«Символи». Однак, з великою класифікацією погано справляється оперативна пам'ять.

У цьому випадку були виконані обчислення H_{min}, H_{max}. Проміжок висот був розбитий на k підпроміжків так, щоб серед точок розбиття зустрічались деякі задані висоти L_{min} та L_{max}. Тоді визначили найбільший спільний дільник трьох чисел $NSD(H_{\max} - H_{\min}, L_{\max} - L_{\min}, L_{\min} - H_{\min})$. Число k обчислили за формулою:

$$\frac{H_{\max} - H_{\min}}{NSD(H_{\max} - H_{\min}, L_{\max} - L_{\min}, L_{\min} - H_{\min})}$$

Далі редагували легенду ЦМР і виставили висоти через k інтервалів. У робочому вікні програми потрібні проміжки підкреслили відповідним кольором (рис. 1).

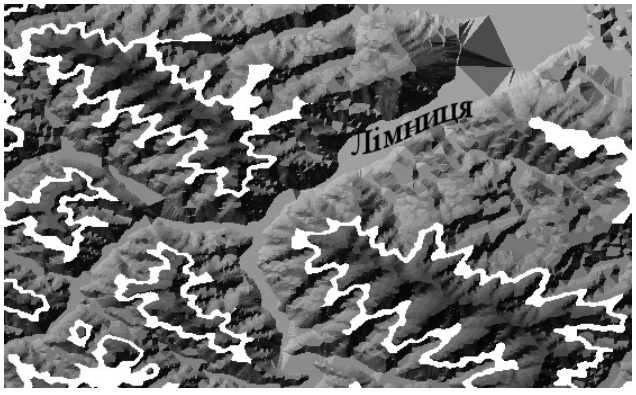


Рис. 1. Виділення інтервалу висот у 960–1000 м на цифровій моделі фрагменту рельєфу Карпат (відображені білуватим тоном). Масштаб 1:100 000.

Такі морфометричні показники, як відносні перевищення вершин над долинами рік, горизонтальне розчленування рельєфу, частоту і густоту розташування об'єктів, форму поверхонь здобувають виконанням вимірювань у просторі ЦМР і подальшими розрахунками за формулами чи аналітичним шляхом.

Відносні перевищення висот ЦМР обчислили як відношення різниці найбільшої (H_{max}) і найменшої (H_{min}) висоти місцевості: $\Delta H = H_{min} - H_{min}$ з використанням вікна Властивості шару/Символи/Класифікувати. Окрім перевищень рельєфу, за відмітками абсолютних висот, зазначених у легенді ЦМР, встановили середню висоту місцевості та амплітуду абсолютних висот. Ці показники ілюструє поперечний профіль рельєфу, який виконаний у модулі 3d Analyst командами «Інтерполювати лінію» і «Створити графік профілю» після побудови TIN (рис. 2). Після відображення точкового шару зсувів, їхня локалізація стала видима на поперечному профілі, що дозволило виявити закономірності їхнього розташування на привершинних, середніх чи нижніх частинах схилів.

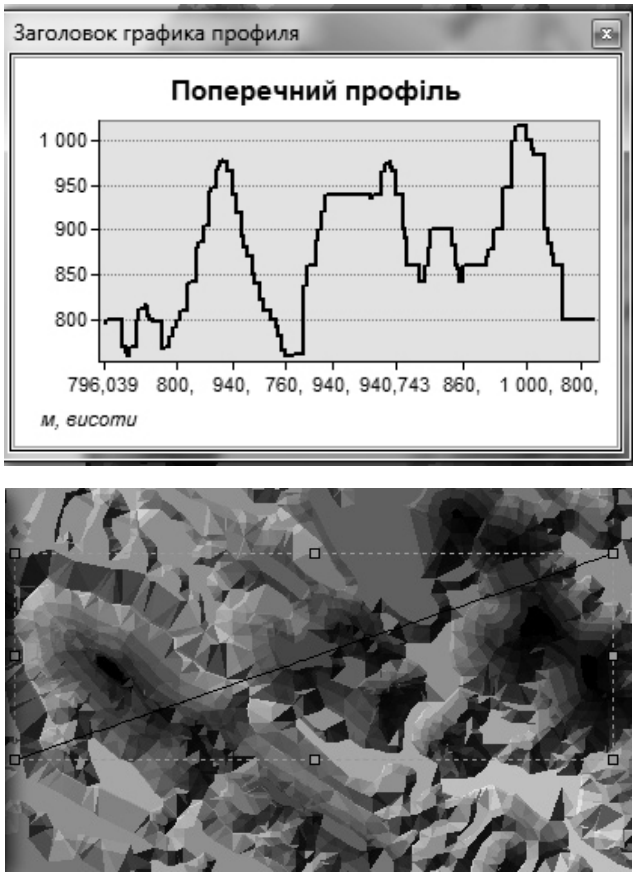


Рис. 2. Відображення поперечного перерізу рельєфу ділянки Славської Верховини.Масштаб 1:50 000.

Вертикальне розчленування рельєфу і його візуалізацію у ГІС задавали також іншим шляхом — через використання комплексу ArcToolbox в рядку «Інструменти Spatial Analyst» обранням команди «Сусідство».

Горизонтальне розчленування визначають як відношення суми довжин ліній, що розчленовують міс-

цевість (ΣL), до площі досліджуваної території (S):

$$\Delta D = \frac{\sum L}{S}$$

Показниками горизонтального розчленування є також середня площа елементарних схилових поверхонь, середня довжина орографічних ліній, сумарна довжина рік, густота орографічних ліній [1].

Найбільш поширеним способом розрахунку густоти розчленування є визначення суми довжин тальвегів до площі в 1 км^2. Акцентуємо увагу, що в даній роботі за площу ділянок не взяті не квадрати кілометрової мережі, оскільки такі картограми, слабко відображають закономірності розподілу густоти розчленування на території досліджень. Були обчислені площі басейнів рік другого порядку, в їхніх межах визначені суми тальвегів, і складені результуючі картосхеми з розподілу густоти розчленування рельєфу відносно початкових басейнів рік. Результати є більш інформативними щодо природного розподілу щільності долинних форм на досліджуваній території [2]. Густоту розчленування рельєфу також можна автоматично візуалізувати за допомогою команд ArcToolbox/Інструменти Spatial Analyst/«Плотность». За їх допомогою відобразили та обчислили також щільність розташування проявів зсувів

Зазначимо, що автоматично у модулях Spatial Analyst і 3d Analyst через команди «Изолиния», «Уклон», «Экспозиция» були зображені відповідно кривизна контурів рельєфу, його крутість (град.) та експозиція схилів.

Морфометричні показники ЦМР знаходять своє застосування в екзодинамічних дослідженнях і візуалізації морфологічних чинників сучасних екзогенних процесів.

Одним із прикладів застосування ЦМР рельєфу стала спроба відображення у її просторі точкового шару зсувів на території Верховинських Карпат. На початку досліджень були виконані геокодування карт і векторизація рельєфу, а також відображені всі прояви зсувів за даними власних польових спостережень і геологічних експедицій. Після цього була зроблена класифікація проявів зсувних процесів за механізмом розвитку і формою в плані, після чого в ArcGIS відображені ці показники. Поєднаний аналіз морфометричних карт рельєфу і точкового шару зсувів, показав, що більшість зсувів розвиваються на ділянках з підвищеним вертикальним і горизонтальним розчленуванням рельєфу. Абсолютні висоти, на яких здебільшого розвиваються зсуви, становлять 675—900 м. Переважаюча експозиція схилів — північно-східна і південно-західна, що пояснюємо специфікою простягання гірських хребтів. Крутість схилів здебільшого 25—45° (рис. 3). Приурочені зсувні тіла до нижньої, придолинної частини схилів, рідше—до середньої. На привершинних схилах зсувів майже немає.

Поєднання морфометричних і геологічних карт [3], а також точкового шару зсувів у середовищі ArcGIS дозволив виконати аналіз їхніх даних. Встановили, що зсуви-течії, які приурочені до середніх частин схилів, розвинені здебільшого у делювії флішових палеогенових порід. Зсуви блокового ковзання та опливини, локалізовані у нижніх ділянках схилів, відбуваються у глинистих відкладах четвертинного віку. Виконані дослідження дозволяють подати рекомендації щодо передбачення раціонального комплексу протизсувних заходів, які базуються на морфометричних показниках рельєфу із врахуванням геологічної його структури.

Висновки. Можливості ГІС для вивчення морфології рельєфу полягають у створенні ЦМР, які забезпечують зручність, континуальність та об'єктивність відображення морфометричних показників. Пошарове відображення геокодованих карт дає змогу виконувати поєднаний аналіз цих показників з іншими об'єктами середовища, зокрема, проявами сучасних екзогенних процесів. В результаті встановлено приуроченість проявів зсувних процесів у Верховинських Карпатах до схилів певної крутості, експозиції, відміток абсолютних висот та положення у рельєфі.

Рецензент: кандидат географічних наук, доцент А. В. Михнович

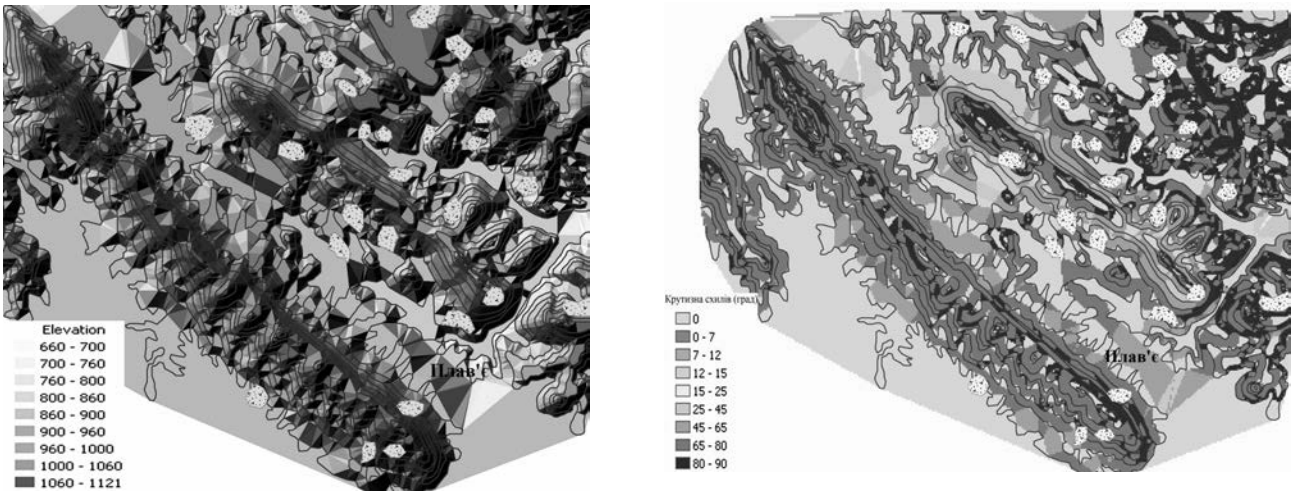


Рис. 3. Локалізація проявів зсувних процесів району Славської Верховини відносно абсолютних висот рельєфу (ліворуч) і крутості схилів (праворуч), виконана у середовищі ArcGIS

Література:

1. Байрак Г. Висвітлення морфометричних показників рельєфу методами ArcGIS/Г. Байрак//Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. Матеріали міжн. семінару. — Львів, 2008. — с. 135 – 140.

2. Байрак Г. Р. Методичні прийоми визначення та відображення густоти розчленування рельєфу у середовищі ArcGIS/Г. Байрак//Фізична географія та геоморфологія. Вип. 58. — К.: ВГЛ «Обрії», 2010. — с. 137 – 143.

3. Мкртчян О. С. Геоінформаційний аналіз просторових зв'язків морфометрії рельєфу з геологічною структурою (на прикладі західної частини Вододільно-Верховинських і Полонинських Карпат)/Мкртчян О. С. Чупило (Байрак) Г. Р.//Зб. наук праць «Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики». — К., 2008. — С. 144 – 158.

4. Світличний О. О. Плотницький С. В. Основи геоінформатики: Навч. посібн. — Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. — 295 с.

5. Mykhnovych A. Model based assessment of flood risk and mitigation impacts for the Upper Dnister/[I. Kovalchuk, J. Quast, A. Mykhnovych, V. Ehlert et. al.]//Progress in managing water for food and rural development. — Lviv, UKCID, 2009. — 10 P. (el. publication).

УДК 634.0.9(634.0.2)

В. В. Богомолов*, А. В. Полупан, Т. А. Кочнева**, Л. В. Алексєєва**, О. В. Остапчик**, О. І. Борисенко****

*Харківська лісовпорядна експедиція

** Український НДІ лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

ДЕРЖАВНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА «ЛІСИ УКРАЇНИ» — ОСНОВА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ЛІСОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Охарактеризовано стан інформатизації лісового господарства України та обґрунтована необхідність створення єдиної інформаційної системи для всіх рівнів управління галуззю. Завданням цієї системи є створення єдиної бази даних (картографічної та атрибутивної) на всю територію країни та розробка автоматизованих робочих місць фахівців різних рівнів. Наведена схема інформаційних потоків між суб'єктами господарювання. Описано структуру Державної інформаційної системи «Ліси України» та функціональність її блоків: АРМ інженера-таксатора, АРМ інженера лісового господарства, та АРМ фахівця обласного управління та Державного агентства лісових ресурсів.

Ключові слова: інформаційна система, ГІС, лісокористування, лісовпорядкування

В. В. Богомолов, А. В. Полупан, Т. А. Кочнева, Л. В. Алексеева, А. В. Остапчик, А. И. Борисенко

ДЕРЖАВНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА «ЛІСИ УКРАЇНИ» — ОСНОВА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ЛІСОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Охарактеризовано состояние информатизации лесного хозяйства Украины и обоснована необходимость создания единой информационной системы для всех уровней управления отраслью. Задачей этой системы является создание единой базы данных (картографической и атрибутивной) на всю территорию страны, и разработка автоматизированных рабочих мест специалистов разных уровней. Приведенная схема информационных потоков между субъектами хозяйствования. Описана структура Государственной информационной системы «Леса Украины» и функциональность ее блоков: АРМ инженера-таксатора, АРМ инженера лесного хозяйства, и АРМ специалиста областного управления и Государственного агентства лесных ресурсов.

Ключевые слова: информационная система, ГИС, лесопользование, лесоустройство

V. V. Bogomolov, A. V. Polupan, T. A. Kochneva, L. V. Aleksieieva, O. V. Ostapchik, O. I. Borisenko

STATE INFORMATION SYSTEM "FORESTS OF UKRAINE": FOUNDATION OF INFORMATIZATION OF FORESTRY SECTOR IN UKRAINE

State of forestry informatization in Ukraine is characterized and the necessity of a unified information system for all levels creation for management of the industry is substantiated. Objective of this system is creation of a single database (cartographic and attributive) for the territory of the country, and development of workstations for professionals of different levels. Scheme of information flow between business entities is shown. The structure of the State information system "Forests of Ukraine" and functionality of its blocks: APMs of an appraiser, forestry engineer, regional manager, and the State agency manager – are described.

Keywords: information system, GIS, forest management, forest inventory

Вступ. Для реалізації лісової політики в сучасному динамічному середовищі необхідно мати гнучкий інструмент управління, побудований на основі останніх досягнень інформатики і комп'ютерної техніки. Використання цих засобів комунікацій у системі управління лісами може принципово підвищити оперативність її роботи. Розвиток засобів збирання та обробки матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дозволяє широко використовувати їх як для створення точної топографічної основи лісовпорядних матеріалів, так і для безперервного моніторингу стану лісів [1, 2, 3].

Для накопичення, зберігання та поновлення інформації у лісовому господарстві необхідно створити інформаційну систему, яка буде базуватися на потужному сервері баз даних, включатиме в себе автоматизовані робочі місця (АРМ) спеціалістів всіх підрозділів і рівнів лісогосподарської галузі та матиме можливості для оперативного обміну даними між суб'єктами господарювання. Така система — Державна Інформаційна система «Ліси України» (ДІС) створюється зараз лабораторією нових інформаційних технологій УкрНДІЛГА в рамках науково-дослідної роботи за темою «Розробити Державну інформаційну систему «Ліси України» (ДІС)».

Розробка, що пропонується, базується на всебічному аналізі нинішньої системи управління лісами, визначенні її проблем і вузьких місць [4]. Вона призначена для збору, накопичення та аналізу інформації щодо стану лісів та ведення лісогосподарської діяльності у лісовпорядних експедиціях, лісогосподарських підприємствах, обласних управліннях та державному Агентстві лісових ресурсів України.

Вихідні передумови. Стан сучасної системи інформатизації лісової галузі в Україні.

Сучасна система управління лісами була створена ще декілька десятиліть тому і до цього часу не зазнала суттєвих змін. Вона визначається вузькою спрямованістю на вирішення господарських задач. Так, зокрема, бракує інформації щодо об'єктів природно-заповідного фонду, рекреаційних ресурсів галузі, об'єктів наукових досліджень, інформації щодо лісового моніторингу, відсутня інформація щодо депонування парникових газів та зв'язування вуглецю лісами України, тощо. Цю обмеженість успадковують й інформаційні системи, що використовують або розроблюють в галузі [5]. Картографічні матеріали є схематичними і не мають безпосереднього зв'язку ні з топографічною ситуацією, ні з даними землеустрою. Діюча інформаційна база лісовпорядкування нездатна оперативно надавати інформацію про координати, площі, межі водозбірних басейнів, населених пунктів, характеристики суміжних користувачів, об'єкти інших галузей народного господарства. Але екологічні проблеми і надзвичайні ситуації поширюються, незважаючи на межі лісових земель, і впливають не лише на лісове господарство. Труднощі виникають при вирішенні нестандартних завдань, зокрема, пов'язаних з екологічними проблемами і надзвичайними ситуаціями. Не опрацьована єдина стратегія комп'ютеризації галузі, наслідком чого є відносно невисокий рівень і різнорідність автоматизованих систем, що використовуються в окремих підприємствах. Виникає проблема обміну даними в електронному вигляді у межах системи управління лісами.

Вирішення окреслених проблем і забезпечення подальшого розвитку системи управління лісами потребує участі не лише комп'ютерних фахівців, але й керівників та спеціалістів, що працюють на всіх рівнях організації лісового господарства. ДІС «Ліси України» має стати інструментом, що налагодить інформаційні потоки в галузі, і стане кроком до встановлення єдиної галузевої політики у сфері інформатизації та керованої комп'ютеризації в лісовому господарстві.

Мета роботи: обґрунтувати необхідність створення та надати опис функціоналу єдиної інформаційної системи управління лісовою галуззю. Роботи зі створення великих інформаційних систем проводять поетапно. Перший етап створення ДІС — автоматизація головного виду лісокористування — заготівлі деревини, починаючи з відводу лісосік до формування лотів необробленої деревини для продажу її на торгах лісової біржі.

Виклад основного матеріалу.

Загальна схема та функціональність Державної інформаційної системи «Ліси України».

На початку розробки системи було вивчено інформаційні потоки між суб'єктами лісогосподарської діяльності на базі двох лісгоспів Харківської області (Данилівський та Вовчанський), Харківської лісовпорядної експедиції та Харківського обласного управління лісового та мисливського господарства.

На рис. 1 наведено функціональну схему ДІС «Ліси України» та схему інформаційних потоків між суб'єктами лісогосподарської діяльності.

Блок «АРМ інженера-таксатора». Це блок первинного збору та обробки інформації базового лісовпорядкування, створення та наповнення як атрибутивної, так і картографічної бази даних, планування лісогосподарських заходів, ведення безперервного лісовпорядкування з поновленням картографічних і атрибутивних даних. Після проведення базового або безперервного лісовпорядкування інформація надходить до головного серверу бази даних.

Робота таксатора проходить за таким сценарієм:

1. Підготовка до польових робіт: занесення в базу ортофотопланів, космічних знімків та інших картографічних матеріалів. Розроблене програмне забезпечення дає змогу використовувати будь-які растрові зображення, в автоматичному режимі імпортує файли прив'язки, що зазвичай постачаються разом з ортофотопланами та космічними знімками, дозволяє одночасно працювати з декількома растрами та будь-якими координатними проекціями. Програма дозволяє працювати з растрами різних типів, різної роздільної здатності, різних форматів. Така невимогливість до вхідних даних скорочує час на підготовку вхідних матеріалів. Те ж стосується й інших растрових даних — топокарт, абрисів, тощо. Є також функція он-лайн завантаження космічних знімків з безкоштовних серверів (Google, Bing). Оскільки таксатору часто доводиться працювати з декількома растрами одночасно, постійно пересуватися по екрану, розроблено функцію побудови «пірамід» при масштабуванні виду на екрані. «Піраміди» — це програмно оптимізовані растрові зображення, що бачить користувач на екрані залежно від масштабу карти.

Використання такого підходу значно скорочує час на відображення растрів на екрані монітору, і та-

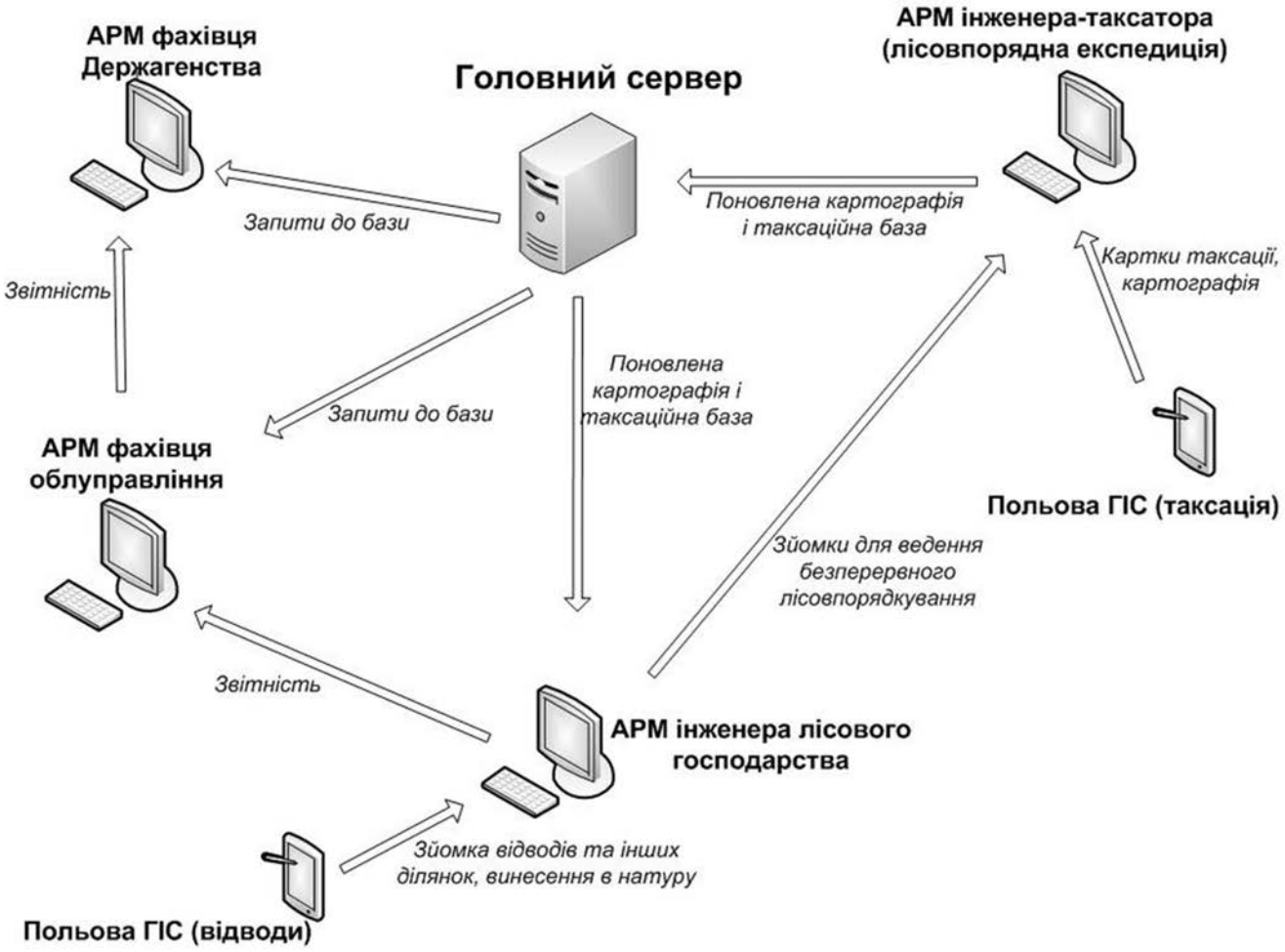


Рис. 1. Функціональна схема ДІС «Ліси України»

ким чином дозволяє працювати на менш потужних комп'ютерах. Також реалізовано функцію конвертації кадастрових даних у формат, придатний для занесення в головну базу даних.

2. Занесення даних землекористування, в тому числі й у векторному вигляді, уточнення зовнішніх меж. Формування квартальної мережі та попереднє дешифрування видимих на знімках меж виділів. Виконання таких дій дозволяє таксатору добре підготуватися до польових робіт та значно скоротити час на їхнє проведення.

3. Роботи в лісі з використанням польової ГІС. Геоінформаційна система з такими можливостями розроблюється лабораторією НІТ сумісно з Харківською лісовпорядною експедицією. За умови використання GPS-зйомки та портативних комп'ютерів на польових роботах можна взагалі обійтися без паперових абрисів.

4. Остаточна обробка польових матеріалів з можливістю занесення абрисів кварталів, формування атрибутивної бази даних. В системі є можливість імпорту бази, створеної за допомогою програм ULR, розроблених ВО «Укрдержліспроект». На цьому етапі проводиться повний контроль занесеної інформації, відбувається топологічний контроль векторної геометрії та ув'язка геометричних даних з атрибутивною базою. Автоматично проводиться розрахунок та ув'язка площ. Для сумісності з програмами ULR реалізована також вставка розрахованих площ у vff-файли. В процесі роботи таксатор має змогу настроювати візуалізацію об'єктів, змінювати положення написів виділів та площ тощо.

5. Заключний етап лісовпорядкування — підготовка та друк матеріалів лісовпорядкування: планшетів 1:10 000, планів лісонасаджень та тематичних карт 1:25 000, карт-схем 1:100 000, а також необхідних схем до проекту. Формування планшетів та планів насаджень відбувається автоматично, таксатор лише корегує положення окремих фрагментів на електронному листі.

Блок «Головний сервер». База даних має зберігатися на сервері бази даних. (пропонується SQL-сервер) Інформація надходить з усіх лісовпорядних експедицій та накопичується на всю територію України. База даних містить як картографічну, так і атрибутивну інформацію, вона топологічно-коректною, тобто:

• полігональні об'єкти (виділи, квартали, населені пункти, водойми) є похідними від лінійних об'єктів (меж виділів, кварталів, доріг, тощо). Їхня побудова кон-

тролюється вбудованими топологічними функціями;

• між всіма векторними об'єктами бази встановлено топологічні відносини, що не допускає виникання різних некоректних ситуацій, наприклад, два полігони виділів не можуть накладатися один на одного, полігон кварталу має бути повністю заповнений полігонами виділів, не може бути «висячих» відрізків у межах виділів та лінійних виділах;

• кожен полігон виділу та відрізок лінійного виділу пов'язані із записом у таксаційній базі, що, по-перше, дає змогу додатково контролювати правильність створення картографії, а по-друге, дозволяє швидко проводити розрахунок та ув'язку площ.

Доступ до цієї бази організують згідно з рівнем доступу спеціалістів, і вона відкрита лише для читання (дозвіл на зміну даних на сервері мають лише фахівці лісовпорядної експедиції). Для виконання запитів організовано віддалений доступ, реалізовані функції кодування результатів вибірок в обмінний формат. Як обмінний формат пропонується використовувати XML-формат, що зараз широко застосовують, особливо в Інтернет-продуктах.

Блок «Арм інженера лісового господарства». Кожного року, після безперервного лісовпорядкування, лісогосподарське підприємство отримує вибірку з головної бази даних, яка містить в собі таксаційну базу та картографію в обмінному форматі. Програмне забезпечення цього рівня автоматизує повсякденну діяльність в сфері лісокористування: занесення даних GPS-зйомки відводів, планування рубок за періодами року, вибір фондів рубок головного користування та рубок формування і оздоровлення лісів, облік заготовленої продукції, формування різних вибірок за запитом у розрізі таксаційних показників, заходів, ретроспективний аналіз лісогосподарської діяльності, друк форм звітності та реєстру заявок для біржового аукціону.

Блок «АРМ фахівця обласного управління». Фахівці обласного управління мають доступ до даних всіх лісгоспів області. Програмне забезпечення дозволяє здійснювати аналіз лісогосподарської діяльності підприємств, виконувати різні запити, як атрибутивні, так і просторові, формувати звітні форми та документи для різних зацікавлених організацій.

Блок «АРМ фахівця державного Агентства лісових ресурсів». Функціональність цього АРМу повністю співпадає з АРМом фахівця обласного управління. Фахівці державного Агентства лісових ресурсів мають доступ до даних всіх лісогосподарських підприємств країни.

Висновки:

При повному впроваджені ДІС «Ліси України» у виробництво галузь матиме:

• єдиний сервер бази даних на всю територію держави з моменту занесення карток таксації і протягом всього циклу ведення лісогосподарської діяльності;

• цілісну базу даних, тобто таку, де картографічна інформація невід'ємна від атрибутивної, а всі взаємозв'язки між елементами контролюються на кожному етапі збору та обробки;

• впроваджений обмінний формат XML забезпечує обмін даними із зовнішніми геоінформаційними системами.

Використання системи призведе до значного скорочення часу при накопиченні, обробці й обміні даних між виробничими підрозділами і рівнями керування галуззю, підвищить оперативність, точність і якість отримуваних матеріалів, надасть механізми для швидкого аналізу лісогосподарської діяльності та забезпечить підґрунтя для вирішення суміжних завдань, пов'язаних із лісокористуванням, таких як логістичні завдання транспортування деревини та гасіння пожеж, боротьба зі шкідниками, розрахунки балансу вуглецю тощо.

Рецензент: завідуюча лабораторією захисту лісу УкрНДІЛГА, доктор с.-г. наук, професор В. Л. Мєшкова

Література:

1. Використання ГІС технологій в лісовому господарстві за допомогою мережі станцій диференційних поправок: збірник наукових праць 10 Міжнародної науково-практичної конференції ["Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях"], (АР Крим, сел. Рибаче, 5 – 9 верес. 2011 р).- К.: ВІК Принт, 2011. — С.171 – 172

2. Дворяшин М. В. Аэрокосмические методы мониторинга лесных территорий. Опыт применения в Восточной Сибири./М. В. Дворяшин, В. М. Скудин, М. А. Корец//Красноярск Изд-во " Литера Принт". — 2011.-152 с.

3. Досвід використання засобів глобального супутникового позиціювання і електронних вимірювальних приладів в лісовому господарстві: тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції ["Сучасні технології управління екологічною та інформаційною безпекою територій"], (АР Крим, 2005 р). — Крим – Київ – Харків, 2005. -С.106 – 107.

4. Організаційно-функціональна декомпозиція цільових задач інформаційної системи лісовпорядкування: матеріали міжнародної ювілейної конференції, присвяченій 75-річчю із дня заснування УкрНДІЛГА ["Ліс, наука, суспільство"], (Харків, 30 – 31 березня 2005 р). — С. 61 – 62.

5. Барладін О. В. Розробка ГІС-сервера лісогосподарської галузі України./О. В. Барладін, С. І. Ареф'єва, О. Ю. Скляр//Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского, серия «География». Том 24 (63) — 2011. — № 3. — С. 24 – 32.

УДК 528.873.041.3

С. А. Буторина, М. Ю. Грищенко
МГУ им. М. В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики

ИССЛЕДОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СТРУКТУРЫ ТРОИЦКОГО И НОВОМОСКОВСКОГО АДМИНИСТРАТИВНЫХ ОКРУГОВ Г. МОСКВЫ

Тепловые космические снимки содержат качественную информацию о географических объектах, которая пока ещё недостаточно широко применяется в географической науке. Представляется эффективным использование разносезонных тепловых снимков для извлечения такой информации. Она может быть представлена в виде карт тепловой структуры. Под тепловой структурой авторы понимают обусловленное неравномерностью теплового поля сочетание участков местности, характеризующихся различными типами сезонной динамики интенсивности теплового излучения. Работа выполнена на примере новых территорий Москвы, представляющих интерес для географов как район перспективного развития современной городской инфраструктуры.
Ключевые слова: тепловые космические снимки, тепловая структура, новые территории Москвы, эколого-географическая оценка земельных ресурсов.

Butorina S. A., Grishchenko M. Y.
STUDYING AND MAPPING OF THE THERMAL STRUCTURE OF TROITSKY AND NOVOMOSKOVSKY ADMINISTRATIVE OKRUGS OF MOSCOW
Thermal satellite imagery provides qualitative information about geographic features, but they are still not widely used in geographic science. It seems effective to use multiseasonal thermal imagery to extract such information. It can be represented in the form of the thermal structure maps. The thermal structure is considered as combination of terrain compartments characterized by different types of seasonal thermal radiation intensity changes caused by the thermal field irregularity. The study is based on the new territories of Moscow; area is interesting to geographers as a zone of a prospective development of modern urban infrastructure.
Keywords: thermal infrared images, thermal structure, new territories of Moscow, ecological and geographical land resource evaluation.

Буторіна С. А., Грищенко М. Ю.
ДОСЛІДЖЕННЯ І КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕПЛОВОЇ СТРУКТУРИ ТРОЇЦЬКОГО І НОВОМОСКОВСЬКОГО АДМІНІСТРАТИВНИХ ОКРУГІВ М. МОСКВИ
Теплові космічні знімки містять якісну інформацію про географічні об'єкти, яка поки що недостатньо широко застосовується в географічній науці. Вважається ефективним використання різносезонних теплових знімків для отримання такої інформації. Вона може бути представлена у вигляді карт теплової структури. Під тепловою структурою автори розуміють обумовлене нерівномірністю теплового поля поєднання ділянок місцевості, які характеризуються різними типами сезонної динаміки інтенсивності теплового випромінювання. Робота виконана на прикладі нових території м. Москви, що представляють інтерес для географів як район перспективного розвитку сучасної міської інфраструктури.
Ключові слова: теплові космічні знімки, теплова структура, нові території Москви, еколого-географічна оцінка природних ресурсів.

Исходные предпосылки. Снимки в тепловом инфракрасном диапазоне (тепловые снимки) являются особым источником информации о географических объектах. На таких снимках находит отображение тепловое излучение объектов земной поверхности — явление, которое невозможно зафиксировать с помощью других типов данных дистанционного зондирования.

В настоящее время использование тепловых космических снимков ведется преимущественно на глобальном уровне с применением данных метеорологических спутников [2, 3, 8]. Исследования на уровне геосистем регионального уровня (площадью до 1 млн. км^2, например, речных бассейнов, горных систем, городских агломераций) развиты в существенно меньшей степени, хотя такие исследования не менее важны для географической науки. Структура геосистем такого уровня проявляется на космических снимках, характеризующихся пространственным разрешением не ниже 250 м (исходя из размеров элементарных геосистем — в среднем, не более 1 км^2 [10]; на 1 элементарную геосистему должно приходиться несколько пикселей для устранения влияния яркостей пикселей, относящихся к соседним геосистемам). Стоит также отметить, что в настоящее время тепловые снимки используются в первую очередь для извлечения количественных характеристик [12], таких как температура объектов, однако они содержат большой объем качественной информации о географических объектах. Поскольку единичный тепловой снимок представляет одномоментный срез динамичного теплового поля местности, целесообразно использовать снимки за несколько временных срезов [1]. Для равнинных территорий умеренных широт наибольшие амплитуды интенсивности теплового излучения наблюдаются в сезонном ходе, в связи с чем наиболее эффективным является использование массива разновременных снимков, отражающего сезонную динамику интенсивности теплового излучения, т. е. разносезонных [4]. При использовании разновременных тепловых снимков каждой точке земной поверхности можно поставить в соответствие не одно значение яркости снимка, а массив значений, в котором количество значений определяется количеством исходных снимков. Такой массив значений носит название «временной образ» (по аналогии со спектральным образом) [5].

Временной образ может быть дешифровочным признаком географических объектов. Авторы предлагают анализировать пространственно-временные неоднородности сезонной динамики интенсивности теплового излучения некоторой территории по картам тепловой структуры. Под тепловой структурой авторы предлагают понимать обусловленное неравномерностью теплового поля сочетание участков местности, характеризующихся различными типами сезонной динамики интенсивности теплового излучения.

Для изучения динамики интенсивности теплового излучения оптимальными являются снимки со спутников серии Landsat (съемочные системы TM, ETM+, TIRS), имеющиеся в открытом доступе, и со спутника Terra (съёмочная система ASTER).

Цель исследования. В настоящее время в различных областях науки активно ведутся работы по исследованию Новой Москвы — территории, вошедшей в состав столицы в 2012 году [6, 7]. Ее изучение обусловлено необходимостью разработки грамотной стратегии освоения — проведения ее функционального зонирования и ландшафтного планирования. В качестве объекта исследования в данной работе выбрана основная часть присоединенных территорий Москвы — Троицкий и Новомосковский административные округа (ТиНАО). Целью работы является составление карты тепловой структуры этой территории и её анализ.

Краткая географическая характеристика ТиНАО.

Территория, занимаемая ТиНАО г. Москвы, простирается к юго-западу от московской кольцевой автодороги (МКАД) вплоть до границы с Калужской областью. Рассматриваемая территория располагается в центральной части Восточно-Европейской равнины в бассейне р. Москвы в подзоне хвойно-широколиственных лесов со сравнительно влажным умеренно-континентальным климатом. Участок, занимаемый ТиНАО, занимает площадь более 146 тыс. гектаров и лежит на территории двух физико-географических (ландшафтно-геоморфологических) районов: западные и северо-западные районы располагаются на Смоленско-Московской моренной возвышенности, остальная часть территории принадлежит Москворецко-Окской моренно-эрозионной равнине, преимущественно району Теплостанской останцовой эрозионной возвышенности.

Основным типом рельефа данной местности являются слабоволнистые равнины. Абсолютные отметки высот находятся в диапазоне от 100 до 250 метров, понижения приурочены к долинам рек. Климат характеризуется морозной, снежной зимой и влажным теплым летом, а также хорошо выраженными переходными сезонами. Главные водотоки на территории ТиНАО — р. Пахра и ее притоки р. Десна (с притоками р. Сосенка, р. Незнайка) и р. Моча (с притоками р. Лубянка, р. Поляница). Реки относятся к типу равнинных рек с преимущественно снеговым питанием. Основным видом почв является дерново-подзолистый. По долинам крупных рек — полосы аллювиальных почв различной ширины. Большая часть территории ТиНАО (около 70%) покрыта лесом. Леса являются хвойно-широколиственными с преобладанием березы, ели, сосны. Животный мир — типичный для данной природной зоны [11].

Выбор территории ТиНАО для присоединения к столице объясняется оптимальным местоположением для выполнения столичных функций, а также слабой урбанизацией этого участка, где в настоящее время проживает менее 250 тыс. человек. С включением новых территорий в состав г. Москвы вошло 21 муниципальное образование, в том числе 2 городских округа, 19 городских и сельских поселений. В состав Новомосковского административного округа (НАО), площадь которого составляет 360 кв. км, входит 10 поселений и городской округ Щербинка. На территории НАО проживает 114 тыс. человек. Троицкий административный округ (ТАО) включает 9 поселений и городской округ Троицк общей площадью 1060 кв. км. Его населяет 93 тыс. человек. Наиболее крупными населёнными пунктами ТиНАО являются г. Троицк (40 тыс. человек), г. Щербинка (33 тыс. человек) и г. Московский (17 тыс. человек). Главные автомагистрали — Калужское и Киевское шоссе. В ТиНАО активно разрабатывается транспортная инфраструктура: прорабатываются и внедряются новые направления общественного транспорта, проектируются автомобильные дороги и связки [9].

Важность изучения территории ТиНАО обуславливается с необходимостью ее освоения в ближайшее время. Только после исследования данной местности станет возможным создание грамотной стратегии освоения.

Используемые материалы.

Главным исходным материалом для выполнения работы является набор разносезонных тепловых космических снимков. Было отобрано 6 снимков, полученных со спутника Landsat-5 в 2006-2010 годах, съемочная система TM. Данная съемочная система работала до лета 2012 года и получала изображения в семи каналах электромагнитного спектра: 1 – 0,45 – 0,52 мкм; 2 – 0,52 – 0,6 мкм; 3 – 0,63 – 0,69 мкм; 4 – 0,76 – 0,9 мкм; 5 – 1,55 – 1,75 мкм; 6 – 10,40 – 12,50 мкм; 7 – 0,08 – 2,35 мкм. В ходе работы был использован только тепловой инфракрасный канал с длиной волны 10,4 – 12,5 мкм, соответствующий максимальной интенсивности теплового излучения Земли. Пространственное разрешение снимков составляет 120 м.

При выборе снимков учитывалось несколько факторов. В связи с тем, что поток теплового излучения, регистрируемый на спутнике, сильно зависит от состояния атмосферы, отбирались снимки без облаков, тумана и дымки. Учитывалось также то, что набор разносезонных снимков должен наиболее репрезентативно отражать сезонные изменения природных комплексов. К сожалению, в архиве Геологической службы США на зимний период нет снимков, удов-

летворяющих критериям, однако зимой различия в интенсивности теплового излучения объектов весьма малы, поэтому недостаток зимних снимков не оказывает большого влияния на результат.

Таким образом, было отобрано 6 снимков за следующие даты: 20 мая 2007, 29 июня 2010, 15 июля 2010, 28 августа 2011, 22 сентября 2006, 19 октября 2010.

Методика работы.

Составление карты тепловой структуры осуществлялось в несколько этапов.

На первом этапе проведён отбор подходящих снимков, их предварительная обработка и формирование многовременного снимка. Снимки были размещены в порядке смены сезонов без учета года съемки. На втором этапе проведена кластеризация многовременного снимка методом ISODATA при разных параметрах. Были получены варианты кластеризации с различным количеством кластеров. Осуществлено соотнесение выделенных кластеров в каждом из полученных вариантов с объектами территории с помощью снимка SPOT-6 и данных интернет-ресурса Викимапия (http://wikimapia.org), после чего вариант с 8 кластерами выбран в качестве оптимального. Критериями служили: возможность отнесения однородных участков территории к одному кластеру, низкая дробность контуров. На следующем этапе проведена разработка легенды. Для каждой из восьми выделенных в результате кластеризации групп объектов были изучены особенности сезонного изменения интенсивности теплового излучения. Сравнение этих особенностей позволило дать название каждой группе объектов, отражающее характер сезонной динамики интенсивности теплового излучения. Завершающим этапом было оформление карты: нанесение главных автодорог и подписей крупных населенных пунктов, зарамочное оформление.

Результаты и их обсуждение.

Таким образом, на территории ТиНАО было выделено 8 тепловых зон: зона экстремально высокой интенсивности теплового излучения, зона очень высокой интенсивности теплового излучения, зона высокой интенсивности теплового излучения, зона средней интенсивности теплового излучения с повышенной интенсивностью в мае и пониженной в июне, а также 4 зоны пониженной интенсивности теплового излучения (рис. 1).

При сопоставлении выделенных зон со снимком SPOT-6 и данными интернет-ресурса Викимапия удалось соотнести их с некоторыми группами природных и антропогенных объектов на территории ТиНАО. Так, зоне экстремально высокой интенсивности теплового излучения соответствуют промышленные объекты и крупные торговые центры. Объекты этой зоны занимают не более 1 – 2% площади на карте. К ней относятся, например, такие объекты как ТЦ Мега Теплый Стан, а также крупные складские помещения в г. Щербинка и рядом с пос. Крёкшино.

В зоне очень высокой интенсивности теплового излучения находятся преимущественно городские районы, плотно застроенные коттеджные поселки и развязки крупных автодорог.

К зоне высокой интенсивности теплового излучения отнесена жилая застройка в дачных поселках, а также городская застройка с высокой степенью озеленения или в непосредственной близости к лесным массивам, оказывающим охлаждающий эффект.

В зоне средней интенсивности теплового излучения с повышенной интенсивностью в мае и пониженной в июне расположены земли сельскохозяйственного назначения и безлесные пространства (луга и пустыри). Характер изменения интенсивности теплового излучения объектов этой зоны отличается от характера изменения интенсивности теплового излучения других зон (в целом, схожих), что отражено в ее названии. Подобный ход интенсивности теплового излучения объясняется тем, что в мае безлесные пространства прогреваются быстрее других объектов. Поскольку открытый грунт обладает низкой теплоёмкостью, следовательно, он интенсивно излучает. В июне, когда безлесные пространства уже зарастают, наблюдается резкое понижение интенсивности теплового излучения.

Зоны пониженной интенсивности теплового излучения являются схожими по динамике и незначительно различающимися по интенсивности излучения, в связи с чем они были помещены в одну группу. От первой к четвертой зоне интенсивность теплового излучения равномерно понижается. В первую зону этой группы попали дачные участки и соседствующие с ними безлесные пространства. Ко второй зоне были отнесены открытые участки, находящиеся в непосредственной близости от леса. Третья зона пониженной интенсивности теплового излучения включает в себя опушки леса, а также участки леса вдоль железных и автомобильных дорог. К четвертой зоне, зоне самой низкой интенсивности теплового излучения, были отнесены лесные массивы и водоемы; эта зона охватывает более половины площади исследуемой территории.

Выводы. Полученная карта тепловой структуры отражает неравномерность распределения интенсивности теплового излучения по территории ТиНАО. На карте прослеживается тенденция понижения интенсивности теплового излучения при движении от МКАД в юго-западном направлении, т. е. при удалении от центральной части г. Москвы. Стоит также отметить, что в целом повышенная интенсивность теплового излучения характерна для антропогенных объектов, пониженная — для природных объектов. Все географические объекты территории достаточно четко распределены по выделенным зонам. Три зоны наиболее высокой интенсивности теплового излучения приурочены к антропогенным территориям, четыре зоны пониженной интенсивности излучения — к природным территориям, зона средней интенсивности включает возделываемые земли, а также безлесные участки, не подвергаемые интенсивному антропогенному воздействию. К участкам

экологической напряженности относятся объекты, попавшие в зоны экстремально высокой и очень высокой интенсивности теплового излучения, они формируют локальные тепловые аномалии повышенной интенсивности теплового излучения. Это может быть связано с влиянием производственного тепла, наличием крупных объектов, сделанных из материалов с низкой теплоёмкостью (например, камень, бетон), интенсивно поглощающих солнечной излучение (и, следовательно, интенсивно излучающих), с общей низкой озеленённостью территорий.

Данная работа демонстрирует применение карт тепловой структуры как карт нового содержания. Исследование доказало, что используемая методика позволяет изучить динамику теплового излучения географических объектов и получить качественную информацию о них.

Карта составлена в рамках серии карт по эколого-географической оценке земельных ресурсов новых территорий Москвы. В дальнейшем она будет использоваться как один из материалов для выявления экологической напряженности на территории ТиНАО. Повышенная интенсивность теплового излучения некоторых участков свидетельствует о необходимости дополнительных полевых обследований с целью выявления её причин.

**Работа выполнена в рамках проекта, поддержанного грантом РФФИ 13–05–41233.*

Рецензент: кандидат географических наук, доцент Е.А. Балдина

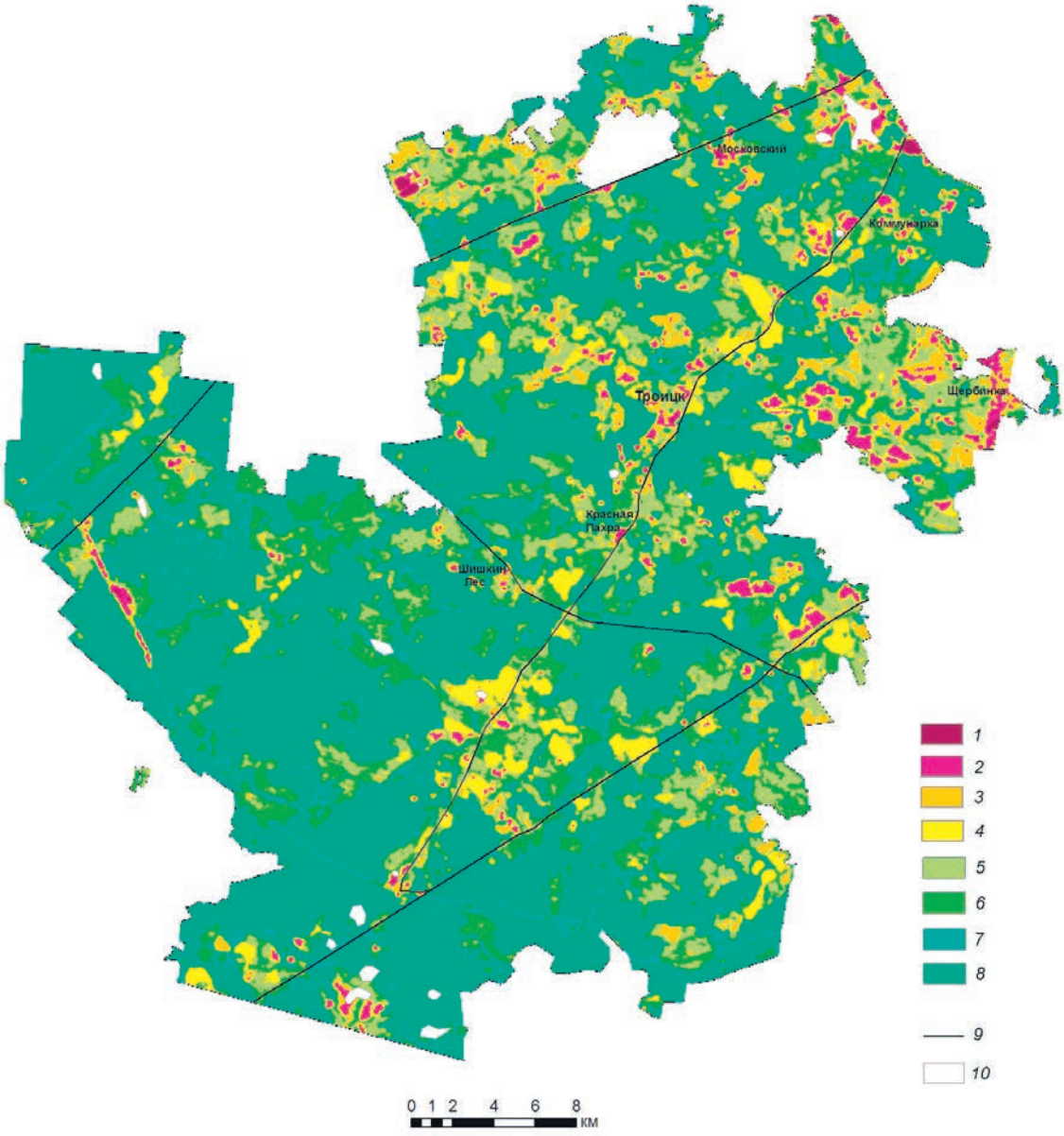


Рис. 1. Карта тепловой структуры Троицкого и Новомосковского административных округов г. Москвы. Тепловые зоны: 1 — экстремально высокой интенсивности теплового излучения; 2 — очень высокой интенсивности теплового излучения; 3 — высокой интенсивности теплового излучения; 4 — средней интенсивности теплового излучения с повышенной интенсивностью в мае и пониженной — в июне; 5, 6, 7, 8 — пониженной интенсивности теплового излучения (от большей интенсивности теплового излучения (5) к меньшей (8). Прочие обозначения: 9 — основные автомобильные дороги; 10 — участки снимков, закрытые облачным покровом.

Литература:

1. Балдина Е. А. Картографирование тепловых аномалий Москвы по разносезонным тепловым снимкам/Е. А. Балдина, М. Ю. Грищенко//Геоэкологические проблемы Новой Москвы. — М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. — С. 70 — 76.

2. Бухаров М. В. Мониторинг осадков осеннего периода по измерениям уходящего теплового излучения Земли со спутника NOAA/М. В. Бухаров, В. И. Соловьев//Исследования Земли из космоса, 2004. — № 5. — С. 51 — 57.

3. Вилор Н. В. Динамика уходящего инфракрасного излучения элементов геологической структуры земной поверхности по данным съёмки со спутников NOAA и Terra/Н. В. Вилор, В. А. Русанов, Д. Ю. Шарпинский//Исследования Земли из космоса, 2009. — № 3. — С. 3 — 15.

4. Грищенко М. Ю. Применение тепловых инфракрасных космических снимков для картографирования структурных особенностей местности (на примере кальдеры вулкана Головнина)/М. Ю. Грищенко//Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы V Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 19 — 22 сентября 2013 г.). — Воронеж: Цифровая полиграфия, 2013. — С. 45 — 53.

5. Книжников Ю. Ф. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений/Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова. — М., Изд-во Моск. ун-та, 1991. — 206 с.

6. Лихачева Э. А. Геоморфологические проблемы освоения территории Новой Москвы/Э. А. Лихачева, Л. А. Некрасова//Геоэкологические проблемы Новой Москвы. — Медиа-ПРЕСС Москва, 2013. — С. 70 — 76.

7. Махрова А. Г. Новая Москва в контексте развития Московской агломерации/А. Г. Махрова, Т. Г. Нефёдова, А. И. Трейвиш//Геоэкологические проблемы Новой Москвы. — Медиа-ПРЕСС Москва, 2013. — С. 76 — 83.

8. Новиненко Е. Г. Пространственно-временная изменчивость температуры поверхности Охотского моря по спутниковым данным/Е. Г. Новиненко, Г. В. Шевченко//Исследование Земли из космоса, 2007. — № 5. — С. 50 — 60.

9. Новая Москва [Электронный ресурс]//Режим доступа: http://newmos.info/(дата обращения: 12.02.2014).

10. Николаев В. А. Ландшафтоведение. Семинарские и практические занятия/В. А. Николаев. — М.: Географический факультет МГУ, 2006 — 208 с.

11. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2012 году: информационный выпуск/Министерство экологии и природопользования Московской области. Красногорск, 2013 — 260 с.

12. Voogt J. A. Thermal remote sensing of urban climates/J. A. Voogt, T. R. Oke//Remote Sensing of Environment, 2003. — № 86. — P. 370 — 384.

УДК 910.27

О. Д. Васильев, Д. С. Барышников, А. С. Репина, А. А. Сучилин
МГУ им. М. В. Ломоносова, географический факультет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ-ГЕОГРАФОВ

В статье освещены основные методики использования ГНСС и ГИС-технологий в образовательном процессе для подготовки специалистов-географов. Приведены примеры использования студентами мобильных высокоточных комплексов ГНСС (ГЛОНАСС/GPS) в полевых условиях, включая методику одновременных измерений на различных участках, их анализа и уравнивания. Показана взаимосвязь накопленных результатов наблюдений с геоинформационными системами в различных географических исследованиях. Цель статьи — опыт внедрения в учебный процесс на географическом факультете МГУ современных достижений науки и техники.

Ключевые слова: география, ГНСС, ГИС, ЦМР, образование

О. Д. Васильєв, Д. С. Баришніков, Г. С. Рєпіна, О. О. Сучілін

ВИКОРИСТАННЯ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ ТА ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У ПІДГОТОВЦІ СТУДЕНТІВ-ГЕОГРАФІВ

У статті висвітлено основні методики використання ГНСС та ГІС-технологій в освітньому процесі для підготовки фахівців-географів. Наведено приклади використання студентами мобільних високоточних комплексів ГНСС (ГЛОНАСС/GPS) в польових умовах, включаючи методику одночасних вимірювань на різних ділянках, їх аналізу і вирівнювання. Показано взаємозв'язок накопичених результатів спостережень з геоінформаційними системами в різних географічних дослідженнях. Мета статті — досвід впровадження в навчальний процес на географічному факультеті МДУ сучасних досягнень науки і техніки.

Ключові слова: географія, ГНСС, ГІС, ЦМР, освіта

O. D. Vasiliev, D. S. Baryshnikov, A. S. Repina, A. A. Suchilin

USING GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS AND GIS FOR GEOGRAPHY STUDENTS TRAINING

The article covers the base methods of using GNSS and GIS technologies in educational process for training of geography students. The examples of using GNSS complexes of high accuracy by the students during the field practice are given, including methods of simultaneous measurements at different plots, their analysis, and equalization. The relation between the field data and GIS in diverse geographic researches is shown. The aim of this article is to show the experience of implementation of modern scientific and technological achievements into the educational process on the Faculty of Geography at MSU.

Keywords: geography, GNSS, GIS, DEM, education.

Введение. В настоящее время география переживает бурный подъём, которого не было за последние десятки лет существования науки. Появляются новые технологии и средства проведения географических и геодезических изысканий. Всё это заставляет географов по-новому смотреть на происходящее и использовать новые технологии. Одной из таких технологий является развитие отрасли глобального навигационного позиционирования — определение географических координат с помощью спутников и специального оборудования для проведения различных работ. Современные спутниковые технологии позволяют получать высокоточные координаты с точностью до нескольких миллиметров, не прибегая к продолжительным измерениям и многочисленным вычислениям. Внедрение подобных технологий в образовательный процесс подготовки специалистов представляет собой новую задачу, стоящую перед профессиональным сообществом. На географическом факультете МГУ подобная задача решена усилиями многих географов и картографов.

Исходные предпосылки. Географический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова образован в 1938 году и является крупнейшим в мире педагогическим, научным и студенческим коллективом географов. Возглавляет факультет академик РАН, профессор Николай Сергеевич Касимов. Факультет состоит из 15 кафедр, каждая из которых занимается отдельными отраслями географии. Одна из них — кафедра картографии и геоинформатики, недавно отметившая свой 80-летний юбилей.

Теоретические знания, полученные студентами на лекционных курсах, необходимо закрепить практическими навыками, именно поэтому большую роль в учебном процессе играют летние полевые практики студентов, средняя продолжительность которых на всех курсах составляет два месяца. Для проведения полевых практик создана и поддерживается сеть учебно-научных баз (УНБ) и станций (УНС), охватывающих все разнообразие ландшафтных условий — от Кольского полуострова (Хибинские тундры) до равнин Центральной России и кавказских высокогорий (Баксанское ущелье).

Отдельный интерес представляет одна из таких станций — Сатинская УНБ, которая была образована в 1968 году. Сатинская УНБ — знаковое место для каждого географа МГУ. Именно здесь проходит комплексная общегеографическая практика студентов I курса, где молодые географы знакомятся с проведениями полевых работ, получают первые навыки для своей будущей профессиональной деятельности.

Сатинская УНБ располагается в юго-западном Подмосковье на границе Калужской и Московской областей (пограничные участки Боровского и Нарофоминского районов), в 8 км к западу от г. Боровска и в 100 км к юго-западу от Москвы.

Учебный полигон (Рис. 1) находится в бассейне реки Протвы, приуроченного к юго-восточной окраине Смоленско-Московской возвышенности, при её переходе к Угорско-Протвинской низине и представляет собой один из типичных участков юга Нечернозёмной полосы России, для которой характерны пологоволнистые и плоские вторичные моренные равнины с развитой долинно-балочной сетью, приходится на южную часть лесной зоны, где распространены смешанные хвойно-широколиственные, а также вторичные мелколиственные леса [1].

Рис. 1. Долина реки Протвы (северо-западная часть полигона)

Сатинский полигон занимает площадь в 20 кв.км. Наиболее возвышенная часть территории (до 208 м абс. высоты) — юго-восточная, относящаяся к северному склону Боровско-Малоярославецкой возвышенности. Относительно пониженные части, центральная и северо-восточная, занятые долиной реки Протвы и её крупного левого притока реки Исьмы (абс. высоты днища долины 136 – 140 м.). [1]

Комплексная практика включает в себя семь тематических практик, одна из них топографическая, где студенты приобретают основные навыки проведения полевых исследований от элементарных до фундаментальных работ с привлечением высокотехнологического оборудования. Значение топографической практики трудно переоценить, так как вся дальнейшая исследовательская и научная деятельность студентов, независимо от выбранной географической специальности, в любом случае предполагает работу с картографическим материалом (картами, планами, снимками и т. п.).

Формулирование целей исследования, постановка задач. Одна из целей этой практики состоит

в том, чтобы научить студентов создавать топографическую основу на исследуемый участок земной поверхности, составлять крупномасштабные карты, планы, профили, схемы дешифрирования, определять высоты и координаты точек наблюдения. Все это закладывает основу для последующего решения таких географических задач, как:

• уточнение районов проведения географических исследований, участков крупномасштабного тематического картографирования и профилирования, мест заложения шурфов, скважин, предварительное планирование размещения точек наблюдения и т. п.;

• ориентирование на местности, плановая и высотная привязка изучаемых объектов, пунктов наблюдения, шурфов, разрезов, комплексных профилей;

• составление по картам, планам и снимкам отраслевых и комплексных географических описаний;

• тематическое картографирование (геоморфологическое, почвенное, геоботаническое, ландшафтное и др.) с использованием в качестве основ топографических карт, планов тахеометрической съемки, схем дешифрирования аэрофотоснимков, данных нивелирования по профилю и площадного нивелирования, высотно-плановых координат, полученных с помощью ГНСС;

• получение количественной информации о формах рельефа, углах наклона, расчленении поверхности, о площадях распространения типов почв, растительных сообществ, ландшафтов с помощью картометрических морфометрических определений;

• установление взаимосвязей между природными компонентами и получение синтетических количественных характеристик ландшафта на основе комплексного использования топографических карт, планов тахеометрической съемки, нивелирных профилей;

• оценка хозяйственного значения территории, возможных направлений использования земель;

• освоение методов компьютерной обработки собранной в поле первичной информации, получение навыков формирования баз цифровых данных, составление тематических карт с применением ГИС-технологий.

Проведение топографической практики.

Топографическая практика способствует приобретению ценных для будущих географов навыков работы с современным оптическим и электронно-лазерным оборудованием в полевых условиях с применением технологий глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), последующей обработкой накопленного материала на компьютерах и дает начало освоению геоинформационных систем (ГИС).

Любое географическое исследование территории опирается на картографическую основу, которая в свою очередь опирается на геодезическую сеть. У истоков геодезической сети на полигоне УНБ «Сатино» стояли замечательные геодезисты кафедры А. В. Брюханов, А. П. Тищенко и Ф. В. Никулин. На сегодняшний день геодезическая сеть полигона включает в себя более 30 знаков в виде долговременных сооружений (пирамид и реперов) по обоим бортам долины реки Протвы (Рис. 2). Все знаки имеют точные планово-высотные координаты в различных системах координат (СК), например:

• географическая (широта/долгота);

• СК-42;

• СК-95;

• международная WGS 84 в проекции UTM (универсальная поперечная проекция Меркатора);

• региональная К-40.

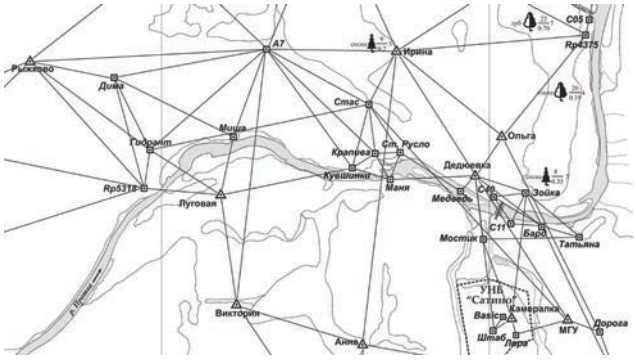


Рис. 2. Фрагмент геодезической сети полигона.

Ежегодно к действующим знакам геодезической сети добавляются новые, измерения которых проводится с использованием высокоточных приборов ГНСС. Это обусловлено желанием предоставить студентам новые интересные участки полигона для исследований.

Картографическое обеспечение комплексной практики на территорию полигона представлено картами и планами в различных масштабах: 1:5000 и 1:10000 охватывающие учебный полигон, более мелкие масштабы охватывают и прилегающие окрестности. При необходимости в существующие планы и топографические карты вводятся исправления и улучшения в соответствии с изменяющимися условиями на полигоне. Последнее обновление топографической карты на территорию полигона датируется 2013 годом.

В период топографической практики работает компьютерный класс, где студенты обрабатывают результаты полевых геодезических измерений. В качестве основного программного обеспечения используется разработанный на кафедре комплекс программ «Practice» (Рис. 3), включающий инструментарий, необходимый для ввода, редактирования и обработки результатов полевых измерений, причем результаты полевых работ визуализируются на электронной карте учебного полигона, что позволяет в оперативном режиме дать оценку полевым исследованиям. Программа «Practice» обладает расширенным модулем, предназначенным для экспорта вычисленных результатов в современные геоинформационные системы, такие как «ArcGIS», «MapInfo», «QGIS» и другие.

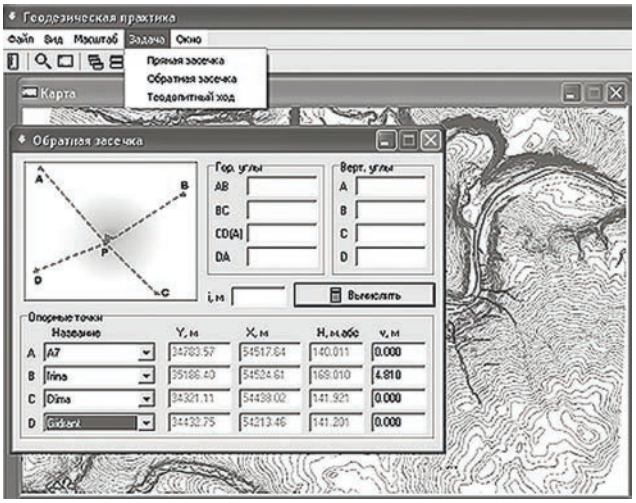


Рис. 3. Интерфейс программного продукта Practice.

Помимо этого, на кафедре для обеспечения практик и географических исследований на территорию полигона создана локальная ГИС «Сатино», доступ к которой имеют все студенты и преподаватели. Основное назначение ГИС — сбор и хранение географических данных, их анализ (расчет площадей, профилей, построение поверхности, пространственные операции и т. п.), вывод результатов в виде карт и таблиц (рис. 4). ГИС разработана в среде «MapInfo» и имеет следующую архитектуру:

Базовые слои:

- опорная геодезическая сеть;
- рельеф (горизонтали, сечение 1 м.);
- гидрология (реки, ручьи, озера и пруды, ключи и болота);
- границы лесной растительности;
- населенные пункты и их границы;
- транспортная сеть.

Тематические слои:

- геоморфология;
- четвертичные отложения;
- скважины (точки) геоморфологического бурения;
- гидрология;
- микроклимат;
- флора и фауна;
- использование земель;
- почвы;
- ландшафты;
- кадастр;
- топонимы.

Производные слои:

- цифровая модель рельефа (ЦМР);
- экспозиция склонов и углов наклона.

Отдельным блоком представлены аэрокосмические материалы.

Все слои ГИС «Сатино» согласованны между собой и созданы коллективом соответствующих специалистов факультета, под общим руководством профессора И. К. Лурье. Кроме того, сегодня студенты имеют возможность обращаться к интернет сервису WEB версии ГИС «Сатино», размещенной на геопортале компании «Дата + » [2].

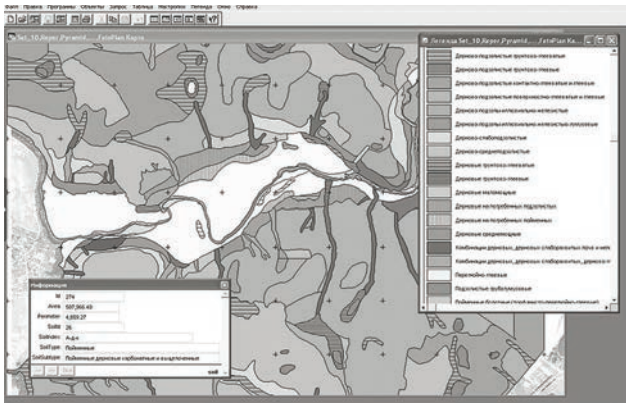


Рис. 4. Фрагмент компьютерной карты четвертичных отложений ГИС «Сатино».

В начале нынешнего столетия, кафедра приняла решение обновить парк геодезических приборов для топографической практики, включая новые комплексы высокоточного измерения координат с применением ГНСС, внедрении основ работы на современном оборудовании в программу топографической практики с целью обучения студентов современным средствам сбора геопространственных данных и последующих их обработок для создания карт и планов с помощью ГИС-технологий.

Обновление приборного парка кафедры шло поэтапно, наряду с новыми оптическими теодолитами «4 Т30 П», оптическими нивелирами «Runner-24» и другими инструментами, были закуплены персональные кодовые навигаторы «Garmin» и профессиональная геодезическая аппаратура для проведения высокоточных фазовых измерений «LeicaSmartStation System 1200». Подобный комплект позволяет принимать сигналы как отечественной системы ГЛОНАСС, так и американской GPS с возможностью активации приёма сигналов европейской группировки Galileo, которая развёртывается на космических орбитах в настоящее время.

Комплекс предназначен для создания планово-высотного обоснования (ПВО) участка исследований, контроль и сгущение геодезической сети полигона, проведения топографической и кадастровой съемок, профилирования, вынос точек в натуру, мониторинга объектов и решения других прикладных задач.

Комплекс включает в себя:

- базовая станция «GPS/ГЛОНАСС», антенна «AX1202GG» и приемник «GX1230GG»;
- мобильный комплекс «GPS/ГЛОНАСС», антенна «ATX1230GG», приемник «RX1250GG»;
- программное обеспечение «LeicaGeoOffice» (LGO) — создание проектов, визуализация, обработка и уравнивание измерений, трансформирование координат, построение поверхностей, импорт и экспорт данных измерений, собранных с помощью приемников GNSS;
- электронный тахеометр «Leica TPS1200»;
- штатив, веха, отражатель, аксессуары.

Универсальность комплекса заключается в едином управлении и формате обмена данных измерений

между различными приборами «Leica», единым программным обеспечением, работающим в режиме постобработки или в режиме реального времени (RTK). Иными словами, созданный в LGO один и тот же проект может совместно использоваться спутниковыми приемниками и тахеометрами, как по отдельности, так и одновременно. При одновременной работе приборов, достаточно активировать базовую станцию с радиомодемом (или GSM-модемом) на точке с известными координатами, а это может быть знак геодезической сети полигона, выйти на любую точку участка исследований с комплексом «SmartStation» (тахеометр серии «TPS1200» с интегрированной спутниковой антенной «ATX1230GG») и просто начать измерения. Параллельно, в этот же период времени, другой участник исследований, может проводить измерения мобильным комплексом на соседнем участке в режиме RTK, или с последующей постобработкой, после чего результаты можно объединить в едином проекте. Предусмотрен экспорт/импорт в международный формат обмена данными «Rinex», в случае использования приборов ГНСС других производителей [3].

Например, летом 2008 года аспиранты и студенты старших курсов факультета, под руководством доцента А. В. Панина, оснащенные базовой станцией и комплексом «SmartStation», принимали участие в археологической экспедиции изучения развалин древнеуйгурской крепости «Пор-Бажын». Экспедиция была организованна Культурным Фондом «Крепость Пор-Бажын», в рамках деятельности Российского фонда фундаментальных исследований. Крепость находится на острове в центре озера Тере-Холь, на высоте 1300 м, юго-восток республики Тыва. Результаты экспедиции опубликованы в научных журналах [4].

В 2011 году кафедра приобрела базовую референц — станцию с контроллером и несколько мобильных комплексов нового поколения «Viva». Тандем базовая станция — мобильный комплекс позволяет оперативно получать численные характеристики географических объектов с миллиметровой точностью, вне зависимости от тематики исследований, в радиусе 50 км от базовой станции (Рис. 5) в режиме RTK или до 80 км. в режиме постобработки.

Летом 2012 года на территории УНБ «Сатино» была установлена на пилоне широкополосная антенна «LeicaAR-10 GNSS» принимающая сигналы спутниковых группировок GPS/ГЛОНАСС в точке с наибольшим обзором небесной сферы, угол отсечки составляет 15 градусов. Базовая референц-станция состоит из антенны «LeicaAR-10 GNSS» и контроллера «Leica GR-10 GNSS», позволяющая одновременно получать и хранить на внешних устройствах памяти данные 60 спутников при двух частотном режиме работы.

Мобильный комплекс «Viva» состоит из антенны «Leica GS08 GNSS» и приемника «Leica CS-10», закрепленных на вехе (рис. 6).

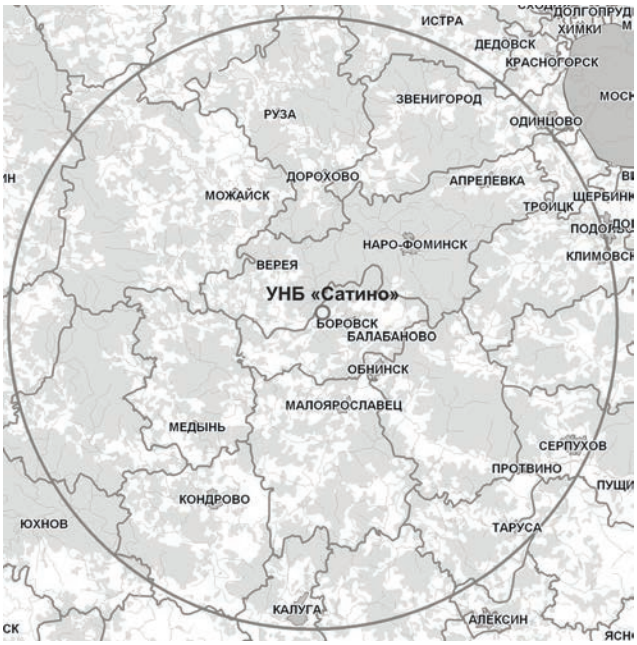


Рис. 5. Схема зоны охвата прилегающей территории базовой станции УНБ «Сатино»

Рис. 6. Мобильный комплекс Viva

Базовая станция управляется программой «Leica Spider GNSS», предназначенной для приема и распространения данных ГНСС через стандартный WEB-браузер всем заинтересованным пользователям в различных форматах обмена геопространственными данными (рис. 7).

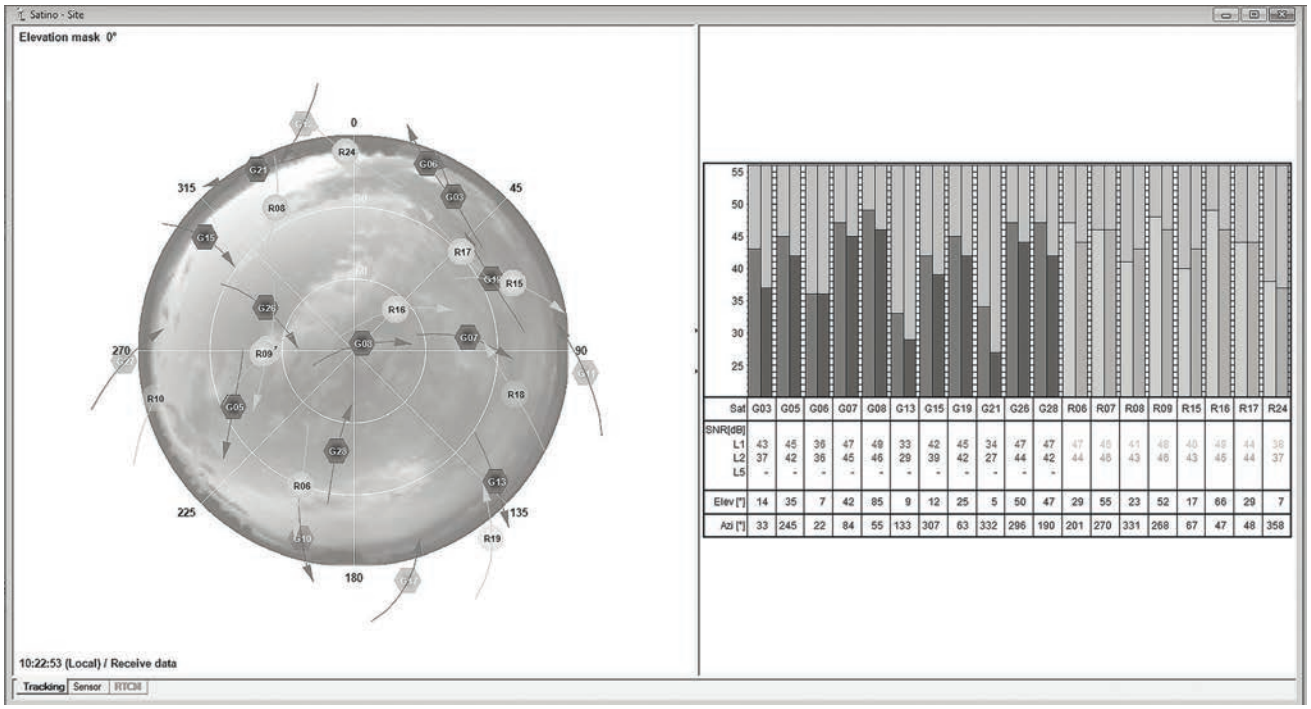


Рис. 7. Интерфейс программы Spider

Спутники группировок GPS/ГЛОНАСС над базовой станцией УНБ «Сатино».

В режиме RTK мобильный комплекс принимает сигналы как со спутников, так и поправки, которые вычисляются и ретранслируются базовой станцией через радио-модем. Контроллер мобильного комплекса, принимая поправки, автоматически использует их для уточнения координат, полученных через спутники. Таким образом, прямо в поле можно получать высокоточные планово-высотные координаты пунктов.

В режиме постобработки происходит следующее. Базовая станция непрерывно производит измерения и записывает их в память компьютера, мобильный комплекс работает независимо от базовой станции, поэтому непосредственно во время измерений мы получаем лишь примерные координаты, имеющие отклонения от истинных под влиянием различных факторов. Длительность измерения на точке должна быть довольно долгой, это необходимо для разрешения неоднозначности фазовых измерений и для ослабления ошибок вносимых внешней средой. После измерений данные базовой станции и мобильного комплекса объединяются в единый проект в программе обработки полевых наблюдений (например LGO), где происходит их совместное уравнивание и «на выходе» получаются уже истинные координаты. Кроме того, в программе LGO присутствует возможность совместного уравнивания данных различными методами, в зависимости от поставленных задач. Полученные результаты можно визуализировать в виде графиков, профилей или поверхностей, «положить» их на карту или снимок исследуемой территории. При наличии сети Интернет любой студент удаленно может получить информацию базовой станции для уравнивания полевых «сырых» измерений. После процедуры уравнивания данные можно экспортировать в большинство ГИС-пакетов.

Так, например, в процессе апробации нового оборудования на полигоне, перед студентами были поставлены задачи, которые они должны были решить используя мобильный комплекс и данные референц-станции. На создание ПВО участка исследований оптическим теодолитом, студенты, как правило, тратят 1.5 дня, им же было предложено выполнить работу традиционным способом, а затем современным, используя описанную выше технологию. В результате, время подготовки ПВО существенно сократилось и составило около 4 часов, а студенты приобрели не только навыки работы с оборудованием ГНСС, но и поняли основы методики проведения современных геодезических измерений в рамках географических исследований.

Летом того же года перед другими студентами была поставлена задача проверить гипотезу заполнения одного из участков поймы реки Протвы водами весеннего паводка. Гипотеза заключалась в следующем: вода затапливает этот участок, поднимаясь по руслу ручья впадающего в реку затопляет пойму, а прирусловой вал ярко выраженный на местности является некой дамбой, сдерживающий основной поток реки до его слияния с «зеркалом» воды на участке затопления, или же затопление участка поймы происходит равномерно.

Для решения этой задачи необходимо было получить высотные характеристики площади участка затопления с координатной привязкой, включая прирусловой вал. В практической реализации необходимо было пройти по участку, используя мобильный комплекс ГНСС, придерживаясь галсов покрывающих участок исследований и соблюдая расстояние

между точками измерений, сгущая точки измерений по всей длине прируслового вала, т. е. аналог площадного нивелирования. В течение дня студенты набрали необходимое количество пикетов, и после их уравнивания относительно базовой референц-станции, получили некую координатную сетку, в узлах которой имелись высотные характеристики. Далее в ГИС-пакете была рассчитана цифровая модель рельефа (ЦМР) и на ее основе построены различные производные модели, схемы, профиля (рис. 8) на участок затопления, которые и дали решение поставленной задачи.

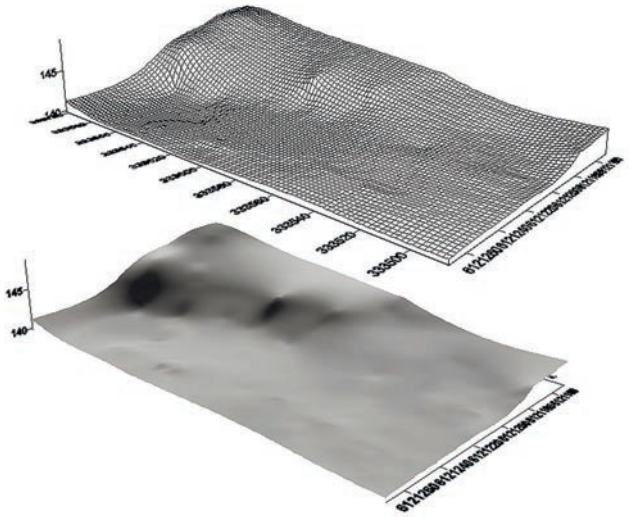


Рис. 8. Цифровая модель рельефа участка затопления

Наибольшей популярностью на кафедре пользуется программный комплекс «ArcGIS», с разработчиком которого, компанией ESRI, существует договорённость на поставку и использование данного программного пакета. В среде «ArcGIS» данные можно использовать для пространственной привязки каких-либо других данных, например, космических снимков, использовать для дальнейшего составления карт и планов. На основе созданных карт можно создать множество других дополнительных производных геоизображений, например, карт углов наклона, экспозиции склонов, их крутизны, освещённости. Их также можно использовать при расчёте зон видимости и в других задачах моделирования. Всё это позволяет решать многие научные и практические задачи. Основы решения таких задач студенты получают уже на практике после I курса, а завершают после окончания учёбы на факультете. Кафедрой для всех студентов потока читаются соответствующие курсы «Геоинформатика», «Аэрокосмические методы», где студенты, выполняя различные практические задания на основе данных на знакомую им территорию Сатино, осваивают программу «ArcGIS» и учатся решать различные практические задачи. Заметим, что основа всего дальнейшего обучения закладывается именно на I курсе, что немаловажно в современном образовании. Студенты сразу имеют представления о новых современных методах решения различных географических задач, составления карт и планов.

В этот же период времени, кафедра океанологии факультета под руководством члена-корреспондента РАН, профессора С. А. Добролюбова, приобрела аналогичный комплект оборудования. Базовая референц-станция будет установлена на берегу Черного моря (Геленджик), где находится Южное отделение Института океанологии РАН. Приемники будут использоваться для изучения различных природных процессов, таких как: волновые процессы, приливы, колебания уровня морей и океанов, морские течения, взаимодействие океана и атмосферы. Ежегодно группа студентов проводит на берегах Голубой бухты свою учебную практику, а наличие высокоточных мобильных комплексов в рамках спутниковой океанологии позволит им получать качественные измерения в своих исследованиях, навыки работы с которыми они получили на Сатинском полигоне.

В стадии завершения находится проект по установке базовой референц-станции на здании метеорологической обсерватории, расположенной на территории МГУ. Цель проекта — расширение сети базовых станций для получения однозначного решения различных прикладных географических задач.

Выводы. Внедрение современных технологий в образовательный процесс является чрезвычайно важной и ответственной задачей. Студенты, получая навыки работы с соответствующим оборудованием способны применять их в своей профессиональной деятельности для развития и совершенствования, как Российской науки, так и успешного разрешения коммерческих проектов в России и за рубежом.

Рецензент: кандидат географических наук, доцент Л. А. Ушакова

Литература:

1. Общегеографическая практика в Подмосковье/Под ред. Г. И. Рычагова, М.: Издательство Географического факультета, 2007 г.

2. Аляутдинов А. Р. Проектирование и использование локальной инфраструктуры пространственных данных [Электронный ресурс]/А. Р. Аляутдинов, И. К. Лурье, С. А. Осокин//Режим доступа: [www.gisa.ru/38332.html; www.dataplus.ru/ARCREV/Number_46/21_Local.html]

3. Сучилин А. А. Применение оборудования ГНСС на УНБ «Сатино» географического факультета МГУ/А. А. Сучилин, А. С. Репина, Д. С. Барышников, О. Д. Васильев//Геопрофи, 2013. — № 3.

4. Панин А. Загадки Пор-Бажына/А. Панин, И. Аржанцева//Живописная Россия, 2010. — № 6.

УДК 528.94

О. В. Гаврюшин
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

СПОСОБИ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДИНАМІКИ АДМІНІСТРАТИВНО-ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ПОДІЛУ В ГІС

Запропоновано розрізняти способи представлення динаміки в базах даних та цифрових картах та способи відображення динаміки на дисплеї (електронних картах), виділено та описано три групи способів представлення динаміки адміністративного поділу, наведено рекомендації щодо їх використання, обґрунтовано вибір способу представлення динаміки для ГІС, присвяченій історії адміністративного поділу теренів Південно-Східної України.

Ключові слова: ГІС, динаміка, способи відображення динаміки, анімація, серія різночасових карт.

A. V. Gavrjushin

THE WAYS OF THE ADMINISTRATIVE AND TERRITORIAL DIVISION DYNAMICS PRESENTATION IN GIS

The difference between the ways of presentation of the dynamics in databases and ways of visualization of dynamics on the screen is formulated; three groups of the ways of representation of the dynamics of the administrative division are excreted and described, recommendations for their use are stated, the choice of method the dynamics representation of history of the administrative division of the South Eastern Ukraine for GIS are substantiated.

Keywords: GIS, dynamics, administrative-territorial division, spatiotemporal analysis.

А. В. Гаврюшин

СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДИНАМИКИ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ДЕЛЕНИЯ В ГИС

Предложено различать способы представления динамики в базах данных и цифровых картах и способы отображения динамики на экране (электронных картах), выделены и описаны три группы способов представления динамики административного деления, приведены рекомендации по их использованию, обоснован выбор способа представления динамики для ГИС, посвященной истории административного деления территорий Юго-Восточной Украины.

Ключевые слова: ГИС, динамика, способы отображения динамики, анимация, серия разновременных карт.

Вступ. Процедурі укладання бази даних для ГІС історії адміністративно-територіального поділу (АТП) передує визначення теоретико-методичних основ представлення відповідних даних. На сьогодні досвід представлення історії адміністративно-територіального поділу в ГІС ще не отримав теоретичного узагальнення у вітчизняній науці — практично не розроблена термінологія з даної теми, відсутні рекомендації щодо використання різних можливостей, що їх надають сучасні ГІС.

Вихідні передумови. На сьогодні існує значний практичний досвід представлення динаміки АТП чи політичної карти у комп'ютерних системах. Так, зміни адміністративного поділу представлено у Британській історичній ГІС (GBHGIS) [9], Історичній ГІС Бельгії (Belgian Historical GIS) [12], Китайській історичній ГІС (CHGIS) [10], Національній історико-географічній інформаційній системі США (NHGIS) [11], зміни зовнішніх та внутрішніх кордонів Польщі відображені у численних картах на сайті «http://republika.pl», змінам АТП України присвячено низку gif-анімацій [1] тощо. Особливості окремих способів представлення динаміки АТП в ГІС та окремі рекомендації щодо їх вживання, досить детально висвітлено у працях Gregory I. N. [5], Merrick Lex Berman [7], Thomas Ott, Frank Swiaczny [8], але все ж простежується певний брак теоретико-методологічного узагальнення, що ускладнюється омонімією та синонімією термінології — під однією назвою можна зустріти різні способи представлення даних, а один і той спосіб може фігурувати під різними назвами. У зв'язку з цим виникає потреба узагальнення та упорядкування наявного досвіду у сфері організації інформації у базах даних та цифрових картах та її візуалізації на дисплеї, вироблення рекомендацій щодо застосування конкретних способів у різних ситуаціях.

Метою статті є виділення загальних підходів до представлення (подання) даних, що описують динаміку адміністративно-територіального поділу в базах даних, формулювання рекомендацій щодо їх використання та обґрунтування вибору способу представлення динаміки та розроблюваної автором ГІС історії адміністративного поділу.

Виклад основного матеріалу. Розроблювана автором ГІС історії адміністративного поділу Дніпропетровщини має на меті детально представити його зміни за три століття. У зв'язку з чим виникла проблема обрання способу представлення динаміки АТП у ГІС. Поняття «спосіб представлення динаміки» потребує детального розгляду. У традиційній картографії існують три способи відображення динаміки явищ та процесів [3]:

• показ динаміки на одній карті з допомогою стрілок руху, знаків і діаграм, які «наростають», ареалів, що

розширюються, ізоліній швидкості зміни руху тощо;

• створення карт зміни стану явища, які показують не власне динаміку, а її результати, ареали змін;

• серії різночасових карт, на яких зафіксовано стан явища на певні моменти часу.

Крім цих способів, у ГІС все частіше використовують картографічну анімацію (мультиплікацію) — особливі динамічні послідовності карт-кадрів, які при демонстрації створюють ефект руху [3].

У ГІС зображення на екрані формується на основі певних цифрових даних. Схожі зображення на дисплеї можуть бути отримані з представлених по-різному цифрових даних, а різні зображення на дисплеї — з одного набору даних. На нашу думку, варто розрізняти способи відображення динаміки на електронних картах (способи візуалізації на дисплеї), та способи представлення (подання) динаміки у базах даних та цифрових картах. Основні способи відображення динаміки на екрані відповідають описаним вище способам «на папері», але зі своїми особливостями та доповненнями (картографічна анімація).

Проаналізовані нами способи представлення динаміки АТП у базах даних можна поділити на три групи, або виділити три загальні підходи:

• цифрові карти змін без окремої часової інформації;

• групування позиційної і атрибутивної інформації за датами або періодами, набори даних на певні дати;

• упровадження часових координат для кожного географічного об'єкта та його непросторових властивостей.

Представлення динаміки готовою цифровою картою можна розглядати як перенесення у ГІС досвіду відображення на одній карті динаміки явищ чи процесів, що його напрацювала традиційна географія.

Існують карти, що одночасно відображають стан АТП у різні моменти. Наприклад, карта О.Є Афанасьєва присвячена змінам АТП Південно-Східної України у кінці XVIII ст. і одночасно передає як адміністративний поділ Катеринославського намісництва, так і Азовської та Новоросійської губерній, що йому передували. Карта О. В. Троценко показує одночасно козацькі паланки, губернські повіти та сучасні райони Дніпропетровської області, еволюцію козацьких паланок чи повітів, або зміни у районному поділі, однак, не представлено, тож на карті відображено усереднений поділ кожної з трьох епох.

Загалом карта змін АТП на практиці обмежена у часовому охопленні, спроба детально передати всі зміни АТП за 300 років на одній електронній карті зробить її надзвичайно перевантаженою. Користувач позбавлений можливості не переглядати інформацію на інші дати, якщо вона його не цікавить.

Сьогодні карти змін АТП можуть бути створені у ГІС, причому динаміка може бути передана в одному шарі графічними засобами — зберігаються об'єкти, які за допомогою своєї форми, розмірів та кольору при візуалізації їх на екрані здатні відображувати динаміку адміністративного поділу. Подібно до того, як растр поєднує позиційну та атрибутивну інформацію, такий спосіб поєднує позиційну і (або) атрибутивну з часовою.

Але розробка одношарової карти змін із графічною передачею динаміки у ГІС не завжди доречна. Якщо на карті планується нанести різним кольором та товщиною кордони історичних АТО різних періодів, то при створенні такої карти у ГІС, варто розглянути варіант рознесенням різночасових даних в окремі шари, що дозволить охопити значно більший період і виводити на екран як карти змін, так і карти стану на певні дати. Зрозуміло, що для проектів, метою яких є демонстрація стану АТП у різні дати, карта змін у одношарово-графічній реалізації не підходить взагалі.

Синхронний (часового групування) підхід поля-

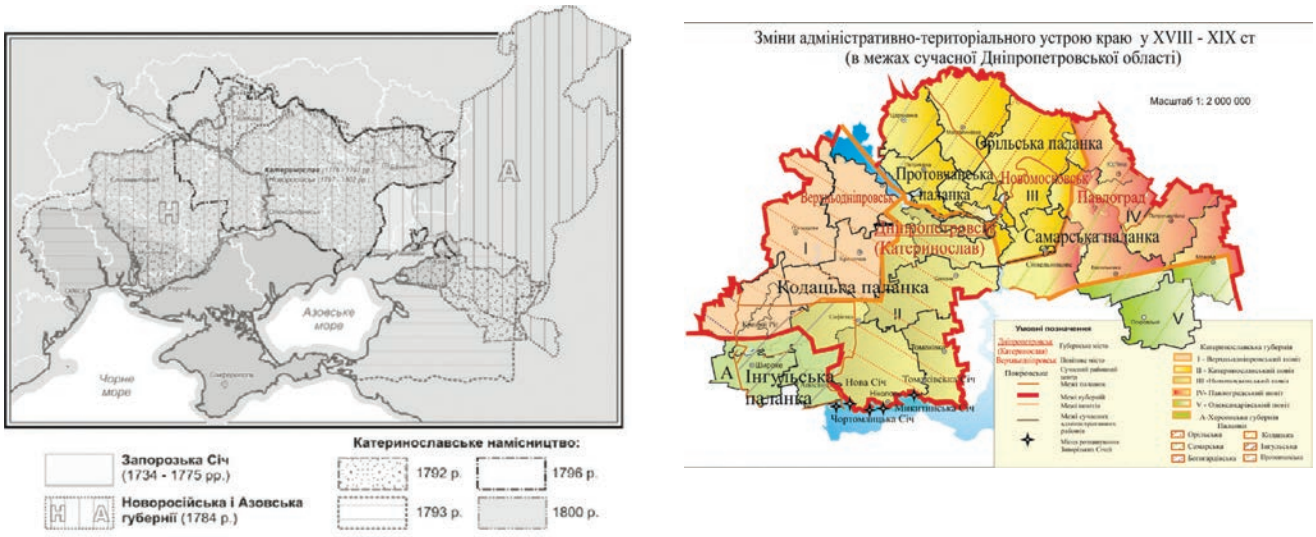


Рис. 1. Приклади карт змін адміністративного поділу теренів Південно-Східної України: карта О.Є. Афанасьєва [2] (ліворуч) та карта О.В. Троценко [4] (праворуч)

гає у зберіганні в інформаційній системі наборів даних, асоційованих з певними датами чи часовими періодами, інакше — це групування за часом. Цього можна досягти розміщуючи набори даних у відповідні шари, таблиці, стовпці таблиць (рис. 1). Цей підхід є певною мірою аналогом способу різночасових карт у традиційній картографії, але групувати за датою можна не тільки позиційні, але і атрибутивні дані (окремо), а візуалізація згрупованих за датою даних можлива як різночасовими картами, так і картами змін, які можна отримати, виводячи на екран одночасно кілька часових шарів, можлива також демонстрація на екрані динамічною карти (анімація) на основі даних, згрупованих за датою.

У англомовній літературі відомий спосіб «keydate» («timeslicer», «snapshotmodels»), який є яскравим прикладом підходу групування за датою, але з опису «keydate» випливають дві істотні ознаки [7]:

• за датою групують просторові об'єкти;

• у кожному шарі мають бути представлені всі об'єкти.

Оскільки можливе збереження у новому шарі тільки нової інформації, що усуває дублювання даних, та групування за датою окремо атрибутивної інформації, то запропоноване нами поняття «синхронний підхід» ширше за поняття «keydate».

Інтервал між сусідніми датами, на які згруповано дані, може ґрунтуватися на різних принципах. В першу чергу варто розрізняти підхід з фіксованим інтервалом — періодичний, та аперіодичний, коли часова відстань між датами є різною. Аперіодичність може бути зумовлена різними причинами, наприклад наявністю чи відсутністю даних на певні дати. Але часто вона є свідомим вибором дослідника та зумовлена характером динаміки досліджуваного явища — нерівномірністю розподілу змін у часі, що робить раціональним збереження дат на певні ключові моменти історії.

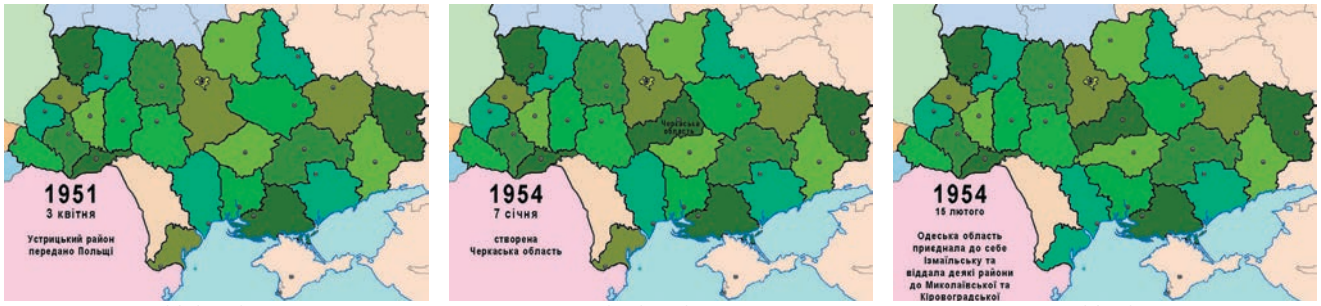
Так, Euratlas [6], передає динаміку політичної карти Європи дуже узагальнено і має фіксований крок (період) — 100 років (концепт «periodical atlas»). Таким чином, вся історія політичної карти Європи у новій ері там описана 21 картою. Натомість, анімація у форматі gif «Адміністративні зміни_сучасної території України 1921 – 1994» [1] описує 70-річний період 63 картами з нерівномірним кроком та подієвим принципом обрання дат (рис. 2). Загалом описано всі зміни в АТО найвищого рівня, що можна передати на карті з роздільною здатністю 1000*700 пікселів.

Тож цей підхід в цілому придатний для узагальненого представлення динаміки політичної карти чи АТП, що доводить проект «Euratlas», і для детального, за умови аперіодичності зі створенням наборів даних на дати ключових подій, але у нашому проекті динаміку АТП планувалося передати якомога детальніше, що вимагатиме виділення дуже великої кількості часових шарів, при цьому неминучі повтори однієї і тієї ж інформації у різних шарах карти. Можливе представлення у шарі тільки нової інформації, тоді дані на певну дату вибирались би з кількох шарів. Але це не знижує загальну кількість шарів і ускладнює роботу з даними, тож для уникнення повторів даних та забезпечення їх керованості, вважаємо, доречно використовувати не групування у шари, а збереження в одному шарі всіх даних з запровадженням індивідуальних координат для кожного об'єкта.

Наступну групу способів можна назвати «асинхронними» або «з індивідуальними координатами» — часовий вимір впроваджується окремо для кожного об'єкту. При цьому об'єкт ми розуміємо дуже широко. Це може бути кортеж таблиці, що описує певний географічний об'єкт за певними ознаками. Це може бути дуга, що представляє ділянку кордону адміністративної одиниці або ж полігон, що представляє всю її у територіальному аспекті на певний період часу тощо. Достатньо створити поля типу «дата початкова» та «дата кінцева» і можна заносити для кожного кортежу значення часового періоду та досліджуваного показника. Якщо програма не має вбудованої підтримки часового виміру (сьогодні фактично вбудована підтримка часу є тільки в ArcGIS), працювати з даними у такому форматі можна за допомогою запитів мовою SQL до відповідних атрибутів реляційного відношення. Зазначимо, асинхронний спосіб може бути реалізований не тільки у реляційних базах даних, а, наприклад, у анімації Flash чи Silverlite, і не завжди передбачає дві координати часу, це може бути і одна дата для події.

Оскільки зміни у АТП часто не вичерпуються лише появою та зникненням об'єктів, а включає зміни позиційних та атрибутивних характеристик цих об'єктів, то час не завжди задається для полігону, що представляє АТО у межах на певний період. Можливе виділення стабільних просторових елементів та утворення АТО на певні дати із таких елементів. Це можуть бути або певні елементи кордонів (скажімо кордон по річці), що залишаються стабільними, або певні території, що повністю переходять від одного об'єкта до іншого, при цьому не зазнаючи жодних змін. Наприклад, якщо існує стабільна мережа АТО низового рівня, а зміни на вищих рівнях зводяться до перепідпорядкування цих АТО, можна застосувати метод STC (Spatio-temporal composite), представивши АТО вищого рівня як сукупність низових АТО на певний період. У деяких випадках стабільними залишаються фрагменти кордонів, у такому разі можна представити у базі ці фрагменти, описуючи АТО як комбінацію з кількох дуг-кордонів на певний період, або виділити стабільні полігони та вжити метод STC. На рис. 3 на абстрактному прикладі об'єднання двох районів показано, як можна представити дану ситуацію в ГІС. За методом Datestamp створимо три дуги та дві точки-етикетки, для дуги, що представляє кордон між двома АТО зазначимо потрібну дату його зникнення. При запиті до бази на дату до зникнення

Приклади карт-кадрів з анімації «Адміністративні зміни сучасної території України 1921–1994»
(детальна передача динаміки за подієвим принципом обрання дат, всього 63 кадри на 70 років)



03.04.1951 Устрицький район передано Польщі | 07.01.1954 створена Черкаська область | 15.02.1954 зміна кордонів Одеської області

Приклад карт з Euratlas («periodical atlas»)

1800 р. | 1900 р. | 2000 р.

Рис. 2. Приклади використання синхронного підходу для представлення історії адміністративної чи політичної карти

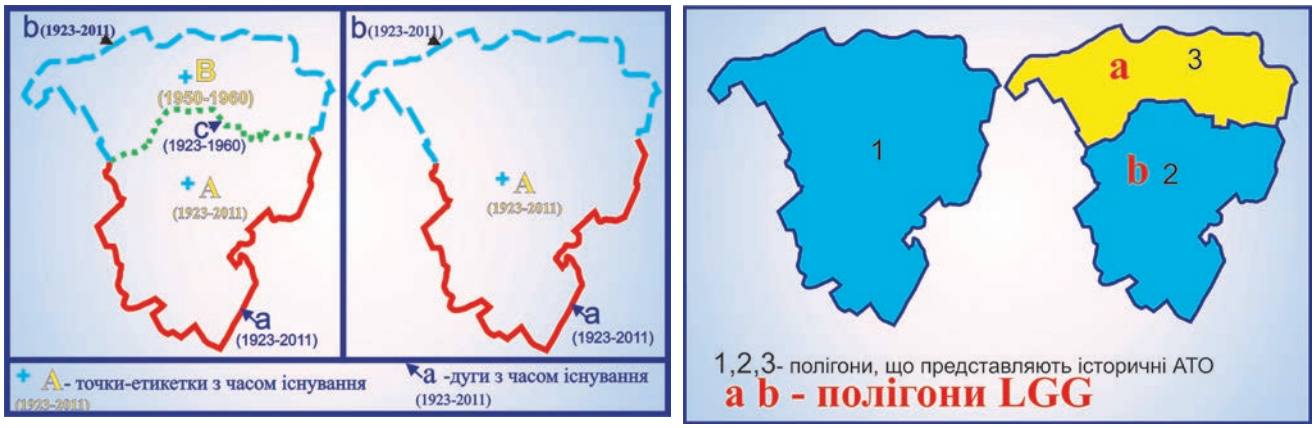


Рис. 3. Представлення змін АТП способами Datestamp (ліворуч) та STC та Building block (праворуч)

кордону спеціальне ПЗ утворить два полігони, після — один полігон. За методом STC можна виділити два базових полігони, які можуть представити ситуацію як до об'єднання АТО, так і після — шляхом їх об'єднання в один. Можна також внести у базу полігони, що безпосередньо представляють АТО станом на певний період. Таких полігонів потрібно три: для АТО «А» до об'єднання, для АТО «В», для «А» після приєднання до нього «В».

Рекомендації щодо можливості застосування всіх розглянутих способів систематизовано у таблиці 1, (зауважимо, що близькі до деяких з цих рекомендацій висловлені іншими авторами раніше [5–8]).

Для розроблюваної ГІС теренів Дніпропетровщини обрано підхід, що передбачає впровадження окремих координат для кожного об'єкта та представлення адміністративних одиниць окремими полігонами.

Висновки. В геоінформатиці варто розрізняти способи відображення динаміки на екрані та способи представлення динаміки у базах даних та цифрових картах, на основі яких формується зображення на екрані. Нами виділено три групи способів (три загальні підходи) до представлення даних, що описують динаміку явищ та процесів: синхронний (групування позиційних/атрибутивних даних за часом),

Таблиця 1

Рекомендації щодо застосування способів представлення динаміки АТП

<table>
<tr><th colspan="2">Способи представлення динаміки АТП</th><th colspan="2">Рекомендації щодо застосування</th></tr>
<tr><td colspan="2">Без окремої часової інформації</td><td colspan="2">Для створення складних карт змін АТП, що не можуть бути отриманні простим накладанням одне на одне контурів різних історичних АТО</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Способи, що передбачають групування даних за часом</td><td>З рівною відстанню між датами (періодичні)</td><td colspan="2">Узагальнена передача динаміки у випадку рівномірного розподілу змін у часі</td></tr>
<tr><td>Аперіодичні, дати приурочені до певних подій</td><td colspan="2">Узагальнена передача динаміки у випадку нерівномірного розподілу змін у часі</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Способи, що передбачають задання індивідуальних координат для об'єктів</td><td>Спосіб STC</td><td rowspan="3">Для детального представлення динаміки у випадку</td><td>Наявності стабільних низових АТО, необхідності в топології на рівні даних</td></tr>
<tr><td>Спосіб DATESTAMP</td><td>Наявності стабільних ділянок кордонів, необхідності роботи з кордонами як окремими географічними об’єктами</td></tr>
<tr><td>Спосіб Building-block</td><td>У інших випадках</td></tr>
</table>

асинхронний (впровадження часових координат об'єктам індивідуально), та передачі динаміки безпосередньо за допомогою позиційної інформації. Для систем, що мають на меті детально представити історію АТП, доцільно використати асинхронний підхід.

Рецензент: кандидат географічних наук, доцент Н. М. Дук

Література:

1. Адміністративні зміни сучасної території України 1921 – 1994 — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://uk.wikipedia.org/wiki/адміністративні_зміни_сучасної_території_України_1921 – 1994.gif (5 січня 2014).

2. Афанасьєв О. Є. Історико-географічний аналіз регіонального природокористування: теорія, методологія, практика: монографія / О. Є. Афанасьєв. — Тернопіль: Видавництво "Крок", 2012. — 550 с.

3. Берлянт А. М. Картография: Учебник для вузов/А. М. Берлянт. — М.: Аспект Пресс, 2002. — 336 с.

4. Троценко О. В. Дослідження змін адміністративно-територіального устрою регіону як базової складової системи втрачених географічних об'єктів (на прикладі Дніпропетровської області) / О. В. Троценко // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. — 2008. — Вип. 17.

5. Gregory I. N. A Place in History: A Guide to Using GIS in Historical Research / I. N. Gregory // Oxford, 2002. — 335 p.

6. Nüssli M. A. From Historical Mapping to Historical Geographical Information System / Nüssli Marc-Antoine, Nüssli Christos. — [Electronic resource]. — Access mode: www.euratlas.net/tele/euratlas_HGIS.pdf (5 january 2014).

7. Merrick Lex Berman. Modeling and Visualizing Historical GIS Data. — [Electronic resource]. — Access mode: http://www.fas.harvard.edu/~chgis/work/docs/papers/CGA_Wkshp2009_Lex_9apr09.pdf (2 august 2012).

8. Thomas O. Time-Integrative Geographic Information Systems: Management and Analysis of Spatio-Temporal Data / Thomas Ott, Frank Swiaczny. — Berlin / Heidelberg / New York: Springer, 2001. — 239 p.

9. Great Britain Historical Geographical Information System (GBHGIS). — [Electronic resource]. — Access mode: http://www.port.ac.uk/research/gbhgis/(5 january 2014).

10. China Historical GIS – [Electronic resource]. — Access mode: http://www.fas.harvard.edu/~chgis/(5 january 2014).

11. The National Historical Geographic Information System (NHGIS) [Electronic resource]. — Access mode: https://www.nhgis.org / (5 january 2014).

12. Belgian Historical GIS (NHGIS) [Electronic resource]. – Access mode: http://www.hisgis.be/ (5 january 2014).

УДК 911.9:528.94:551.4

Е. И. Газетов
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ ОБРАБОТКИ БАТИМЕТРИИ МОРСКОГО ШЕЛЬФА о. ЗМЕИНЫЙ

В статье приводится пример использования современных ГИС-технологий для построения батиметрической карты морского шельфа. При этом были использованы результаты многолетних экспедиционных исследований глубин прибрежной акватории о. Змеиный сотрудниками Регионального Центра мониторинга природной среды и экологических исследований Одесского национального университета им. И. И. Мечникова. Показаны преимущества ГИС для изготовления, проверки и эффективного использования детальных цифровых моделей рельефа (ЦМР) шельфа. Результаты исследования могут быть использованы для решения практических и научных задач при освоении шельфа моря.
Ключевые слова: ГИС-картографирование, батиметрия, морской шельф, ЦМР

Y. Gazetov
GIS APPLICATION FOR MARINE SHELF BATHYMETRY PROCESSING AT ZMIINYI ISLAND
Example of contemporary GIS technologies application in development of bathymetric map of marine shelf has been described. Results of years of bathymetric surveys conducted by the staff of Regional Centre for Environmental Monitoring and Ecological Studies (I. I. Mechnikov Odessa National University) of the Zmiinyi Island coastal waters have been used. Advantages of GIS for maintenance, checking, and effective use of detailed digital elevation models (DEM) of marine shelf have been shown. The results could be used for practical and scientific tasks of marine shelf development.
Keywords: GIS-mapping, bathymetry, marine shelf, DEM.

Є. І. Газєтов
ВИКОРИСТАННЯ ГІС ДЛЯ ОБРОБКИ БАТИМЕТРІЇ МОРСЬКОГО ШЕЛЬФУ о. ЗМІЇНИЙ
У статті наведено приклад застосування сучасних ГІС-технологій для побудови батиметричної карти морського шельфу. При цьому були використані результати багаторічних експедиційних досліджень глибин прибережної акваторії о. Зміїний співробітниками Регіонального Центру Моніторингу природного середовища та екологічних досліджень Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова. Показано переваги ГІС для виготовлення, перевірки та ефективного використання детальних цифрових моделей рельєфу (ЦМР) шельфу. Результати дослідження можуть бути використані для вирішення практичних і наукових задач при освоєні морського шельфу.
Ключові слова: ГІС-картографування, батиметрія, морський шельф, ЦМР

Введение. Актуальность темы определяется непрерывностью освоения минеральных, биологических, рекреационных и транспортных ресурсов моря. В этой связи необходимы практические шаги по исследованию и картографированию подводного рельефа. Для различных задач требуются карты рельефа дна разного пространственного разрешения и точности. В частности, для научных исследований незначительных по площади, но имеющих большое практическое или природоохранное значение, морских объектов значительно повышаются требования к детальности и наглядности карт морского дна. В современной нам действительности для создания таких карт применяются методы исследования, базирующиеся на высокоточной измерительной аппаратуре и сложном программном обеспечении — геоинформационных системах (ГИС). Применение ГИС-технологий дает совершенно новые возможности для решения любых научных и практических задач в этой области.

Исходные предпосылки. Задача получения информации о рельефе морского дна имеет очень давнюю историю [1]. До 1940—45 при картировании морского дна преобладал метод линейной интерполяции отметок глубин. С 1950 года начали использовать результаты геолого-геоморфологического изучения морского дна и побережий. Благодаря применению акустического способа измерения глубин, с 50-х годов был развит и усовершенствован метод геоморфологической интерполяции. Этот метод учитывает как эхолотные данные о глубинах, так и геолого-геофизическую интерпретацию рельефа дна [2].

Систематическим изучением глубин Черного моря занимались во времена Петра I (атлас Черного и Азовского морей 1703 г.), в русских экспедициях Г. И. Бутакова, И. А. Шестакова ("Лоция Черного моря" 1851 г.), русского геолога Н. И. Андрусова (две «глубомерные» экспедиции 1890—1891 гг.), в советское время Институт океанологии АН СССР и Институт геофизики АН Грузинской ССР [3, 4]. В настоящее время на украинской части акватории Черного моря батиметрическими исследованиями и изготовлением морских карт, лоций, занимается, в основном, ГУ «Держгідрографія» [5]. В 2002 году в акватории о. Змеиный этой организацией была проведена серия батиметрических работ, на основе которых разработана подробная лоция [6]. В ходе многолетнего мониторинга морских и наземных экосистем на научно-исследовательской станции о. Змеиный Регионального Центра интегрированного мониторинга и экологических исследований

(РЦИМ) Одесского национального университета им. И. И. Мечникова (ОНУ) возникла потребность в большей детализации распределения глубины моря на шельфе с целью максимального учета особенности микрорельефа морского дна. Кроме того, для научных и практических исследований в районе потребовалось компьютерное приложение, дающее возможность локализации и пространственного анализа параметров морской среды на шельфе [7].

Цель исследования. Целью данной работы является изложение результатов и практических рекомендаций по использованию ГИС для изготовления детальной цифровой батиметрической карты на примере шельфа Черного моря вблизи о. Змеиный. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

• проанализировать значительный объем эхолотных профилей, полученных сотрудниками РЦИМ в 2008 – 2013 гг., применив существующие и разработав дополнительные методические подходы по обработке информации с акустических эхолотов;

• по данным эхолотирования на растровой основе построить цифровую модель рельефа (ЦМР) шельфа о. Змеиный, выделив основные черты строения подводного рельефа;

• провести сравнение полученных результатов с существующей картой морских глубин в этом районе [6] с рекомендациями по использованию полученных результатов.

Изложение основного материала. Исходными материалами и компьютерными программами для проведения исследования послужили:

• результаты измерений глубины моря, представленные эхолотными профилями на шельфе о. Змеиный в 2008 – 2013 гг. и контрольными измерениями ручным лотом;

• отечественные и зарубежные публикации по методам обработки эхограмм;

• GPS измерения положения береговой линии о. Змеиный в 2004 г.;

• лоция района о. Змеиный ГУ «Держгідрографія» за 2008 год;

• программное обеспечение ARCGIS с расширением Spatial Analyst.

Измерения глубины моря проводились эхолотами «Lowrence LCX-15CT» и «SeaCharter 640cDF» на частотах 50 и 200 кГц с точностью определения глубины места — 0,1 м и координат — 1 – 3 м (в системе WAAS). Определение местоположения плавсредства фиксировалось GPS-приставками ежесекундно, глубина — до нескольких раз в секунду. Результаты измерений в непрерывном режиме записывались в файлы внутреннего формата эхолотов — *.slg. Акватория площадью около 4 км^2. была покрыта зональными, меридиональными и диагональными (проверочными) профилями, находящимися на расстоянии 50 – 100 м друг от друга и на расстоянии 0 – 1300 м от береговой линии острова. Общее количество записанных профилей — 112.

Полученные записи эхолотирования экспортировались на программном обеспечении эхолотов в текстовый формат и обрабатывались в Excel с целью удаления записей без координат и забракованных самими приборами. В итоге общее количество измерений сократилось до ~ 65000. Файлы внутреннего формата эхолотов несут в себе значительное количество сопутствующей (кроме глубины и координат) информации (27 позиций только в экспортируемом в текст варианте), расшифровать которую без специализированного дорогостоящего программного обеспечения в настоящее время не представляется возможным. Однако в процессе обработки удалось выяснить, что даже те данные, смысл которых понятен, позволяют установить некоторые критерии для отсева ошибочной информации, полученной вследствие отражения акустических сигналов от близко расположенных подводных скал. В частности, для этих целей использовались данные под наименованием «Depth», «TopOfBottomValid». Кроме того, информация о глубине переводилась из футов в метры, а информация о местоположении из внутренней метрической системы эхолотов в географическую систему координат WGS84.

Предварительно обработанные в Excel записи эхолотирования экспортировались в среду ARCGIS, где и проводилась окончательная обработка данных:

• учтены данные о величине заглубления акустических зондов эхолотов на разных профилях;

• удалены записи, в которых разница «Depth» и «TopOfBottomValid» превышала 1,2 м — величину, выведенную экспериментально на основе измерений глубины моря ручным лотом;

• попарно проведено визуальное и программное сравнение значений глубин пересекающихся профилей с отбраковкой недостоверных данных в случае, если разность глубин превышала 0,5 м;

• также проведено визуальное сравнение эхолотных измерений и значений глубины моря, полученных ручным лотом, с целью выбраковки некачественных измерений.

В результате проведения вышеизложенных операций был получен массив данных глубины моря — 25000 измерений, включающий точки береговой линии острова с глубиной — 0 м. Колебаниями уровня моря в данном исследовании пренебрегли, т. к. по результатам мониторинга РЦИМ в период проведения эхолотирования амплитуда колебаний уровня была 24 см, что составляет 0,6% от амплитуды изменений глубины моря на обследованной части шельфа (38,5 м). Влияние волнения также не учитывалось, т. к. эхолотирование проводилось преимущественно в штилевую погоду или при волнении < 0,5 м.

Дальнейшая обработка результатов эхолотирования проводилась инструментом приложения Spatial Analyst — «Topo to Raster», производной программы ANUDEM (Австралийский национальный университет ЦМР) [8]. Этим инструментом, предусмотренным для создания гидрологически корректных цифровых моделей рельефа, был рассчитан растр глубин обследованной акватории с пространственным разрешением — 0,1 секунды (2 – 3 м) (рис. 1). В «Topo to

Raster» применяется итеративный метод интерполяции конечной разницы. Он оптимизирован таким образом, чтобы использовать вычислительную эффективность методов локальной интерполяции (обратно взвешенного расстояния), непрерывность поверхности методов глобальной интерполяции (Kriging, Spline) и учет резких изменений поверхности (хребты, крутые обрывы).

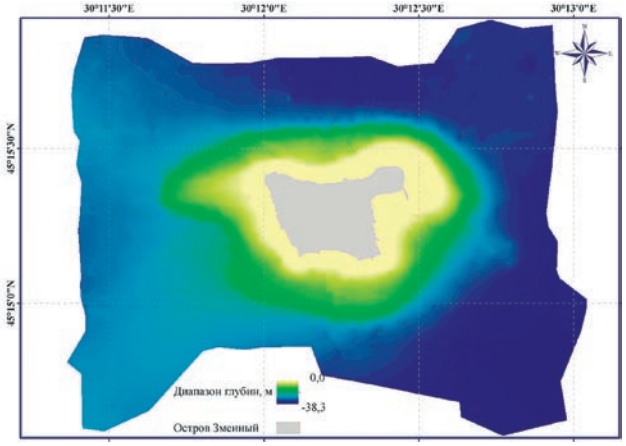


Рис. 1 Растр глубин моря на шельфе о. Змеиный по данным РЦИМ

Те ячейки выходного растра, которые оказываются вне промерных профилей и на твердой поверхности, автоматически отсекаются указанным инструментом под обрабатываемый экстент. В инструменте «Topo to Raster» присутствует набор процедур, позволяющий учесть любые особенности рельефа. Однако, для этой работы применялась только оптимизированная интерполяция и указание береговой линии как барьера.

Следующей процедурой, позволившей отфильтровать шумы в эхолотных измерениях, было использование функции «Focal Statistics» приложения Spatial Analyst. Этой функцией каждая ячейка выходного растра была осреднена по квадратам со стороной 16 м, что соответствует размеру ячейки выходного растра принятому по формуле: $\Delta s = A/2\Sigma l$, где: Δs — размер ячейки; A — размер исследуемой площади; Σl — кумулятивная сумма длины получаемых изолиний требуемой частоты (1 м) [9]. Такое обоснование размера ячейки было сделано в силу того, что размер ячейки растра ЦМР имеет значительное влияние на производные переменных местности, таких как уклон, аспект и кривизна.

Очевидно, что качество ЦМР определяет качество последующего геоморфометрического анализа. Расхождения в ЦМР могут появляться из случайных ошибок при эхолотировании, а также систематических ошибок при интерполяции. Для оценки качества ЦМР и обнаружения ошибок во входных данных существуют различные процедуры. Основными из них являются визуальное сравнение выходного растра и изолиний с существующей картой глубин и изолиниями (рис. 2), вычисление среднеквадратичной ошибки при создании ЦМР (RMSE — Root Mean Square Error), а также расчете параметров поверхности — наклона, аспекта и кривизны, учитывающих свойства матриц высот. Инструмент «Topo To Raster» генерирует подробный доклад диагностики ошибок и количества мест так называемых «утечек» (ложных ям), что является существенным для коррекции исходных данных и позволяет подобрать оптимальные параметры интерполяции.

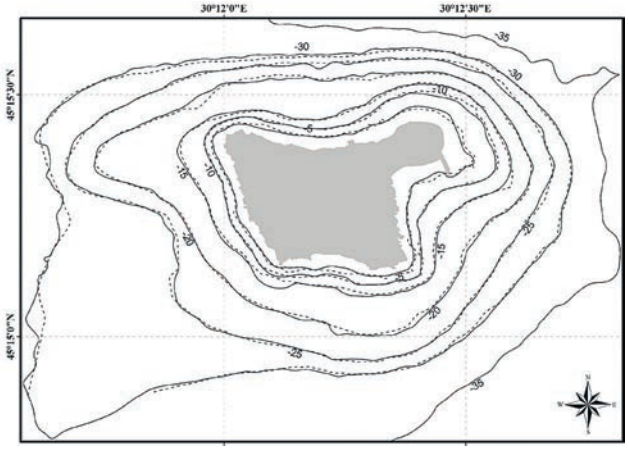


Рис. 2 Сравнение расположения изобат лоции 2002 г. (штрихованная линия до 30 м) и изобат по растру глубин РЦИМ (сплошная линия до 35 м)

Приведенные рисунки 1, 2 в целом повторяют основные особенности подводного рельефа лоции 2002 г., что свидетельствует о правильности расчетов выходного растра. В файле диагностики ошибок «ТороToRaster» RMS1 было равно 1, количество «утечек» — 1345. Исправление «утечек», т.е. коррекция глубин была проведено инструментом «Fills sinks» из приложения Spatial Analyst методом наполнения ям за счет повышения значений сетки [10].

На рисунках 1, 2 прослеживается вытянутая пологая структура шельфа в западном и юго-западном направлении от острова на фоне более резкого увеличения глубины в северной и северо-восточной части шельфа. Между тем, несмотря на повторение основных особенностей лоции 2002 г., детализация растра глубин до 16 м в ячейке позволила сделать вывод о существовании значительно более сложной структуры рельефа дна на шельфе о. Змеиный, что проиллюстрировано на рисунке 3.

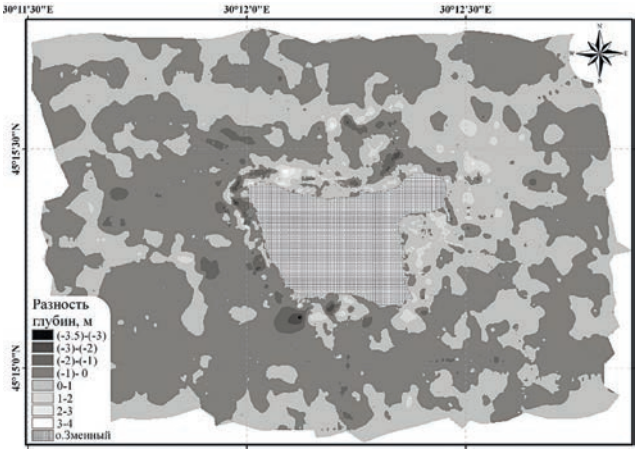


Рис. 3 Разность глубины моря по лоции 2002 г. и растру глубин РЦИМ

В частности, отмечается наличие на шельфе у о. Змеиный большого количества локальных понижений и скальных возвышений, которые не были отражены в предыдущем варианте карты глубин 2008 г.

Выводы и перспективы использования. Использование современных ГИС-технологий позволяет выполнять подробное картографирование подводного рельефа, а также проводить детальную и точную оценку качества используемых батиметрических данных. Построенные на основе ГИС цифровые модели рельефа шельфа являются удобным и гибким инструментом для решения практических задач гидрографии и для научных исследований. Благодаря заложенному в ГИС математическому аппарату появилась возможность не только быстро и точно провести наглядную визуализацию мельчайших подробностей ложа моря, но и выполнить пространственный анализ параметров водной среды, их изменения во времени, учесть их взаимосвязь и влияние рельефа дна.

Благодаря полученным возможностям в ближайшем будущем планируется использовать построенную модель шельфа о. Змеиный для обработки и анализа накопленной в РЦИМ информации по морской экосистеме.

Благодарности. Автор статьи выражает благодарность руководителю РЦИМ Мединцу В. И. за постановку задачи и постоянное внимание к выполнению работы, сотрудникам РЦИМ Сучкову И. А., Снигиреву С. М. за помощь в проведении эхолотирования, сотрудникам Павлик Т. В. и Котогуре С. С. за первичную обработку эхограмм, а также другим сотрудникам, принимавшим участие в сборе информации для этого исследования.

Исследования выполнены в рамках научно-исследовательских проектов ОНУ, которые финансировались из бюджета Министерства образования и науки в 2008 – 2013 гг.

Рецензент: доктор геолого-минералогических наук Е. А. Черкез

Литература:

1. Агапова Г. В. Исследование и картографирование подводного рельефа в познании природы Мирового океана: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: спец. 07.00.10/Агапова Галина Владимировна. — М., 2008. — 26 с.

2. Леонтьев Н. Ф. Географические основы картографирования подводного рельефа на гипсометрических картах/Н. Ф. Леонтьев. — М.: Геодезиздат, 1961. — 205 с.

3. Черное море: сборник/Вылканов А., Данов Х., Маринов Х. и др.: Пер. с болг. — Л.: Гидрометеоиздат, 1983. — 408 с.

4. Степанов В. Н. Черное море. Ресурсы и проблемы/В. Н. Степанов, В. Н. Андреев. — Л.: Гидрометеоиздат, 1981. — 160 с.

5. Офіційний сайт ДУ «Держгідрографія» [Электронний ресурс]/ДУ «Держгідрографія». — 2014. — Режим доступу: http://www.hydrography.com.ua

6. Морська навігаційна карта № 3708, о. Зміїний [Карта]. — 1:5000. — Київ: ДУ «Держгідрографія», 2008. — 1 л.

7. Газетов Е. И. ГИС – Модель острова Змеиный и прилежащего шельфа Черного моря/Е. И. Газетов, В. И. Мединец//Екологічні проблеми Чорного моря: Міжнарод. наук.-практ. конф., Одеса, 30 – 31 жовтня, 2008 р.: Зб. наук. статей. — Одеса: ІНВАЦ, 2008. — С. 56 – 60.

8. Hutchinson, M. F. Recent Progress in the ANUDEM Elevation Gridding Procedure/M. F. Hutchinson, T. Xu, J. A. Stein//Geomorphometry 2011.: Ed. by T. Hengel, I. S. Evans, J. P. Wilson and M. Gould. — Redlands, USA: 2011. — P. 19 – 22.

9. Hengl T. Geomorphometry: Concepts, Software, Applications/T. Hengl, H. I. Reuter//Developments in Soil Science. — Elsevier, 2008. — Vol. 33. — 772 pp.

10. Tarboton, D. G. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data/D. G. Tarboton, R. L. Bras, I. Rodriguez-Iturbe//Hydrologic Processes. — 1991. — Vol. 5 (1). — P. 81 – 100.

УДК 528.91

Н. О. Гаман
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ЦІЛЕЙ ВАНТАЖНИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У статті досліджено місце та важливість вантажних автомобільних перевезень в Україні. Описана роль картографічного забезпечення в процесі логістичного управління перевезень. Досліджена проблема відсутності картографічних матеріалів для забезпечення логістичних операцій. Проведений детальний аналіз об'єкта картографування. Обрані та прокласифіковані найбільш інформативні та доцільні показники картографування. Описана методика розробки карти. Обгрунтований вибір способів картографічного зображення та використаних засобів зображення. Поданий зразок закінченого картографічного твору, як практичного втілення проведеного дослідження.

Ключові слова: логістична карта, автомобільні шляхи України, стан автодоріг, митні пункти пропуску, тематичне картографування.

Н. А. Гаман

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КАРТЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ АВТОПЕРЕВОЗОК НА ПРИМЕРЕ ЛЬВОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье исследованы место и важность грузовых автомобильных перевозок в Украине. Описана роль картографического обеспечения в процессе логистического управления перевозками. Исследована проблема отсутствия картографических материалов для обеспечения логистических операций. Проведен детальный анализ объекта картографирования. Избраны и классифицированы наиболее информативные и целесообразные показатели картографирования. Описана методика разработки карты. Обоснован выбор способов картографического изображения и использованных средств изображения. Представлен образец законченного картографического произведения, как практическое воплощение проведенного исследования.

Ключевые слова: логистическая карта, автомобильные дороги Украины, состояние автодорог, таможенные пункты пропуска, тематическое картографирование.

N. A. Haman

THE DEVELOPMENT AND SUBSTANTIATION OF LOGISTIC MAP FOR FREIGHT TRANSPORT PURPOSES BY EXAMPLE OF LVIV REGION

The article explores the place and importance of freight transport in Ukraine. The role of cartographic supply of process of logistics management is described. The problem of lack of cartographic materials for logistic operations support is investigated. The detailed analysis of the mapping object is carried out. The most informative and appropriate indicators of mapping are selected and classified. The methods of map development are described. The choice of methods used and cartographic representation of the object are established. The example of a completed cartographic work as a practical implementation of the study is provided.

Keywords: logistic map, automobile roads of Ukraine, condition of roads, customs checkpoints, thematic mapping.

Вступ. На даному етапі розвитку нашої держави важливим є розвиток всіх сфер виробництва. Але особливо критично стоїть питання інтеграції нашої економічної сфери із економікою країн-сусідів та партнерів. Практично будь-яке виробництво стикається з проблемами логістики. Адже вироблений товар ще потрібно доставити споживачу, а також для виготовлення товару важливо отримати вчасно всі складові. В цілому провізні спроможності автотранспорту та автодоріг повною мірою повинні відповідати потребам народного господарства і населення та сприяти розвитку економіки країни [4, с.3]. Для полегшення планування перевезень доцільно використовувати тематичні карти із нанесеними специфічними даними для конкретних задач. Саме логістичні карти покликані для того, щоб відображати всі необхідні об'єкти-показники учасників логістичного процесу, шляхи і можливі коридори їх переміщень, всі митні пункти пропуску в Україні та за кордоном, також відображати характеристики умов доставки вантажу на шляху перевезень, а також вартісні показники діяльності інфраструктури на певних напрямках тощо.

Попри те, що при дослідженні на рівні окремих міст, лише в Києві нараховуються тисячі логістичних компаній, не враховуючи всіх підприємств-виробників, які перевозять свою продукцію, картографічне забезпечення їх діяльності залишається недосконалим і недостатнім. Проблема полягає не в простій непопулярності картографічних джерел, а в їх цілковитій відсутності на ринку України. Зарубіжний досвід їх розробки не включив комплекс усіх необхідних показників. Вирішення даної проблеми повинно бути здійснене в найближчі роки.

Вихідні передумови. Теоретичною розробкою концепцій та обґрунтуванням методик розробки логістичних карт займалась автор у попередніх статтях [3]. Якщо розглядати логістичні карти, як тематичні карти спеціального призначення, то варто взяти до уваги роботи таких вчених-картографів, як Берлянт А. М., Востокова А. В., Лурьє І. К., Сваткова Т. Г., Божок А. П. В їх працях висвітлені ба-

зові закони та принципи розробки карт. Що ж до вивчення об'єкта картографування, то цікавими є праці Коваленко В. М., який висвітлював саме вантажні автомобільні перевезення. З його праць можна винести інформацію про різновиди і характеристики, а також особливості різних видів ватажного транспорту. Загальні концепції логістики, як галузі знань та діяльності, чудово висвітлені у працях вітчизняного науковця — Смирнова І. Г. Важливість картографування даного даної сфери діяльності також була частково висвітлена у його працях.

Мета дослідження. Розробка картографічних моделей для цілей логістики та подальше видавництво карт цієї тематики не просто полегшать, активізують, раціоналізують роботу заводів-виробників або підприємств-замовників перевезення, підприємств-постачальників експедиторських послуг та безпосередньо перевізників, вони необхідні для вибору широкого кола варіантів рішень стосовно найкращого і можливого маршруту руху, оптимізації функцій логістичних систем різних рівнів, сфер галузевого призначення і т. ін. Крім того, ціллю дослідження є розробка і обґрунтування концепції одного із варіантів картографічних моделей для цілей логістики на прикладі території Львівської області.

Виклад основного матеріалу. Об'єднані згадані сфери наштовхнули автора на ідею даного дослідження, а саме розробки логістичної карти для цілей вантажних автоперевезень. Карта розроблена для Львівської області. Для прикладу була обрана прикордонна область, як одна з найбільш стратегічно важливих областей для міжнародних автомобільних перевезень. На її території знаходиться кілька міжнародних пунктів пропуску, які підлягали картографуванню і є важливим елементом логістичної інфраструктури у випадку міжнародних вантажних автомобільних перевезень.

Невипадково також був обраний саме регіональний рівень картографування, тобто на рівні окремої області. Адже, на думку автора, для даного дослідження — це оптимальний масштаб для зображення бажаних показників та характеристик з метою зберегти інформативність та читаність карти.

Відсутність даного виду карт на теренах України спонукає автора до заповнення цієї прогалини у вітчизняному тематичному картографуванні. Окрім зручності користування та необхідного інформаційного наповнення, картографічний твір, що розробляється, повинен володіти усіма властивостями та характеристиками картографічних моделей. Його розробка повинна вестись за правилами та принципами побудови карт.

Під час розробки даного продукту, переслідувались цілі дотриматись традиційних властивостей картографічних моделей, разом з тим використовуючи новітні технології, щоб їх вплив на отриманий результат мав лише позитивний характер.

Об'єктами картографування логістичної карти є, перш за все, транспортна мережа України та митні пункти пропуску. Зокрема повинні бути відображеними:

1) автомобільні шляхи: міжнародні, національні, регіональні;

2) аварійні частини доріг, ями на дорогах, зафіксовані людьми, частини доріг, що не відповідають вимогам європейської мережі;

3) пункти пропуску на основні міжнародні напрямки;

4) пропускна здатність пунктів пропуску;

5) перевезення вантажів автомобільним транспортом (у тисячах тонн на квадратний кілометр) для стратегічного огляду районів для оптимального вибору маршруту.

1. Автомобільні шляхи України — мережа доріг на території України, що об'єднує між собою населені пункти та окремі об'єкти та призначена для руху транспортних засобів, перевезення пасажирів та вантажів.

Мережа автомобільних шляхів загального користування включає у Львівській області 8378,7 км доріг, з них з твердим покриттям — 8198,9 км (без урахування муніципальних, відомчих, внутрішньо господарських).

Щільність автомобільних доріг загального користування з твердим покриттям — у кілометрах на 1000 квадратних кілометрах дороги у Львівській області 375,5, при загальнодержавному показнику 275.

Автомобільні дороги класифікують:

- за значенням;
- за покриттям;
- за категорією.

Автомобільні дороги загального користування поділяються на:

- дороги державного значення (міжнародні, національні, регіональні та територіальні дороги);
- дороги місцевого значення (обласні та районні дороги).

Дороги державного значення поділяються на міжнародні, національні, регіональні та територіальні дороги.

Міжнародні автомобільні дороги:

- суміщаються з міжнародними транспортними коридорами;

та/або

- входять до Європейської мережі основних, проміжних, з'єднувальних автомобільних доріг та відгалужень;
- мають відповідну міжнародну індексацію і забезпечують міжнародні автомобільні перевезення [7].

Міжнародні транспортні коридори (МТК) — транспортні артерії і сукупність різних видів транспорту, що забезпечують значні перевезення вантажів на напрямах їх найбільшої концентрації.

У 1994 році II Загальноєвропейська транспортна конференція (Критська), (що відбулася на острові Крит, Греція) визначила 9 основних маршрутів МТК, III Загальноєвропейська транспортна конференція (1997 рік) до 9 коридорів додала 4 загальноєвропейські транспортні зони.

Дві з них проходять по території Львівської області:

• Коридор № 3. Брюссель — Ахен — Кельн — Дрезден — Вроцлав — Катовіце — Краків — Львів — Київ;

• Коридор № 5. Венеція — Трієст/Копер — Любляна — Любляна — Марибор — Будапешт — Ужгород — Львів — Київ; [5, 249 – 260]

Відображені на карті: наземні сухопутні автомобільні коридори.

Міжнародні дороги позначаються літерою «М». Вони становлять 4,9% довжини всіх автомобільних доріг України.

Згідно з угодою про міжнародні автомагістралі від 15 листопада 1975 року, основні дороги Європи позначаються літерою «Е». Основні дороги в напрямку захід-схід закінчуються на 0 (Е20, Е30 ...Е90), проміжні мають на кінці індексу парну цифру (Е12, Е18 ...Е94). Основні дороги в напрямку північ-південь закінчуються на цифру 5 (Е05, Е15 ...Е95), проміжні мають на кінці непарну цифру (Е01, Е03 ...Е93).

Національні дороги позначаються літерою «Н».

Регіональні дороги позначаються літерою «Р».

Крім того, виділяють територіальні дороги та дороги місцевого значення. Вони складають лево-ву частку сучасної автодорожньої мережі (15,8% та 71,8% загальної довжини відповідно).

Вони також підлягають картографуванню та аналізу. Хоча, для вантажних автомобільних перевезень, зазвичай, використовуються міжнародні, національні та регіональні шляхи завдяки їх більшій пропускній здатності і властивості зв'язувати стратегічно важливі для логістичних задач пункти, проте територіальні дороги теж були обрані, як об'єкт картографування, як можливий варіант для об'їзду та загального показу стану доріг та транспортної автомобільної мережі в області.

2. Аварійні частини доріг та ями на дорогах показані з нового джерела, а саме свідчень людей. На початку 2014 року в інтернеті з'явилась інтерактивна карта ганьби укравтодору [8], де люди позначають місця з ямами на дорогах та незадовільним станом доріг. До позначки додається доказ у вигляді відеоматеріалів. За свідченнями влади неякісні дороги руйнуються через перепади температур, а на створення якісного дорожнього покриття немає грошей. Також генпрокуратура запевняла, що на ремонт доріг було виділено близько 11 млрд. доларів. Львівська область є найяскравішим зразком для даного показника картографування, оскільки на її території — найгірші дороги в Україні. За свідченням Укравтодору, Львівська область найперша у п'ятірці проблемних областей із значним залишком ямковості на дорогах станом на 11 липня 2013 року. Цей показник становив 77 тис. кв.м. Проте, це область, в яку найперше потрапляють перевізники з Західної Європи при в'їзді в Україну, що мало би стимулювати до підтримання гідного стану доріг на її території.

3. Пункти пропуску на основні міжнародні напрямки.

Пункт пропуску через державний кордон України — спеціально виділена територія на залізничних та автомобільних станціях, у морських і річкових портах, аеропортах (аеродромах) з комплексом будівель, споруд і технічних засобів, де здійснюються прикордонний, митний та інші види контролю і пропуск через державний кордон осіб, транспортних засобів, вантажів та іншого майна.

Для даного дослідження були взяті пункти, що мають значення для автомобільних вантажних перевезень. На території області знаходяться чотири пункти пропуску, а саме Рава-Руська, Краковець, Шегині, Смільниця.

4. Пропускна здатність пунктів пропуску.

Дані для даного об'єкта картографування були взяті зі Звіту Обрахункової палати України «Про результати перевірки ефективності функціонування пунктів пропуску (прикордонних переходів) через державний кордон з Республікою Польща» [6].

За інформацією, поданою у зазначеному джерелі, найменш завантаженим з автомобільних пунктів пропуску на українсько-польському кордоні є найпотужніший та найкраще облаштований з них — МАПП "Краковець".

Однією з основних причин цього є певні обмеження в переміщенні товарів через зазначений пункт пропуску. Кабінетом Міністрів України затверджено переліки пунктів пропуску на митному кордоні України, до них внесено тільки два пункти пропуску, на яких може здійснюватись переміщення всіх, без винятку, товарів на українсько-польській ділянці державного контролю: МАПП "Шегіні" та МАПП "Ягодин".

Для МАПП "Краковець", "Рава-Руська" та "Устилуг" встановлені обмеження, якими через ці пункти дозволено переміщення тільки товарів 1 – 24 груп та транспортних засобів, а для МАПП "Смільниця" — лише товарів 1 – 24 груп.

Порівняльний аналіз проектних потужностей пунктів пропуску через українсько-польський кордон з їх фактичним завантаженням свідчить, що через міжнародні автомобільні пункти пропуску "Шегіні", "Рава-Руська" та "Ягодин" протягом 2000 – 1 півріччя 2004 років державний кордон перетнуло значно більше вантажних транспортних засобів, ніж передбачено проектними потужностями.

Співвідношення питомої ваги МАПП "Ягодин" у загальній проектній потужності всіх автомобільних пунктів пропуску на цій ділянці державного кордону з його питомою вагою в загальному обсязі вантажних транспортних засобів, що перетнули кордон протягом 2000 — І півріччя 2004 років, склало 157,4 відсотка, що свідчить про перевантаженість цього пункту пропуску на 57,4 відсотка. Аналогічно, перевантаженість МАПП "Рава-Руська" становила 33,7%, "Шегіні" — 24,2%. Водночас потужності МАПП "Краковець" використовувалися не в повному обсязі, він був завантажений за цей період лише на 33,2%.

Скасування обмежень у спеціалізації цього пункту пропуску дало б змогу більш ефективно використовувати його потужності і, одночасно, розвантажити інші пункти пропуску та транспортні шляхи на цій ділянці державного кордону, що, в свою чергу, упорядкувало б рух автотранспорту та зменшило черги транспорту на державному кордоні.

5. Перевезення вантажів автомобільним транспортом (у тисячах тонн на квадратний кілометр) для стратегічного огляду районів для оптимального вибору маршруту.

Транспортний комплекс є важливою складовою економіки Львівщини, адже його розвиток та ефективне функціонування є необхідною умовою стабілізації та економічного зростання. У той же час стан економіки впливає на транспортну галузь, оскільки обсяги торгівлі, продукції промисловості, сільського господарства, будівництва переважно визначають завантаженість транспортної системи.

Поступовий вихід упродовж 2010 – 2011 років економіки з кризи відобразився і на діяльності транспорту.

Після падіння у 2009 році обсягів вантажних перевезень усіма видами транспорту Львівщини на 24% порівняно з 2008 роком, другий рік поспіль перевезення збільшувалися: у 2010 році порівняно з попереднім — на 6,6%, у 2011 році — на 10,4% (в Україні — відповідно на 8,7% та 6,8%).

Провідна роль у вантажних перевезеннях Львівщини належить автомобільному транспорту, адже у 2011 році автотранспортом підприємств, організацій та фізичних осіб-підприємців було перевезено 86,3% усіх вантажів області, що становило 22,2 млн. тонн вантажів.

Якщо у кризовому 2009 році проти попереднього вантажні автомобільні перевезення зменшилися майже на чверть, то упродовж 2010 – 2011 років зростали — на 8% та на 14% відповідно. У 2011 році вантажні автоперевезення майже досягли рівня 2008 року. Майже половину вантажів було перевезено на комерційній основі — 10,9 млн.т, це на 22,9% більше, ніж у 2010 році. Обсяг вантажних перевезень для власних потреб збільшився на 6,5% і становив 11,3 млн. т.

П'яту частину комерційних перевезень області, або майже десяту частину загальнообласного обсягу перевезень, забезпечують фізичні особи-підприємці, автотранспортом яких у 2011 році перевезено 2,1 млн. тонн вантажів. Це на 2,8% більше, ніж у 2010 році. Вантажооборот зменшився на 6,5% і становив 731,6 млн. т. км.

Отже, показник був взятий із Статистичного щорічника Львівської області. Дані Головного управління статистики у Львівській області станом на 2011 рік по регіонах.

Наведені дані, показані на карті, відображають наступну ситуацію. Найбільше вантажів перевезено через міста Львів, Трускавець, Червоноград. Такий показник відобразився через те, що через ці міста проходять ключові магістралі в області. Найменше вантажів перевезено автомобільним транспортом у розрахунку на площу району через Дрогобицький, Мостиський, Перемишлянський, Старосамбірський та Турківський райони. Така ситуація склалась якраз через те, що ці райони на включають на своїй території важливих транспортних магістралей. Або у випадку Мостиського району, через територію якого проходить міжнародний шлях М-11 і знаходиться міжнародний пункт пропуску Шегині — через велику площу району — отримав даний показник. Але саме це й показує потенціал району, так як він залишається недовантаженим, попри своє стратегічне прикордонне положення.

Знакові системи та способи картографування на логістичних картах для автомобільних вантажних перевезень. Розробка знакових систем для відображення показників картографування при складанні логістичних карт повинна базуватись на положеннях традиційної картографії, геоінформаційного картографування та технічних можливостях їх реалізації.

Отже, наступним етапом після обрання об'єкту та показників картографування став вибір способів картографування, які б найкращим чином дозволили здійснити перехід від реальної дійсності до картографічної моделі.

Для відображення відносних показників, а саме перевезення вантажів автомобільним транспортом, який був розрахований як відношення вантажообігу до площі регіону, з отриманим показником у тис. тонн/км^2, був обраний традиційний спосіб картограм з адміністративно-територіальною одиницею картографування — район або місто обласного значення. Ряд значень був розбитий на п'ять градацій. Спосіб розбиття — з приблизно рівною кількістю одиниць в кожному діапазоні розбиття. Такий спосіб був обраний для найкращої читаності карти. Так, в крайні діапазони попали по 5 і 3 регіонів відповідно. Таким чином, вони чітко виділяються на карті серед інших районів та територій міст і дають уявлення про райони, і вантажообіг на їх території [1].

Автомобільні шляхи були традиційно показані лінійними знаками, виділеними за категоріями і відображені різними кольорами і товщиною відповідно до їх рангу і значущості. Варто зазначити, що ширина дороги — позамасштабна характеристика, відображена так для кращої читаності і наочності карти [2]. Всі зображені дороги підписані згідно прийнятими в Україні позначеннями. Міжнародні автошляхи, які входять в європейську транспортну мережу мають два підписи — за українською класифікацією і європейською відповідно. Крім того, були використані художні позамасштабні лінійні позначення — для показу аварійних ділянок дороги. Лінійний знак стилізований під дорожні умовні знаки, звичні водіям, перевізникам, а саме потенційним користувачам карти.

Так, як і на будь-якій тематичній карті, на карті відображення стану доріг є доцільним використання способу локалізованих значків, який був використаний для відображення митних пунктів пропуску,

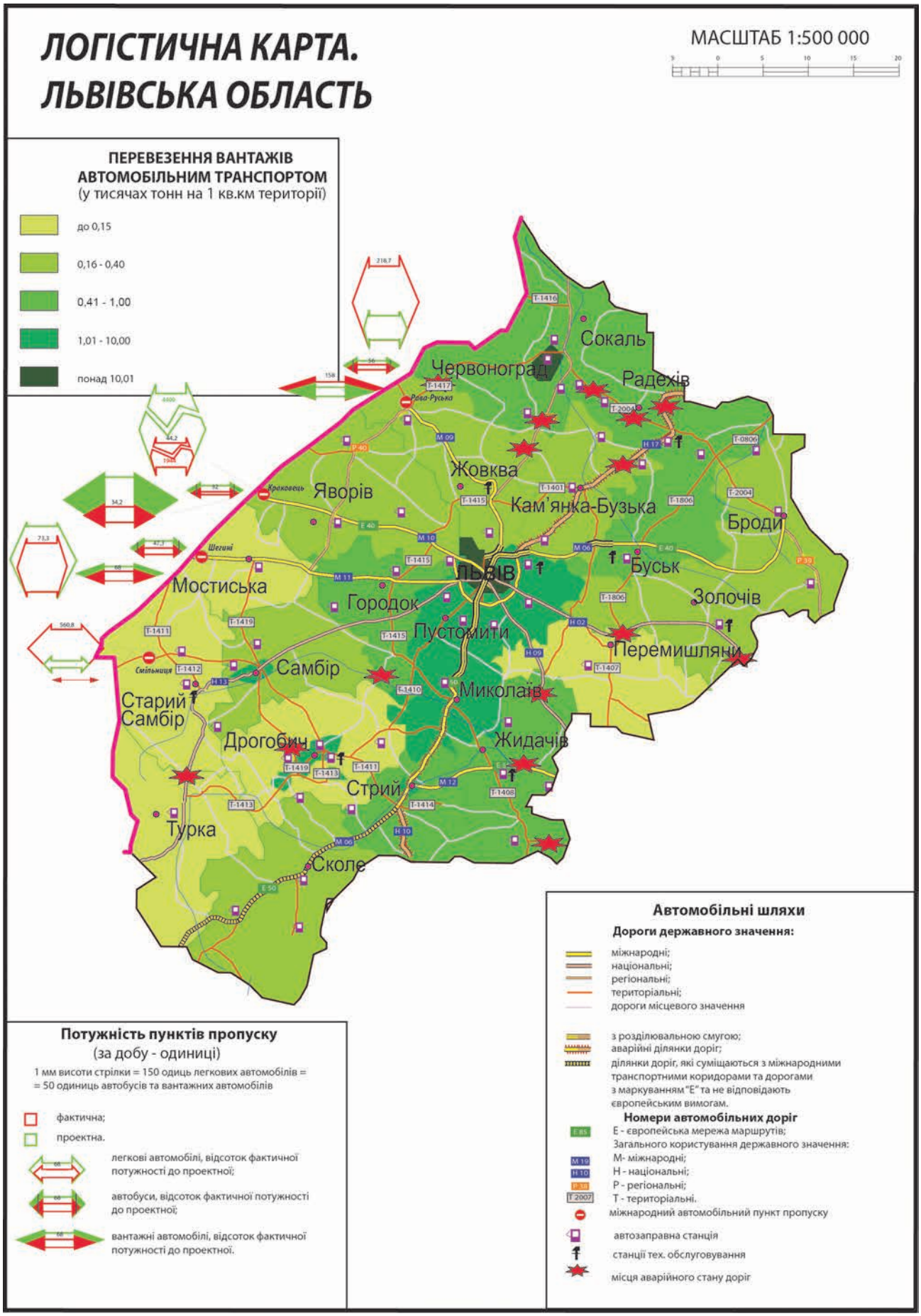


Рис. 1. Логістична карта. Львівська область

автозаправних станцій, станцій технічного обслуговування, позначень ям на дорогах. Зазначені умовні знаки є художніми, стилізованими під реальний вигляд або позначення зазначених об'єктів дійсності для наглядності та кращої читаності карти.

Для відображення потужності та пропускної здатності міжнародних автомобільних пунктів пропуску був розроблений авторський умовний знак у вигляді стрілок різного кольору, заштрихованості та форм. Цей знак є локалізованою діаграмою, що включає елементи наглядності, кольору та цифрових позначень. Висота стрілки відповідає кількості одиниць певного виду транспорту, який може пропустити даний пункт пропуску. Вид стрілки відображає вид транспорту. Колір відображає ще одну якісну характеристику, а саме — потенційну і фактичну пропускну спроможність. Крім того, для найкращої інформативності — цифровим позначенням поданий відсоток фактичної потужності пункту до проектної. Знаки винесені за картографічне зображення, проте територіальна прив'язка до певного пункту пропуску відображена безпосередньою близькістю знака до пункту або тонкою лінією — зв'язкою. Таким чином, розроблений умовний знак відображає 5 характеристик одночасно.

Зразок виконаного картографічного твору зображений на рис. 1.

Висновки. Варто зазначити, що згідно з Концепцією розвитку транспортно-дорожнього комплексу (ТДК) України на середньостроковий період та до 2020 року передбачено активізацію процесів інтеграції ТДК України до європейської та світової транспортних систем. Розробка карт із відображенням низької інтеграції України у світову дорожню мережу може активізувати даний процес та вмотивувати його організаторів та виконавців.

Окрім далекоглядних планів розвитку інтеграції України в Європейську транспортну мережу, а як наслідок, і економіку, логістичні карти покликані виконувати нагальні потреби вітчизняних перевізників.

Розроблений картографічний твір відповідає всім вимогам традиційної картографії і є цікавим і корисним продуктом для працівників описаної сфери економіки України. Крім того, він може бути використаним для подальших досліджень з даної тематики, оскільки містить систематизовану, нову і графічно відображену інформацію про забезпеченість Львівської області автомобільними шляхами, стан автодоріг, митні пункти пропуску, рівень їх завантаженості.

Рецензент: кандидат географічних наук, професор А. М. Молочко

Література:

1. Бочаров М. К. Основы теории проектирования систем картографических знаков/М. К. Бочаров — М. Недра, 1966. — 166 с.

2. Востокова А. В. Оформление карт. Компьютерный дизайн: Учебник/А. А. Востокова, С. М. Кошель, Л. А. Ушакова/[Под ред. А. В. Востоковой]. — М.: Аспект Пресс, 2002. — 288 с.

3. Гаман Н. О. Картографічне забезпечення транспортних вантажних логістичних потоків в Україні/Н. О. Гаман//Часопис картографії: Збірник наукових праць. — [Вып. 4] — К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2012. — 208 с.

4. Коваленко В. М. Вантажні автомобільні перевезення: Підручник/В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін, В. К. Машика — К.: Літера ЛТД, 2006. — 304 с.

5. Олійник Я. Б. Міжнародна логістика. Навчальний посібник/Я. Б. Олійник, І. Г. Смирнов — К.: Обрії, 2011. — 544 с.

6. Про результати перевірки ефективності функціонування пунктів пропуску (прикордонних переходів) через державний кордон з Республікою Польща/підготовлено департаментом з питань безпеки держави та правоохоронної діяльності і затверджено постановою Колегії Рахункової палати.від 07.12.2004 № 27 – 4. — [Вип. 3] — К.: Рахункова палата України, 2005.

7. Юхновський І. Р. Транспортний комплекс України. Автомобільні дороги: проблеми та перспективи/І. Р. Юхновський, Г. Б. Лебеда, Т. І. Попова/[за ред. І. Р. Юхновського]. — К.: ФАДА, ЛТД, 2004. — 288 с.

8. Сайт телеканалу ТВІ. Карта ганьби Укравтодору [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://tvi.ua/new/2013/02/15/karta_hanby_ukravtodoru.

УДК 911.9:502 (477.54):004

В. Г. Клименко, А. В. Олійник
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДООХОРОННОЇ МЕРЕЖІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ГРАФОАНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ

У статті за допомогою індексу інсуляризації та графоаналітичної методики проаналізовано ефективність природоохоронної мережі Харківської області.
Ключові слова: природоохоронна мережа, індекс інсуляризації, теорія графів.

V. G. Klimenko, A. V. Oleynik
EVALUATION AND ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF NATURE CONSERVATION NETWORK IN KHARKIV REGION USING GRAPHIC-ANALYTICAL METHOD
The article analyzes the effectiveness of nature conservation network in Kharkiv region using an insolarization index and graphic-analytical method.
Keywords: nature conservation network, insolarization index, graph theory.

В. Г. Клименко, А. В. Олейник
ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДООХОРОННОЙ СЕТИ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ
В статье с помощью индекса инсуляризации и графоаналитической методики проанализирована эффективность природоохранной сети Харьковской области.
Ключевые слова: природоохранная сеть, индекс инсуляризации, теория графов.

Вступ. Процес формування і розвитку екологічних мереж в Україні та в області є достатньо молодим і перспективним напрямком сучасних географічних досліджень. Тому в даному дослідженні було надано оцінку та аналіз ефективності природоохоронної мережі Харківської області за допомогою коефіцієнту інсуляризації, графоаналітичного методу.

Вихідні передумови. Теорія формування та розвитку мережі природоохоронних територій висвітлена в працях Т. Л. Андрієнко, В. А. Барановського, Д. В. Беседіна, М. А. Голубця, М. Д. Гродзинського, О. В. Клімова, В. В. Лаврова, В. С. Лактіонова, К. М. Ситника, С. М. Стойка, О. Г. Топчієва, Ю. Р. Шеляг-Сосонка, П. Г. Шищенка, П. Л. Царика та ін.

Метою дослідження є дослідження особливостей формування екологічної мережі та аналіз об'єктів природно-заповідного фонду Харківської області на наявність функціональних зв'язків, оцінка ефективності природоохоронної мережі області.

Виклад основного матеріалу. На даному етапі національна та регіональні екомережі перебувають на стадії формування та розвитку, тому більш правильно і доречно оцінювати мережу природоохоронних територій, яка в своєму складі має ключові території, які мають можливість бути каркасом екомережі. Найбільш цінними є об'єкти з великою площею, тому що вони є достатньо стійкими біоцентрами [3]. Природне різноманіття ландшафтів в Харківській області представлено 35 ландшафтними місцевостями, які за ознаками поширення ґрунтів та особливостей рослинного покриву поділяються на такі категорії: типові, рідкісні, а також зникаючі місцевості, але нажаль частина території області характеризується високим рівнем господарського освоєння, де природні ландшафти збереглися лише у вигляді відокремлених ділянок. Для таких ділянок властива тенденція до скорочення площі та втрата зв'язків між ними, що призводить до зменшення біорізноманіття [2].

Якість природно-заповідної мережі області визначаємо за коефіцієнтом інсуляризованості, що свідчить про величину об'єктів ПЗФ та їхню стійкість. Ступінь розчленованості природно-заповідного фонду (коефіцієнт інсуляризованості) I, є середньоарифметичним значенням суми двох показників (I_m та I_n). Показник I_m визначається [1]:

$$I_m = S_1/S, \quad (1)$$

де S_1 — площа відносно нестійких ПЗО, га; S — загальна площа ПЗФ певної території, га.

Компонента I_n визначається:

$$I_n = N_1/N, \quad (2)$$

де N_1 — кількість нестійких ПЗО; N — загальна кількість ПЗО на даній території.

В цілому, індекс інсуляризованості ПЗФ (I) буде дорівнювати:

$$I = (S_1/S + N_1/N)/2, \quad (3)$$

Чим вище значення даного коефіцієнту, тим більшу частку в територіальній структурі природно-заповідного фонду займають нестійкі заповідні території, які часто через невелику їх площу є екологічно нестабільними і тому їх роль у існуючій природоохоронній мережі області незначна. Розрахунки складових коефіцієнт інсуляризованості а також сам коефіцієнт наведені далі для кожного з районів області (табл. 1).

Таблиця 1

Коефіцієнт інсуляризованості районів Харківської області

№	Район	S1	S	N1	N	Im	In	I
1	Богодухівський	69,5	349,50	6	8	0,2	0,75	0,48
2	Балаклійський	86,80	7128,70	8	13	0,012	0,62	0,32
3	Барвінківський	116,5	483,70	6	8	0,24	0,75	0,50
4	Близнюківський	13	271,00	3	6	0,05	0,5	0,28
5	Борівський	68,1	6691,10	4	5	0,01	0,8	0,41
6	Валківський	90,8	338,50	11	14	0,27	0,79	0,53
7	Великобурлуцький	71,9	3619,10	5	13	0,02	0.38	0,2
8	Вовчанський	15,5	4474,2	2	10	0,003	0,2	0,10
9	Дворічанський	293,3	3902,90	11	15	0,08	0,73	0,41
10	Дергачівський	98,4	670,40	8	11	0,15	0,73	0,44
11	Зачепилівський	18,5	1377,60	2	5	0,01	0,4	0,21
12	Зміївський	88,69	8968,69	6	12	0,01	0,5	0,26
13	Золочівський	51,05	51,05	5	5	1	1	1
14	Ізюмський	85,9	3642,80	6	10	0,02	0,6	0,31
15	Кегичівський	11,4	536,90	2	6	0,02	0,33	0,18
16	Коломацький	32,00	32,00	2	2	1	1	1
17	Красноградський	10	170,00	3	4	0,06	0,75	0,41
18	Краснокутський	121,8	6446,90	12	17	0,02	0,71	0,37
19	Куп'янський	24,6	179,60	2	5	0,14	0,4	0,21
20	Лозівський	65,3	115,30	6	7	0,57	0,85	0,72
21	Нововодолазький	30,8	329,10	4	7	0,09	0,57	0,33
22	Первомайський	38	6516,30	3	6	0,006	0,5	0,25
23	Печенізький	-	11182,10	-	5	0	0	0
24	Сахновщинський	18,3	148,00	2	3	0,12	0,67	0,4
25	Харківський	116,80	144,80	9	15	0,81	0,6	0,71
26	Чугуївський	15,5	4128,67	3	9	0,004	0,33	0,17
27	Шевченківський	70,8	88,50	5	6	0,8	0,83	0,82

В цілому коефіцієнт інсуляризованості по області складає I = 0,33, тобто більше половини природно-заповідних об'єктів мають невелику площу (S<50 га). По районах Харківської області коефіцієнт інсуляризованості значно відрізняється. Так, в Золочівському та Коломацькому районах він досягає значення 1, тобто всі природно-заповідні об'єкти мають площу менше 50 га і є екологічно нестійкими. Неоптимально сформована природно-заповідна мережа у Шевченківському (коефіцієнт інсуляризованості 0,8), Лозівському (0,7), Харківському (0,65), Валківському (0,5) районах. Найкраще сформована природно-заповідна мережа в Зміївському (0,25), Вовчанському (0,1) районах (рис. 1).

Для аналізу та оцінки ефективності системи природоохоронних територій Харківської області було використано графоаналітичний метод, який базується на теорії графів. При цьому вершинами графу є об'єкти ПЗФ (біоцентри), а ребрами — зв'язки між ними (біокоридори). Застосування цього методу дає змогу охарактеризувати мережу природоохоронних територій, визначити наскільки оптимальним є їх взаєморозташування, дослідити чи існують між ними шляхи для міграції організмів.

Перед побудовою графу спочатку потрібно визначитись із критеріями виділення тих чи інших природних об'єктів у вигляді елементів графу — вершин і ребер. Після аналізу структури природно-заповідного фонду Харківської області, у якості вершин проектованого графу було відібрано низку відносно стабільних ПЗО, що можуть виконувати роль біоцентрів. На думку Ю. А. Злобіна та його співавторів, гранична площа ПЗО, яку можна вважати екологічно стабільною, в Україні складає 50 га. Цьому критерію в межах області відповідають 86 об'єктів природно-заповідного фонду. Отже, за базис дослідження можна прийняти ці 86 об'єктів, які відповідають даному критерію. Більша частина їх знаходиться в межах північної частини Харківської області. Північ області займає лісостепова зона і в своєму складі має 59 об'єктів ПЗФ, на півночі — степова природна зона, в межах якої знаходиться 27 об'єктів ПЗФ.

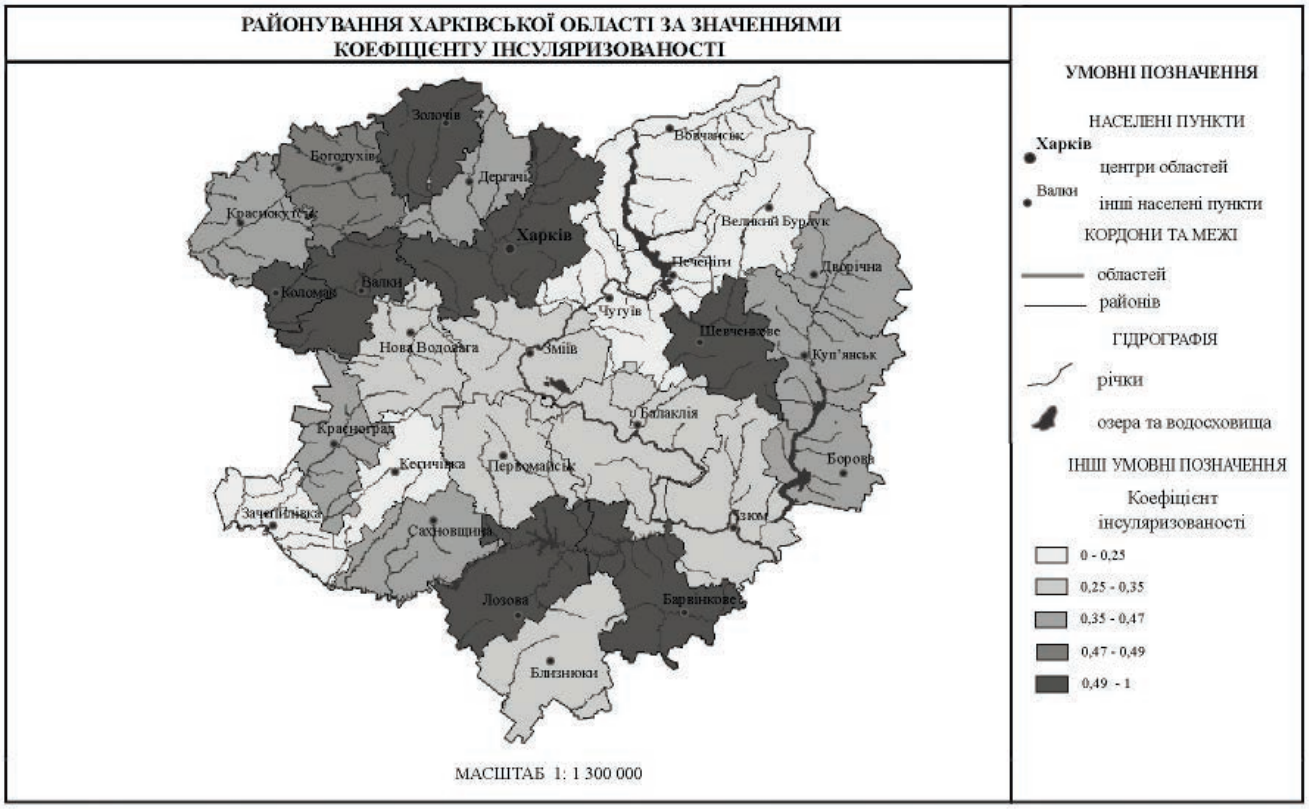


Рис. 1. Районування Харківської області за значеннями коефіцієнту інсуляризованості (побудовано автором)

Альфа-індекс характеризує наявність і насиченість мережі біокоридорів циклами й являє собою відношення числа циклів, які існують у мережі біокоридорів, до їх максимально можливого для даного числа біоцентрів числа. Чим вище значення α-індексу, тим більше альтернативних шляхів міграції особин з біоцентру і тим мережа ефективніше виконує біотично-міграційну функцію (оптимальне значення α-індексу = 1,0) [1].

Бета-індекс оцінює розвиненість мережі біокоридорів: при $\beta < 1$ мережа не має жодного циклу (тобто є графом-деревом); при $\beta = 1$ — тільки один; при $\beta > 1$ — декілька; при $\beta = 3$ усі біоцентри об'єднуються біокоридорами в цикли, що й можна вважати за оптимум [1].

Гамма-індекс є відношенням існуючого числа ребер до їх максимально можливого (для даного V) числа і характеризує ступінь альтернативності вибору шляхів міграції з одного біоцентру до інших. Чим вище його значення, тим більш розгалуженою є мережа біокоридорів й тим коротші шляхи міграції між двома довільно обраними біоцентрами. При γ = 1 кожен біоцентр безпосередньо одним біокоридором зв'язаний з кожним, що і є оптимальним для природоохоронної мережі [1].

Всі ці показники можна розрахувати за наступними формулами:

$$\alpha = \frac{E - V + 1}{2V - 5} \qquad (4)$$

$$\beta = \frac{E}{V} \qquad (5)$$

$$\gamma = \frac{E}{3(V - 2)} \qquad (6)$$

Крім цих показників, зв'язність графу можна також оцінювати й за рядом інших. Зокрема, таким показником є дефіцит графу. Показник дефіциту графу дорівнює одиниці для графів-дерев, які є мінімально зв'язними. Отже, значення індексу показує, наскільки близьким чи далеким є граф до мінімально-зв'язного [1]:

$$\varepsilon = \frac{E}{V - 1} \qquad (7)$$

Нині площа природно-заповідних територій області становить 76434,01 га. За статусом природно-заповідні об'єкти (ПЗО) поділяються на дві групи: загальнодержавного (13 ПЗО площею 23984,60 га) та місцевого значення (228 ПЗО площею 52449,41 га).

З метою дослідження природоохоронної мережі Харківської області було побудовано граф, біоцентрами якого виступають об'єкти природно-заповідного фонду, площею більше 50 га (рис. 2). З метою вивчення територіальних закономірностей природоохоронної мережі було складено карту системи природоохоронних територій Харківської області, поверх якої нанесено граф, котрий складається із системи біоцентрів та біокоридорів (рис. 3).

Вже поверхневий аналіз даної карти показує, що мережа природоохоронних територій області є розбалансованою, оскільки більшість об'єктів природно-заповідного фонду знаходиться в лісостеповій зоні. На півдні, в степовій зоні, досліджуваних біоцентрів значно менше. Також характерним недоліком південної частини Харківської області є те, що в своєму складі вона містить значну кількість ПЗО,

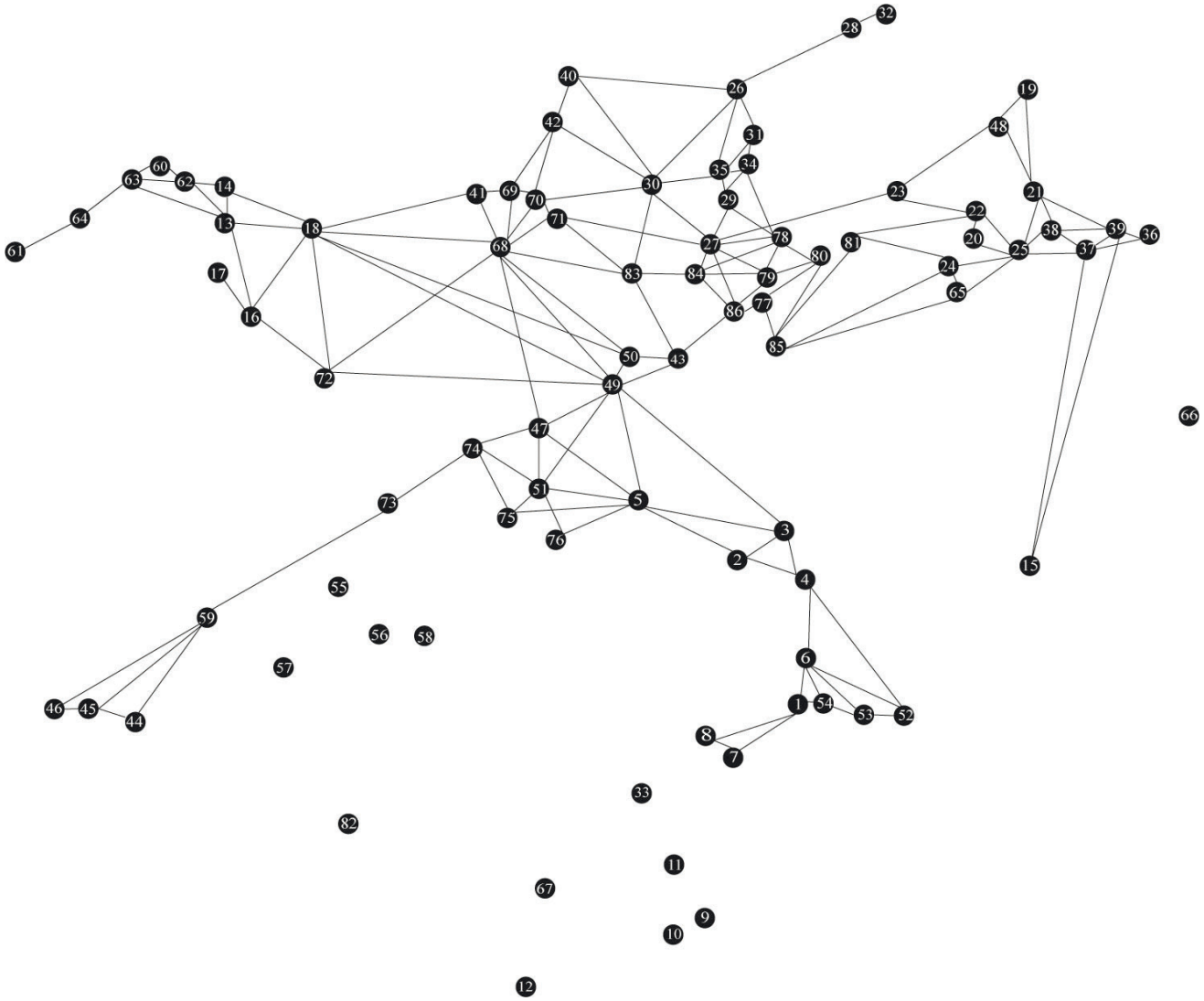


Рис. 2. Граф «Природоохоронна мережа Харківської області» (побудовано автором)

Об'єкти природно-заповідного фонду: 1. Бір, 2. Крейдяна лісова дача, 3. Лиман, 4. Савинська лісова дача, 5. Тюндик, 6. Ізюмська лука, 7. Бритай, 8. Новодмитрівський, 9. Семенівський, 10. Бурбулатівський, 11. Надеждинський, 12. Тернівський, 13. Гутянський, 14. Шарівський, 15. Червонооскільський, 16. Іллюхівський, 17. Коломачки, 18. Старомерчанський, 19. Артільнецький, 20. Божкове, 21. Бурлуцький, 22. Великобурлуцький степ, 23. Гнилицький, 24. Дегтярне, 25. Катеринівський, 26. Великий ліс, 27. Кочетоцький, 28. Вовчанський, 29. Новодонівський, 30. Пивне, 31. Радянський, 32. Сіверськодонецький, 33. Лозівський, 34. Соколята, 35. Старосалтівський, 36. Дворічанський, 37. Дворубчине, 38. Колодязнянський, 39. Конопляне, 40. Великоярузький, 41. Лозовеньківський, 42. Парк дикої природи «Ольхова балка», 43. Малинівський, 44. Займанський, 45. Орільський, 46. Російський Орчик, 47. Гомільшанська лісова дача, 48. Малобурлуцький, 49. Мохначанський, 50. Середньодонецький, 51. Гомільшанські ліси, 52. Гора Крем'янець, 53. Караван, 54. Красношахтарська, 55. Ковиловий, 56. Коханівський, 57. Олександрівський, 58. Павлівський, 59. Мартинівський, 60. Володимирівська дача, 61. Капранський, 62. Мурафський, 63. Оберіг, 64. Слобожанський, 65. Цибівський, 66. Куп'янський, 67. Дружба, 68 Григорівський бір, 69. Помірки, 70. Пам'ятка природи Сокольники-Помірки, 71. Сокольники помірки, 72. Іванья, 73. Чаплі, 74. Берестовий Змійов, 75. Берецький, 76. Верхньообишкинський, 77. Кицівський, 78. Кулаківський, 79. Печенізька лісова дача, 80. Печенізьке поле, 81. Печенізький, 82. Дубові гряди, 83. Ковиловий степ, 84. Кочетоцька лісова дача, 85. Миколаївські насадження, 86. Піщаний.

які не поєднується між собою взаємозв'язками.

Показники зв'язаності графу підтвердили нашу думку про те, що мережа біокоридорів, які з'єднують між собою об'єкти ПЗФ недостатньо розвинена. Загалом для всієї Харківської області характерні недостатньо високі значення індексів зв'язаності. Можна відмітити таку закономірність, як те що показники відрізняються в різних фізико-географічних зонах області. В межах Лісостепової індекси близькі до оптимальних значень, в той час як для Степової зони було відзначено дуже низьких значень, а альфа-індекс зовсім сягає від'ємних (табл. 2).

Вище наведені дані засвідчують, що на даний момент мережа природоохоронних територій Харківської області має недостатньо розвинену систему біокоридорів, тому вона у певній мірі не виконує повноцінної функції

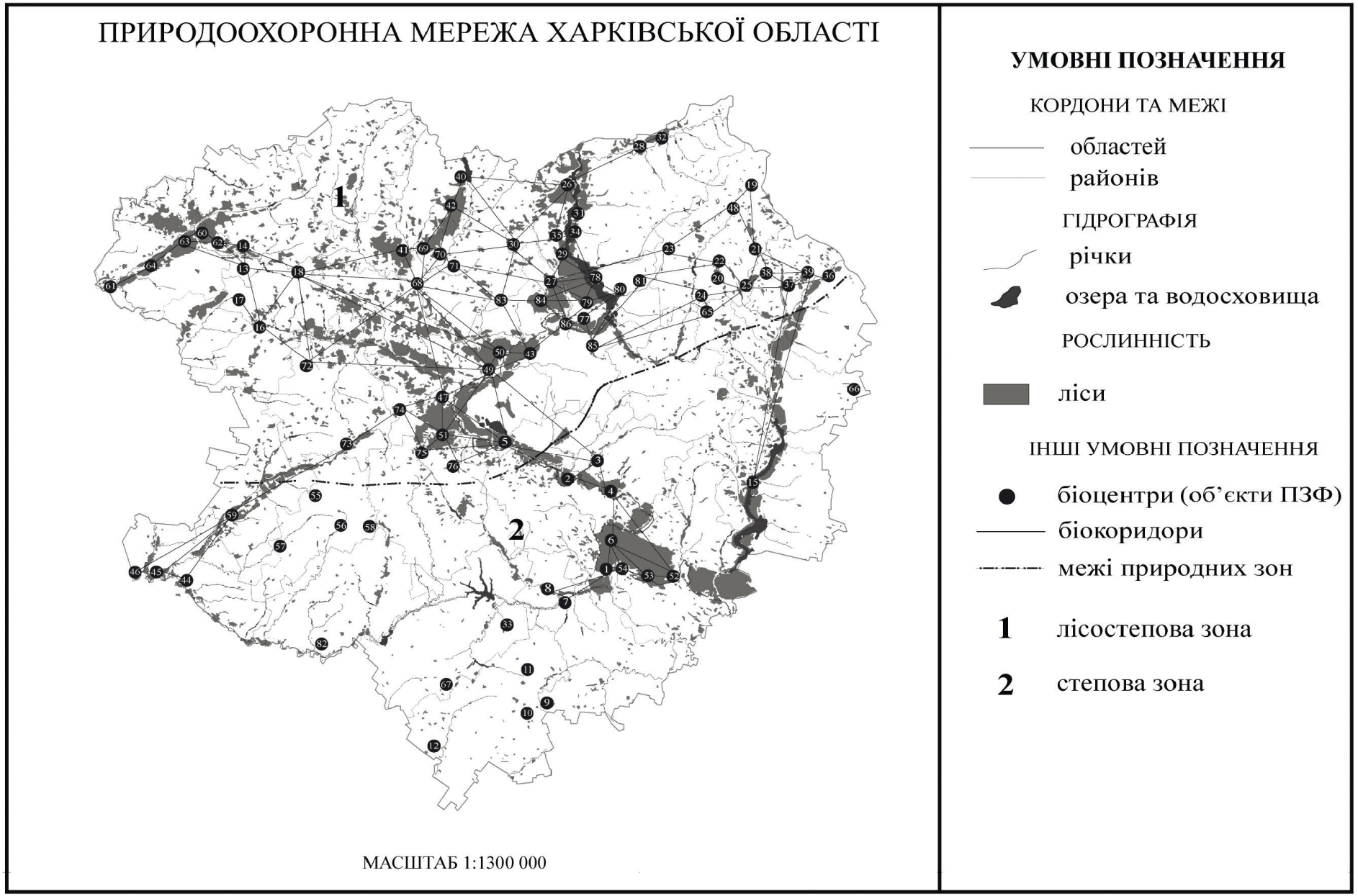


Рис. 3. Природоохоронна мережа Харківської області (побудовано автором)

міграції та збереження біорізноманіття.

Таблиця 2

Показники зв'язності мережі об'єктів природно-заповідного фонду Харківської області

	Індекси зв'язності			
	α-індекс	β-індекс	γ-індекс	ε-індекс
Лісостепова зона	0,5	2	0,6	2
Степова зона	-0,04	0,8	0,3	0,9
Харківська область	0,3	1,6	0,6	1,6
Оптимальні значення	1	3	1	1

Висновки. Проаналізовано особливості формування природоохоронних територій, як можливого каркасу для створення екологічної мережі. Визначено коефіцієнт інсуляризованості та встановлено, що значна частка (64%) у структурі ПЗФ припадає на екологічно нестійкі, невеликі за площею природно-заповідні об'єкти. Проведена оцінка ефективності природоохоронної мережі за допомогою графоаналітичної методики. В результаті аналізу ефективності природоохоронної мережі Харківської області встановлено, що об'єкти природоохоронної мережі даного регіону недостатньо раціонально взаємодіють між собою. Причинами можна вважати: високий рівень господарського освоєння території (в південній частині Харківської області); значну фрагментованість ПЗО (в південній частині області); нерівномірний розподіл об'єктів природно-заповідного фонду по території області.

Вважаємо, що до складу природно-заповідного фонду районів потрібно включити землі, через які мають проходити зв'язки між біоцентрами, котрі на даний час є порушеними. В першу чергу такі заходи необхідно застосувати в південній частині Харківської області, оскільки на цій території ситуація не є оптимальною для нормального функціонування і обміну генетичним матеріалом.

Рецензент: доктор географічних наук, професор В.А. Пересадько

Література:

1. Гродзинський М.Д. Пізнання ландшафту: місце та простір: Монографія. У 2-х т.— [Т. 2]/М.Д. Гродзинський.— К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2005. — 503 с.

2. Клімов О.В. Екологічна мережа Харківської області/О.В. Клімов, О.В. Філатова, Г.С. Надточій [та ін.].— Харків: Грама, 2008.— 168 с.

3. Романів А. Оцінка ефективності природоохоронної мережі Рівненської області на основі графоаналітичної методики/А. Романів, В. Селецький//Заповідне, рекреаційне природокористування та моніторинг навколишнього середовища.— [№ 1] — 2010.— С. 10-15.

УДК 528.9:528.7

М. В. Косарєв, С. О. Ясенев
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

КОСМІЧНІ ЗНІМКИ ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА ОСНОВА КАРТОГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

У даній статті розглянуті деякі способи отримання космічних знімків земної поверхні, особливості їх обробки і використання. Розглянуті параметри космічних знімків високої просторової роздільної здатності з позиції їх застосування у якості основи для геоінформаційного картографування. Проаналізовано особливості методики обробки даних ДЗЗ: радіометрична та геометрична корекція, покриття, покращення візуальних властивостей знімків, вибір та здійснення проектування до відповідної географічної системи координат. Наведені математичні моделі для фотограмметричної обробки сканерних космічних знімків. Проведено аналіз математичних моделей для фотограмметричної обробки і можливостей їх подальшого використання. Визначено фактори забезпечення комерційної вигоди від обґрунтованого вибору матеріалів для потреб великомасштабного картографування в сучасних умовах.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, геоінформаційне картографування, космічні знімки, аерокосмічні дослідження, дозвіл, корекція.

Н. В. Косарєв, С. А. Ясенев

КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ОСНОВА КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В данной статье рассмотрены некоторые способы получения космических снимков земной поверхности, особенности их обработки и использования. Рассмотрены параметры космических снимков высокого пространственного разрешения с позиции их применения в качестве основы для геоинформационного картографирования. Проанализированы особенности методики обработки данных ДЗЗ: радиометрическая и геометрическая коррекция, покрытие, улучшения визуальных свойств снимков, выбор и осуществление проектирования до соответствующей географической системы координат. Приведены математические модели для фотограмметрической обработки сканерных космических снимков. Проведен анализ математических моделей для фотограмметрической обработки и возможностей их дальнейшего использования. Определены факторы обеспечения коммерческой выгоды от обоснованного выбора материалов для нужд крупномасштабного картографирования в современных условиях.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, геоинформационное картографирование, космические снимки, аэрокосмические исследования, разрешение, коррекция.

M. V. Kosarev, S. O. Yasenev

SATELLITE IMAGES AS THE FUNDAMENTAL BASIS OF CARTOGRAPHIC MATERIALS AND GEOINFORMATION SYSTEMS

This article discusses some ways to get satellite images of the earth's surface, especially their handling and use. Parameters of satellite images of high spatial resolution of the position of their use as a basis for GIS mapping were considered. The features of remote sensing data processing techniques: radiometric and geometric correction, coverage, improvement of visual properties of the images, selection and implementation of the design to the geographical coordinate system are analyzed. The analysis of mathematical model for photogrammetric scanner processing of satellite images was conducted. The analysis of mathematical models for photogrammetric processing and their potential use was given. The factors provide commercial benefits of informed choice of materials for the needs of large-scale mapping in modern conditions.

Key words: the Earth remote sensing, geoinformation mapping, satellite imagery, aerospace research, resolution, correction.

Вступ. Нині в навколоземному просторі функціонує близько тисячі діючих космічних апаратів (КА) різного призначення та державної належності. Серед них близько півсотні космічних апаратів ДЗЗ та ще більше метеорологічних й топогеодезичних космічних апаратів і КА видової розвідки, що формують іконічну інформацію методами ДЗЗ.

Ми б хотіли відзначити широкі можливості застосування матеріалів космічної зйомки для багатоаспектних цілей картографії, а саме: просторова роздільна здатність знімків з різних супутників зумовлює масштаби тематичних карт, розроблених на базі цих космічних знімків — створення тематичних карт масштабу від 1:100 000 до 1:5 000; векторні дані оцифрованих карт можуть інтегруватися з растровими даними космічних знімків для просторових запитів та оновлення баз картографічних даних; дані з космознімків високої просторової розрізненості є дуже корисними для містобудування і загального розвитку міста; транспортні мережі, різні типи шляхів і проїздів, основні дороги та інше — все це може бути закартографовано за допомогою геоінформаційних систем і технологій на основі космічних знімків [3]. Без залучення цих матеріалів традиційні картографічні документи, що відображають ситуацію на певну дату, застарівають досить швидко, оновлюються рідко і, фактично, цілісної актуальної картини сучасного стану та використання території міста звичайно не дають [2]. Практичне значення даної роботи полягає в удосконаленні процесу створення геоінформаційних систем на основі використання даних ДЗЗ.

Вихідні передумови. Хоча матеріали аерокосмічної зйомки використовуються для оновлення картографічних матеріалів досить давно, проте висока ціна зарубіжних космічних знімків крупного масштабу та відсут-

ність аналогічних вітчизняних знімальних систем обмежували використання цих даних у вітчизняній картографії. В останні роки цій темі почали приділяти досить багато уваги, тому є публікації і дослідження з цього напрямку, проте вони не завжди ідуть одним шляхом, а іноді навіть суперечать одне одному [1 – 3, 5 – 8].

Матеріали аерокосмічної зйомки до 2003 року з високою просторовою розрізненістю (краще 5 м) в Україні були засекречені. Висвітлювалися питання удосконалення власної системи ДЗЗ, використання космоматеріалів у ГІС різних рангів і призначення. Відомі зарубіжні публікації на тему використання космознімків для розробки тематичних геоінформаційних систем у ЄС, РФ, США та інших держав [6, 8, 10].

Важливе значення мають фундаментальні узагальнення інтеграції ДЗЗ та цифрового опрацювання зображень на космознімках, що впроваджуються такими багатьма науковими установами США, РФ, України та інших країн: USGS, Інститут космічних досліджень АН РФ, ЦАКДЗ ІГН НАН України і т. д. Одним із актуальних досягнень є визначення напрямків змін географічної ситуації на основі космознімків. В Україні також висвітлювалися питання удосконалення власної системи ДЗЗ, використання космоматеріалів у ГІС різних рангів і призначення [2, 9 – 10].

Перспективи подальших досліджень пов'язують з оновленням наявних матеріалів і виготовленням високоточних планів і карт територій, населених пунктів, окремих промислових об'єктів тощо, за якими можна визначати не лише планове положення об'єктів, а й висотне. Також, у багатьох публікаціях, йде мова про створення тривимірних моделей, які потрібні для глибокого аналізу геопросторової ситуації на проблемних територіях та прийняття найбільш обґрунтованих рішень щодо їх розвитку (що вже знайшло відображення у таких проектах як Google Earth).

Мета дослідження. Для впевненого використання космічних знімків недостатньо привести вихідні знімки до картографічної проекції, треба знати з якою точність можуть бути розпізнані ті чи інші об'єкти (іноді доводиться штучно збільшувати просторове розрізнення — паншарпенінг). За рахунок цього космічні знімки надвисокої роздільної здатності можуть бути використані для задач, де потрібні висока точність, наприклад, при картографуванні і моніторингу територій населених пунктів [5 – 6, 11].

Виклад основного матеріалу. Для фотограмметричної обробки сканерних космічних знімків використовують строгі, універсальні і апроксимаційні моделі [10]. Суть строгого методу полягає у відновленні зв'язки променів, які проектуються на поверхню Землі і вирішенні колінеарних рівнянь:

$$x - x_0 = -f\frac{a_{11}(X-X_s)+a_{12}(Y-Y_S)+a_{13}(Z-Z_S)}{a_{31}(X-X_s)+a_{32}(Y-Y_S)+a_{33}(Z-Z_S)}$$

$$y - y_0 = -f\frac{a_{21}(X-X_s)+a_{22}(Y-Y_S)+a_{23}(Z-Z_S)}{a_{31}(X-X_s)+a_{32}(Y-Y_S)+a_{33}(Z-Z_S)} \quad (1),$$

де X_s, Y_s, Z_s координати центра фотографування в момент зйомки, X, Y, Z — геодезичні координати точки, x, y — координати точки на зображенні, f — фокусна відстань камери, x_0, y_0 — координати головної точки, a_{ij} — елементи матриці повороту на кути ω, φ, κ. При цьому враховуються фізичні параметри камери (фокусна відстань, координати головної точки, розмір пікселя), оптична дисторсія, положення камери в момент зйомки.

Рішення рівнянь (1) ускладнюється тим, що для кожної строки сканерного зображення параметри зовнішнього орієнтування X_s, Y_s, Z_s, ω, φ, κ є відмінними. Для їх розрахунку часто використовують поліноміальний алгоритм. Строгий метод дозволяє досягти максимальної точності [5].

Універсальні методи використовують стандартні математичні моделі — поліноміальні, паралельно-перспективні та ін. У розрахунок не приймаються додаткові дані про процес зйомки. Прикладом може служити метод раціональних функцій:

$$x = \frac{P_1(X,Y,Z)}{P_2(X,Y,Z)} \qquad y = \frac{P_3(X,Y,Z)}{P_4(X,Y,Z)} \quad (2),$$

де $P_l(X,Y,Z) = \sum_{i=0}^{m1}\sum_{j=0}^{m2}\sum_{k=0}^{m3} a_{ijk}X^iY^jZ^k$

$$l = 1,2,3,4,\ i+j+k \le 3 \quad (3)$$

Мінімальна кількість необхідних опорних точок *(N)* буде залежати від ступеня поліномів (3) і відповідно від кількості коефіцієнтів $a_{ijk}(Q)$ в поліномі P_l (4).

$$N = 2Q - 1 \quad (4)$$

Загальне визнання знайшла апроксимаційна модель на основі рівнянь (2) — компроміс між строгим і універсальним способом, в якій використовуються поліноми третього ступеня (5).

$$P(X,Y,Z) = a_0 + a_1X + a_2Y + a_3Z + a_4X^2 + a_5XY + a_6XZ + a_7Y^2 + a_8YZ + a_9Z^2 + a_{10}X^3 + a_{11}X^2Y + a_{12}X^2Z + a_{13}XY^2 + a_{14}XYZ + a_{15}XZ^2 + a_{16}Y^3 + a_{17}Y^2Z + a_{18}YZ^2 + a_{19}Z^3 \quad (5)$$

Коефіцієнти раціональних функцій a_{ijk} розраховуються по строгій моделі. Корегування (зрівняння) знімків з використанням коефіцієнтів раціональних функцій може виконуватися і без опорних точок, однак кілька опорних точок допоможуть усунути систематичні помилки (такі, як, наприклад, при зміні системи координат). Застосування строгого методу дозволяє досягти більш рівномірного корегування.

Теоретичним базисом оцінки придатності знімальних космічних систем для картування територій є розрізнювальна здатність та радіометрична характеристика, тобто амплітуда передавання ступеня сірого та інших кольорів. Сьогодні доступні космічні знімки з високим просторовим розрізненням, які відповідають певному масштабу створюваних карт

з космічних апаратів QuickBird (просторове розрізнення 0,61 м в панхроматичному та 2,44 м в мультиспектральному режимі), Ikonos (відповідно 1 та 4 м), Orbview-3 (1 та 4 м), Formosat-2 (2 та 8 м), Spot-5 (5 та 10 м), Alos (2,5 та 10 м), WorldView-1 (0,5 м в панхроматичному режимі), WorldView-2 (0,50 та 1,8 м), GeoEye-1 (0,41 та 1,65 м). Зважаючи на розмір пікселя s на земні поверхні і графічну точність карти $=0{,}2$ мм (у масштабі карти) ми можемо встановити залежність (окрім топографічних карт):

$$\frac{1}{m} \le \frac{k}{s}$$

Для цілей картографування бажано мати повнокольорове зображення території для кращого розпізнавання різних тематичних шарів, бо в кожній вузькій зоні електромагнітного спектру фіксуються ті або інші окремі компоненти навколишнього природного середовища. Тому часто здійснюють злиття мультиспектрального зображення з панхроматичним для одержання кольорового зображення з вищою роздільною здатністю. Для того, щоб покращити візуальні характеристики знімку, зображення трансформується до того, поки воно не займе весь динамічний діапазон. Даний метод називається розширенням меж контрастності і дає змогу розширити динамічний діапазон до максимального рівня, підвищуючи контрастність всього знімку в цілому. При розширенні гістограми в цілому існує два методи покращення контрастності зображення — лінійне розширення гістограми і її вирівнювання

Опрацьовані знімки, закладені в ГІС, можна використовувати як оновлену топооснову разом з текстовою і атрибутивною інформацією про об'єкти певних векторних тематичних шарів, виконувати швидку ідентифікацію об'єктів на знімку, проводити пошукові запити та геоінформаційний аналіз, що притаманно загальним функціям геоінформаційних систем

Трансформування космічного знімку в систему координат картографічної проекції здійснюється шляхом виконання двох операцій: просторової інтерполяції та інтерполяції значень яскравості пікселів. В загальному випадку, просторова інтерполяція виконується з великою кількістю опорних точок із використанням методу найменших квадратів. Геометрична трансформація описується афінним перетворенням з шістьма незалежними параметрами, які відповідають шести елементарним трансформаціям знімку, тобто зміщенню вздовж осі x, зміщенню вздовж осі y, зміні масштабу по кожній із цих осей, паралельному зсуву границь знімку та повороту. *Теоретично* для розв'язку цієї математичної задачі достатньо знати координати трьох опорних точок. *На практиці* використовується набагато більша їх кількість, для кожної з яких розраховується середньоквадратична похибка. Проте, зазначений алгоритм не враховує перепадів рельєфу та моделі скануючої системи супутника [5–10].

Слід відзначити вигідну економічну складову, а також те, що космознімки є відкритими для використання. Інтеграція космознімку і вектору в єдиній ГІС надає картографічному матеріалу нового вигляду (векторно-растрового). Швидко розвиваючись технології дистанційного зондування все ширше використовуються для вирішення задач народного господарства, вивчення і прогнозування процесів і явищ [6, 8]. Реальністю стало отримання точної просторової інформації без збору наземних даних, що призводить до істотного скорочення фінансових і часових витрат. Засоби просторового аналізу, закладені в ГІС, дозволяють виявляти приховані закономірності в даних дистанційного зондування Землі.

Висновки. Проведено аналіз можливості застосування космічних знімків як базису при геоінформаційному картографуванні. Дані дослідження показали, що:

1. Використання космознімків дозволяє оперативно створювати актуальну растрову картографічну основу для геоінформаційної системи.

2. Порівняння знімків з картматеріалами дозволяє провести не тільки їх актуалізацію, але й полегшує дешифрування та виявляє зміни в природних та господарських комплексах.

3. Якість фотограмметричної обробки зображень залежить від попередньої корекції та виду математичних моделей, що застосовуються для розрахунку параметрів орієнтування знімків.

Рецензент: кандидат технічних наук
О. В. Барладін

Література:

1. Адров В. Н. Определение точностных характеристик снимков QuickBird/В. Н. Адров, Ю. И. Карионов, П. С. Титаров [и др.]. — V Международный семинар пользователей системы PHOTOMOD, Юрмала, 13–16 сентября 2005 г.

2. Барладін О. В. Методичні аспекти інтегрування космознімків в ГІС-Києва/О. В. Барладін//IX Міжнародний науково-технічний симпозіум: Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища — GPS- і GIS-технологій. — Алушта: Львівське АГП, 2004. — с. 72–74.

3. Барладін О. В. Використання космічних знімків високої просторової розрізненості для створення фотоатласу міста (на прикладі Києва)/О. В. Барладін, П. Д. Ярошук//Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. — Науковий журнал. Серія: Географія, 2006. — Т. 19 (58). — № 2.

4. Бурштинська Х. В. Аерокосмічні знімальні системи: навч. посіб./Х. В. Бурштинська, С. А. Станкевич. — Львів: Вид-во Львівської політехніки. — 2010. — 292 с.

5. Гершензон В. Е. Рынок космических геоданных в 2010 году/В. Е. Гершензон, А. А. Кучейко//Пространственные данные. — 2010. — № 2.

6. Зубарев А. Э. Обработка стереопары космических изображений сенсора GeoEye-1 [Электронный ресурс] /А. Э. Зубарев//Режим доступа: www.racurs.ru/www_download/articles/Test_GE-1.pdf

7. Изображения Земли из космоса: примеры применения: научно-популярное издание. — М.: ООО ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «СКАНЭКС», 2005. — 100 с.: ил.

8. Книжников Ю. Ф. Аерокосмические снимки для карт XXI века/Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова//Картография 21 века: теория, методы, практика: Докл. 2 Всеросс. науч. конф. по картографии, посвящ. памяти А. А. Лютого. М.: Изд-во Ин-та геогр. РАН. — С. 272 – 278.

9. Лялько В. И. Состояние и перспективы развития дистанционных методов исследования Земли в Украине/В. И. Лялько, М. А. Попов, В. П. Зубко, А. Д. Рябоконенко//Ученые записки ТНУ. Серия: География, 2004. — Т. 17 (56). — № 2. — С. 64 – 71.

10. Мышляев В. А. Изобразительные свойства космических снимков и их влияние на масштаб создаваемых ортофотопланов/В. А. Мышляев, Г. Б. Воронов, Г. А. Шабанов//Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS-технології: Збірник матеріалів XVI Міжнародного науково-технічного симпозіуму (12 – 17 вересня 2011 р., м. Алушта, АР Крим). — 2011. — С. 133.

11. Титаров П. С. Практические аспекты фотограмметрической обработки сканерных космических снимков высокого разрешения/П. С. Титаров//Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации, 2004. — № 2 (45)-4 (46).

УДК 004.9 + 004.451 + 911.3 + 502.22

С. В. Кострiков*, Д. Л. Кулаков, К. Ю. Сегiда***

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

**Компанія iDATA Solutions (м. Оттава, Канада)

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІС ДЛЯ LiDAR-ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ В ЦІЛЯХ АНАЛІЗУ УРБОГЕОСИСТЕМ

Стаття присвячена поданню концептуального методологічного підходу щодо застосування ГІС-засобів геообробки, моделювання і візуалізації даних на підставі LiDAR-технології дистанційного зондування і сканування. Даний підхід застосовується для аналізу певних аспектів динаміки урбогеосистем. Більш детально розглядаються окремі складові цього підходу, ГІС-інтерфейс та функціональність спеціалізованого програмного забезпечення щодо аналізу урбогеосистем. Окремо обговорюються результати аналізу цих сутностей через LiDAR-технологію та ГІС-засоби. Доводиться ряд очевидних переваг імплементації поданого підходу для вирішення задач муніципального менеджменту.

Ключові слова: ГІС, дистанційне лазерне зондування та сканування, інтерфейс та функціональність програмного забезпечення, урбогеосистема, програмно-апаратний комплекс, «хмари точок» лазерної інформації, класифікація підстильної поверхні.

S. Kostrikov, D. Kulakov, K. Segida

GIS-SOFTWARE FOR THE LIDAR-TECHNOLOGY REMOTE SENSING IN URBOGEOSYSTEM ANALYSIS RESEARCH PURPOSES

The paper recognizes the conceptual research approach with respect to GIS-tools of data geoprocessing, modeling and visualizing on the base of the LiDAR-technology remote sensing. The given approach is employed for some feature analysis of the urban geosystem dynamics. Some of this approach constituents, GIS-interface and specialized software functionality are considered more in details with the mentioned respect of urban geosystem analysis. In addition the analysis results obtained through LiDAR-technology and GIS-tools are thoroughly examined. Several evident advantages of this research concept are proved in this study due to municipal management challenges.

Key words: GIS, LiDAR-technology, software interface and functionality, urbogeosystem, software and hard-ware entity, point cloud of laser data, underlaying surface classification.

С. В. Костриков, Д. Л. Кулаков, Е. Ю. Сегида

ПРОГРАМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИС ДЛЯ LIDAR-ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ АНАЛИЗА УРБОГЕОСИСТЕМ

Статья посвящена концептуальному методологическому подходу, касающемуся применения ГИС для геообработки, моделирования и визуализации данных на основе LiDAR-технологии дистанционного зондирования и сканирования. Этот подход применяется для анализа определенных аспектов динамики урбогеосистем. Более детально рассматриваются отдельные составляющие данного исследовательского подхода, ГИС-интерфейс и функциональность специализированного программного обеспечения. Отдельно обсуждаются результаты анализа урбогеосистем с помощью лазерного сканирования и средств ГИС. Доказывается ряд очевидных преимуществ имплементации изложенного подхода для решения задач муниципального менеджмента.

Ключевые слова: ГИС, дистанционное лазерное зондирование и сканирование, интерфейс и функциональность программного обеспечения, урбогеосистема, программно-аппаратный комплекс, «облака точек» лазерной информации, классификация подстилающей поверхности

Вступ. Відомо, що LiDAR (*Light Induced, Detection and Ranging* — англ.) — це технологія отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища відображення світла та його розсіювання в прозорих і напівпрозорих середовищах. Така технологія з'явилася ще в 60 рр. минулого сторіччя, однак ефективно через ДДЗ та через програмне забезпечення ГІС використовується лише в останнє десятиріччя. LiDAR взагалі є, як мінімум, активним далекоміром оптичного діапазону. Тобто, це активна сенсорна система, яка посилає дружній людському оку промінь із частотою випромінювання в межах інтервалу від 10 до 70 тис. сигналів у секунду, звичайно за синусоїдою, у напрямку, перпендикулярному до руху носія скануючого пристрою. Скануючі лайдар-засоби в системах машинного зору формують двовимірну або тривимірну картину навколишнього простору, що вдало корегується із можливостями ГІС-платформ надавати тривимірну візуалізацію у вигляді так званої 3D-Сцени [1].

Технологія дистанційного зондування LiDAR є дійсно надскладною предметною галуззю, що передбачає як досить строгий методологічний підхід, так і ретельну практичну імплементацію переважно, на що вже вказувалося, через ГІС-засоби. Головною ціллю застосування вказаної технології є генерація дуже точних цифрових моделей рельєфу (ЦМР, DEM — англ.)у вигляді, як правило, «грід»-матриць надвисокої роздільної здатності, через спеціальні засоби як програмного, так і апаратного забезпечення [2].

Вихідні передумови. Ми вважаємо, що головне місце в наших предметних дослідженнях із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення LiDAR і відповідної ГІС-платформи займає інтеграція різноманітних даних із наступною візуалізацією проміжних або кінцевих результатів їх обробки. Зокрема, у предметній галузі аналізу урбогеосистем і визначення морфології/динаміки архітектурних змін забудов певного міста дуже важливим для досягнення наочних результатів є визначення так званих патернів (певних класів) просторового розповсюдження різноманітних архітектурних форм та міської інфраструктури. У вказаному відношенні зрозуміло, що великі обсяги як первинних, так і похідних даних без застосування засобів ГІС важко обробляти та майже неможливо ефективно аналізувати. Принаймні, фундаментальні роботи минулого сторіччя, які фактично започаткували сучасні урбаністичні дослідження (наприклад [3]), досягли б ще більш видатних результатів із застосуванням сучасного програмного та апаратного забезпечення.

Метою цієї статті є подання і обговорення оригінального концептуального підходу дослідження урбогеосистем із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення ГІС. Останнє передбачає обробку і аналіз вхідних даних, отриманих через LiDAR-засоби дистанційного зондування та сканування.

Виклад основного матеріалу. *Концептуальний підхід до аналізу урбогеосистем на підставі ГІС.* За відомим в західній суспільно-географічній літературі визначенням в найпростішому розумінні урбосистема є лише сукупністю населених пунктів відповідного рангу в окремо взятому регіоні, однак, у той саме час такою сукупністю цих об'єктів, яка демонструє певні емерджентні властивості [3]. Останні, зрозумілим чином, випливають саме із зв'язків між вказаними складовими системи, а змістом моделі урбосистеми стають аналіз та прогноз просторових варіацій в урбосистемі.

З іншого боку, серед російських фахівців в останні два десятиріччя достатньо часто використовується поняття урбоекосистеми [4, 5]. Остання розуміється як «... пространственно-ограниченная природно-техногенная система, сложный комплекс взаимосвязанных обменом вещества и энергии...» [4, с. 17]. Тобто урбоекосистема — це штучно створено й підтримуване людиною середовище. Це, як правило, міста та інші урбанизовані техногенною цивілізацією ділянки землі.

Таким чином, можена стверджувати, що урбоекосистема, на відміну від урбосистеми, робить наголос на розгляді не тільки і не стільки володіючої системними властивостями сукупності населених пунктів, скільки на дослідженні окремого міста як унікального системного утворення, що знаходиться в певному екстенті географічного простору [1]. Із цієї точки зору можна зробити вже третю (після понять «урбосистема» і «урбоекосистема») дефініцію із відповідного понятійного апарату — дефініцію урбогеосистеми. Це, як правило, така, що знаходиться у визначеному екстенті географічного простору, нестала природно-антропогенна система, яка є взаємозв'язаною сукупністю архітектурно-будівельних об'єктів (забудов) і різко порушених природничих екосистем.

Серед деяких фахівців [3, 7, 8] є майже загальноприйнятим, що урбаністичну систему можна моделювати і візуалізувати за допомогою трьох наступних сутностей: сукупності точкових об'єктів, які подають суспільно-географічні та економічні властивості окремих міст; сукупності лінійних об'єктів, що визначають особливості взаємодій між окремими населеними пунктами; та за допомогою сукупності сфер, які визначатимуть території різнорангового впливу окремого міста на прилеглі сільськогосподарські та інші райони. Однак, ми бачимо, що у такому разі вказані сутності добре співпадають із так званими графічними примітивами середовища ГІС, і ця обставина відкриває неабиякі можливості для подальших моделювання і розробки у вказаній предметній галузі.

Подібний концептуальний підхід, який фактично подає всю алгоритмічну послідовність дослідження урбогеосистем за допомогою ГІС-засобів, можна схематизовано подати наступним чином, якщо спиратися на відповідну аналітичну методику, запропоновану Г. Ду вже більш ніж півтора дисятиріччя тому [8] (рис. 1). Представлений на ілюстрації концептуальний підхід щодо дослідження і аналізу урбогеосистем різ-

ного рангу через ГІС-засоби поєднує воєдино різні етапи та стадії відповідних процедур, починаючи із введення атрибутивних даних, зібраних під час міського моніторингу (у тому числі — за допомогою технології LiDAR), продовжуючи застосуванням певної предметної моделі (наприклад, гравітаційної урбомоделі) і закінчуючи впровадженням ГІС-моделі урбогеосистеми, яка лише і дозволяє визначити емерджентні властивості цього системного утворення (див. рис. 1).

Атрибути урбогеосистеми — описові характеристики її властивостей складаються, як правило, із двох видів інформації. Це, по-перше, атрибутивні дані щодо певного міста, які в стандартних форматах мають зберігатися в муніципальних базах даних, і які можна отримати на комерційній основі. По-друге, це відкриті дані щодо певних урбаністичних характеристик, тобто такі, які мають існувати у відкритому доступі, наприклад, дані обласних державних управлінь статистики, більшість таких даних можна отримати безкоштовно. Останні стосуються переважно загальних суспільно-географічних і соціально-економічних показників розвитку територіальних адміністративних утворень і дають уяву про просторові взаємозв'язки між окремими містами (випадок «урбосистеми», див. пояснення вище) або між окремими частинами одного міста (випадок «урбогеосистеми») у вигляді руху людей, товарів, фінансів і т.д. У випадку N населених пунктів або N частин одного міста ми маємо приймати до уваги кількість просторових зв'язків, що дорівнює N * N, і саме це число буде визначати кількість лінійних ГІС-об'єктів при реалізації вказаного концептуального підходу (див. рис. 1).

Інформаційною основою реалізації всієї вказаної концептуальної послідовності дослідницьких етапів будуть як обидва зазначені типи даних, так і певна предметна модель, наприклад, відома в суспільно-географічних дослідженнях так звана «гравітаційна модель» [9]. Причому, виключно через засоби ГІС існують можливість імплементації «гравітаційної моделі» щодо сукупності точкових об'єктів, які будуть подавати окремі міста або навіть — окремі будівлі в одному місті. Обидва вказані вище типи даних і предметна модель зводяться в ГІС-модель урбогеосистеми, що, власне, і виявляє емерджентні властивості об'єкта, який вона відтворює (див. рис. 1). Вважаємо, що ці властивості можуть бути двох рівнів — нижчого, який має на увазі лише анонсоване вище визначення морфології/динаміки архітектурних змін певного міста, та вищого, який відноситься вже до складних суспільно-географічних процесів. В цьому аспекті можуть, наприклад, відтворюватися міграційні процеси міського населення, на чому і робиться наголос на ілюстрації вище.

Взагалі, певні методологічні рамки імплементації предметних суспільно-географічних моделей в геоінформаційні моделі як в сукупності аналітичних ГІС-засобів нещодавно вже викладалися авторами цієї статті [10].

ГІС-інтерфейс та функціональність спеціалі-

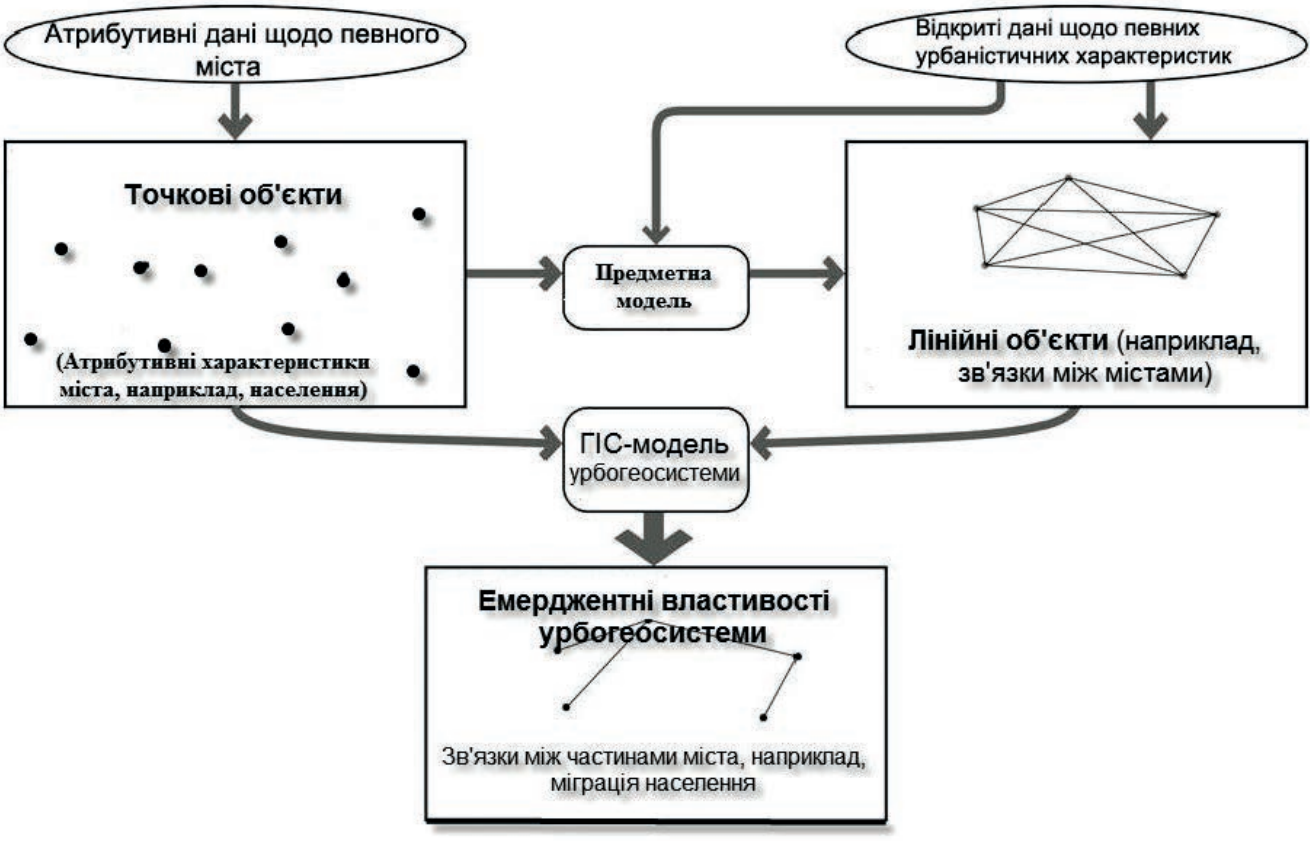


Рис. 1. Складові концептуального підходу дослідження урбогеосистем на підставі ГІС-засобів

зованого програмного забезпечення. Вважаємо, що втілюючи головні принципи та положення розробки графічного інтерфейсу користувача та функціональності спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу урбогеосистем, було необхідно керуватися наступними обставинами щодо існуючого ринкового попиту на подібне програмне забезпечення:

• Наявність швидко зростаючих мегалополісів та інші великі міста, що функціонують як все більш і більш ускладнені урбогеосистеми;

• Необхідність отримання високоточних цифрових моделей місцевості щодо менеджменту територій міст, які тільки і можуть бути отримані на підставі технології LiDAR;

• Потреба в автоматизованих засобах огляду, аналізу і візуалізації повної інфраструктури міста або певної сукупності населених пунктів, повної структури будівель та домівок для всієї території міста або для його окремої частини, і особливо — щодо отримання кількісних та якісних характеристик, наприклад, архітектурних змін, які мали місце за певний проміжок часу. Останнє, між іншим, в останній час вважається дуже і дуже запитаним в урбаністичних дослідженнях через ГІС-засоби, і навіть відноситься деякими фахівцями до новітньої предметної галузі суспільної географії — «георозрахунків» (geocomputation — англ.) [11].

Базові архітектура і головна функціональність програмно-апаратного комплексу UrbanGeo™ (а саме такою сутністю треба розглядати ПЗ + апаратні засоби LiDAR сканування та зондування) компанії iData Solutions подаються на наступній ілюстрації (рис. 2). Автори статті розглядають цей комплекс як новітнє покоління ГІС-засобів із відповідними характеристиками функціональності, які впорядковано тут перераховуються (див. рис. 2). Ця функціональність є високоефективною, такою, яка забезпечує обробку дійсно тривимірної інформації, інтеграцію і візуалізацію даних. Взагалі, розробки компанії iDATA Solutions вже були імплементовані в декількох предметних галузях, де зрозумілим чином мають використовуватися ГІС-платформи та їх відповідні додатки: це, наприклад, менеджмент просторових баз геоданих, моделювання геологічного середовища, різні види обробки просторової геоінформації, зокрема — автоматизоване виділення 2D/3D векторних об'єктів із «хмар точок» LiDAR даних.

Особливості інтерфейсу ПЗ, про яке йдеться, полягають у тому, що структура первинних та похідних даних організована у вигляді ієрархічного Проекту тек певних шарів цих даних, а вже до шарів застосовується широкий перелік засобів та інструментів щодо візуалізації та інтеграції інформації. Характерно, що останні, як правило, використовуються через так звані інтерфейсні Помічники ("Візарди" — Wizards — англ.). Слід окремо підкреслити, що в програмному забезпеченні UrbanGeo™ реалізовано понад 3000 географічних проекцій та координатних систем щодо всього спектру різноманітних задач просторового аналізу. Відповідно, будь-який приклад первинних даних підлягає подальшій геообробці, приймаючи

Рис. 2. Особливості архітектури та функціональності програмно-апаратного комплексу UrbanGeo™

до уваги геопроекцію та координатну систему, в якій ці дані подаються. Це, окрім всього іншого, забезпечує кінцеву наочну візуалізацію результатів обробки будь-якої растрової або векторної інформації, яка може відноситися або до природного довкілля, або до артеприродного середовища (рис. 3).

Зрозумілим чином, процедура аналізу урбогеосистем через спеціалізоване програмне забезпечення починається із вводу первинних даних щодо просторових і атрибутивних властивостей цих систем для того, щоб описати такі їх необхідні характеристики як розмір, місцеположення, різноманітні суспільно-географічні та соціально-економічні властивості. Відповідно, таке програмне забезпечення має підтримувати імпорт, обробку та експорт даних у наступних базових ГІС-форматах: векторних та растрових числових форматах (звичайні векторні дані, растрові "гріди" та зображення, різноформатні 3D-моделі, TIN-моделі і т.д), у формати провідних розробників ПЗ ГІС (ESRI, MapInfo, ERDAS, Google Earth).

Програмне забезпечення UrbanGeo™ побудовано на основі єдиної технологічної платформи, яка дозволяє ефективно обробляти і відображати величезні набори даних високої роздільної здатності — зокрема, LiDAR — дані, у форматі.LAS. Останні можуть включати до мільярдів точок в єдиному файлі. Враховуючи це, і пам'ятаючи про підтримку різноманітних ГІС-форматів «на вході», можна зробити висновок, що така геоінформаційна технологія матиме майже необмежені можливості по інтеграції даних і подальшої 2D/3D візуалізації різноформатної похідної інформації.

Результати аналізу урбогеосистем через LiDAR-

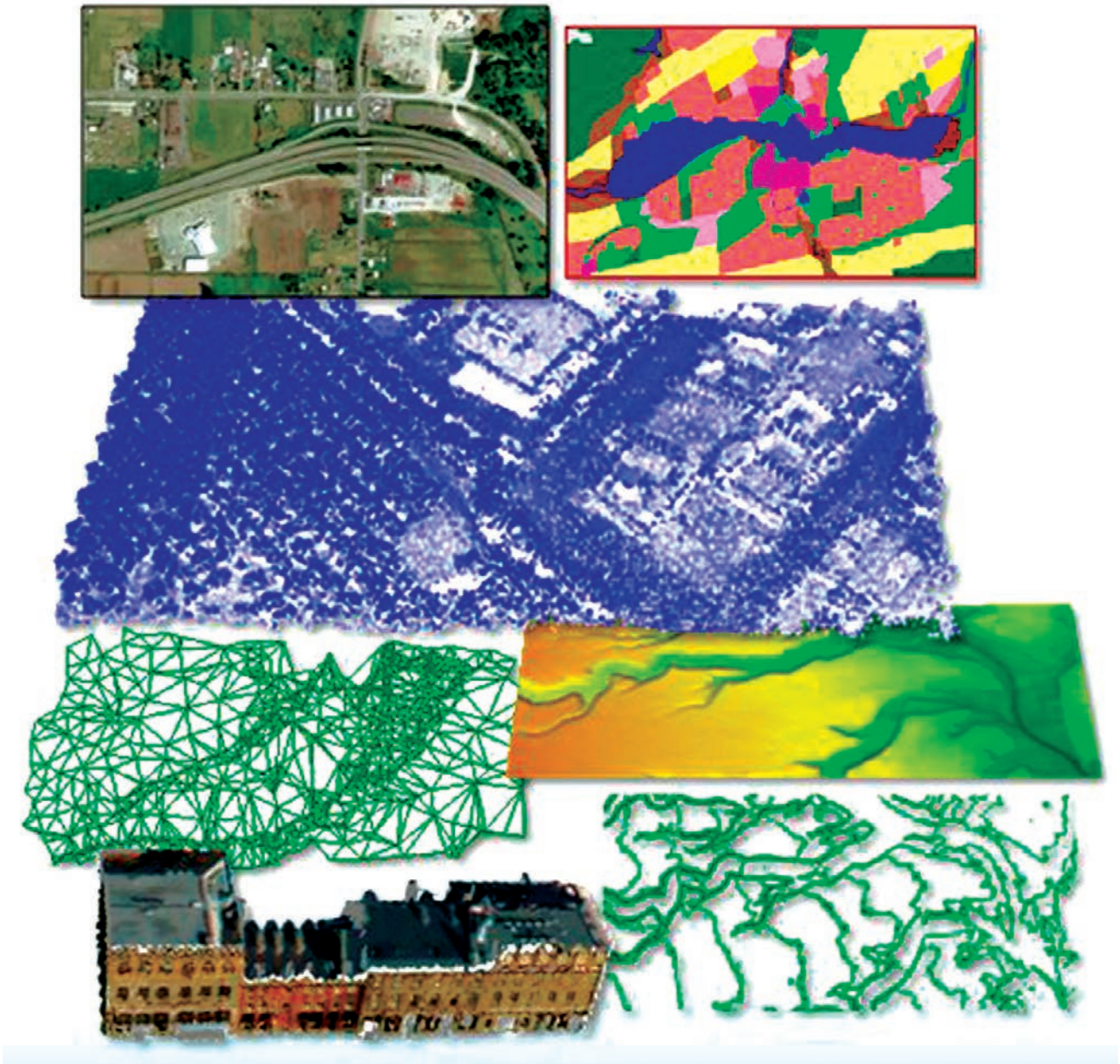


Рис. 3. Наочна растрова та векторна 2D/3D візуалізація об'єктів природно-антропогенного довкілля в середовищі ПЗ UrbanGeoTM

технологію і ГІС-засоби. Зазвичай впровадження певних ГІС-застосувань та методів комп'ютерної картографії спрямоване на класифікацію дискретних об'єктів при остаточній візуалізації результатів ГІС-аналізу. Однак, цілі дослідження, зміст якого тут викладається, мають на увазі вирішення дещо інших задач. Йдеться про те, що першою передумовою впровадження автоматизованного аналізу урбогеосистем є класифікація континуального об'єкту — підстильної поверхні — на підставі первинних даних дистанційного зондування (сканування). При цому, сьогодні існує майже кілька десятків способів виконання вказаної процедури, серед яких окрім технології LiDAR дуже ефективними вважаються, наприклад, способи класифікації підстильної поверхні по багатоканальному зображенню (отриманому з використанням різних локаційних датчиків — радіолокаційних, оптоелектронних), до яких відносяться так звані спосіб паралелепіпедів, спосіб максимальної правдоподібності та деякі інші [12].

Однак, існує чимало прямих посилань на те, що виключно LiDAR-дані забезпечують побудову таких високоточних ЦМР, які тільки і необхідні для аналізу урбогеосистем (наприклад [13 – 17]. В рамках методологічного підходу, який викладається в цій статті, застосування спеціалізованого ПЗ із використанням технології LiDAR звичайно має в якості вихідних результатів:

• цифрові моделі місцевості (ЦММ, DSM — digital surface model — англ.), які відрізняються від ЦМР тим, що подаючи поверхню розподілу двох середовищ (атмосфери і літосфери), враховують не лише природничий рельєф із грунтовим покривом або із виходами гірських порід на поверхню, але і рослинність, забудови, інші складові техногенної інфраструктури;

• звичайні цифрові моделі рельєфу, про які йшлося у статті вище, останні подають як природничий рельєф різного генетичного походження.

Для подальшого аналізу урбогеосистем передбачається застосування на підставі ЦММ/ЦМР іншої функціональності, яка присутня в ПЗ UrbanGeo™. Безпосередньо ця процедура починається із вже згаданої вище класифікації на підставі LiDAR-даних — об'єднання окремих квазідискретних об'єктів з подібними значеннями (обраними за певними критеріями) та віднесення їх до якогось класу в рамках загального континуального об'єкту — підстильної поверхні: спочатку UrbanGeo™ приписує точки до певного класу (наприклад, ground (поверхня — рельєф місцевості), vegetation (рослинність), buildings (забудови); наступним використовується тематичне картографування для наочної візуалізації результатів класифікації, яка була зроблена на попередньому кроці; кінець кінцем, будь-який певний клас LiDAR-точок розміщується в окремий шар даних для наступного аналізу.

На підставі впровадження відповідних алгоритмів визначення та аналізу динаміки різнорангових архітектурних форм міста здійснюється безперервний моніторинг змін в урбогеосистемі в цілях муніципального менеджмету територій великих міст. Встановлена динаміка формалізується через записи відповідних змін у Вікні Звіту до бази даних, а наочна візуалізація змін подається у Вікні 3D Сцени інтерфейсу UrbanGeo™ (рис. 4).

Рис. 4. Вікно Звіту до бази даних, де подаються впорядковані результати аналізу урбогеосистем

Зрозумілим чином може йтися про те, що виконавчі служби місцевого самоврядування будуть зацікавлені в подібних результатах аналізу урбогеосистем, зокрема, у відповідній цифровій інформації і 3D моделях, створених на підставі LiDAR-даних (наприклад, у форматі файлів.KML) (див. рис. 4), у той час, коли автоматизована генерація високоточних ЦММ, яка є бов'язковою складовою всього методологічного підходу, який тут викладається, сама по собі необхідна для створення генеральних планів розвитку великих міст.

Повністю очевидними також є ще кілька переваг впровадження LiDAR-підходу через програмне забезпечення ГІС, а саме: виконується виключно автоматизована процедура побудови ЦММ, які можуть бути застосовані для різних суто муніципальних потреб; можлива обробка надвеликих обсягів даних із наступною 3D візуалізацією: високі точність та роздільна здатність ЦММ забезпечуються LiDAR-даними без необхідності застосовувати додаткові похідні методи побудови таких моделей; при наявності відповідних умов моніторинг урбогеосистеми можна виконувати в режимі реального часу (рахунок може йти на години); можна застосовувати різні додаткові засоби просторового аналізу, які тільки підтримує ГІС-платформа; результатом є високоточна локалізація змін в урбогеосистемі; забезпечується можливість точного повторення та відновлення процедур аналізу та моделювання.

Слід окремо підкреслити, що саме в аспекті крупномасштабного аналізу динаміки урбогеосистем важко переоцінити існуючу в UrbanGeo™ можливість прямого автоматизованого виділення із «хмар LiDAR-точок» різнорангових архітектурних форм (навіть разом із їх другорядними деталями) в щільно забудованих районах міста. В цьому випадку наочна візуалізація дозволяє користувачу ПЗ прямо порівнювати і аналізувати високоточні 3D моделі навіть окремих споруд разом із рельєфом місцевості та рослинністю (рис. 5).

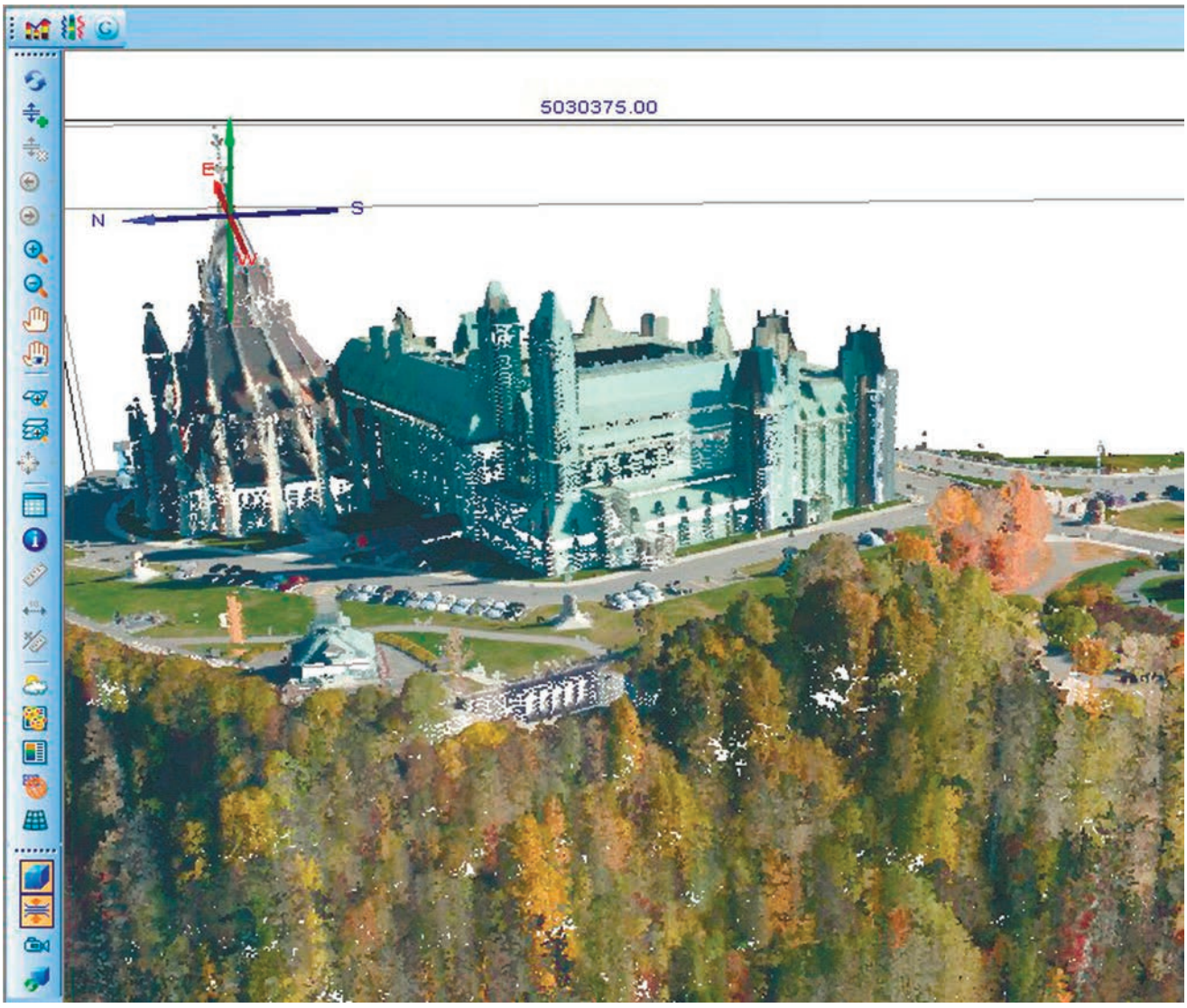


Рис. 5. Візуалізація із «хамар LiDAR-точок» в середовищі UrbanGeoTM об'єктів, які належать до трьох класифікаційних класів: забудови, рельєф та рослинність — 70 мільйонів точок створюють кольорову 3D LiDAR-сцену

Висновки. Завдяки застосуванню вхідних LiDAR-даних, програмне забезпечення UrbanGeo™ впроваджує найбільш ефективні аналітичні можливості ГІС щодо аналізу урбогеосистем і визначення емерджентних властивостей останніх.

Після виконання викладених тут процедур геообробки, аналізу та візуалізації доцільно: організувати розрахований на багато користувачів доступ до віддаленої просторової інформації великого обсягу, яка стосується структурованих змін в урбогеосистемах; забезпечити наочну візуалізацію і ефективне подання похідних результатів аналізу LiDAR-даних, а також створення семантичних і топологічних моделей даних різнорангових міст, аж до великої агломерації; інтегрувати в єдиний проект та в спеціалізовану базу геоданих розподілені просторові моделі сукупностей забудов та іншу наявну інформацію щодо урбогеосистем.

На підставі викладених в статті засобів геообробки та моделювання можна надавати консалтингові послуги і забезпечувати корпоративні рішення для підприємств місцевого самоврядування, картографічної, енергетичною транспортної та інших галузей. Використовуючи LiDAR-дані дистанційного сканування, спеціалізоване ПЗ щодо аналізу урбогеосистем допомагає користувачам приймати важливі рішення на основі похідних результатів інтеграції і візуалізації двовимірної і тривимірної просторової та атрибутивної інформації.

Рецензент: доктор географічних наук, професор К. А. Нємець

Література:

1. Костріков С. В. Геоінформаційне моделювання природно-антропогенного довкілля. Наукова монографія/С. В. Костріков//Харків: Вид-во ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2014. — 484 с.

2. Taylor G. Modelling and prediction of GPS availability with digital photogrammetry and LiDAR/G. Taylor, D. Kidner, K. Brundsdon//International Journal of Geographical Information Science. — [Vol. 21, No. 1] — 2007. — P. 1 — 20.

3. Bourne L. S. б Simmons J. W. (eds), Systems of Cities: Readings on Structure, Growth, and Policy/L. S. Bourne, J. W. Simmons — Oxford: Oxford University Press, 1978. — 565 p.

4. Лихачева Э. А. Город — экосистема/Э. А. Лихачева, Д. А. Тимофеев, М. П. Жидков [и др.]. — М.: ИГРАН, 1996. — 336 с.

5. Исаченко А. Г. Экологическая география России/А. Г. Исаченко. — СПб: Изд-во С.-Пб. ун-та, 2001. — 328 с.

6. Битюкова В. Р. Социально-экологические проблемы развития городов России/В. Р. Битюкова.- М.: Едиториал УРСС, 2004. — 448 с.

7. Bozeman B. Scientific and technical information and urban policy-making/B. Bozeman//Urban Systems. — [Vol. 4, No. 3] — 1978. — P. 161 — 172.

8. Du G. Q. A Study on the relationship of regional urbanization and socio-economic structure in China/G. Q. Du//Annals of Japanese Association of Economical Geographers. — [Vol. 43]. — 1997. — P. 151 — 164 (in Japanese with English abstract).

9. Власов М. П. Моделирование экономических процессов/М. П. Власов, П. Д. Шимко — Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. — С. 137 — 170.

10. Kostrikov S., Segida K. Human geography with geographical geoinformation systems/С. Костріков, К. Сегіда//Часопис соціально-економічної географії. — [Вип. 15 (2)]. — 2013. — С. 39 — 47.

11. Cheng T. Advances in geocomputaion (2006 — 2011)/T. Cheng, J. Haworth, E. Manley//Computers, Environment and Urban Systems. — [Vol. 36] — 2012. — P. 481 — 487.

12. Кашкин В. Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие/В. Б. Кашкин, А. И. Сухинин. — М.: Логос, 2001, — 264 с.

13. Brunn A., Weidner U. Extracting Buildings from Digital Surface Models/A. Brunn, U. Weidner//IAPRS. — [Vol 32 (3 — 4W2)]. — 1997. — P. 27 — 34.

14. Kraus K., Pfeifer N. Determination of terrain models in wooded areas with aerial laser scanner data/K. Kraus, N. Pfeifer// ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensingю. — [Vol 53, No 4]. — 1998. — P. 193 — 203.

15. Habib A. Photogrammetric and lidar Data Registration Using Linear Features/A. Habib, M. Ghanma, M. Morgan, R. Al-Ruzouq//Photogramm. Eng. Remote Sens. — [Vol 71]. — 2005. — P. 699 — 707.

16. Luzum B. J. Identification and analysis of airborne laser swath mapping data in a novel feature space/B. J. Luzum, K. C. Slatton, R. L. Shrestha//IEEE Geosci. Remote Sens. Lett. — [Vol 1]. — 2004. — P. 268 — 271.

17. Romano M. E. Innovation in LiDAR processing technology/M. E. Romano//Photogramm. Eng. Remote Sens. — [Vol 70]. — 2004. — P. 1202 — 1206.

УДК (631.4:502.3:504.5):574

О. І. Кравченко, А. В. Негалюк, Н. О. Непошивайленко, О. О.Карпенко
Дніпродзержинський державний технічний університет

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ПРОМИСЛОВОЇ УРБОСИСТЕМИ, ЗАСНОВАНИЙ НА РЕЗУЛЬТАТАХ БІОІНДИКАЦІЇ РОЗВИТКУ РОСЛИН РОДУ POPULUS

Проведено оцінку якості навколишнього середовища в промисловому м. Дніпродзержинськ за показниками флуктуючої асиметрії листової пластини та ступенем ураженості тканини листової пластини для дерев роду Populus. Встановлено умови якісного стану довкілля в промисловій, селітебній та рекреаційній зоні міста. Розроблено електронну аналітичну карту стану забруднення урбанізованої території та проведено оцінку територіального забруднення в межах міста, використовуючи інструменти програмного продукту ArcGIS 9.2.

Ключові слова: біоіндикація, довкілля, статистичні методи, електронна карта.

О. І. Кравченко, А. В. Негалюк, Н. О. Непошивайленко, О. О. Карпенко

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ПРОМЫШЛЕННОЙ УРБОСИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЙ НА РЕЗУЛЬТАТАХ БИОИНДИКАЦИИ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ РОДА POPULUS

Проведена оценка качества окружающей среды в промышленном г. Днепродзержинск по показателям флуктуирующей асимметрии листовой пластины и степенью поражения ткани листовой пластины для деревьев рода Populus. Определены условия качественного состояния окружающей среды в промышленной, селитебной и рекреационной зоне города. Разработана электронная аналитическая карта загрязнения урбанизированной территории и проведена оценка территориального загрязнения в пределах города, используя инструменты программного продукта ArcGIS 9.2.

Ключевые слова: биоиндикация, окружающая среда, статистические методы, электронная карта.

O. I. Kravchenko, A. V. Negaluk, N. O. Neposhivailenko, O. O. Karpenko

INDUSTRIAL URBOSYSTEM GEOINFORMATION MONITORING BASED ON THE RESULTS OF GENUS POPULUS PLANT DEVELOPMENT BIOINDICATION

An assessment of environment quality in the industrial city of Dneprodzerzhinsk based on fluctuating asymmetry in terms of lamina and the degree of tissue lamina for the trees kind Genus Populus is made. The conditions of quality of the environment in the industrial, residential and recreational area of the city are determined. An electronic analytical map of pollution of urbanized area and assessment of the spatial pollution within the city, using the tools of the software product ArcGIS 9.2, is developed.

Keywords: bioindication, environment, statistical methods, electronic map.

Вступ. Біологічна оцінка середовища представляється пріоритетною, оскільки може показати стан, самопочуття різних видів живих організмів при дії різних антропогенних чинників. Білатеральні симетричні ознаки дуже зручні при вивченні нестабільності розвитку, оскільки ознака на обох сторонах організму розвивається за ідентичних умов довкілля, унаслідок чого очікуються однакові фенотипи на лівій і правій стороні. Будь-які відхилення від строгої симетрії можуть розглядатися при оцінці нестабільності розвитку тоді, коли антропогенні чинники не можуть бути розділені. Тому стабільність розвитку характеризується рівнем флуктуючої асиметрії морфологічних структур.

Дослідження стану довкілля за допомогою рослин, які зростають на урбанізованих територіях та постійно відчувають на собі негативний техногенний вплив, є одним з найбільш доступних методів якісної оцінки навколишнього середовища. З використанням геоінформаційних технологій подібні дослідження набувають більшої актуальності та поширення у різних науково-практичних сферах. За допомогою отриманих результатів досліджень складають електронні карти спостереження за станом навколишнього середовища, встановлюють джерела виникнення та осередки розповсюдження небезпечних антропогенних чинників в просторі, спостерігають за поточними та довготривалими змінами у довкіллі, а також складають прогнози щодо подальшого розповсюдження техногенних факторів у просторі та їх впливу на складові довкілля.

Вихідні передумови. Актуальною задачею для промислового міста Дніпродзержинська є постійний моніторинг та оцінка якості навколишнього середовища, оскільки у місті, що має площу близько 140 км^2, працює тільки чотири стаціонарних поста спостереження за якістю атмосферного повітря, пересувний моніторинг проводиться виключно за замовленням в окремих частинах міста, а служби спостереження за станом довкілля на основних промислових підприємствах міста, підпорядковуючись департаменту екології та природних ресурсів Дніпропетровської обласної державної адміністрації, не висвітлюють інформацію щодо реального їх впливу на селітебну частину міста. Тому, запропонована оцінка якості довкілля за життєвим розвитком рослин роду Populus, що зростають по всій території міста, як найбільш розповсюджених у місті деревних рослин, з метою розробки аналітичної карти міста, що відображає якісний стан навколишнього середовища. Життєвий стан рослин роду Populus досліджено за морфологічними змінами у будові листа рослин (показники флуктуючої асиметрії листової пластини та ступінь ураженості тканини листової пластини).

Мета дослідження — провести оцінку якісного стану навколишнього середовища в межах

м. Дніпродзержинська за морфологічними змінами у будові листа рослин роду Populus, що зростають у різних частинах міста, задля розробки електронної аналітичної карти відображення якісного стану навколишнього середовища, яку можна використовувати для проведення комплексний екологічного моніторингу урбанізованої території та виявлення осередків забруднень в межах міста.

Задачі дослідження:

1) визначити показники флуктуючої асиметрії листової пластини рослин роду Populus,

2) визначити показники ступеню ураженості тканини листової пластини,

3) оцінити стан навколишнього середовища в межах м. Дніпродзержинська,

4) розробити електронну аналітичну карту стану забруднення урбанізованої території,

5) оцінити територіальне забруднення в межах м. Дніпродзержинська, використовуючи інструменти Geostatistical Analyst програмного продукту ArcGIS 9.2.

Виклад основного матеріалу. Досліджування проводились протягом 2012–2013 рр. в межах м. Дніпродзержинська та включали об'єкти озеленення промислової, селітебної та рекреаційної зони, в межах яких закладено 21 дослідна ділянка, площею 100 м^2. Місце розташування всіх ділянок в межах міста приведено на рисунку 1.

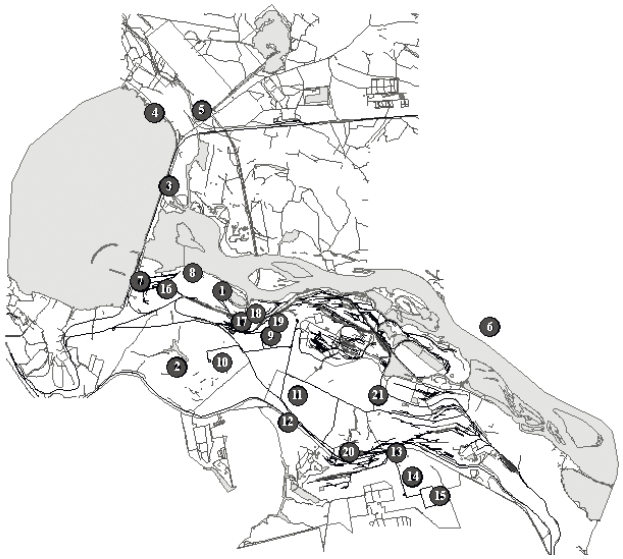


Рис. 1. Розташування дослідних ділянок в межах м. Дніпродзержинськ

За місцем розташування обрані дослідні ділянки характеризують напрям господарського використання, а отже і забруднення території. Отже ділянки 3–5, розташовані у лівобережній частині міста та віднесені до селітебно-рекреаційних територій. Схожими на них є ділянки 1–2, розташовані в правобережній частині міста на узбережжі р. Дніпро та південній околиці міста.

Селітебна частина міста характеризується дев'ятьма ділянками з номерами 7–15 та розосереджена правобережною частиною міста з повільним вибором дислокації ділянок, проте з однаковою рівномірною щільністю зростання рослин-індикаторів.

Промислова зона досліджувалась за шістьма ділянками з номерами 16–21, причому ділянки №№ 16–19 розташовані переважно в центральній частині міста, які безпосередньо межують з житловими кварталами. Ділянки №№ 20–21 розташовані суто в промисловій зоні, які віддалені від житлової забудови та формують найзабруднену частину міста.

Окрім дослідних ділянок на території міста закладено контрольну ділянку (№ 6) — в межах 20-ти кілометрової зони від границь міста в межах Дніпровсько-Орільського природного заповідника.

За отриманими результатами досліджень визначено, що показник забрудненості в м. Дніпродзержинськ перевищує показники граничнодопустимих [1], окрім ділянки № 6 — Дніпровсько-Орільський природний заповідник, яку визначено як найбільш екологічно безпечну, тому результати отримані для цієї ділянки встановлено за умовний еталон (у даному конкретному випадку).

Отримані значення морфологічних змін у будові листа рослин (показники флуктуючої асиметрії листової пластини та ступінь ураженості тканини листової пластини) дерев промислової зони міста коливаються в межах 0,078–0,097, що виділяє ці показники серед інших як найбільш високі, що спричиняється близьким розташуванням до промислових майданчиків. За бальною шкалою промислова зона має оцінку V балів та характеризується вкрай несприятливими екологічними умовами, рослини тут знаходяться в сильно пригніченому стані. На ділянках № 7–15, розташованих в межах селітебної зони міста, досліджувані показники є відносно меншими, оскільки зазначені ділянки віддалені від промислових об'єктів. За бальною системою селітебна зона відносяться до сильно забрудненої, має оцінку IV бали. Для ділянок, розташованих в межах рекреаційній зони, величина асиметрії значно нижче, ніж для попередніх. Це обумовлено відсутністю промислових підприємств та великою кількістю дерев на даних територіях. В межах рекреаційної зони показники нижче ніж в промисловій та селітебній зоні, але залишаються високими. За бальною системою рекреаційна зона відносяться до умовно забрудненої (оцінка II бали), де рослини випробовують слабкий вплив несприятливих чинників.

Як було раніш зазначено, дослідження проводились протягом двох років. При порівнянні результатів спостережень встановлено, що якість навколишнього середовища у 2013 р. в межах промислових об'єктів у порівнянні з 2012 р. дещо прокрашується, на що вказує зменшення усереднених показників морфологічних ознак листа рослин у 2013 р., що свідчить про поліпшення екологічного стану в межах досліджених об'єктів або через ефективне впровадження природоохоронних заходів на промислових об'єктах, або через скорочення обсягів виробництва. Проте, екологічний стан в межах селітебних і рекреаційних зон

спостерігається сталим — значення дослідних показників протягом двох років спостережень не змінюються. Отриманий результат свідчить про наявність в межах селітебних і рекреаційних зон впливу антропогенних факторів непромислового характеру. Тобто на якісний стан навколишнього середовища в межах даних ділянок впливають місцеві антропогенні фактори, що позначаються на життєвих формах рослин роду Populus. Серед таких факторів можуть бути автомобільний транспорт, місцеві звалища побутового сміття, а також постійна недбалість місцевих комунальних служб за зеленими насадженнями міста.

З метою встановлення характеру змін між дослідженими параметрами морфологічних ознак листа рослин протягом досліджуваного інтервалу часу, використовуючи інструменти Geostatistical Analyst [2], побудовано гістограми розподілу отриманих результатів, що наведені на рисунку 2.

У наведених діалогових вікнах використаного інструмента відображається частотний розподіл набору даних і обчислена сумарна статистика. Частотний розподіл являє собою стовпчасту діаграму для відображення частотності влучення спостережуваних значень у певні інтервали або класи.

З наведених гістограм встановлено, що для результатів флуктуючої асиметрії розподіл є дзвіноподібним, тому що значення середнього арифметичного й медіани близькі, цей розподіл близький до нормального. Подібне трактування не можна спостерігати для результатів ураженої тканини листа, для якого не визначено чітко виокремлених екстремальних значень. Проте наведені гістограми дозволяють оцінити частоту повторюваності результатів, що чітко позначається в часовій динаміці кожного показника, що оцінюється.

Отже, результати флуктуючої асиметрії розподіляються таким чином, що для 2012 р. усереднений результат $6,9/7,9^{*}10^{-2}$ має близько 20% випадків, а у наступному році результатів з таким значенням вже понад 30%, а також для 2013 р. спостерігається звуження діапазону отриманих результатів та виокремлення двох провідних діапазонів результатів вимірів, за якими отримано понад 60% результатів, що свідчить про більш високий ступінь якості отриманих результатів та мінімізацію випадкових результатів вимірів, які досягнуто шляхом розширення діапазону та щільності відбору матеріалу досліджень.

Отримані показники ураженої тканини листа в часовій динаміці мають дещо іншу інтерпретацію, а саме: розподіл результатів за кластерами діапазону не ущільнюється зі встановленням єдиних кластерів, а навпаки розпорошується по встановленим кластерам; спостерігається перегрупування нових кластерів та перерозподіл їх кількісних значень; спостерігається зсув отриманих результатів до кластерів з низькими показниками та виключення кластерів з високими, що свідчить про поліпшення показників якості стану довкілля в межах досліджуваної селітебної території.

За результатами проведених досліджень розроблено електрону карту забруднень м. Дніпродзержинська, яку створили шляхом нанесення місць розташування дослідних ділянок та зростання на них дерев роду Populus на існуючу електронну карту міста [3] в програмному продукті ArcMap 9.2. Тобто створено новий шар, який відображає місця зростання дерев, для яких досліджено параметри морфологічних ознак листа рослин.

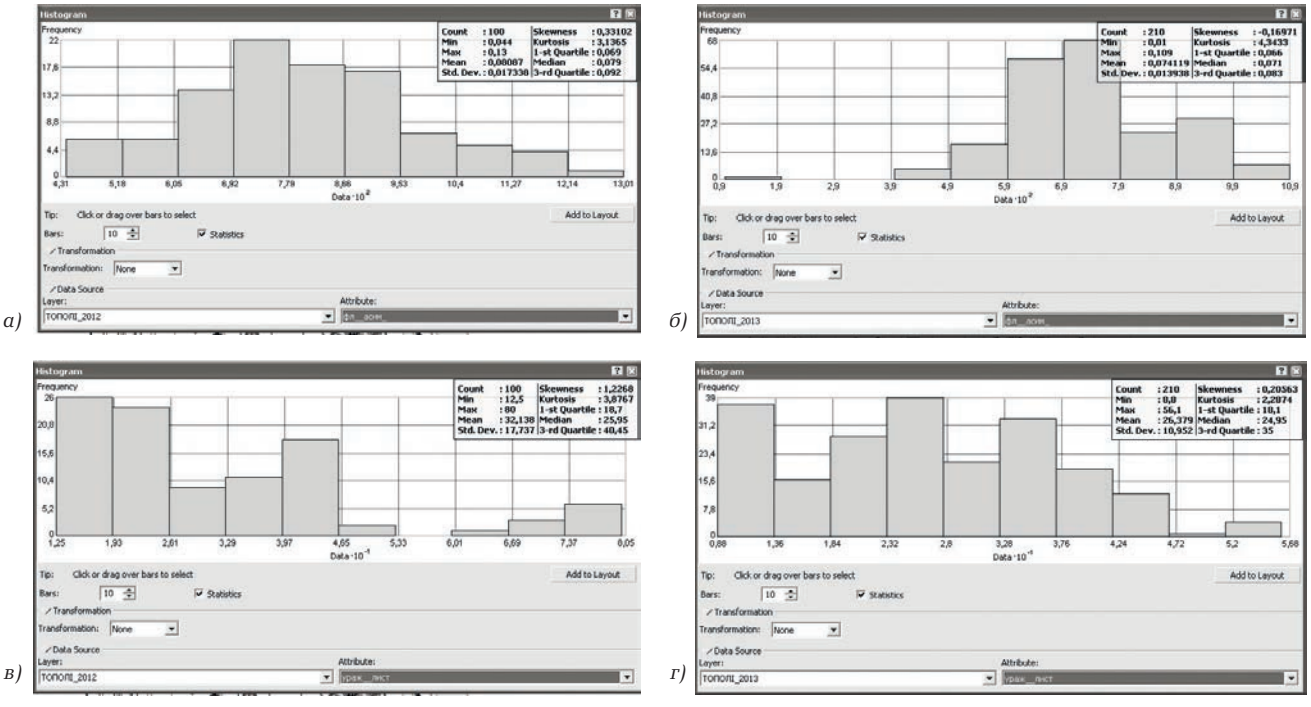


Рис. 2. Гістограми розподілу результатів флуктуючої асиметрії (А, Б) та ураженої тканини листа (В, Г). А, В — дослідження 2012 р., Б, Г — дослідження 2013 р.

Використовуючи даний просторовий набір даних, побудували поверхні з використанням методу зважених відстаней (IDW) (рис. 3). Метод IDW припускає, що поверхня отримана на основі локальної варіації. Застосування цього методу пояснюється рівномірним розподілом опорних точок по території. За отриманими аналітичними картами встановлено два основних забруднюючих центри на території міста — центральна частина міста та район Соцміста. Проте результати моделювання для 2013 р., які містять більш розгалужену мережу досліджених ділянок при зниженні досліджених параметрів в промисловій зоні, більш конкретизують та виокремлюють забруднені зони міста.

В роботі також використали метод ординарного крігінга, за допомогою якого можливо візуально вивчити дані, представивши їх в картографічному виді і побудувати поверхню, яка дозволить визначити, як налаштування параметрів може вплинути на результуючу поверхню. На рис. 4 приведено аналітичні карти стану забруднення навколишнього середовища у 2013 р., побудовані методом ординарного крігінга згідно результатів флуктуючої асиметрії (А) та ураженої тканини листа (Б). Отримані карти повторюють попередні результати моделювання та виокремлюють центри особливого забруднення в межах міста, при цьому останні карти є більш гладкішими з відсутністю різкого перерозподілу досліджених параметрів. Так як і в попередній групі карт, простежується більш уявна картина про екологонебезпечні ділянки міста для даних 2013 р., обумовлена більш значним обсягом вихідних даних.

Слід зазначити, що обидва методи доцільно використовувати для розробки аналітичних карт, зокрема карт, що представляють територіальний розподіл показників, які вказують на ступінь забруднення довкілля. Згідно аналітичних карт, можна спостерігати й обґрунтовано прогнозувати екологічно небезпечні зони промислового міста.

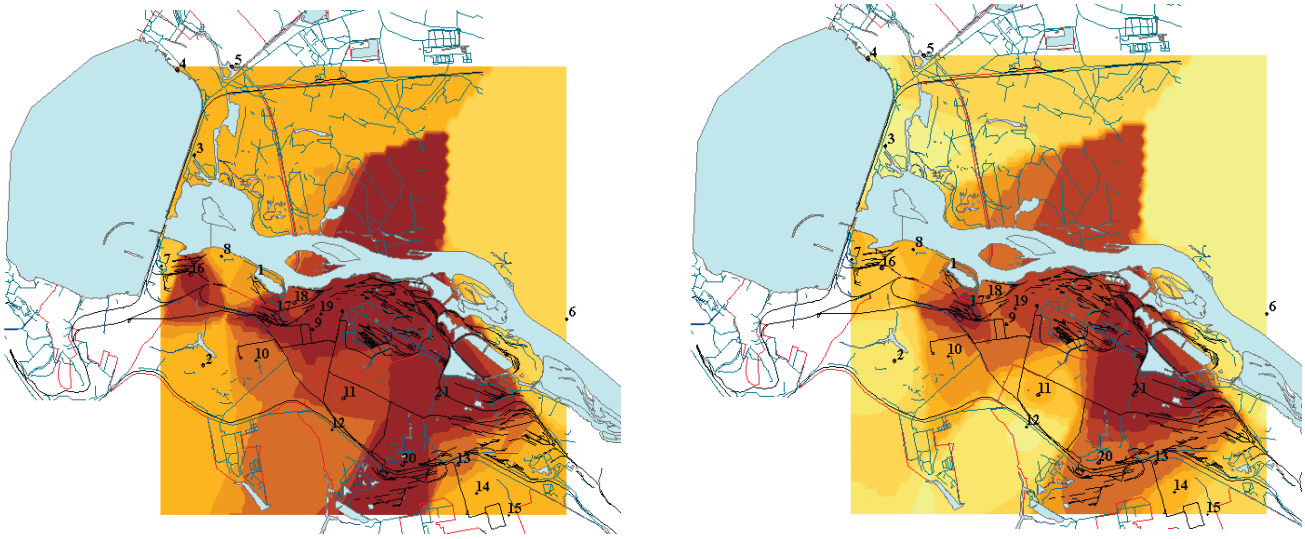


Рис. 3. Поверхня розподілу стану забруднення навколишнього середовища, побудована IDW методом за результатами флуктуючої асиметрії (праворуч) та ураженої тканини листа (ліворуч), дослідження 2013 р.

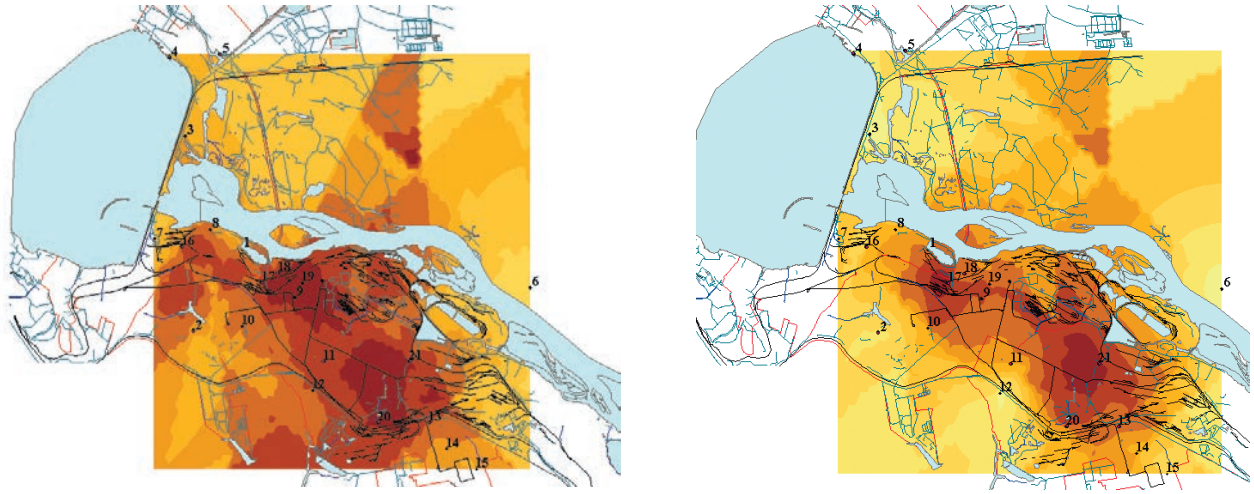


Рис. 4. Поверхня розподілу стану забруднення навколишнього середовища, побудована методом ординарного крігінга за результатами флуктуючої асиметрії (праворуч) та ураженої тканини листа (ліворуч), дослідження 2013 р.

Висновки. Для оцінки якості навколишнього середовища протягом двох років в промисловому місті Дніпродзержинську використані методи біоіндикації. Значення морфологічних змін у будові листа рослин (показники флуктуючої асиметрії листової пластини та ступінь ураженості тканини листової пластини) оцінено для 21 ділянки, що знаходяться на території міста, на кожній з яких проаналізовано по 10 дерев роду Populus.

Згідно проведених розрахунків встановлено значення усереднених параметрів морфологічних ознак листа рослин для відповідних зон в межах — рекреаційної, селітебної та промислової. Для промислової зони ці значення є найвищим, для селітебної зони показник знижується у порівнянні з промисловою, а для рекреаційної зони суттєвих відмінностей не спостерігається у порівнянні з селітебною (за виключенням контрольної точки), оскільки рекреаційна зона розташована в межах міста та відчуває не менший тиск антропогенного впливу.

За бальною системою в промисловій зоні встановлено вкрай несприятливі умови якісного стану довкілля з оцінкою у V балів, селітебна зони характеризується як сильно забруднена з оцінкою IV бали, рекреаційна зона в межах міста належить до перехідної групи між забрудненої та умовно чистої зони та має бальну оцінку у II бали.

Оскільки параметри морфологічних ознак листа рослин проведені протягом двох років, виявляється можливість порівняти результати досліджень, виконаних протягом 2012 та 2013 рр. на тих самих ділянках. З метою встановлення характеру змін між параметрами протягом дослідженого інтервалу часу, використовуючи інструменти Geostatistical Analyst, побудовано гістограми розподілу отриманих результатів.

Розроблено електронну карту якісного стану довкілля м. Дніпродзержинська, яку створили шляхом нанесення місць розташування дослідних ділянок та розташованих на них дерев роду Populus. Використовуючи даний просторовий набір даних, побудували поверхні з використанням методу зважених відстаней (IDW) та ординарного крігінгу. За отриманими аналітичними картами для 2012 р. встановлено два основних забруднених центри на території міста — центральна частина міста та район Соцміста. За результатами моделювання 2013 р., які містять більш розгалужену мережу досліджених ділянок при зниженні досліджених параметрів в промисловій зоні, отримано карти, що більш конкретизують та виокремлюють забруднені зони міста.

За допомогою аналітичних карти, побудованих різними методами для 2013 р. можна спостерігати й обґрунтовано прогнозувати екологічно небезпечні зони промислового міста. Слід зазначити, що обидва методи доцільно використовувати для розробки аналітичних карт, зокрема карт, що представляють територіальний розподіл показників, які вказують на ступінь забруднення навколишнього середовища.

Рецензент: доктор технічних наук., зав. каф. екології та охорони навколишнього середовища ДДТУ О.В. Зберовський

Література:

1. Шкіль Ф.Н. Вживання методики раннього виявлення порушень стану зелених насаджень: Альманах «Екологія великого міста». Проблеми вмісту зелених насаджень і міських лісів в умовах Москви./Ф.Н. Шкіль, В.М. Захаров. — [Вид. 8] — М.: Пріма-М, 2003. — С. 50 – 54.

2. ArcGis 9 Geostatistical Analyst: Посібник користувача.Russian Translation. — Вид-во: ESRI, 2001. — 285 с.

3. "Описание электронной карты г. Днепродзержинска" разработчик слоев — К.: НДВИ Геодезии и картографии.

УДК 528.9:001.82

Т. М. Курач
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОЦІНКА СТУПЕНЯ ВИРАЖЕНОСТІ АБСТРАКТНОСТІ/КОНКРЕТНОСТІ НА ГЕОЗОБРАЖЕННЯХ

У статті розкрито сутність поняття абстрактності, взаємозв'язок і взаємовиключення з категорією конкретності стосовно їх вираженості на геозображеннях. Розширено специфічні ознаки картографічної форми абстрагування, зокрема зазначено іманентну присутність абстрактності на будь-яких геозображеннях, відсутність чітко виражених меж прояву. Досліджені варіанти прояву абстрактності на геозображеннях дозволили виділити та обґрунтувати чотири рівні прояву абстрактності за показником узагальнення змісту. Різний ступінь вираженості абстрактності вербально оцінено за допомогою значень лінгвістичної змінної.

Ключові слова: абстрактність/конкретність, ступінь прояву, вираженість, рівні прояву, оцінка ступеня вираженості.

Т. Н. Курач

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ АБСТРАКТНОСТИ/КОНКРЕТНОСТИ НА ГЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ

В статье раскрыта сущность понятия абстрактности, взаимосвязь и взаимоисключение с категорией конкретности относительно их выраженности на геоизображениях. Расширены специфические признаки картографической формы абстрагирования, в частности отмечено имманентное присутствие абстрактности на любых геоизображениях, отсутствие четко выраженных границ проявления. Исследованные варианты проявления абстрактности на геоизображениях позволили выделить и обосновать четыре уровня проявления абстрактности по показателю обобщения содержания. Различная степень выраженности абстрактности вербально оценена с помощью значений лингвистической переменной.

Ключевые слова: абстрактность/конкретность, степень проявления, выраженность, уровни проявления, оценка степени выраженности.

T. Kurach

ASSESSMENT OF ABSTRACT/CONCRETENESS DEGREE ON GEOIMAGES

The article reveals the essence of abstract concepts, relationship and mutual exclusion of categories of concreteness with respect to their severity on geoimages. Specific features of cartographic forms of abstraction, in particular noted the presence of abstraction inherent in any geoimages, are expanded; the lack of clear boundaries manifestations is noted. The explored options of abstractness on geoimages give possibility to identify and justify the four levels of abstraction in terms of manifestations of generalization content. Varying degrees of severity abstractness verbally assessed the values of the linguistic variable.

Keywords: abstract/concreteness, the degree of manifestation, the expression levels of manifestation, severity rating.

Вступ. Розвиток ГІС-технологій розширив можливості моделювання геозображень із специфічними властивостями. Процес побудови зображення залежить від призначення, наявної інформації тощо, а результат повинен відповідати встановленим вимогам. Для ефективного моделювання об'єктів і явищ дійсності шляхом конструювання геозображень та найкращого наближення результату до мети, необхідним є першочергове визначення та задавання властивостей із необхідними параметрами і характеристиками. Для конструювання геозображень із заданими властивостями необхідно провести їх формалізацію, що передбачає виявлення варіантів прояву або вираженості основних властивостей геозображень і їх вербальна оцінка шляхом присвоєння значень лінгвістичним змінним.

Вихідні передумови. Теорію картографічної форми абстрагування розвинув О. Ф. Асланікашвілі; проблематику картографічної генералізації, що по суті є складовою процесу абстрагування, досліджували науковці: М. М. Баранський, К. О. Саліщев, О. Г. Ісаченко, І. П. Заруцька, М. Еккерт та ін.; проблематикою дистанційної генералізації займалися Е. Л. Смірнов, А. В. Брюханов, І. О. Кравцова. Безпосередньо питання абстрагування висвітлювали у своїх роботах Д. П. Горський, В. А. Штофф, К. Бакрадзе, С. Б. Церетелі.

Мета статті — дослідити рівні прояву абстрактності/конкретності на геозображеннях і оцінити ступінь її вираженості.

Виклад основного матеріалу. При картографічному дослідженні об'єктів, явищ і процесів будь-якої природи використовується один із логічних прийомів наукового пізнання — абстрагування. У філософії абстракція (від лат. Abstractio) — відвернення, відхилення, відокремлення; від введеного Боецієм поняття як перекладу грецького терміну, що вживався Арістотелем) визначається як «одна із сторін, форм пізнання, що полягає в осмисленому відхиленні від ряду властивостей предметів і відносин між ними і виділенні, вичленення якоїсь властивості або якихось відносин. Абстракція означає і процес відхилення, і його результати. У процесі абстрагування доводиться іноді відхилятися, залишати осторонь деякі суб'єктивні можливості людини» [8, с. 10].

За В. М. Пащенком логічні методи абстракції — це «... прийоми пізнавального уявного ізолювання, виділення в самостійні вузькі об'єкти окремих складових, сторін, властивостей, відношень, притаманним об'єктам дослідження» [6, с. 45].

Абстрактність є однією з властивостей карт і геозображень. За О. М. Берлянтом «абстрактність геозображень — властивість графічних образів передавати формалізовані, узагальнені й спрощені ха-

рактеристики та взаємозв'язки реальних чи ідеальних об'єктів, виключаючи їх детальні властивості та зв'язки, деякі індивідуальні риси. Абстрактність часто є наслідком генералізації геозображень [3, с. 179].

Найбільш докладно розкрив проблеми теорії картографічної форми абстрагування О.Ф. Асланікашвілі, вперше визначивши особливості, види й структуру цього процесу та виділивши чотири специфічні ознаки картографічної форми абстрагування: 1) предметом абстрагування є конкретний простір об'єктів і явищ; 2) абстракція є логічно-графічною, уявно-чуттєвою формою, що передається за допомогою мови карти; 3) конкретно-абстрактне відображення простору подається в єдності з узагальненим змістом; 4) абстрагування виступає як специфічна єдність часткового і загального [1, с. 64 – 65].

До виділених специфічних ознак картографічної форми абстрагування слід додати специфічну рису — іманентну присутність абстрактності на будь-яких геозображеннях, яка може проявлятися у різних формах і з різним ступенем узагальнення. Абстраговані об'єкти і явища відрізняються один від одного ступенем конкретності, від найбільш конкретного до найбільш абстрактного. Тому властивість абстрактності завжди розглядається разом із протилежною їй властивістю конкретності, що є основними філософськими категоріями, які відображають чуттєво-аналітичне пізнання реальної дійсності.

Категорія конкретного характеризує сприйняття та відображення об'єктів і явищ у їх цілісному та повному вигляді, зокрема з багатогранними властивостями і відношеннями, у взаємодії всіх його частин та у цілісності їх зв'язків, зокрема просторових, із зовнішнім середовищем.

Категорія абстрактного пов'язана з відволіканням уваги від певних властивостей і відносин або з виділенням головного, важливого. Абстрактне є частиною цілого, що виділене з нього та відокремлене від наявних зв'язків і взаємодії з іншими складовими системи. Процес абстрагування дозволяє розкрити просторово-часову та змістову сутність об'єктів, процесів і явищ.

Абстраговані об'єкти картографування відрізняються один від одного за ступенем абстрактності чи конкретності. Чим більше абстрагований об'єкт, тим він менш конкретний, і навпаки. Співвідношення між конкретним і абстрактним регулюється метою і призначенням дослідження.

Показником ступеня абстрагування є порівняння відображення з реальною дійсністю, оскільки змодельоване абстрактне є праобразом реального. Узагальненню підлягають три складові картографічного зображення: зміст, простір і час. Найкращим проявом ступеня картографічного абстрагування простору виступає зміна масштабу геозображення. Чим дрібніший масштаб, тим більший ступінь абстракції. При цьому абстрагування виступає як багатоступінчатий процес у безперервній послідовності від найбільш конкретного (об'єктивна реальність) до найбільш абстрактного (точка). Найвищим ступенем абстрагування є зникнення моделі об'єкта взагалі, а найменшим — об'єктивна реальність як вона є. І перший, і другий випадки виключають існування моделі як такої. У зв'язку з цим можна вважати окресленими, але не доречними граничні ступені прояву абстрактності, її максимум і мінімум. Як зауважив О.М. Берлянт, маючи реалістичне геозображення масштабу 1:1, ми знову опиняємося на місцевості без карти. Властивість абстрактності на геозображеннях не має «абсолютного нуля», її прояв, навіть мінімальний, завжди присутній на зображенні, а максимальний призведе до його зникнення як моделі. Між цими граничними положеннями прояву містяться певні пропорції конкретного й абстрактного.

Як вже відзначалося, властивість абстрактності іманентно присутня на геозображеннях, як моделях реальної дійсності, яким притаманні властивості узагальнення й спрощення. Модель не є копією оригіналу через, по-перше, складність форми і розмірності об'єктів вивчення, що унеможливлює створення їх абсолютних копій; по-друге, графічна візуалізація інформації подається через свою формалізовану мову (наприклад, у картографії мовою графічних змінних, що формують умовні позначення); по-третє, абстрагуванню підлягає також і час (наприклад, топографічні карти є позачасовими). Тобто йдеться про абстрагування головних складових зображення — простору й часу та узагальнення змісту.

Логічним результатом абстрагування на картографічних зображеннях є мова карти (система картографічних умовних позначень), що є одною з форм абстрагування змістового навантаження карти. О.Ф. Асланікашвілі пропонує оперувати термінами «масштаб простору» і «масштаб змісту» [1, с. 74]. Абстрагування простору й часу проявляється відповідно як зменшення розміру зображення і відмінність у часі, а ступенем такого абстрагування на геозображеннях виступає зміна масштабу простору і масштабу часу. Тому оцінювання ступеня прояву абстрактності простору й часу доречно проводити при розгляді властивості метричності, до складу якої входить масштаб.

Масштаб змісту є показником докладності відображення змісту об'єкта картографування. Оскільки змістове навантаження виступає на карті з різним ступенем узагальнення, то й масштаб змісту можна вважати ступенем узагальнення. Але розрахувати масштаб змісту зазвичай може лише автор карти, маючи в наявності вихідні джерела укладання картографічного твору, а оцінити правильність або ступінь узагальнення окремих елементів змісту візуально є ускладненим. Проблему можна вирішити шляхом оцінювання наявних підходів і прийомів абстрагування на геозображеннях відповідного масштабу простору.

При розгляді абстрактності змісту, як властивості геозображень, виділяють два підходи до її прояву: перший пов'язаний із застосуванням формалізова-

них мов — картографічних і математичних, у вигляді позначень, знаків, символів, формул, перетворень тощо; другий пов'язаний із картографічною генералізацією, як основою абстрактності будь-якої моделі [2, с. 38; 5, с. 42 — 43].

Зміст абстрагування полягає в уявному відході від несуттєвих властивостей, зв'язків, відношень предметів і в одночасному виділенні, фіксуванні однієї чи кількох найістотніших рис, особливо цікавих дослідникові [6, с. 76].

Для оцінювання ступеня абстракції (узагальнення) змісту пропонуємо використати два методи формалізації: математико-статистичний та картографічний (генералізація). Для оцінювання ступеня узагальнення змісту необхідно виявити форми прояву, вираженості абстрактності на геозображеннях. Наприклад, О. Г. Топчієв виділяє «... три основні рівні математизації» [7, с. 98], розширюючи й поглиблюючи які можна зазначити чотири рівні формалізації, які знайшли відображення у табл. 1, як рівні абстрактності за показником узагальнення змісту:

1. *Перший рівень* характеризується наявністю на зображеннях елементарних змінних, які диференціюються за видами: графічні (точка, лінія, форма, розмір ін.), іконічні (колір, фототон, яскравість ін.), акустичні (мова, звуки ін.), динамічні (панорамування, тривалість, переміщення ін.), зорові реалістичні (текстура поверхні, освітленість ін.), об'ємні (ракурс, світлотінь ін.).

2. На *другому рівні* застосовують математико-статистичні та картографічні засоби, найпростіші картографічні й математичні позначення, символи, знаки, кількісні показники й міри. Зазначаються якісні і кількісні вимірювальні характеристики окремих об'єктів і відношень. Наприклад, для картографічних зображень — це умовні позначення, для дистанційних геозображень — кодування яскравості, спектральні характеристики; для динамічних — параметри кадрування, швидкості, часові характеристики тощо. Відображують результати оброблення даних (формули, залежності, рівняння, алгоритми тощо) з метою встановлення емпіричних залежностей і закономірностей. Для картографічних зображень це розрахункові показники шкал, коефіцієнтів, відношень тощо. Для дистанційних геозображень — прийоми й методи покращення якості знімків (фільтрація, контрастування й ін.).

3. *Третій рівень* пов'язаний із генералізацією зображення, що забезпечує цілеспрямований відбір, узагальнення, ідеалізацію об'єктів, виключення незначних і менш суттєвих деталей, і одночасне акцентування уваги на головних рисах.

4. *Четвертий рівень* передбачає створення математико-графічних моделей із використанням аксіоматико-дедуктивного методу, теорії графів, аналізу кореляції, регресії, багатовимірного статистичного аналізу, спектрального аналізу, методів оброблення багатозональних знімків, прийомів і методів автоматизованої класифікації із застосуванням теорії розпізнавання образів тощо.

Перших два рівні відображують формалізацію специфічних мов — картографічної й математичної. Інший підхід до прояву абстрактності, як властивості геозображень, пов'язаний із генералізацією, яка розглядається як основа абстрактності будь-якої моделі. Достатньо глибоко у картографічній літературі різними авторами, зокрема вищезазначеними, розроблено методики генералізації за окремими елементами змісту, проведено їх якісну й кількісну оцінку. Однак, оцінювання вже проведеної генералізації на геозображеннях є завданням складним, саме через прихованість процесу і методик генералізації, а наявності лише їх результатів за якими важко встановити кількісні параметри проведеної генералізації на зображенні. Для цього необхідно мати вихідні редакційні документи, де зазначено цензи та норми відбору тощо, або порівняти аналогічні зображення, відтворені у різних масштабах, що не завжди є можливим. Рішення можна шукати в проведенні аналізу самого картографічного зображення, легенди карти та в проведенні картометричних досліджень.

Відомо, що основними чинниками, що впливають на генералізацію є призначення й масштаб карти. Різні автори виділяють різні види генералізації: масштабну і цільову (Є. Є. Ширяєв), формальну й смислову (А. С. Васмут), графічну та феномен-орієнтовану (Д. М. Марк), змістову й геометричну (А. П. Божок), картографічну, дистанційну, динамічну, автоматичну, піксельну (О. М. Берлянт).

Однак, для оцінювання ступеня абстрактності генералізованого зображення необхідно виявити не відмінності у різновидах генералізації, а єдність у процедурах їх проведення та отриманих результатів. У зв'язку з чим, доречно орієнтуватися на кібернетичну модель, розроблену Ф. Хоффманном, який виділяє: селективну (відбір і узагальнення), інтегральну (об'єднання й перебільшення) та диференційну генералізацію (призначення карти, значення об'єктів картографування) [9, с. 7]. У зазначених видах генералізації закріплено основні процедури її проведення: відбір і узагальнення, об'єднання й перебільшення, базуючись на призначенні карти. Наведені три види генералізації, з уточненням їх змісту, можна використовувати для оцінювання рівнів абстрактності змісту за показником картографічної формалізації (генералізації).

Перший вид (селективна генералізація) полягає у відборі та узагальненні окремих елементів зображення, може бути якісним й кількісним. Результати проведеної селективної генералізації безпосередньо спостерігаються на карті за елементами змісту та в легенді (умовні позначення, вибір шкал, узагальнення градацій). Відбір і узагальнення виконують селективну функцію, відбираючи й виключаючи певні об'єкти, обмежуючи зміст необхідними даними, відкидаючи несуттєві деталі, узагальнюючи найважливіші прояви. Стосовно оцінювання цих процедур селективна генералізація є найпростішим рівнем абстрактності змісту шляхом залучення методів відбору й узагальнення окремих елементів змісту.

Об'єднання й перебільшення (другий вид) по суті складає протилежну дію селективній генералізації, але її особливість полягає в тому, що в результаті об'єднання елементів при зменшенні масштабу карти отримується якісно нове картографічне зображення за яким стає можливим виявити нові закономірності. У процесі інтеграції проявляється нова важлива сутність генералізації, що полягає не тільки у виключенні й втраті інформації, як у першому виді, але й у можливості отримання додаткових відомостей, нових знань на основі яких вдається виявляти якісно нові закономірності.

Третій вид генералізації (диференційний), пов'язаний із призначенням карти чи геозображення та значенням об'єктів відображення пропонуємо назвати ціннісним, саме через врахування ціннісного критерію. Відомо, що картограф у процесі генералізації часто порушує геометричну точність, за рахунок найкращого чи суттєво необхідного змістового навантаження, враховуючи при цьому географічну значимість, цінність об'єктів.

Зазначені особливості прояву, вираженості абстрактності/конкретності дозволяють розробити лінгвістичну оцінку ступеня інтенсивності прояву властивостей геозображень (табл. 1). Лінгвістичною називають змінну, значеннями якої є слова або речення природної або штучної мови [4, с. 7]. Найменшим ступенем абстрактності й відповідно найбільшим ступенем конкретності володіють первинні, у так званих «сирих значеннях», аерокосмознімки — як копії конкретних, реально існуючих об'єктів, що дають «портретну» модель дійсності. Певним ступенем конкретності у відображенні даних про об'єкт наділені карти-спостереження (інвентаризаційні, адресні, бланкові карти). Значний ступінь абстрактності спостерігається на розрахункових картах, зокрема на яких зроблено перехід від конкретної локалізації точок спостережень (дискретних) до континуального (суцільного) зображення явища. Високий ступінь абстрагування простору та узагальнення змісту притаманний різноманітним статистичним поверхням, ще в більшій мірі, якщо вони відображають не реальні, а абстрактні явища, уявні конструкції, штучні поля тощо.

Таблиця 1

Вербальна оцінка ступеня прояву абстрактності

Рівні абстрактності за показником узагальнення змісту	**Значення лінгвістичної змінної**	**Приклади видів геозображень**
1. Елементарні змінні	Найменше проявлення ознаки	Дистанційні (космознімки)
2. Математико-статистичні та картографічні засоби	Проявлення ознаки	Картографічні (карти)
3. Генералізація	Сильне проявлення ознаки	Картографічні (карти) Дистанційні картографічні (космокарти)
4. Математико-графічні моделі	Найвище проявлення ознаки	Картографічні (анаморфози)

Висновки та перспективи подальших пошуків. Таким чином, підсумовуючи викладене, можна дати визначення *абстрактності як властивості геозображень, яка полягає в інформативному і пізнавальному процесі математико-статистичної та картографічної формалізації у відповідності з масштабом простору і часу*. Окреслені чотири рівні прояву абстрактності за показником узагальнення змісту мають різний ступінь, який вербально оцінено за допомогою значень лінгвістичної змінної. Створена лінгвістична шкала потребує апробації, в процесі якої можливе деяке коригування оцінок. Розроблені методологічні підходи оцінювання ступеня прояву абстрактності необхідно застосувати для решти основних властивостей геозображень, і в подальшому не виключає можливість переходу від вербальної до кількісної оцінки.

Рецензент: доктор географічних наук, професор Л. М. Даценко

Література:

1. Асланикашвили А. Ф. Метакартография. Основные проблемы/А. Ф. Асланикашвили. — Тбилиси: «Мецниереба», 1974. — 125 с.
2. Берлянт А. М. Вертуальные геоизображения/А. М. Берлянт. — М.: Научный мир, 2001. — 56 с.
3. Берлянт А. М. Геоиконика/А. М. Берлянт. — М.: «Астрея», 1996. — 208 с.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений/Л. Заде. — М.: «Мир», 1976. — 167 с.
5. Козаченко Т. І. Картографічне моделювання: Навч. пос./Т. І. Козаченко, Г. О. Пархоменко, А. М. Молочко; За заг. ред. А. П. Золовського. — Вінниця, 1999.
6. Пащенко В. М. Методологія та методи наукових досліджень: підручник/В. М. Пащенко. — Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2011. — 256 с.
7. Топчієв О. Г. Суспільно-географічні дослідження: методологія, методи, методики/О. Г. Топчієв. — Одеса, «Астропринт», 2005. — 632 с.
8. Філософський словник соціальних термінів./Видання третє, доповнене. — Х.: «Р. И. Ф.», 2005. — 672 с.
9. Флоринский И. В. Генерализация в картографии: краткий обзор проблемы/И. В. Флоринский. — Пущино.: Препринт, 1991. — 55 с.

УДК 911.2

Г. В. Лобанов*, А. Ю. Зверева*, М. В. Коханько*, М. А. Новикова*, А. В. Полякова*, Б. В. Тришкин**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского»,

**Некоммерческое образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский психолого-социальный институт», Брянский филиал.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В МОРФОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Статья представляет опыт использования ГИС-технологий для анализа факторов и закономерностей распространения, причин и особенностей динамики сложных природных объектов — пойменно-русловых комплексов на обширной территории бассейнов Верхней Волги и Верхнего Днепра. Описаны особенности, преимущества и перспективы сочетания традиционных приёмов морфологического анализа и современных программных средств. Приводится обоснованная последовательность приёмов, описаны способы картографического представления результатов исследования морфологии и динамики пойменно-русловых комплексов, подтверждается возможность применения подхода для других регионов.

Ключевые слова: пойменно-русловые комплексы, ГИС-технологии, морфологический анализ.

G. V. Lobanov, A. Y. Zvereva, M. V. Kohanko, M. A. Novikova, A. V. Polyakova, B. V. Trishkin

GIS APPLICATION IN MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF FLOODPLAIN-CHANNEL COMPLEXES

The article deals with the experience of GIS-technology application for the analysis of factors and ways of spreading, reasons and features of the dynamics of the complex natural objects — floodplain-channel complexes in the vast areas of the Upper Volga and the Upper Dnepr basins. Features, advantages, and prospects of a combination of traditional techniques of the morphological analysis and modern software are described. Reasonable sequence of methods is given, ways of cartographic presentation of the results of morphological research and the dynamics of floodplain-channel complexes are described, and possibility of application of the approach to other regions is confirmed.

Keywords: floodplain-channel complexes, GIS-technology, morphological analysis.

Г. В. Лобанов, А. Ю. Звєрєва, М. В. Коханько, М. А. Новікова, А. В. Полякова, Б. В. Трішкін

ВИКОРИСТАННЯ ГІС В МОРФОЛІЧНОМУ АНАЛІЗІ ЗАПЛАВНО-РУСЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ

В статті наведено досвід використання ГІС-технологій для аналізу факторів і закономірностей розповсюдження, причин і особливостей динаміки складних природних об'єктів — заплавно-руслових комплексів на великій території басейнів Верхньої Волги і Верхнього Дніпра. Описані особливості, переваги і перспективи поєднання традиційних прийомів морфологічного аналізу і сучасних програмних засобів. Приведено обґрунтування послідовності прийомів, описані способи картографічного представлення результатів дослідження динаміки заплавно-руслових комплексів, підтверджується можливість застосування підходу для інших регіонів.

Ключові слова: заплавно-руслові комплекси, ГІС-технології, морфологічний аналіз.

Введение. Исследование динамики геолого-геоморфологических процессов является важным элементом планирования устойчивого развития. Оценка и прогноз рисков, связанных с их возможными опасными проявлениями позволяет обосновать решения о приоритетных направлениях хозяйственного использования территории, видах и объемах защитных мероприятий. Одним из актуальных объектов прогнозирования является динамика пойменно-русловых комплексов (ПРК) — морфодинамически однородных, относительно обособленных отрезков течения, протяженностью первые десятки километров [6]. Прогноз строится на выявлении и обосновании устойчивых закономерных изменений морфологии и динамики русла, которые охватывают весь комплекс, но для отдельных форм проявляются неодновременно [8].

Сложная морфологическая структура, неравномерная динамика, разнообразные сочетания факторов русловых процессов определяют приоритет качественных прогнозов, построенных на закономерных связях комплекса условий и состояния ПРК. Качественные прогнозы часто более точно отражают общие особенности динамики сложных природных объектов в сравнении с математическими моделями, но менее формализованы в отношении алгоритма построения, объяснения и представления результатов. Особенности ГИС как инструмента исследования позволяют реализовать преимущества качественного географического прогноза и частично формализовать его построение, что существенно повышает однозначность сопоставления результатов, полученных для разных территорий.

Исходные предпосылки. *Пойменно-русловые комплексы как объект морфологического анализа.*

Ведущим методом исследования многолетней динамики рельефа является морфологический анализ. Метод, со времени становления направлен на поиск закономерностей проявления рельефообразующих факторов и процессов в строении поверхности [4]. Сведения об изменениях рельефа, при разных сочетаниях факторов, составляют основу прогноза динамики рельефообразующих процессов, в том числе потенциально опасных для населения и хозяйства. Набор факторов, достаточных для объяснения

морфологии и динамики рельефа зависит от представлений о физической природе, создающих его процессов; возможности их формального описания, сложности строения поверхности, размера и конфигурации территории, вида прогноза и требованиям к его подробности. Морфологический анализ ПРК, в частности направлен на выявление и оценку устойчивости зависимостей между скоростью деформаций русла и сочетанием факторов руслового процесса для отрезков течения, протяженностью до первых десятков километров. Сведения о динамике ПРК в разных природных условиях и представления о русловом процессе определяет привлечение разнообразных факторов для объяснения морфодинамических особенностей отрезков течения. Теоретически обоснованное, «ожидаемое» влияние фактора или их группы на русловой процесс, может отличаться от реальной ситуации, что определяет использование максимально широкого набора сведений об участке течения и водосборной территории. Большое разнообразие строения и динамики ПРК на крупных и средних реках определяет целесообразность использования морфологического анализа в современном варианте, сочетающем классические приёмы визуальной оценки строения русла и поймы и технологические возможности ГИС-приложений по обработке, анализу, визуальному представлению пространственной информации [2].

Цель исследования — апробировать алгоритм применения «классического», визуального морфологического анализа ПРК средствами ГИС-приложений. Формализация приёмов и результатов метода позволяет распространить подход на реки иных регионов для получения сопоставимых результатов. Выбор объектов исследования — бассейны верхней Волги и Верхнего Днепра обоснован их привлекательностью для морфологического анализа — разнообразными сочетаниями условий русловых процессов, неоднозначным и часто неявным проявлением в морфологии и динамике русла отдельных факторов, хорошей обеспеченностью картографическими и фондовыми материалами.

Изложение основного материала.

ГИС технологии в морфологическом анализе пойменно-русловых комплексов.

Опыт и результаты морфологического анализа ПРК крупных и средних рек с использованием ГИС-технологий подтверждают перспективность применения метода для оценки влияния факторов руслового процесса, на морфологию и динамику русла. Сложилась логическая последовательность этапов анализа, которую можно рассматривать как универсальную для разных порядков рек и сочетаний факторов русловых процессов: выделение границ ПРК, их морфодинамическая типизация, анализ закономерностей распределения в пространстве, оценка чувствительности ПРК разных типов к изменению географической среды. Возможности ГИС-приложений используются на всех этапах для решения трёх типов задач: визуального представления, сопоставления и анализа картографических материалов; количественной оценки закономерностей распределения ПРК во времени и пространстве; создания картографических и графических моделей. Цели, содержание и результаты этапов представлены ниже.

Первый этап анализа — построение векторной модели ПРК по цифровым моделям гидросети, топографическим и крупномасштабным тематическим картам, космическим снимкам высокого разрешения, фондовым материалам геологической съёмки. Цифровая модель гидросети является технической основой модели ПРК. Известные варианты моделей для территории России, представляют конфигурацию русла с точностью, соответствующей обзорно-топографическим картам масштаба 1:500000 и мельче, что ограничивает возможности их непосредственного использования для морфологического анализа только нижним и средним течением крупных и крупнейших рек. Структурным элементом таких моделей обычно являются участки русла между притоками, которые во многих случаях морфодинамически неоднородны. Средствами ГИС-приложений исходные модели перестраиваются с выделением новых структурных единиц, соответствующих пойменно русловым комплексам. Границы ПРК определяются по топографическим картам и космическим снимкам. Сопоставление и совместное использование материалов разного типа позволяет уменьшить неопределенность положения границ, связанную с технической или картографической генерализацией изображений, неопределенным положением русла на лесных территориях, низким разрешением доступных космических снимков для некоторых участков течения. Структурным элементам модели присваиваются геоморфологические, литологические, гидрологические, ландшафтные характеристики, сведения о направлении и уровне антропогенного воздействия.

Подробность характеристики ПРК, в общем, прямо зависит от частоты их чередования. Причина смены ПРК в одних случаях удовлетворительно объясняется значительными отличиями факторов — литологическим типом грунтов, строением долины, условиями стока, существенным изменением величины среднего или руслоформирующего расхода; в других — требует привлечения данных об инженерно-геологических характеристиках пород берегового уступа, гидравлических особенностях течения, доли источников подземного питания [3, 5]. Сведения организованы в пространственную базу данных, которая используется как информационная основа последующих этапов морфологического анализа, или самостоятельный источник фактических данных для решения иных научно-прикладных задач.

Второй этап — морфологическая типизация ПРК, обоснован большим разнообразием ПРК и устойчивыми морфологическими особенностями поймы и русла, повторяющимися на разных участках течения рек. Количество ПРК, выделенных только на больших и крупных реках водосборных террито-

рий площадью сотни тысяч квадратных километров (соответствует размеру бассейнов Верхней Волги и Верхнего Днепра) уже составляет несколько сотен. Типизация позволяет уменьшить разнообразие вариантов строения ПРК до 1—2 десятков и выявить наиболее общие закономерности и причины их пространственного распределения. Предварительные схемы типизации ПРК возникают уже на этапе выделения границ и в дальнейшем уточняются выделением закономерных, теоретически обоснованных сочетаний особенностей поймы и русла — «ядер типов», отличающихся устойчивой спецификой руслового процесса в многолетний период. Иные, менее вероятные сочетания соответствуют участкам, на которых условия русловых процессов существенно изменялись, они объединяются с «ядрами типов» по степени подобия современных морфодинамических особенностей русла. В типизации ПРК сочетаются субъективный авторский подход и формальная, количественная оценка частоты встречаемости различных сочетаний поймы и русла [7]. Особенности пространственного распределения типов ПРК (равномерность, частота чередования на разных реках) оцениваются по карте, построенной способом линейных знаков (рис. 1).

Таблица 1

Морфологические типы ПРК в бассейне верхнего Днепра

1	верховья — ручьи, бочажины, сухие руслица с отдельными участками руслового режима, пойма сегментно-гривистая
2	серии сегментных крутых излучин, разделенные участками прямолинейного русла, пойма преимущественно сегментно-гривистая
3	сегментные пологие излучины, разделенные участками прямолинейного русла, в том числе с прямолинейными участками, пойма преимущественно сегментно-гривистая
4	адаптированные излучины в сочетании с участками прямолинейного русла, пойма преимущественно ровная
5	относительно прямолинейное русло, пойма ровная или сегментно-гривистая
6	сложные сочетания русловых форм, излучин разных типов отрезков прямолинейного русла
7	пойменная многорукавность

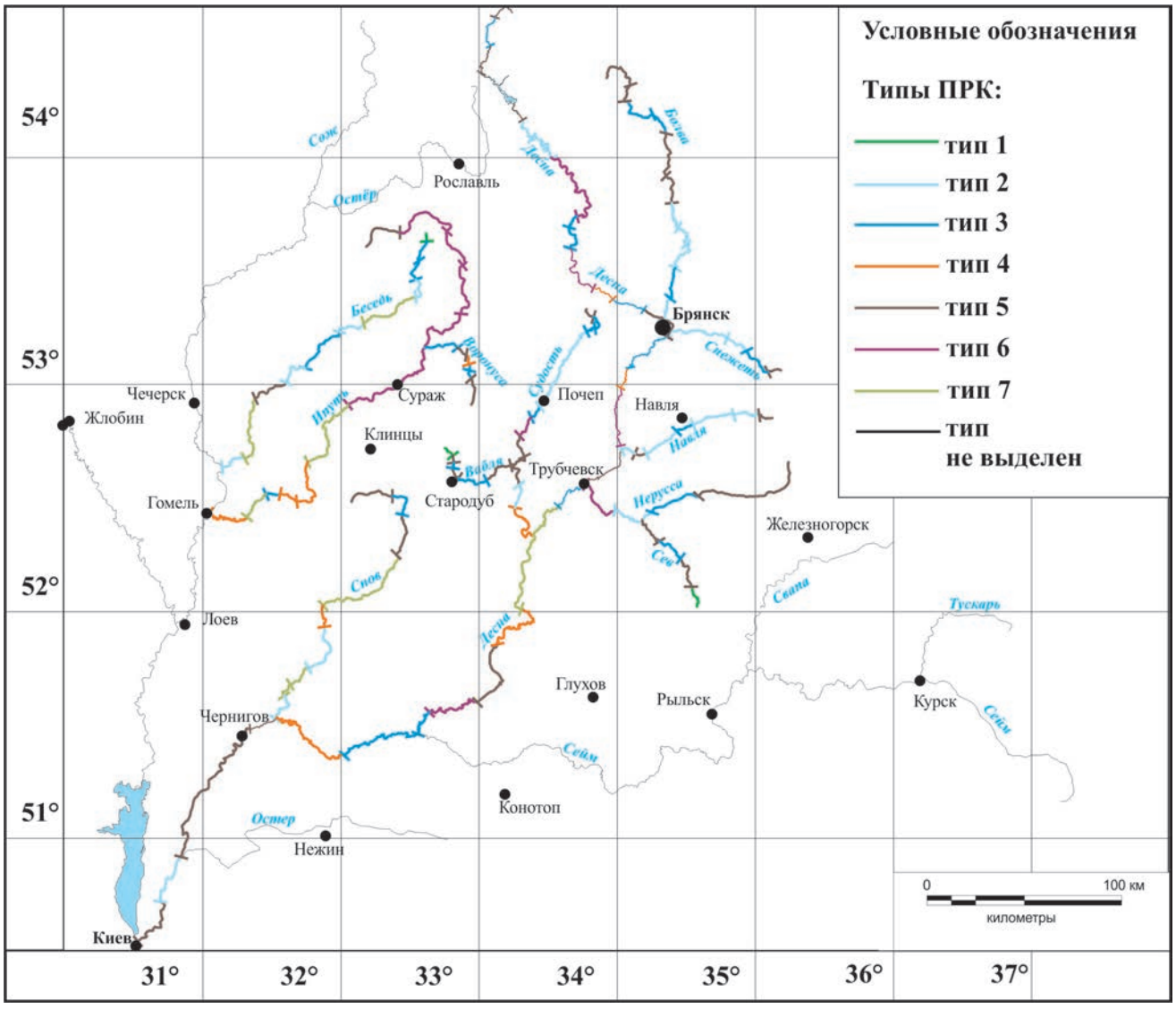


Рис. 1. Карта типов ПРК в бассейне Верхнего Днепра, описание типов в табл. 1

Третий этап анализа заключается в поиске и обосновании связи типов ПРК, факторов их распространения и динамики. Разработано два варианта его реализации. Первый вариант заключается в соотнесении морфологических типов ПРК и сочетаний факторов руслового процесса. Влияние фактора характеризует равномерность распределения его значений в различных типах ПРК. Вариант апробирован на нескольких десятках крупных и средних рек бассейнов Верхней Волги и Верхнего Днепра. Результаты анализа показывают неоднозначную, вероятностную связь типов ПРК и сочетаний факторов, что на многих реках, отмечается как принципиальная особенность распределения русловых форм в пространстве. Второй вариант анализа заключается в типизации динамики ПРК и анализе причин морфологических изменений русла в многолетний период. Типы динамики характеризуют изменения количества и разнообразия русловых форм в границах ПРК, за интервалы времени, обеспеченные картографическими материалами, космическими и аэрофотоснимками сопоставимого масштаба. Соотнесение морфологических и динамических типов ПРК позволяет перейти от анализа пространственного распространения объектов к анализу причин их динамики, что составляет одну из приоритетных задач современной геоморфологии [1]. Этот, более сложный вариант морфологического анализа, реализован для 15 крупных и средних рек верхнего Поднепровья.

Заключительный этап морфологического анализа обеспечивается картографическими и вероятностными методами, алгоритмы которых включены в стандартную конфигурацию полнофункциональных ГИС. Картографический метод предполагает визуальную оценку распределения морфологических или динамических типов ПРК, отдельных факторов руслового процесса или их сочетаний по специально разработанным пространственным (картографическим) моделям. Отсутствие строгих стандартов и нормативных документов, регулирующих их содержание, определяет свободный выбор типа карты, способов карто-

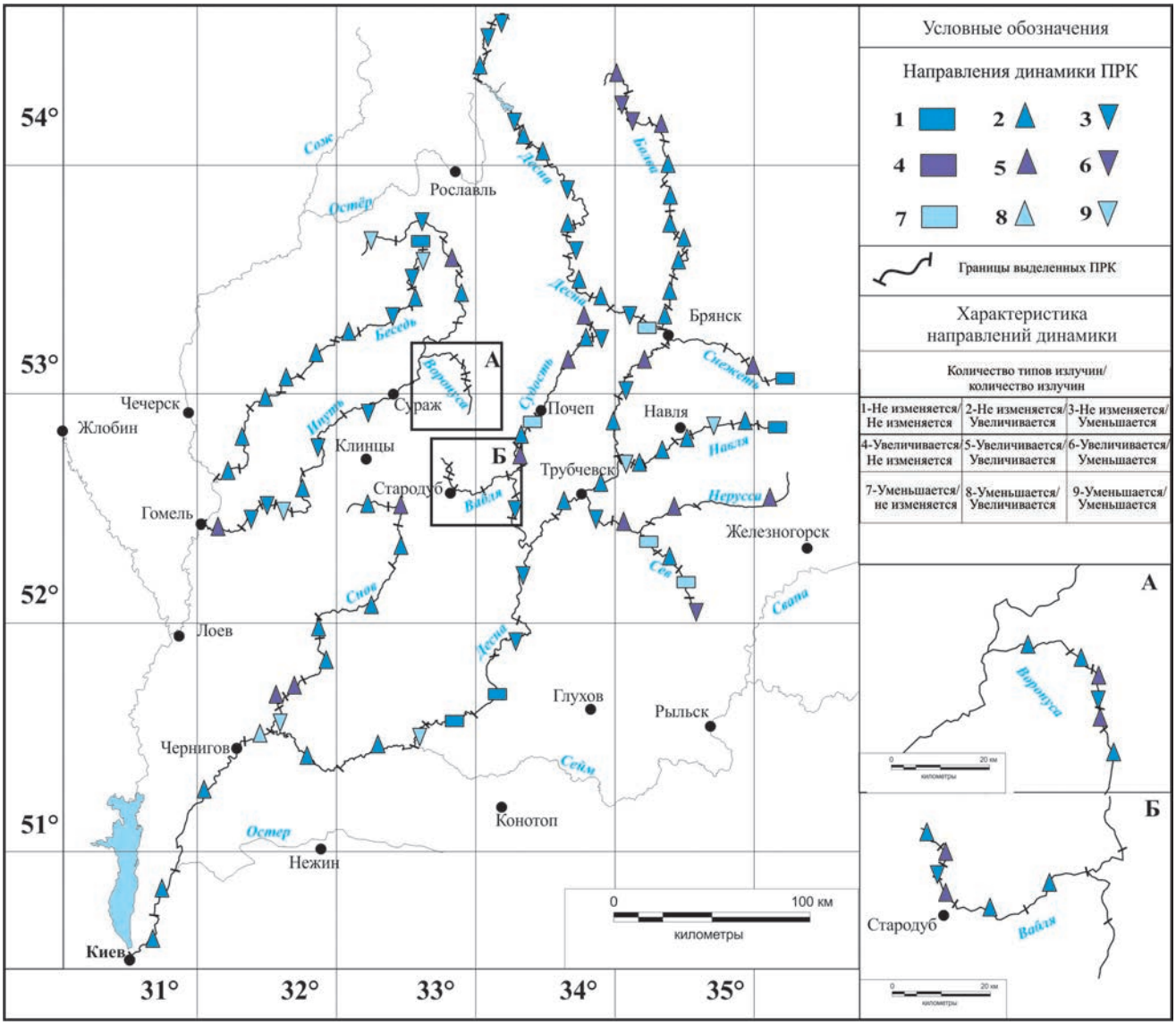


Рис. 2. Типы динамики ПРК в бассейне верхнего Днепра

графирования, структуры легенды, элементов общего оформления, инструментальных средств построения. Основной приём анализа — сопоставление карт типов ПРК (морфологических или динамических) с картой геолого-геоморфологических факторов, в содержании которой представлены условия развития горизонтальных русловых деформаций, средние уклоны поверхности водосборного бассейна, ширина поймы, уклон по руслу, литологические типы руслоформирующих грунтов. Сложное сочетание картографируемых показателей определяет использование разных способов изображения и графических элементов условных знаков. Картографирование типов динамики подтверждает возможность автоматического построения и обновления карт разных типов, в том числе комплексных с большим количеством показателей, организации сложных легенд (рис. 2).

Вероятностный метод заключается в расчете частоты встречаемости морфологического или динамического типа ПРК при разных сочетаниях факторов. Оценка вероятности обеспечивается системой запросов к пространственной базе данных на языке SQL, результаты которых отражают особенности распределения морфологических и динамических типов ПРК в зависимости от сочетаний факторов.

Оба метода (картографический и вероятностный) эффективно дополняют друг друга, если результаты представляют непротиворечивую количественную и качественную оценку морфологических и динамических особенностей ПРК.

Выводы. Особенности использования ГИС-приложений как инструмента исследования предполагают частичную формализацию традиционных приёмов морфологического анализа в описании исходных данных, представлении результатов. Преимущества метода в определении общих закономерностей развития рельефа при этом дополняются созданием единой схемы морфологического анализа ПРК, которая обеспечивает однозначность результатов на реках разных регионов и возможность их сопоставления.

Достоинства предложенного подхода — в относительной независимости от объектов анализа, использовании распространённых и доступных источников информации, сочетании классических и современных приёмов исследований возможности реализации средствами различных ГИС-приложений.

Рецензент: кандидат географических наук, доцент кафедры географии и землеустройства О. П. Москаленко.

Литература:

1. Ласточкин А. Н. Морфологический анализ/А. Н. Ласточкин. — Л.: Недра – 1987. — 256 с.

2. Лобанов Г. В. Морфологический анализ и геоинформационные технологии в пространственном анализе распространения комплексов форм равнинных рек/Г. В. Лобанов, А. В. Чернов, А. С. Завадский [и др.]//Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационное картографирование в регионах России» — Воронеж: Изд-во "Цифровая полиграфия», 2013. — С. 100 – 104.

3. Лобанов, Г. В Геолого-геоморфологические факторы структуры и динамики флювиальных систем в бассейне верхнего Днепра/Г. В. Лобанов, М. А. Новикова, А. В. Полякова [и др.]//Ветник Томского государственного университета. — [№ 273]. — 2013. — С. 189 – 197.

4. Пенк В. Морфологический анализ/В. Пенк. — М.: Государственное издательство географической литературы, 1961. — 359 с.

5. Смирнова, Е. А. Влияние прочностных характеристик грунтов на интенсивность русловых деформаций в среднем течении р. Десны/Е. А. Смирнова, Г. В. Лобанов, Г. В. Бастраков//Геоморфология. 2009. — [№ 2]. — С. 75 – 84.

6. Чернов А. В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии/А. В. Чернов. ООО «Крона», 2009. — 684 с.

7. Чернов А. В. Картографирование пойменно-русловых комплексов для обоснования территориального планирования староосвоенных территорий/А. В. Чернов, А. С. Завадский, Г. В. Лобанов [и др.]//Материалы 3-ей международной научно-практической конференции "Географические проблемы развития староосвоенных регионов. — Брянск: Курсив, 2013. —С. 80 – 85.

8. Hooke J. M. Spatial variability, mechanisms and propagation of change in an active meandering river//Geomorphology. — [Vol.84]. — 2007. — P. 277 – 296.

УДК 630 (084)

Н. В. Малышева, Т. А. Золина, Н. А. Владимирова
ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), Федеральное агентство лесного хозяйства Министерства природных ресурсов Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ СЕРВИС ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЛЕСНОГО РЕЕСТРА РОССИИ

Изложены методика и опыт разработки картографического сервиса для публикации данных государственного лесного реестра в Веб и просмотра веб-браузерами. Сервис реализован в виде электронного атласа интерактивных карт информационно-справочного типа, составленных по данным отраслевых статистических наблюдений. Атлас сверстан из компонентов, включающих HTML-документы, с внедренными в них картами формате SVG и изображениями, скрипты сценария. Специальный пользовательский интерфейс в веб-браузере позволяет воспроизводить карты, подключать или отключать рабочие слои, реализовать запросы.

Ключевые слова: лесное хозяйство, интерактивные карты, электронный атлас, веб-ГИС технологии.

N.V. Malysheva, T.A. Zolina, N.A.Vladimirova

MAPPING SERVICE FOR DATA VISUALIZATION OF THE STATE FOREST REGISTER OF THE RUSSIAN FEDERATION

The methodology and experience of the mapping service development for data publication of the state forest register in the Web and viewing by web browsers are described. The service is implemented as an electronic atlas that consists of interactive maps of the reference type compiled based on data of sectoral statistical observations. The atlas is formed from components including HTML-documents with embedded SVG maps, images, and Java scripts. Special user interface in a web browser allows users to reproduce maps, to add or disable working layers, and implement requests.

Keywords: forest management, interactive maps, electronic atlas, web-GIS technologies.

Н. В. Малишева, Т. А. Золіна, Н. А. Владімірова

КАРТОГРАФІЧНИЙ СЕРВІС ДЛЯ ВІЗУАЛИЗАЦІЇ ДАНИХ ДЕРЖАВНОГО ЛІСОВОГО РЕЄСТРУ РОСІЇ

Викладені методика і досвід розробки картографічного сервісу для публікації даних державного лісового реєстру у Веб і перегляду веб-браузерами. Сервіс реалізовано у вигляді електронного атласу інтерактивних карт інформаційно-довідкового типу, що складені за даними галузевих статистичних спостережень. Атлас зверстаний з компонентів, що включають HTML-документами, впровадженими в них картами у форматі SVG та зображеннями, скріпти сценарію. Спеціальний інтерфейс користувача у веб-браузері дозволяє відтворювати карти, підключати або відключати робочі шари, реалізовувати запити.

Ключові слова: лісове господарство, інтерактивні карти, електронний атлас, веб-ГІС технології.

Введение и исходные предпосылки. Государственный лесной реестр представляет собой систематизированный свод документированной информации о лесах, об их использовании, охране, защите, воспроизводстве, о лесничествах и лесопарках [3, ст. 91]. Ведение государственного лесного реестра осуществляют во всех регионах России органы исполнительной власти и органы местного самоуправления, а подведомственные организации Федерального агентства лесного хозяйства обобщают информацию на федеральном уровне. До настоящего времени картографическое сопровождение и визуализация данных, внесенных в государственный лесной реестр, отсутствовали. Прикладные исследования по созданию простого картографического сервиса, реализованного в виде электронного атласа карт информационно-справочного типа, способствуют решению этой проблемы.

Особенностью массива данных государственного лесного реестра, сбор и обобщение, которых требуют существенных затрат, являются режимные ограничения на их открытую публикацию. Часть данных государственного лесного реестра по субъектам Российской Федерации открыта [9], а данные по лесничествам и лесопаркам предназначены для служебного пользования. Несмотря на то, что федеральные органы исполнительной власти обязаны обеспечить размещение в информационно-телекоммуникационной сети Интернет общедоступной информации [9], на сайте Рослесхоза данных государственного лесного реестра нет ни в картографической, ни в табличной форме.

Наши многолетние исследования [4, 5, 6, 7] направлены на демонстрацию преимуществ использования пространственной информации при принятии управленческих решений, внедрение картографической формы представления различных данных о лесах России в практику управления лесным хозяйством. По нашему глубокому убеждению, подтверждение которому мы находим в зарубежных публикациях [8, стр. 26], умение пользоваться пространственными данными такой же базовый навык для современного человека как умение писать и читать. А для людей, занятых управлением, представление данных на карте, и простота получения ответов на вопрос «где?» дает возможность оптимизировать принимаемые решения и делать этот процесс

осмысленно. Возможный вариант решения задачи — использование в практической деятельности простого картографического сервиса для визуализации статистической информации в виде картограмм и картодиаграмм, имеющих пространственную привязку к территориальным единицам управления. Такой сервис реализован нами в виде электронного атласа интерактивных карт информационно-справочного типа, составленных по данным государственного лесного реестра в среде ГИС.

При постановке работы мы руководствовались следующим подходом:

• карты для информационно-справочных целей создаются квалифицированными специалистами, имеющими опыт и профессиональные навыки работы в среде ГИС, на основе цифровых баз данных. Они содержат всю необходимую конечному пользователю информацию;

• пользователь, не имеющий навыков работы в ГИС-среде и не обязанный их иметь, легко и без лишних усилий осваивает картографический сервис, воспроизводит карты с помощью стандартных инструментов — веб-браузеров и не связан программно с ГИС.

К картографическому сервису, ориентированному на визуализацию и публикацию данных государственного лесного реестра, задаются следующие требования со стороны пользователя:

• карты должны воспроизводиться на различных платформах, работать в популярных операционных системах (ОС) и не требовать установки программных средств ГИС;

• карты должны оставаться векторными и сохранять все свои характеристики: проекцию, масштаб, систему координат;

• должны сохраняться все преимущества карт, созданных в среде ГИС: возможность реализации пользователем запросов как к пространственным, так и к атрибутивным данным, метричность и возможность перехода от более детальной карты к менее детальной при увеличении или изменении масштаба, возможность работы со слоями.

• карты должны быть интерактивными и удобными в работе, т.е. содержать элементы управления и другие инструменты, применяемые в Веб-картографии.

Таким требованиям удовлетворяет технология веб-ГИС, которая возникла как традиционная ГИС-технология, предоставляющая пользовательский интерфейс в веб-браузере [8].

Цель исследования: совершенствование информационного обеспечения управления лесным хозяйством за счет практического использования инструментария ГИС и веб-технологий.

Реализация поставленной цели включала создание карт по данным отраслевых статистических наблюдений в программной среде ГИС и разработку интерфейса для визуализации и доставки карт конечному пользователю.

Изложение основного материала. Концептуально, реализованный нами картографический сервис, представляет собой простейшее веб-приложение. Он имеет, по существу, архитектуру клиент-сервер, в которой клиентом является веб-браузер, а сервером — локальный компьютер пользователя.

Технически веб-браузер — это клиент, который реализует спецификации HTML, JavaScript, т.е. умеет обращаться к папкам локального компьютера, в которые помещены карты, изображения, легенды, текст и т.д., интерпретировать и выполнять программный код.

Структурно картографический сервис состоит из следующих элементов:

• цифровой картографической основы (базовой карты) с границами субъектов Российской федерации и границами лесничеств и лесопарков в системе координат WGS 1984;

• рабочих слоев с данными государственного лесного реестра по субъектам и лесничествам в составе субъектов, сгруппированных для решения поставленной задачи по федеральным округам;

• интерфейса в веб-браузере для визуализации и публикации карт, работы со слоями и реализации запросов.

Картографическая основа (базовая карта)

Составная часть картографического сервиса — карты с данными государственного лесного реестра, которые предназначены для информационной поддержки федерального и регионального уровней управления лесным хозяйством. Набор карт дает представление о ресурсной базе, составе земель лесного фонда, количественных и качественных характеристиках лесов по субъектам и территориальным единицам управления лесами (лесничествам) в границах федеральных округов. Такие карты, согласно теоретическим построениям [1, 10], относят к картам информационно-справочного типа. Справочный характер определяется их назначением для территориального анализа данных и перспективного планирования в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, для суждения об эффективности и исполнении переданных полномочий по управлению лесами в субъектах Российской Федерации. Для отображения статистических характеристик в атласном картографировании традиционно используют картограммы и картодиаграммы. Классик отечественной картографии К.А. Салищев [10, стр. 86] отмечал, что картодиаграммы отражают суммарную величину явления в границах отдельных территориальных единиц, поэтому необходимость в подробной картографической основе на картодиаграмме отпадает.

Для визуализации данных государственного лесного реестра использована разгруженная картографическая основа с минимумом элементов содержания:

• административное деление — полигональный слой субъектов Российской Федерации и полиго-

нальный слой территориальных единиц управления лесами — лесничеств и лесопарков;

• государственная граница, генерализованная береговая линия морей, океанов, озер — слой линейных объектов.

Цифровая основа с границами лесничеств и лесопарков создана нами в предыдущие годы по открытым источникам [5, 7] — картографическим приложениям к Лесным планам субъектов Российской Федерации.

Рабочие слои и аналитические карты с данными государственного лесного реестра

Данные государственного лесного реестра по субъектам и лесничествам в составе субъектов, представленные на картах, сгруппированы для решения поставленной задачи по федеральным округам. Особенность их использования состоит в том, что прежде, чем их подгрузить в ГИС, требуется их преобразовать и перестроить для реализации реляционной модели базы данных. Напрямую из данных государственного лесного реестра нельзя сформировать базы геопространственных данных.

Картографическая основа и рабочие слои составляют содержание (контент) картографического сервиса, реализованного в виде электронного атласа. Атлас включает четыре тематических раздела: леса и лесные ресурсы, использование лесов; охрана и защита лесов; воспроизводство лесов. Каждый раздел атласа содержит следующие подразделы:

1. Леса и лесные ресурсы:
• состав земель лесного фонда;
• целевое назначение лесов;
• общий запас лесных насаждений;
• запас хвойных насаждений;
• запас твердолиственных насаждений;
• запас мягколиственных насаждений;
• общая площадь лесных насаждений;
• площадь хвойных насаждений;
• площадь твердолиственных насаждений;
• площадь мягколиственных насаждений.
2. Использование лесов:
• общий объем заготовки древесины по хозяйствам;
• площади и объемы заготовки древесины арендаторами;
• площади и объемы заготовки древесины по договорам купли-продажи;
• площади и объемы заготовки недревесных и пищевых лесных ресурсов, лекарственного сырья;
• площади, используемые для ведения хозяйства в различных целях (дифференцированные по видам использования лесов).
3. Охрана и защита лесов:
• общая площадь погибших и поврежденных лесов;
• площадь погибших и поврежденных лесов в результате воздействия различных антропогенных и природных факторов (раздельно по видам воздействия);
• санитарно-оздоровительные мероприятия;
• противопожарные мероприятия.
4. Воспроизводство лесов:
• планируемые и фактические площади лесовосстановления;
• планируемые и фактические площади лесоразведения.

Экспериментальные работы по подготовке содержания (контента) картографического сервиса включали создание электронных карт по данным государственного лесного реестра в программной среде ArcGis Desktop, версия 10.

Готовые макеты (фреймы) экспортированы с помощью специального расширения (надстройки) для ArcGis for Desktop — Mappetizer 11.2, опробованной нами в предшествующих проектах [5,6,7]. Лицензия на использование программного продукта приобретена у разработчика — немецкой компании Uismedia [11]. Результат экспорта — простые папки с рядом файлов, которые можно подгружать в Веб, хранить на сервере или на локальном компьютере. Все видимые слои на карте, включая классы различных типов объектов — полигональные, линейные и точечные, содержащиеся в базе геоданных, shape-файлы, условные обозначения и символы, а также заголовки карт и сопроводительные надписи при экспорте сохраняются. Помимо этого, важно, что сохраняются связи между пространственными и атрибутивными данными базы геоданных.

Программное средство позволяет конвертировать векторные данные фрейма (макета) в формат SVG. Затем эти файлы можно публиковать в Веб и воспроизводить веб-браузерами. SVG — (Scalable Vector Graphic) — масштабируемая векторная графика определяет XML-запись двухмерной векторной графики и используется для отображения карт в различных веб-браузерах [8]. SVG — открытый стандарт W3C, Консорциума Всемирной паутины. В отличие от некоторых других форматов, SVG не является чьей-либо собственностью. SVG документы легко интегрируются с HTML [12].

Для корректного отображения карт веб-браузерами требуется их предварительно подготовить к экспорту, а именно, проверить и откорректировать псевдонимы полей реляционных таблиц, оставить только те поля, которые будут публиковаться, проверить систему координат и проекцию фрейма (проекта) и т.д.

Атлас включает карты в формате SVG, XML документы, файлы сценария JavaScript для динамического создания веб-страниц HTML, автономные файлы для интерактивных заставок (изображения в формате JPG), каскадированные таблицы стилей CSS и таблицы стилей XSL для воссоздания компоновки и внешнего вида текста, встроенные в HTML-страницы.

Пользовательский интерфейс в веб-браузере, созданный с помощью Mappetizer, позволяет:

• публиковать и воспроизводить в картографической форме данные государственного лесного реестра;

• осуществлять навигацию и переключение между разделами, подразделами атласа и картами различной тематики;

• подключать или отключать отдельные рабочие слои;

• изменять масштаб карт без потери качества;

• просматривать картографическую (с сохранением проекции) информацию и данные государственного лесного реестра по лесничествам и субъектам РФ;

• формировать запросы по отбору того или иного пространственного объекта (лесничества или субъекта) или объекта с заданными количественными характеристиками и получать информацию по выбранному объекту;

• воспроизводить диаграммы в динамическом режиме на картографической основе и непосредственно на веб-странице с помощью инструмента «Запросы»;

• получать координаты объектов;

• распечатывать карты и атрибутивную информацию.

Со стороны пользователя атлас представляет собой наборы HTML-страниц, иерархически выстроенные в соответствии с логикой и последовательностью получения сведений о лесах — ресурсном потенциале территории, использовании, охране, защите и воспроизводстве. Пользователь с помощью веб-браузера последовательно подгружает эти страницы по заранее спланированному сценарию, перелистывая их как обыкновенные страницы веб-сайта в Интернете.

Интерфейс в веб-браузере использует инструменты Dojo и технологию AJAX для улучшения взаимодействия с пользователем, придания интерактивности HTML-страницам и анимации картодиаграмм. Эти инструменты можно установить на локальный компьютер или подгружать из Веб. Внешний вид и функции пользовательского интерфейса в веб-браузере Mozilla Firefox проиллюстрированы на рисунке 1.

Картографический сервис работает во всех популярных веб-браузерах, таких как, Internet Explorer, начиная с версии 9, Mozilla Firefox (кроме версии 25.0), Google Chrome, Opera, которые воспроизводят векторные данные в SVG формате. Вместе с тем, наиболее устойчиво с SVG работает Mozilla Firefox, который имеет встроенную (нативную) поддержку формата. Этот браузер предпочтительно использовать для управления картами атласа и сервисом в целом.

Для работы с форматом в других браузерах необходимо подгрузить программный модуль plug-in (Google Chrome Frame или Adobe SVG viewer).

На сегодня атлас включает карты по всем субъектам Российской Федерации и территориальным единицам управления лесами (лесничествам и лесопаркам), которые сгруппированы по федеральным округам. Подготовленный электронный атлас может быть загружен на локальный компьютер, сервер и пригоден для публикации карт в Веб. Подчеркнем, что из-за режимных ограничений, только часть карт и статистической информации может публиковаться открыто, а именно данные государственного лесного реестра по субъектам федерации [9].

Выводы. Предложенный подход к работе с отраслевой статистической информацией с помощью простого картографического сервиса в веб-браузере продемонстрировал возможность публикации данных государственного лесного реестра без установки дорогостоящего программного обеспечения ГИС на сервер или на локальный компьютер пользователя.

Современные пользователи хотят, чтобы веб-приложения были такими же простыми, быстрыми, легкими в освоении и использовании как обыкновенная веб-страница [8]. Выполненная нами работа пример создания такого простого в освоении и использовании веб-приложения. Атлас подготовлен небольшим коллективом профессиональных картографов. Карты атласа сверстаны по разделам и подразделам из HTML-страниц, а специальное пользовательское приложение модифицировано под выполнение определенного сценария специалистом, имеющим только базовые представления о веб-программировании. С этим связаны перспективы и особенность современных разработок в области веб-ГИС, а именно: разработчики программного обеспечения максимально упрощают возможность создания специализированных веб-приложений, а пользователи с помощью таких приложений максимально просто публикуют пространственные ресурсы в веб.

Рецензент: директор федерального бюджетного учреждения «Учебно-методический центр» (ФБУ «УМЦ») Федерального агентства лесного хозяйства, к. биол. н., Л. А. Берснева

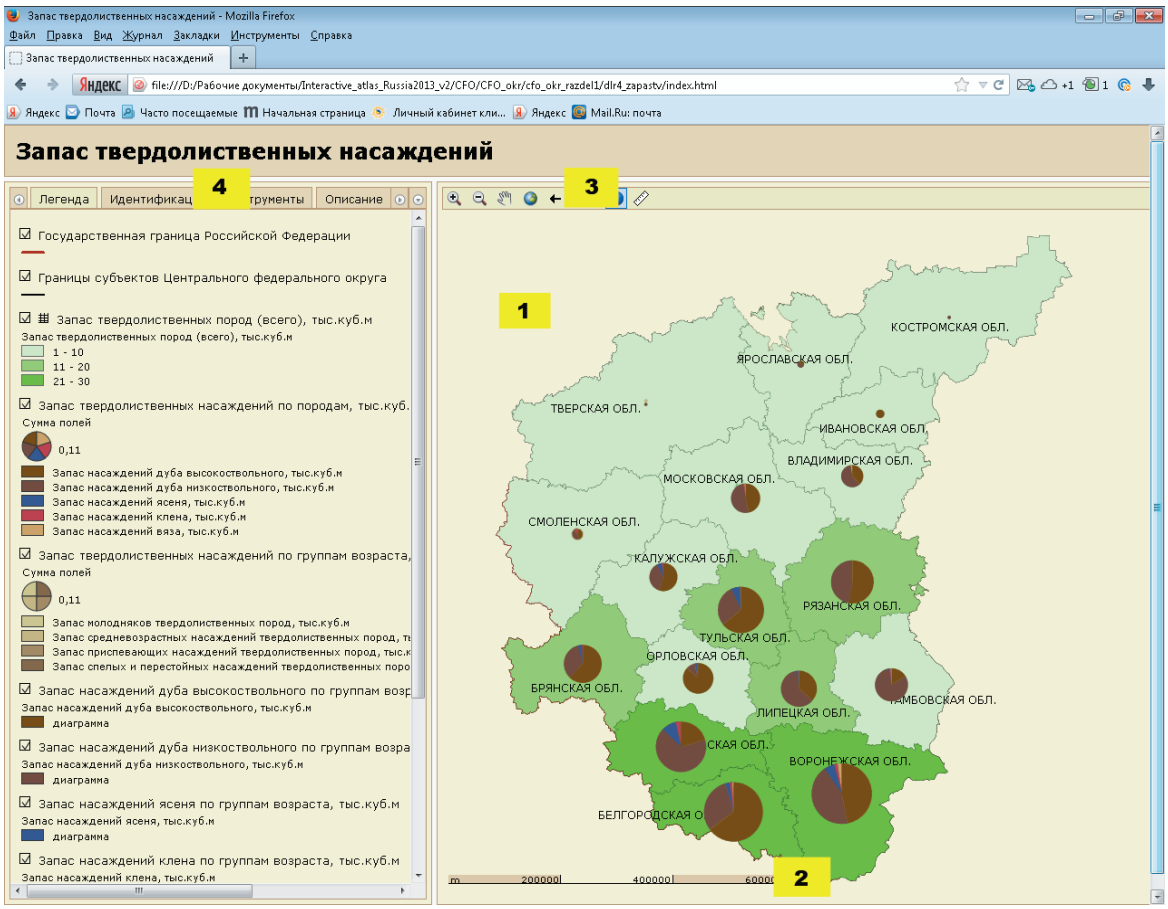


Рис. 1. Интерфейс картографического сервиса в веб-браузере Mozilla Firefox и основные инструменты. 1. — Окно работы с картой. 2. — Указатель линейного масштаба. 3. — Инструменты управления (навигации) в окне работы с картой. 4. — Инструменты просмотра слоев и легенд к картам, идентификации и выбора объекта на карте, получения атрибутивных данных и составления запросов.

Література:

1. Берлянт А. М. Картография: учебник для вузов / А. М. Берлянт. — М.: КДУ, 2011. — 464 с.

2. Бардаш А. В. Создание картографических WEB-сервисов на основе SVG-технологий / Тематическое картографирование для создания инфраструктур пространственных данных. Материалы научной конференции по тематической картографии. Иркутск, 9-12 ноября 2010 г.— Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН. 2010. — С. 87-89.

3. Лесной кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 г. N 200-ФЗ.

4. Малышева Н. В. Картографическое обеспечение государственного учета лесного фонда с использованием ГИС / Н. В. Малышева // Лесное хозяйство. — №3. — 2007. — С. 40-42.

5. Малышева Н. В. Картографическая база данных и интерактивная карта с границами лесничеств и лесопарков для федерального уровня управления лесным хозяйством / Н. В. Малышева, Н. А. Владимирова, Т. А. Золина, Н. Э. Райченко // ArcReview — Современные геоинформационные технологии. — №3(54). — 2010. — С. 21-22.

6. Малышева Н. В. Методика и практический опыт создания электронного атласа интерактивных карт информационно-справочного типа по данным государственного лесного реестра / Н. В. Малышева, Т. А. Золина, Н. А. Владимирова [и др.] // Лесохозяйственная информация. — №1. — 2012. — С.3-9.

7. Малышева Н. В. Создание интерактивных карт и электронного атласа для информационной поддержки управления лесным хозяйством России / Н. В. Малышева, Н. А. Владимирова, Т. А. Золина, Н. Э. Райченко // Проблемы непрерывного географического образования и картографии. Сборник научных статей. Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина. Выпуск 17. — 2013. — С. 31-34.

8. Пиньде Фу. Веб-ГИС. Принципы и применение / Фу Пиньде, Сунь Цзюлинь; пер. с англ. — Редландз, Калифорния: Esri Press, 2013. — 356 с.

9. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 10 июля 2013 г. №1187-р.

10. Салищев К. А. Картоведение / К. А. Салищев. — М.: МГУ, 1982 . — 408 с.

Интернет-ресурсы

11. http://www.uismedia.de

12. www.wikipedia.org

УДК 551.588.1(924.471):004.9

В. А. Михайлов
Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского

АНАЛИЗ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА С ПОМОЩЬЮ ГИС

В статье приводится методика построения карт показателей континетальности климата для территории Крымского полуострова. Проанализировано пространственное распределение показателей и выявлены современные тенденции изменения континентальности климата.

Ключевые слова: континентальность климата, индексы континентальности, Крымский полуостров, ГИС.

В. А. Михайлов

АНАЛІЗ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТІ КЛІМАТУ КРИМСЬКОГО ПІВОСТРОВА ЗА ДОПОМОГОЮ ГІС

У статті приводиться методика побудови карт показників континентальності клімату для території Кримського півострова. Проаналізовано просторовий розподіл показників і виявлено сучасні тенденції зміни континентальності клімату.

Ключові слова: континентальність клімату, індекси континентальності, Кримський півострів, ГІС.

V. A. Mikhailov

GIS ANALYSIS OF CLIMATE CONTINENTALITY OF THE CRIMEAN PENINSULA

The article provides the method of construction of maps of continentally characteristics for the territory of the Crimean peninsula. Space distribution of characteristic indexes is analyzed, and the modern trends of change of climate continentality are found out.

Keywords: continentality of climate, continentality index, the Crimean peninsula, GIS.

Введение. Взаимодействие суши и моря является одним из важнейших факторов формирования климата на Земле. Особая роль такого взаимодействия отмечается для приморских территорий, с протяженной морской границей, например, Крымского полуострова.

Роль взаимодействия суши и моря обычно выражается через понятие континентальности и океаничности климата. Различия в континентальности климата — амплитудах температуры воздуха, количестве осадков, режиме их выпадения, влажности воздуха и общей облачности — обуславливают соответствующие различия и в ландшафтах. Кроме крупных секторов в пределах целого материка климатические различия при взаимодействии суши и моря формируются также на небольших территориях. В частности, в условиях умеренного и субтропического поясов с господством переноса воздушных масс одного направления (например, на южных гористых полуостровах Европы).

Исходные предпосылки. Несмотря на относи-тельно хорошую климатическую изученность Крыма, оценка степени континентальности климата полуострова практически не изучена. Положение Крымского полуострова в общей схеме континентальности климата Евразии иллюстрируют обзорные мировые карты распределения некоторых показателей: изономал [6], Хромова [7], Иванова [3, 4], Горчинского. Непосредственно для Крымского полуострова континентальность климата была оценена И. В. Ведем [2, 5], построившим карту распределения показателя на основе режима выпадения осадков (соотношения осадков теплого и холодного сезонов года). Большой объем карт метеоэлементов (относительная влажность воздуха, ветрового режима, туманов, суховеев и др.), по которым можно оценить характер пространственного распределения континентальности, собран в Климатическом атласе Крыма [5]. Таким образом, в условиях современного изменения климата анализ континентальности климата Крымского полуострова является весьма актуальной задачей.

Цель исследования. Целью статьи является разработка и анализ карт распределения показателей континетальности климата в пределах Крымского полуострова. Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: обобщить имеющиеся подходы к оценке континентальности климата, построить с помощью ГИС и проанализировать карты распределения показателей континентальности климата в пределах Крымского полуострова, выявить современные тенденции в изменении континентальности климата.

Изложение основного материала. Наиболее распространенный способ оценки континентальности климата связан с анализом годовой амплитуды температуры воздуха, закономерно изменяющейся в зависимости от удаленности от моря. Самые простые показатели предусматривают сравнение амплитуды температуры воздуха в конкретной точке и средней амплитуды на соответствующей параллели [3, 4, 6]:

аномалия температуры воздуха: $k = A_0 — A$

показатель Н. Н. Иванова (1): $k = A — A_0$

показатель Н. Н. Иванова (2): $k = \frac{A}{A_0}$

где A — годовая амплитуда температуры воздуха,

A_0 — средняя широтная годовая амплитуда температуры воздуха для всего земного шара.

Значения этого рода показателей имеют положительные и отрицательные значения и ноль, соответственно указывая на большее континентальное или океаническое влияние.

Наиболее распространенные показатели — индексы континентальности — предусматривают анализ амплитуды температуры воздуха в соответствии с широтой точки [6, 7, 8]:

Л. Горчинского: $k = \frac{1.7\,A}{\sin\varphi} - 20.4$ (от 0 до 100)

Конрада: $k = \frac{1.7\,A}{\sin(\varphi + 10)} - 14$ (от 0 до 100)

В. Ценкера (1): $k = \frac{6}{5} \cdot \left(\frac{A}{\varphi} - 20\right)$ (от 0 до 100)

В. Ценкера (2): $k = \frac{A}{\varphi} \cdot 100$ (от 8 до 100)

С. П. Хромова: $k = \frac{A - 1.54 \cdot sin\varphi}{A} \cdot 100$ (от 0 до 92)

Н. Н. Иванова (3): $k = \frac{A}{0.33 \cdot \varphi} \cdot 100$ (от 25 до 300)

где A — годовая амплитуда температуры воздуха, φ — широта.

Значения индексов континентальности преимущественно изменяются от 0 до 100, и минимальные значения индекса соответствуют морскому климату, максимальные — континентальному. Для значений показателя континетальности Л. Горчинского существуют интерпретации: менее 33% — климат морской, 34 – 66% — континентальный, 67 – 100% — резкоконтинентальный [4].

Еще один подход в оценке континентальности климата основывается на анализе режима выпадения осадков — соотношении осадков теплого и холодного сезонов года, которое оценивается по следующей формуле [9]:

$$k = \frac{R\ (III - VIII)}{R\ (IX - II)}$$

где $R\ (III–VIII)$ — среднее количество осадков в марте-августе, $R\ (IX–II)$ — в ноябре-феврале.

При $k \le 1$ климат считается морским (неконтинентальным), при $1.75 \ge k \ge 1$ полуконти-нентальным, при $3.5 \ge k \ge 1.75$ континентальным, при $k > 3.5$ резкоконтинентальным.

Для более полной оценки континентальности по нескольким показателям Н. Н. Ивановым (1959) был предложен комплексный коэффициент, рассчитываемый по формуле:

$$k = \frac{(A_г + A_c + 0.25Д_0)}{(0.36\varphi + 14)} \cdot 100$$

где $A_г$ — годовая амплитуда температуры воздуха, A_c — суточная амплитуда температуры воздуха, $Д_0$ — недостаток относительной влажности воздуха в самый сухой месяц, φ — широта пункта.

Для расчета показателей континентальности было использовано самое полное обобщение климатических данных для территории Крымского полуострова за первую половину — середину прошлого века [10]. Данные о средней широтной годовой амплитуде температуры воздуха для всего земного шара взяты из работы [3].

Расчет и визуализация показателей конти-нентальности выполнялся с помощью программного комплекса ArcGIS 10.0.

На первом этапе на основе данных по 70 метеостанциям в пределах полуострова и южной части Херсонской области с помощью модуля Geostatistical Analyst, способом Simple Kriging была выполнена интерполяция с построением итогового растрового слоя годовой амплитуды воздуха. Дополнительно по параллелям 44°, 45°, 46° и 47° был построен растровый слой средней широтной годовой амплитуды температуры воздуха для всего земного шара и растровый слой широт. На основании полученных материалов с помощью функции Калькулятор растра модуля Spatial Analyst выполнялся непосредственный расчет и получение растровых слоев показателей, основанных на сравнении годовой амплитуды температуры воздуха в конкретной точке и средней амплитуды на соответствующей параллели (рис. 1), и некоторых индексов континентальности (рис. 2). Для сравнения, карта распределения индекса Л. Горчинского была построена также путем интер-поляции рассчитанных значений показателя для конкретных точек (рис. 2, А-2). Полученные карты практически идентичны.

Для расчета следующей группы показателей аналогично построены растровые слои соотношения осадков теплого и холодного сезонов года, вычисленного по данным 136 метеостанций и метеопостов для Крыма и прилегающей части Херсонской области [10]. Для вычисления комплексного показателя континентальности (Н. Н. Иванова (4)) по данным 14 метеостанций методом Radial Basis Functions построены растровые слои суточной амплитуды температуры и недостатка относительной влажности воздуха в самый сухой месяц. Полученные итоговые карты распределения показателя континентальности в зависимости от соотношения осадков теплого и холодного сезонов года и комплексного показателя Н. Н. Иванова приведены на рисунке 3.

Большинство показателей континентальности климата основываются на анализе годовой амплитуды температуры воздуха, которая в пределах Крымского полуострова изменяется субширотно, от 19.5 °С в области Главной гряды гор и Гераклейского полуострова и 21 °С на крайнем западе Тарханкутского полуострова до 26 °С на Перекопском перешейке (рис. 1, Г). Анализ построенных

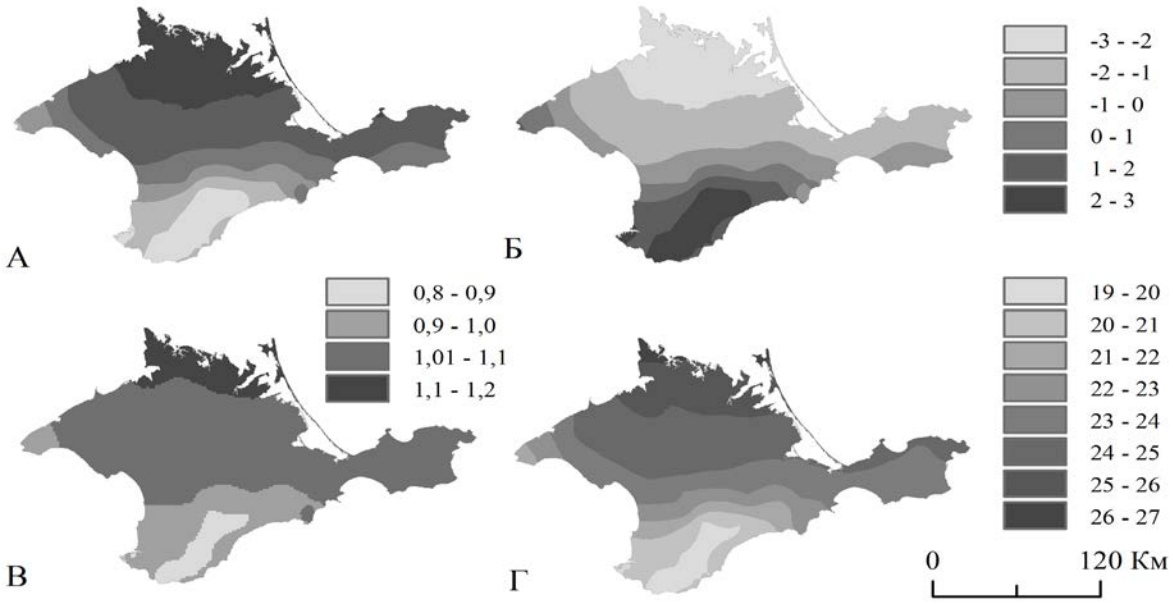


Рис. 1. Распределение простых показателей континентальности Крымского полуострова, основанных на сравнении годовой амплитуды температуры воздуха в конкретной точке и средней амплитуды на соответствующей параллели: А — аномалия температуры воздуха; Б — показатель Н.Н. Иванова (1); В — показатель Н. Н. Иванова (2); Г —годовая амплитуда температура воздуха.

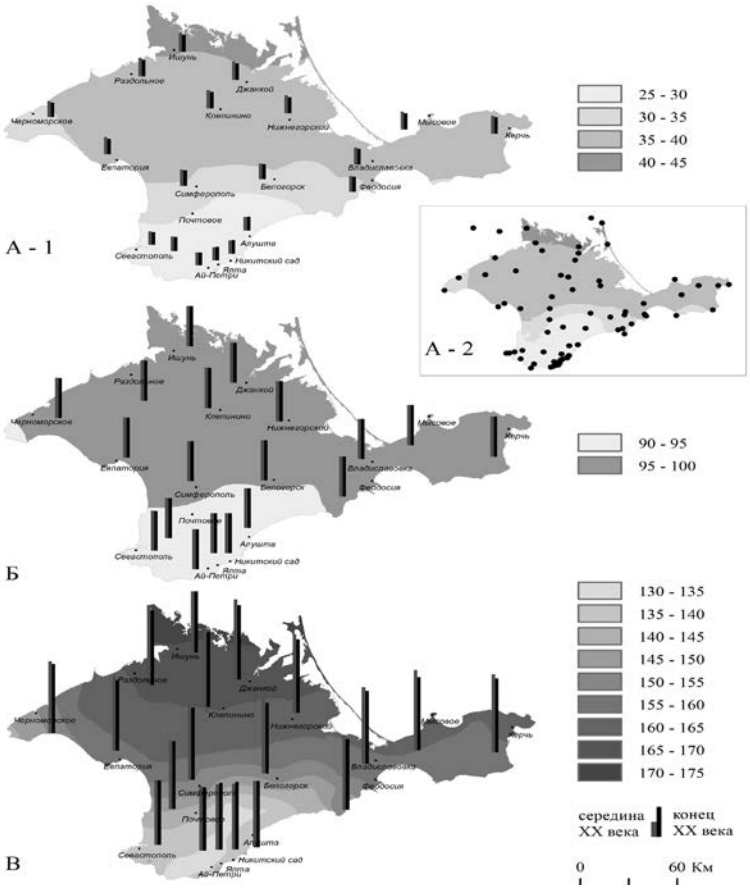


Рис. 2. Пространственное распределение показателей континентальности климата Крымского полуострова: А — Л. Горчинского, построены с помощью: А-1 — калькулятора растра, А-2 —интерполяции по точкам; Б — С. П. Хромова; В — Н. Н. Иванова (3).

карт свидетельствует, что в соответствии с амплитудой воздуха изменяются и значения показателей континентальности, фиксируя увеличение континентальности климата с юга и запада полуострова на север и восток. При этом значения различных индексов варьируются: от 3 единиц (Хромова), 14 (Конрада), 19 (Горчинского) до 40 (Иванова (3)). Согласно интерпретациям индекса Горчинского Крымские горы и запад Тарханкутского полуострова имеют морской климат, остальная территория — континентальный. Распределению годовой амплитуды температуры воздуха, в общем, соответствует распределение комплексного пока-зателя Н. Н. Иванова (рис. 3, Б).

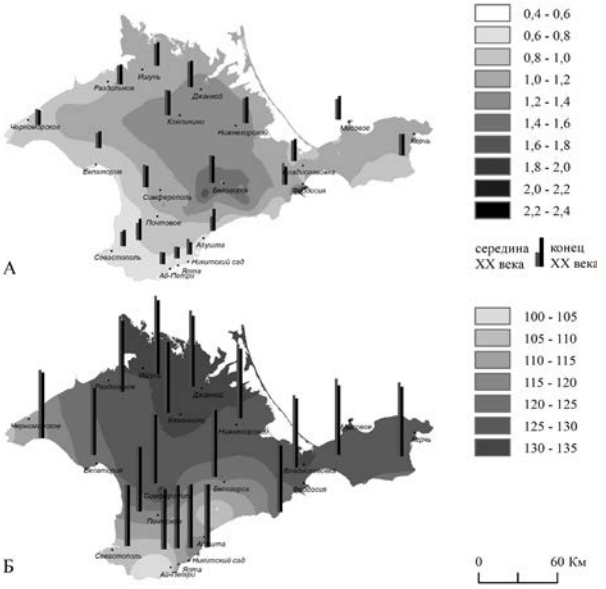


Рис. 3. Пространственное распределение показателей континентальности климата Крымского полуострова:
А — соотношения осадков теплого и холодного сезонов года;
Б — комплексный Н. Н. Иванова.

Несколько иная картина пространственного распределения отмечается для показателя континентальности, основанного на соотношении осадков теплого и холодного времени года. Анализ соответствующих карт, построенных И. П. Ведем [1, 4], а затем автором (рис. 3, А), указывает на наличие в центре полуострова, включая большую часть Керченского полуострова, ядра с полуконтинентальным климатом. Значительные пространства на юге и западе полуострова, а также узкая полоса вдоль восточного, юго-восточного и, возможно, северного и северо-восточного побережья имеют морской климат. Такое соотношение связано со сглаживающим действием морской акватории и формированием в южной и юго-западной частях субсредиземноморского климата с зимним максимумом осадков и барьерной ролью Крымских гор, вследствие чего «континентальное ядро» сдвинуто в центре полуострова к северо-востоку.

Таким образом, пространственное распределение показателей континентальности, базирующихся на изменении амплитуды воздуха, и связанных с режимом осадков имеет близкую картину: для Крымских гор, ЮБК и запада Тарханкутского полуострова отмечается морской климат, который сменяется в равнинном Крыму (полу-) континентальным климатом.

Для анализа современных тенденций изменения климата использовались осредненные климатические данные за период 1986—2005 гг. [1]. Разреженность современной сети метеостанций и метеопостов не позволяет построить корректные карты распределения показателей континентальности. Поэтому для выявления современной тенденции на карту нанесены значения некоторых индексов континентальности в виде диаграмм (рис. 2).

Изменение амплитуды температуры воздуха проявляется в уменьшении температуры на 0.5—2.2 °С в равнинных центральных предгорных районах увеличении температуры на 0.1—0.6 °С, и стабиль-ности, в горной части и юго-западном предгорье. При этом проявляется увеличение общих максимальных температур на 0.31 °С, за исключением района Феодосия — Мысовое, и увеличение минимальных температур от 0.2—0.3° в горно-южнобережной части полуострова до 1.52° в равниной. Соответственно, проявляется и общее уменьшение континентальности климата, за исключением горной части и ЮБК, где степень континентальности либо неизменна, либо слабо возросла. Иную картину изменения континентальности климата фиксирует показатель соотношения осадков: увеличение степени континентальности фиксируется в равнинном и юго-западном Крыму (на 0.04—0.2) и уменьшение — на ЮБК и Тарханкутском полуострове (на 0.02—0.17), при этом область полуконтинентального климата смещается в юго-западную гористую часть полуострова. Такие изменения при общем увеличении суммы осадков в Крыму связаны с большим увеличением осадков теплого сезона на 20—70 мм в равнинной и предгорной частях, и изменениями, как уменьшением так и увеличением, суммы осадков в холодный сезон в горно-южнобережной части. Таким образом, изменение континентальности климата в Крыму отражает общие тенденции изменения климата: увеличение температуры воздуха и годовой суммы осадков.

Выводы. Использование ГИС-технологий позволяет более точно оценить пространственное изменение показателей континентальности климата. Анализ построенных для территории Крымского полуострова карт распределения показателей континентальности климата, основанных на оценке среднегодовой амплитуды температуры воздуха (Иванова, Горчинского, Хромова и др.), годового режима выпадения осадков, а также комплексного показателя Иванова, показывает сложную картину изменения континентальности в пространстве. При этом основная тенденция проявляется в формировании в пределах Крымских гор, Южного берега Крыма и запад-

ной части Тарханкутского полуострова морского климата, который сменяется в равнинном Крыму (полу) континентальным. Современные тенденции изменения континентальности в Крыму, отражая общие направления изменения климата (увеличение температуры воздуха и годовой суммы осадков), имеют неоднозначный характер: согласно показателям, основанным на оценке годовой амплитуды температуры воздуха, на большей части территории полуострова отмечается общее уменьшение континентальности климата, а согласно показателям соотношения осадков, наоборот, увеличение.

Рецензент: доктор географических наук, профессор Б. А. Вахрушев

Література:

1. Агрокліматичний довідник по Автономній республіці Крим (1986-2005 рр.) // За ред. в.о. начальника ЦГМ в АРК О. І. Прудка та к.геогр.н. Т. І. Адаменко. — Сімферополь: ЦГМ в АРК, 2011. — 34 с.

2. Ведь И.П. Влияние Черного моря и Крымских на континентальность климата Крыма / И.П. Ведь // Доклады XV Международной конференции по метеорологии Карпат. — К., 1991. — 136-140

3. Иванов Н.Н. Об определении величины континентальности климата / Н.Н. Иванов // Изв. Всесоюзного Географического общества. — 1953. — Т. 85, вып. 4. — С. 455-457.

4. Иванов Н.Н. Пояса континентальности земного шара / Н.Н. Иванов // Изв. Всесоюзного Географического общества. — 1959. — Т. 91, вып. 5. — С. 410-423

5. Климатический атлас Крыма / Приложение к научно-практическому дискуссионно- аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма». — Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. — 120 с.

6. Рубинштейн Е.С. О влиянии распределения океанов и суши на земном шаре на температуру воздуха. / Е.С. Рубинштейн // Изв. Всесоюзного Географического общества. — 1953. — Т. 85, вып. 4. — С. 373-381.

7. Хромов С.П. К вопросу о континентальности климата / С.П. Хромов. – Изв. Всесоюзного Географического общества. — 1957. — Т. 89, вып. 3. — С. 222-225.

8. Хромов С.П. Метеорологический словарь / С.П. Хромов, Л.И. Мамонтова. — Л.: Гидрометеоиздат, 1974. — 568 с.

9. Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР / Ц.А. Швер. — Л.: Гидрометеоиздат, 1976. — 302 с.

10. Справочник по климату СССР. Вып.10. Украинская ССР. Части 1-5. —Л.: Гидрометеоиздат, 1966, 1967, 1969.

УДК 911.5:519.2

О. С. Мкртчян

Львівський національний університет імені Івана Франка

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПОЛІВ

В статті розглянуто питання інтерполяції метеоданих і створення на її основі ГІС-шарів кліматичних полів, на основі аналізу праць дослідників різних країн за останні кілька десятиліть. Розглянуто поширені методи інтерполяції кліматичних даних; особлива увага приділена методам, які враховують зв'язки між кліматичними показниками та чинниками, що впливають на їхній просторовий розподіл. Охарактеризовано особливості впливу на кліматичні показники деяких морфометричних параметрів рельєфу, які можуть бути визначені за цифровими моделями рельєфу засобами ГІС.

Ключові слова: інтерполяція, кліматичні поля, регресійний кріґінґ.

А. С. Мкртчян

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

В статье рассмотрены вопросы интерполяции метеоданных и создания на ее основе ГИС-слоев климатических полей, на основе анализа работ исследователей разных стран за последние несколько десятилетий. Рассмотрены распространенные методы интерполяции климатических данных; особенное внимание уделено методам, которые учитывают связи между климатическими показателями и факторами, которые влияют на их пространственное распределение. Охарактеризовано особенности влияния на климатические показатели некоторых морфометрических параметров рельефа, которые могут быть определены по цифровым моделям рельефа средствами ГИС.

Ключевые слова: интерполяция, климатические поля, регрессионный кригинг.

A. Mkrtchian

GIS-MODELING OF CLIMATIC FIELDS

The paper deals with the issue of the interpolation of meteorological data and the creation of GIS-layers of climatic fields based on analysis of the works of researchers from various countries for the last several decades. The popular methods of climatic data interpolation are discussed, with special attention given to the methods that take into account the relationships between climatic parameters and factors influencing their distribution. The peculiar features of the influences of morphometric relief parameters on climatic characteristics determinable by GIS techniques based on DTM have been characterized.

Keywords: interpolation, climatic fields, regression kriging

Вступ. Просторово розподілені кліматичні дані мають широке коло застосування у ряді прикладних сфер (тематичне атласне картографування, точне землеробство, ландшафтне планування, туристично-рекреаційне зонування, проектування об'єктів, чутливих до кліматичних характеристик — аеропорти, інші об'єкти транспортної та військової інфраструктури, тощо). Серед розмаїття кліматичних елементів, які є предметом спостережень на метеостанціях і метеопостах, найбільше значення мають картування розподілу величин атмосферних опадів, температури повітря, сумарної сонячної радіації і радіаційного балансу, а також частоти прояву небезпечних метеорологічних явищ (граду, грози, туману тощо).

Точність та надійність створених кліматичних карт залежить як від якості вихідних даних (даних спостережень метеостанцій), так і від адекватності методу просторової інтерполяції цих даних. Останнє має важливе значення через як правило невисоку щільність мережі метеоспостережень, що потребує особливої уваги до методів визначення значень між пунктами цієї мережі. Від того, наскільки адекватним є обраний метод інтерполяції, наскільки точно він здатний передати реальну картину просторової варіації кліматичної змінної, залежить точність отриманих ГІС-шарів та карт.

Вихідні положення. Методи інтерполяції геопросторових даних можна умовно поділити на ті, що базуються на аналізі геопросторової структури лише даних, що становлять предмет інтерполяції, та такі, що залучають додаткові дані, що пов'язані з ними та, маючи більшу просторову детальність, можуть виступати в ролі індикаторів. До першої групи відносяться глобальні та локальні детерміністичні методи інтерполяції — методи трендових поверхонь, локальних поліномів, сплайнів, тощо, та геостатистичний метод інтерполяції, також відомий як кріґінґ. Останній базується на статистичному аналізі залежності між відмінністю значень характеристики у пунктах спостережень та відстанню між цими пунктами [2]. За відсутності додаткової інформації, кріґінґ є найбільш ефективною методикою інтерполяції точкових кліматичних даних, випереджаючи за точністю передбачення такі методи, як поліноміальні трендові поверхні, полігони Тіссена та метод зворотних зважених відстаней [20]. Проте використання даного методу для інтерполяції кліматичних даних обмежене тим, що просторовий діапазон варіабельності таких даних, особливо в районах зі складним рельєфом, часто є меншим, ніж звичайна відстань між метеостанціями. Через це в межі діапазону варіограми (який може складати від десятків до перших сотень км [3, 8]) потрапляє недостатня кількість пунктів спостережень, і геостатистична інтерполяція є малоефективною.

За наявності детальних просторово розподілених даних, що демонструють зв'язок з інтерпольованим кліматичним елементом, доцільне використання методів, які використовують цей зв'язок і відповідні дані для деталізації інтерполяції. В якості таких допоміжних даних найчастіше використовуються цифрові моделі рельєфу (ЦМР), проте можуть використовуватись й інші детальні геопросторові дані. Методи, які використовуються для інтерполяції із залученням додаткових даних, включають метод тонкоплитчастих сплайнів, кокріґінґу та регресійного кріґінґу.

Метою дослідження є аналіз досвіду застосування найпоширеніших методів інтерполяції кліматичних даних і перспективи застосування цих методів у створенні детальних цифрових шарів і карт кліматичних елементів для території України.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо послідовно найпоширеніші методи інтерполяції кліматичних даних з використанням допоміжних просторово розподілених даних. Метод тонкоплитчастих сплайнів широко використовується для інтерполяції кліматичних поверхонь. Сплайни можна розглядати як аналог стандартної множинної регресії у трьох вимірах (географічні координати та абсолютні висоти), де замість параметричної моделі використовується плавна непараметрична функція [10]. Даний метод зокрема використаний при створенні кліматичної бази даних для Китаю з використанням ЦМР (кліматичні поверхні середньомісячних температур повітря і місячних сум опадів) [14]. Метод тонкоплитчастих сплайнів покладений в основу алгоритму ANUSPLIN [14]. Даний алгоритм, в свою чергу, було застосовано при створенні глобальних кліматичних поверхонь для місячних сум опадів, середньомісячних мінімальних, середньодобових і максимальних температур повітря та деяких біокліматичних показників з просторовою роздільністю 30 арк-секунд (база даних 'WorldClim') [13].

Ряд методів інтерполяції кліматичних даних і створення растрових шарів кліматичних показників базується на дослідженні зв'язків між кліматичними показниками та чинниками, що здатні вплива-

ти на їхній просторовий розподіл. Найчастіше мова йдеться про висоту місцевості: при цьому розраховують вертикальній градієнт певного кліматичного показника. Слід зважати на те, що вплив висоти місцевості на кількість атмосферних опадів виявляється в межах просторового масштабу, що залежить від характерного масштабу атмосферних процесів, що спричиняють опади (фронтальні системи чи локальні конвекційні комірки). Загалом, усереднене значення висоти в околицях 6-9 км від метеостанції вважається кращим предиктором кількості опадів, ніж висота безпосередньо самої станції. [1, 7]. Крім того, у випадку наявності гірських хребтів та орографічних бар'єрів, розташованих перпендикулярно до переважаючого напрямку руху вологих повітряних мас, зона максимальної кількості опадів може не співпадати з гребенем хребта чи підняття, зміщуючись у навітряний чи підвітряний бік в залежності від морфометричних особливостей бар'єру [19].

Оскільки на великих за розмірами територіях можуть співіснувати різні орографічні режими формування опадів, залежності між кількостями опадів та висотою часто виявляють локальну специфіку. Тому вертикальний градієнт, обрахований для цілої території, недостатньо адекватно відбиватиме залежність на місцевому рівні. Американськими дослідниками створено статистично-топографічну модель PRISM, яка визначає кліматичні показники опадів шляхом обрахунку залежностей опади-висота всередині індивідуальних топографічних граней (суцільних ділянок з однаковою експозицією поверхні) [7].

Характерною особливістю залежності між висотою місцевості та температурним режимом є наявність температурних інверсій, які найчастіше мають місце вночі та в холодну пору року. Через це зв'язок між висотою місцевості та деякими кліматичними параметрами (насамперед, мінімальною температурою) нерідко має нелінійний характер; так, профіль мінімальних температур, проведений через основні локальні нерівності рельєфу в межах низькота середньогірря, демонструватиме два мінімуми (що відповідають рівням днищ долин та вершин) і максимум, який відповідає проміжним значенням висоти («теплий пояс» на схилах). Максимальні температури, натомість, суттєво пов'язані із величиною надходження сонячної радіації, яка перерозподіляється в залежності від нахилу і експозиції поверхні. Ряд дослідників вказують, що адекватне моделювання температурного режиму в умовах складного рельєфу потребує врахування, окрім загального ефекту зменшення температур з висотою, ефектів впливу експозиції поверхні на температурні максимуми та впливу застою холодного повітря в пониженнях рельєфу на температурні мінімуми [5, 18]. Останній ефект може бути опосередковано відображений через відстані від русел водотоків.

Деякі інші топографічні та географічні параметри також можуть бути використані як індикатори процесів, що впливають на кліматичні показники. Так, відомими є ефекти впливу на клімат великих водних резервуарів (і зменшення цього впливу зі збільшенням віддалі від них), впливу великих населених пунктів та промислових вузлів («теплові острови»). Слід згадати дослідження [12], метою якого було створення детального (1 * 1 км) набору даних щомісячних температур для регіону Великих Альп. В основу було покладено метод множинної регресії з регіоналізацією. Крім абсолютної висоти і вищезгаданого ефекту застою холодного повітря, дана модель враховувала ефекти впливу широти і довготи, ефект віддалі від морських берегів, ефект наближеності до великих озер та міст. В результаті вдалось досягти величини середньої стандартної помилки, яка не перевищувала 1°C.

Перспективним підходом до моделювання кліматичних полів є регресійний кріґінґ. Даний метод передбачає побудову моделі множинної регресії (ММР) за допоміжними змінними, та геостатистичну інтерполяцію (кріґінґ) залишкових відхилень цієї моделі.

Математичне рівняння моделі регресійного кріґінґу має такий вигляд:

$$z(s_0) = m(s_0) + e(s_0) = \sum_{k=0}^{p} \beta_k \cdot q_k(s_0) + \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \cdot e(s_i)$$

де $z(s_0)$ — передбачення моделі регресійного криґінґу; s_0 — пункт, для якого роблять передбачення; s_i — пункти метеоспостережень; $m(s_0)$ — детермінований член (передбачення ММР); $e(s_0)$ — інтерпольовані залишкові відхилення; $q_k(s_0)$ — значення допоміжних змінних (наприклад, морфометричних параметрів) у пункті, для якого роблять передбачення; β_k— оцінки коефіцієнтів детерміністичної моделі (параметрів ММР); λ_i — ваги в моделі криґінґу, оцінені шляхом аналізу структури просторових залежностей залишкових відхилень; $e(s_i)$ — залишкові відхилення в пунктах метеоспостережень [11].

Вперше метод «детрендового кріґінґу», який дозволяє інкорпорувати в геостатистичну інтерполяцію зовнішній набір даних, використали е 1980-х роках для інтерполяції даних щодо розподілу зливових опадів [6] і середньорічних кількостей опадів [8]. В обох випадках в якості допоміжних використано дані про рельєф (перевищення) земної поверхні. Регресійний кріґінґ згодом знайшов широке застосування в кліматології [15-17,22].

Регресійний криґінґ є найліпшим незміщеним лінійним предиктором для просторових даних, тобто найліпшим лінійним інтерполятором за припущення універсальної моделі просторової варіації [11]. Ряд досліджень свідчить про більшу точність інтерполяції методом регресійного криґінґу порівняно з рядом інших методів (сплайни, простий криґінґ, простий кокриґінґ, лінійна регресія та нейронні мережі) [9, 21].

У серії наших робіт за допомогою методу регресійного кріґінгу було здійснено інтерполяцію даних

метеостанцій західного регіону України. Відповідні дані метеостанцій оцифровано, місця розташування метеостанцій прив'язано до географічної системи координат у середовищі ГІС. Для аналізу впливу на метеопоказники морфометричних параметрів використано цифрову модель рельєфу SRTM DEM з первинною роздільністю 90 м. За допомогою операцій ГІС-аналізу з неї отримано низку похідних шарів морфометричних показників, а також виконано їхню генералізацію методом усереднення в рухомому колі. Значимими змінними, що впливають на значення кількості опадів, виявились абсолютна висота, вертикальне розчленування рельєфу (дисперсія висоти) та мезоекспозиція [4]. При цьому виявлено, що значення кореляції відрізняються залежно від кліматичного елемента та синоптичної характеристики певного місяця чи року. Щодо показників середньомісячних температур повітря, значимими виявились показники абсолютної висоти та вертикального розчленування рельєфу [3].

Висновки. Використання оптимальних та ефективних методів інтерполяції даних є запорукою створення достатньо точних і якісних цифрових шарів і карт кліматичних елементів. З низки існуючих методів інтерполяції метеоданих слід надавати перевагу тим, що спираються на допоміжні просторово розподілені дані, які демонструють зв'язок з інтерпольованим кліматичним елементом. Це особливо актуально в умовах України, де просторова щільність метеостанцій і метеопостів є порівняно невисокою, а в якості джерела допоміжних даних можна використовувати наявні детальні ЦМР.

Рецензент: к. геогр. н., доц. П. М. Горішний, ЛНУ ім. Івана Франка

Література:

1. Барри Р. Погода и климат в горах / Р. Барри — Л.: Гидрометеоиздат, 1984. — 311 с.
2. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики / Ж. Маттерон. — М.: Мир, 1968. — 407 с.
3. Мкртчян О. С. Геоінформаційне моделювання температурного поля західних регіонів України / О. Мкртчян, П. Шубер // Фізична географія і геоморфологія. — 2009. — Вип. 57. — С.104-112.
4. Мкртчян О. Методика геопросторового моделювання та картування кліматичних характеристик за даними спостережень / О. Мкртчян, П. Шубер // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. — 2011. — Вип. 39. — С. 245 - 253.
5. Bolstad P. V. Measured and predicted air temperatures at basin to regional scales in the southern Appalachian mountains / P. V. Bolstad, L. Swift, F. Collins, J. Regniere // Agricultural and Forest Meteorology. —1998. — Vol. 91. — P. 161-176.
6. Chua S.-H. Optimal estimators of mean areal precipitation in regions of orographic influence / S.-H. Chua, R. L. Bras // Journal of Hydrology. — 1982. — Vol. 57. — P. 23-48.
7. Daly C. A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain / C. Daly // Journal of applied meteorology. — 1993. — Vol. 33. — P. 140-158.
8. Dingman S. L. Application of kriging to estimating mean annual precipitation in a region of orographic influence / S. L. Dingman, D. M. Seely-Reynolds, R. C. Reynolds // Water Resour. Bull. — 1988. — Vol. 24. — P. 329-339.
9. Dryas I. The Spatial Analysis of the Selected Meteorological Fields in the Example of Poland / I. Dryas, Z. Ustrnul // H. Dobesch et al. (Ed.) Spatial interpolation for climate data: the use of GIS in climatology and meteorology. — London: ISTE Ltd, 2007. — P. 87-96.
10. Hancock P. A. Spatial interpolation of large climate data sets using bivariate thin plate smoothing splines / P. A. Hancock, M. F. Hutchinson // Environmental Modelling & Software. – 2006. — Vol. 21, Iss. 12. — P. 1684-1694.
11. Hengl T. About regression-kriging: From equations to case studies / T. Hengl, G. Heuvelink, D. Rossiter // Computers & Geosciences. — 2007. — N33. — P. 1301-1315.
12. Hiebl J. A high-resolution 1961-1990 monthly temperature climatology for the greater Alpine region / J. Hiebl, I. Auer, R. Bohm [and all] // Meteorologische Zeitschrift. – 2009. — Vol. 18, No 5. — P. 507-530.
13. Hijmans R. J. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. / R. J. Hijmans, S. E. Cameron, J. L. Parra // Int. J. Climatol. — 2005. — Vol. 25.— P. 1965 -1978.
14. Hong Y. Spatial interpolation of monthly mean climate data for China / Y. Hong, H. A. Nix, M. F. Hutchinson, T. H. Booth // International Journal of Climatology. — 2005. — Vol. 25, Iss. 10. — P. 1369-1379.
15. Hudson G. Mapping temperature using kriging with external drift: theory and an example from Scotland / G. Hudson, H. Wackernagel // International Journal of Climatology. — 1994. — Vol. 14 (1). — P. 77-91.
16. Jarvis C. H. A comparison among strategies for interpolating maximum and minimum daily air temperatures. Part II: The interaction between number of guiding variables and the type of interpolation method / C. H. Jarvis, N. Stuart // Journal of Applied Meteorology. — 2001. — Vol. 40. — P. 1075-1084.
17. Lloyd C. D. Assessing the effect of integrating elevation data into the estimation of monthly precipitation in Great Britain / C. D. Lloyd // Journal of Hydrology. — 2005. — Vol. 308 (1-4). — P. 128-150.
18. Lookingbill T. R. Spatial estimation of air temperature differences for landscape-scale studies in montane environments / T. R. Lookingbill, D. L. Urban // Agricultural and Forest Meteorology. – 2003. — Vol. 114. — P. 141-151.
19. Smith R. B. The influence of mountains on the atmosphere / R. B. Smith // Advances in geophysics. — 1979. — Vol. 21. — P. 87-230.

20. Tabios G. Q. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation / G. Q. Tabios, J. D. Salas // Water Resour. Bull. — 1985. — N. 21. — P. 365-380.

21. Tveito O.E. The use of Geographic information systems in climatology and meteorology / O.E. Tveito, M. Wegehenkel, F.v.d. Wel, H. Dobesch. — Final report of COST Action 719, Cost Office, Brussels, EUR 23461. — 2008. — 246 p.

22. Ustrnul Z. System informacji geograficznej jako narzedzie do konstrukcji cyfrowych map klimatycznych / Z. Ustrnul // Klimatyczne aspecty srodowiska geograficznego. Pod red. J. Trepinskiej i Z. Oleckiego. — Krakow, 2006. — P. 365-374.

УДК 528.94

В. В. Путренко

Національний авіаційний університет

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕКИ ВИНИКНЕННЯ ПРИРОДИХ ПОЖЕЖ НА ОСНОВІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто методику побудови моделі оцінки небезпеки виникнення природних пожеж на основі використання інтелектуального інструментарію ГІС-аналізу. Розроблено методику і виділено основні групи факторів та їх показники, які впливають на небезпеку виникнення пожеж. Реалізовано методику проведення ГІС-аналізу геопросторових даних для території України, яка містить 5 етапів та складається зі збору, підготовки, нормалізації та інтегрального оцінювання небезпеки. Проведено аналіз отриманих результатів з метою надання рекомендацій для органів управління та попередження надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: природна пожежа, факторний аналіз, ГІС-аналіз.

В. В. Путренко

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрена методика построения модели оценки опасности возникновения природных пожаров на основе использования интеллектуального инструментария ГИС-анализа. Разработано методику и выделено основные группы факторов и их показателей, которые влияют на опасность возникновения пожаров. Реализована методика проведения ГИС-анализа геопространственных данных для территории Украины, которая содержит 5 этапов и состоит из сбора, подготовки, нормализации и интегрального оценивания опасности. Проведен анализ полученных результатов с целью предоставления рекомендаций для органов управления и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: природный пожар, факторный анализ, ГИС-анализ.

V. V. Putrenko

INTELLECTUAL ANALYSIS OF THE RISK OF NATURAL FIRES ON THE BASIS OF GIS TECHNOLOGIES

The methodology of constructing of the assessment model of wildfire risk by the means of GIS-analysis intellectual tools of was considered. The technique was developed and main groups of factors and indicators that influence the risk of fires were allocated. The methods of conducting GIS-analysis of geospatial data for the territory of Ukraine was realized; it contained 5 stages and consisted of collecting, preparing, normalization and integral danger evaluation. The analysis of the results in order to provide recommendations for the management and prevention of emergencies was obtained.

Keywords: wildfire, factor analysis, GIS-analysis.

Вступ. В структурі надзвичайних ситуацій природного походження пожежі традиційно займають провідні позиції за своєю небезпекою та потенційним збитком. У зв'язку з цим актуальним є завдання оцінки небезпек виникнення природних пожеж на території України. Створення геоінформаційної моделі для інтелектуального аналізу природних пожеж включає проведення факторного аналізу чинників, які впливають на вірогідність виникнення пожеж, оцінку кожного із цих чинників та визначення інтегральної оцінки, яка вказує на ступінь небезпеки для певної території.

Вихідні передумови. Використання елементів інтелектуального аналізу при прогнозуванні природних пожеж досліджено в роботах Колодяжного О. А., Luhmann E., Машковського А. Г., Потапенко Л. С., Ясинського Ф. Н., Потемкиної О. В., Сидорова С. Г.[1, 3]. Цей напрям активно розвивається в роботах Christopher B. Oneal, John D. Stuart, Radmila Jovanovic, Zeljko Bjeljac та інших дослідників [4, 5, 6].

Метою дослідження є розробка інструментарію та методики інтелектуального аналізу для оцінювання небезпеки природних пожеж на основі геопросторових даних та інструментів ГІС-аналізу. Завданнями дослідження є визначення підходів до методики оцінки небезпек, збір, обробка та аналіз геопросторових даних, оцінка результатів інтелектуального ГІС-аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виникнення природних пожеж пов'язано з чисельними збитками та загрозою для сталого розвитку і безпеки життя. Ці пожежі мають різний характер в залежності від умов виникнення пожежі, рослинного та ґрунтового покриву. Тому необхідною умовою оцінки небезпеки є вибір факторів, які впливають на можливість виникнення пожежі. До основних груп природних факторів відносяться рельєф, рослинний покрив та кліматичні ресурси, які разом визначають особливості ландшафтної структури, які при певній вірогідності можуть сприяти виникненню пожеж.

Фактор рельєфу містить декілька важливих складових. До таких складових відноситься висота фізичної поверхні над рівнем моря, яка визначає інсоляцію та розчленованість рельєфу, ухил поверхні, експозиція схилів. Висота над рівнем моря впливає на рівень інсоляції поверхні, а також на ступінь розподілу опадів, вологи та температурного режиму. В силу цього зі збільшенням висоти рельєфу спочатку вірогідність виникнення пожеж збільшується до певної висоти, а потім починає зменшуватися [Рис. 1а]. Ухил рельєфу впливає на кут падіння сонячних променів, тому зі збільшенням куту ухилу збільшується вірогідність виникнення пожежі [Рис. 1б]. Таку ж роль відіграє експозиція схилів, яка визначає розподіл сонячної енергії за сторонами світу. В цьому випадку найнижчу вірогідність мають схили з північною експозицією (316-45°), далі — західною (226-315°), східною (46-135°) та найбільшу вірогідність мають південні схили (136-225°) [Рис. 1в].

Кліматичні фактори відіграють провідну роль в оцінці небезпеки природних пожеж. Традиційно для моделювання ризиків пожеж враховують такий набір чинників як температурний режим, опади, баланс вологи, сонячна радіація, напрямок та швидкість вітру. При аналізі було враховано тільки основні чинники: середньорічну температуру в градусах Цельсія та середньорічну кількість опадів у міліметрах. Відповідно фактор температури враховується в моделі як стимулятор збільшення небезпеки природних пожеж [Рис. 1г]. Фактор опадів є дистимулятором і з його збільшенням небезпека зменшується [Рис.1д].

Основним фактором виникнення природних пожеж виступає рослинний та ґрунтовий покрив. В залежності від його характеру ранжується потенційна небезпека пожеж. В залежності від співвідношення ступеня покриття ґрунтового покриву та видів рослинності можливо виділення різних просторових угруповань за ступенем небезпеки виникнення пожеж. Основними ознаками для рослинності виступають типізація за показниками лісовий покрив, чагарник чи трав'яний покрив; вічнозелений або сезонний покрив лісів, хвойні чи листяні ліси; співвідношення видів рослинності та ступінь проектного покриття ґрунтів. Для ґрунтового покриву важливими факторами є відкриті території, вологість ґрунтів та умови їх формування — водно-болотні угіддя та торфові родовища. Також велике значення мають форми землекористування: сільськогосподарські території різних типів, урбанізовані території, інші типи землекористування. Лісові та степові території мають найбільший ступінь небезпеки. В тому числі вічнозелені хвойні ліси та степова територія з різним типом рослинності [Рис.1е].

Усі чинники моделі нормалізуються у діапазоні від 0 до 1 одночасно з врахуванням їх впливу як стимуляторів та дестимуляторів у моделі.

Загальна методика оцінки небезпек складається з п'яти кроків:

1. Визначення відповідних даних для кожної загрози та характеристик цих даних.

2. Перекласифікація та трансформація даних у растровий формат.

3. Зважування вхідних даних та додавання стандартних значень.

4. Комбінування різних шарів даних.

5. Аналіз шару з даними про небезпеки.

В якості первинних даних для моделювання показників рельєфу було використано дані з топографічних карт масштабу 1:200 000. За допомогою інструментів Spatial Analyst, які входять до складу ПЗ ArcGIS було проведено моделювання GRID-поверхні за допомогою алгоритмів обернено зважених відстаней. Ця модель була використана для побудови похідних карт ухилів рельєфу та експозиції схилів, а також їх перекласифікації згідно з визначеними схемами групування значень. Кліматичні дані були розраховані шляхом інтерполяції даних багаторічних спостережень метеопостів на території України. Дані про рослинний покрив та типи землекористування були отримані з топографічних даних масштабу 1:200 000 та даних про розподіл видового складу порід деревини за даними Міністерства екології та природних ресурсів України [2].

Важливим етапом розробки методики є визначення вагових коефіцієнтів під час операцій растрової алгебри, яка дозволяє зіставляти нормалізовані значення чинників та визначати їх сумарний вплив. Вагові коефіцієнти були визначені за результатами факторного аналізу. В даному випадку нормалізовані значення підсумовуються за допомогою інструменту Raster Calculator, який дозволяє обчислити нові растри на підставі тих, що існують, використовуючи ряд функцій і операторів. Небезпека пов'язана зі складом рослинного покриву та особливостями рельєфу розраховується за формулою:

*(Тип рослинності * 0,54) + (Ухил * 0,32) + + (Експозиція * 0,09) + (Висота * 0,06)*

Небезпека пов'язана з кліматичними факторами розраховується за формулою:

*(Температура * 0,7375) + (Опади * 0,2625)*

Інтегральна оцінка природних пожеж розраховується за формулою:

*(Рослинний покрив * 0,81) + (Кліматичні фактори * 0,19)*

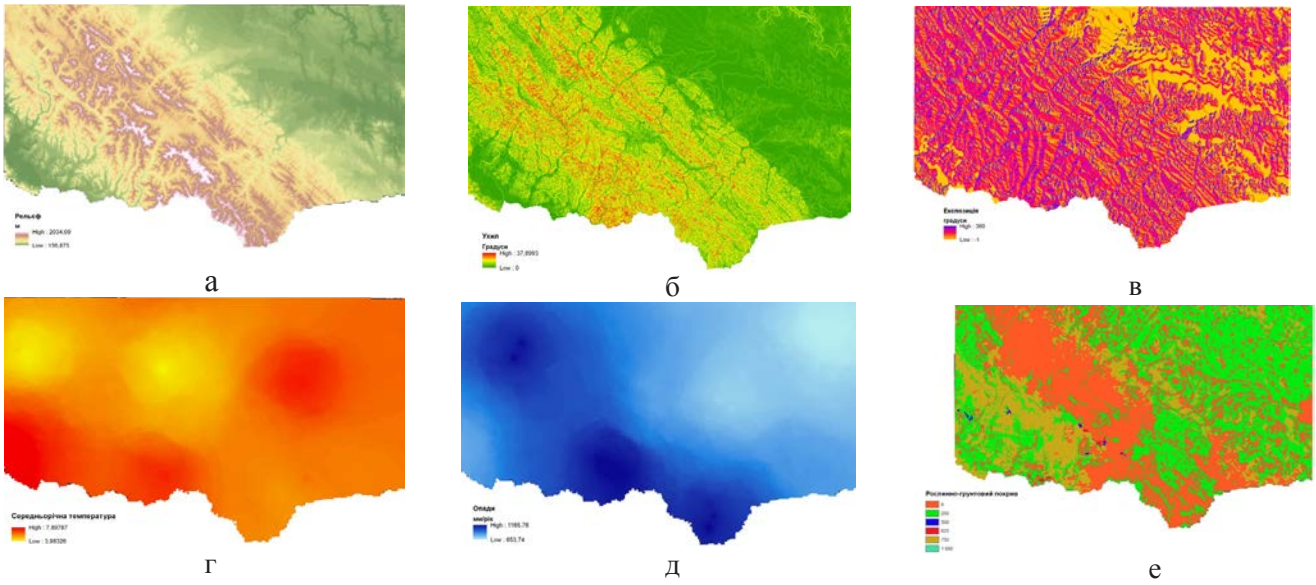


Рис. 1. Фрагмент побудови растрових моделей для оцінки факторів впливу на небезпеку виникнення природних пожеж для території південної частини Українських Карпат: а — рельєф; б — ухил рельєфу; в — експозиція схилів; г — середньорічна температура повітря; д — середньорічна кількість опадів; е — рослинний покрив.

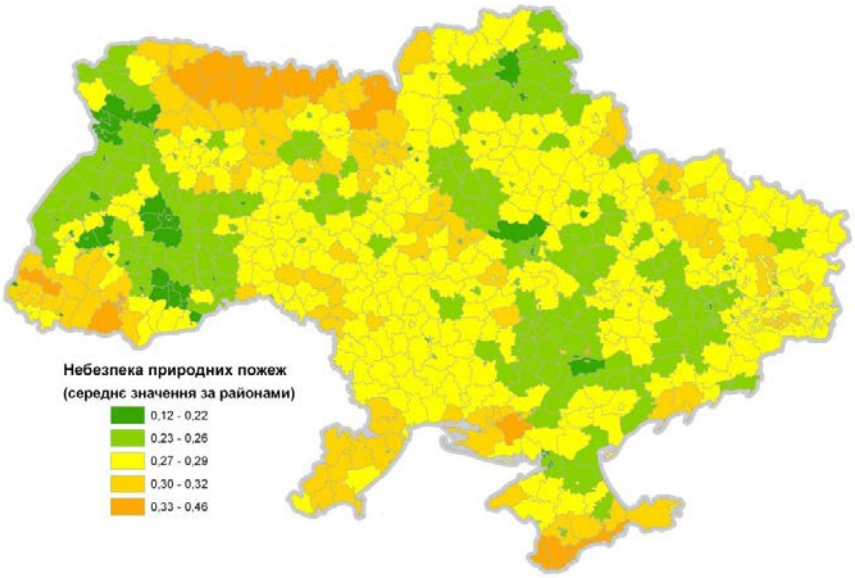


Рис. 2. Інтегральна середня оцінка небезпеки виникнення лісових пожеж за адміністративними районами.

Результуючі значення отримано в діапазоні від 0 до 1, де значення 0 унеможливлюють можливість природних пожеж (наприклад, водні поверхні), значення близькі до 1 свідчать про високу небезпеку потенційного виникнення природних пожеж.

На останньому етапі аналізу було використано методи зональної статистики із використанням адміністративно-територіального поділу території України за районами. В цьому випадку для кожної одиниці було розраховано середнє зважене значення небезпеки природних пожеж. Ця інформація може бути використана в управлінні територіальним розвитком та попередженні надзвичайних ситуацій [Рис. 2].

Аналіз статистичного розподілу показників пожежної небезпеки за районами України вказує на підвищення небезпеки природних пожеж на південь країни в Одеській, Миколаївській областях та АР Крим. Також певні осередки спостерігаються в Закарпатській, Вінницькій, Черкаській та Харківській областях. Високі значення пожежної небезпеки характерні для хвойних лісів Карпат. Низькі значення пожежної небезпеки спостерігаються в західних районах Львівської та Волинської областей, Придніпров'ї, деяких районах Лівобережного Полісся, хоча на півночі Рівненської та Житомирської областей спостерігаються високі значення, пов'язані з торфовищами та характером рослинності. Надання оцінки в розрізі районів дає більш генералізовану ситуацію, яка вказує загальні тенденції в розподілі небезпеки природних пожеж та може використовуватися у попереджені надзвичайних ситуацій.

Висновки. Геоінформаційне моделювання дозво-

ляє будувати оціночні моделі різного ступеня складності. В тому числі оцінка небезпек природних та техногенних надзвичайних ситуацій є важливим завданням, яке потребує вирішення на основі використання географічних даних. Інтелектуальний аналіз факторної моделі небезпеки виникнення природних пожеж показав доцільність та ефективність використання операцій інтерполяції растрових поверхонь та їх подальшого аналізу за допомогою методів перекласифікації, нормалізації, зваженого числення та зональної статистики, що надає змогу отримання кількісної оцінки показника небезпек природного характеру.

Рецензент: д. геогр. н., проф. Л. М. Даценко

Література:

1. Колодяжний О. А. Організація космічного моніторингу пожеж / О. А. Колодяжний, E. Luhmann, А. Г. Машковський, Л. С. Потапенко, Ю. М. Штепа // Космічна наука і технологія. — [т.8, №2-3]. — 2002. — С. 246-248.

2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2011 році. — К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, LAT&K, 2012. — 258 с.

3. Ясинский Ф. Н. Прогнозирование вероятности возникновения лесных пожаров с помощью нейросетевого алгоритма на многопроцессорной вычислительной технике/ Ф. Н. Ясинский, О. В. Потёмкина, С. Г. Сидоров, А. В. Евсеева // Вестник ИГЭУ. — [Вып. 2]. — 2011. — С. 1- 4.

4. Atlas of natural hazards & risks of Georgia // Caucasus Environmental NGO Network, 2012 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://drm.cenn.org/index.php/en/

5. Christopher B. Oneal, John D. Stuart, Steven J. Steinberg, Geographic analysis of natural fire rotation in the California redwood forest during the suppression era [Електронний ресурс] // Fire Ecology, Volume02, Issue01, Spring, 2006. — Режим доступу : http://fireecology.org/docs/Journal/pdf/Volume02/Issue01/073.pdf

6. Radmila Jovanovic, Zeljko Bjeljac,. Olgica Miljkovic, Aleksandra Terzic Spatial analysis and mapping of fire risk zones and vulnerability assessment — case study mt. Stara Planina [Електронний ресурс] // Prevention and Education in Natural Disasters, 2013. — Режим доступу : http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0350-7599/2013/0350-75991303213J.pdf

УДК 911.9:631.459.21

А. А. Светличный, А. В. Пяткова

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ

Рассмотрена проблема пространственного моделирования водной эрозии почвы как основы оптимизации эрозионной геосистемы агроландшафта. Представлена разработка реализованной с использованием аналитических возможностей ГИС-пакета PCRaster (Нидерланды) и языка программирования Visual Basic пространственной физико-статистической математической модели смыва-аккумуляции почвы, учитывающая пространственную неоднородность всех факторов водной эрозии. Пространственное моделирование смыва почвы с использованием модели проиллюстрировано на примере экспериментального водосбора Грачева Лощина (Курская область).

Ключевые слова: смыв-аккумуляция почвы, пространственная модель, ГИС-реализация, PCRaster.

О. О. Світличний, А. В. П'яткова

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ

Розглянуто проблему просторового моделювання водної ерозії ґрунту як основи оптимізації ерозійної геосистеми агроландшафту. Представлено розробку реалізованої з використанням аналітичних можливостей ГІС-пакету PCRaster (Нідерланди) та мови програмування Visual Basic просторової фізико-статистичної математичної моделі змиву-акумуляції ґрунту, яка враховує просторову неоднорідність всіх факторів водної ерозії. Просторове моделювання змиву ґрунту з використанням моделі проілюстровано на прикладі експериментального водозбору Грачова Лощина (Курська область).

Ключові слова: змив-акумуляція ґрунту, просторова модель, ГІС-реалізація, PCRaster.

A. A. Svetlitchnyi, A. V. Pyatkova

GIS MODELING OF WATER EROSION OF SOIL

The problem of spatial modeling of water soil erosion as the bases of optimization of erosive geosystem of agrolandscape is considered. The development of the spatial physical and statistical mathematical model of the soil washing-accumulation is presented. The model is realized with the use of analytical possibilities of GIS-package of PCRaster (Netherlands) and programming of Visual Basic language. The model is taking into account spatial heterogeneity of all factors of water soil erosion. The spatial design of the soil washing off with the use of model is illustrated on the example of experimental basin of Gracheva Dale (Kursk region).

Keywords: washing-accumulation of the soil, spatial model, GIS-realization, PCRaster.

Введение. Проблема деградации почв в результате интенсификации водной эрозии является одной из наиболее актуальных проблем современности, становясь причиной больших убытков в сельском хозяйстве и в целом угрожая безопасному развитию цивилизации.

В Украине потери продукции земледелия от эрозии колеблются в пределах 9-12 млн. т зерновых единиц ежегодно. Среднегодовой расчетный смыв почвы с пахотных земель в Украине составляет свыше 15 т/га, среднегодовые потери гумуса при этом достигают 0,5 т/га, питательных веществ – 0,6 т/га, что не компенсируется внесением удобрений [1].

Общая площадь сельскохозяйственных угодий, которые подвержены губительному влиянию водной эрозии, составляет в стране 13,3 млн га (32% общей площади), в т.ч. 10,6 млн га пахотных земель, и продолжает увеличиваться. В составе эродированных земель насчитывается 4,5 млн га с сильно- и среднесмытыми почвами, 68 тыс. га полностью потеряли гумусовый горизонт.

Одной из важнейших составляющих решения проблемы эрозионной деградации агроландшафтов является разработка адекватной математической модели эрозионных потерь почвы, учитывающей влияние основных природных и хозяйственных факторов. Использовавшиеся или использующиеся в стране математические модели смыва (или эрозионных потерь) почвы (USLE/RUSLE, 1958-1989; Г. И. Швебса, 1974, 1981; И. К. Срибного, 1977, 1993; Г. П. Сурмача, 1979-1982; А. Б. Лавровского и др., 1987 и некоторые другие), не учитывающие пространственное изменение факторов водной эрозии и недостаточно адекватно учитывающие влияние, по крайней мере, некоторых из них [1], уже не удовлетворяют современным требованиям. Учитывая современный уровень исследований склонового водно-эрозионного процесса, выраженный пространственно-распределенный характер как природных, так и хозяйственных факторов водной эрозии почв, современные подходы к оптимизации эрозионной геосистемы агроландшафта на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия (контурно-мелиоративной, ландшафтно-экологической, точной), необходим именно геоинформационный подход к моделированию, расчету и прогнозу характеристик склонового эрозионного процесса, опирающийся на адекватную математическую модель смыва-аккумуляции. При этом такая математическая модель должна опираться на стандартную и общедоступную информацию, иначе возможный диапазон ее применения будет слишком узким. В соответствии с классификацией математических моделей водной эрозии почв [2] такая модель должна относиться к эмпирическим физико-статистическим либо концептуальным моделям.

Изложение основного материала

Материалы и методы. В качестве основы для разработки пространственно-распределенной модели смыва-аккумуляции почвы использована наиболее теоретически обоснованная и информационно обеспеченная для природно-хозяйственных условий Украины логико-математическая модель эрозионных потерь почвы Г. И. Швебса (1974, 1981). На основе теоретических и полевых исследований склонового эрозионно-аккумулятивного процесса, выполненных в последние два десятилетия, разработана ее модификация, представляющая собой физико-статистическую модель смыва-аккумуляции почвы, отвечающую сформулированным выше требованиям: она учитывает диалектическое единство процессов смыва и аккумуляции на склоне, ярко выраженный неустановившийся характер ливневого наносообразования и пространственную изменчивость всех факторов эрозии, в том числе и пространственную структуру склонового стекания.

Профильная (1*D*) и пространственная (2*D*) ГИС-реализация модели выполнены с использованием аналитических возможностей пакета моделирования окружающей среды *PCRaster* [3] и языка программирования *Visual Basic*. Широкие возможности языка моделирования пакета *PCRaster* позволяют создавать достаточно широкий класс моделей, в том числе физически обоснованные модели процессов окружающей среды такие, как модели поверхностного стока, водной эрозии, транспорта загрязняющих веществ и др. Интеграция пакета с языками программирования расширяют его аналитические и операционные возможности.

Результаты и их анализ. Расчетные уравнения пространственной версии логико-математической модели эрозионных потерь почвы имеют вид:

при $x \le L_a$

$$
\begin{aligned}
W_{Л}(i,\ j) = 2{,}6\cdot 10^{-6}\Bigg[\Bigg(1+0{,}5\left(\frac{x'}{x}\right)^{0,5}\Bigg)K_{ГМ}(i,j)\,j_R(i,j)I^m(i,j)f_a(i,j)\,x^{0,5}+\\
+K_{ГМ}(i,j)\,j_R(i,j)I^m(i,j)\,\frac{df_a(i,j)}{dn}\,x+K_{ГМ}(i,j)\,j_R(i,j)\frac{dI^m(i,j)}{dn}\,f_a(i,j)\,x+\\
+K_{ГМ}(i,j)\frac{dj_R(i,j)}{dn}\,I^m(i,j)f_a(i,j)\,x+\frac{dK_{ГМ}(i,j)}{dn}\,j_R(i,j)\,I^m(i,j)f_a(i,j)\,x+\\
+K_{ГМ}(i,j)\,j_R(i,j)I^m(i,j)f_a(i,j)\,x\frac{d\,(x'^{0,5})}{dn}\Bigg],
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

при $x > L_a$

$$W_{Л}(i,j) = 2{,}6 \cdot 10^{-6} \left[\left(1 + 0{,}5 \left(\frac{x'}{x} \right)^{0,5} \right) K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) I^m(i,j) f_a(i,j) L_{\Delta}{}^{0,5} + \right.$$
$$+ K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) I^m(i,j) \frac{df_a(i,j)}{dn} x^{1,5} + K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) \frac{dI^m(i,j)}{dn} f_a(i,j) x^{1,5} +$$
$$+ K_{ГМ}(i,j) \frac{dj_R(i,j)}{dn} I^m(i,j) f_a(i,j) x^{1,5} + \frac{dK_{ГМ}(i,j)}{dn} j_R(i,j) I^m(i,j) f_a(i,j) x^{1,5} + \quad (2)$$
$$\left. + K_{ГМ}(i,j) j_R(i,j) I^m(i,j) f_a(i,j) x^{1,5} \frac{d(x'^{0,5})}{dn} \right],$$

$$L_a = 0{,}854\, k_v m_c^{3/2} (r_{t,P\%}\, \varphi\, b_c I)^{1/2}, \quad (3)$$

где $W_л$ (i, j) — модуль ливневого смыва почвы (т/га) в точке пространства (ячейке растра) с координатами (i, j); x — расстояние от водораздела до данной ячейки по линии тока воды, м; x' — приведенное расстояние от водораздела до данной ячейки, $x' = 0{,}5x\ (K_p(i, j)+1)$, где K_p — коэффициент формы склоновых водосборов, безразм.; L_a — длина зоны активного наносообразования, примыкающей к водоразделу (м); $K_{ГМ}$ (i, j) — среднее в пределах склонового водосбора ячейки (i, j) значение гидрометеорологического фактора ливневого смыва почвы; f_a (i, j) — среднее в пределах склонового водосбора ячейки (i, j) значение фактора агротехники, безразм.; j_R (i, j) — среднее в пределах склонового водосбора ячейки (i, j) значение характеристики относительной смываемости почв, безразм.; $L_Д$ — рабочая длина зоны активного наносообразования, в качестве которой принимается примыкающий сверху к расчетной ячейке участок склона длиной L_a, м; I (i, j) — средний в пределах склонового водосбора ячейки (i, j) уклон склона,‰; m — показатель степени при уклоне; k_v — коэффициент форсировки, учитывающий различие скоростей добегания волны стока и движения материальной точки, в среднем равный 1,5; m_c — коэффициент шероховатости поверхности склона; $r_{t,\,P\%}$ — наибольшая средняя за время активного наносообразования t (мин) интенсивность дождя (мм/мин) расчетной обеспеченности $P\%$; φ — коэффициент стока, безразм.; b_c — средняя ширина водосборов временной ручейковой сети, м. Переменные m_c, φ, I, b_c в выражении (3) относятся к части склона длиной L_a.

В рамках данной модели впервые решена задача оценки пространственной изменчивости в пре-

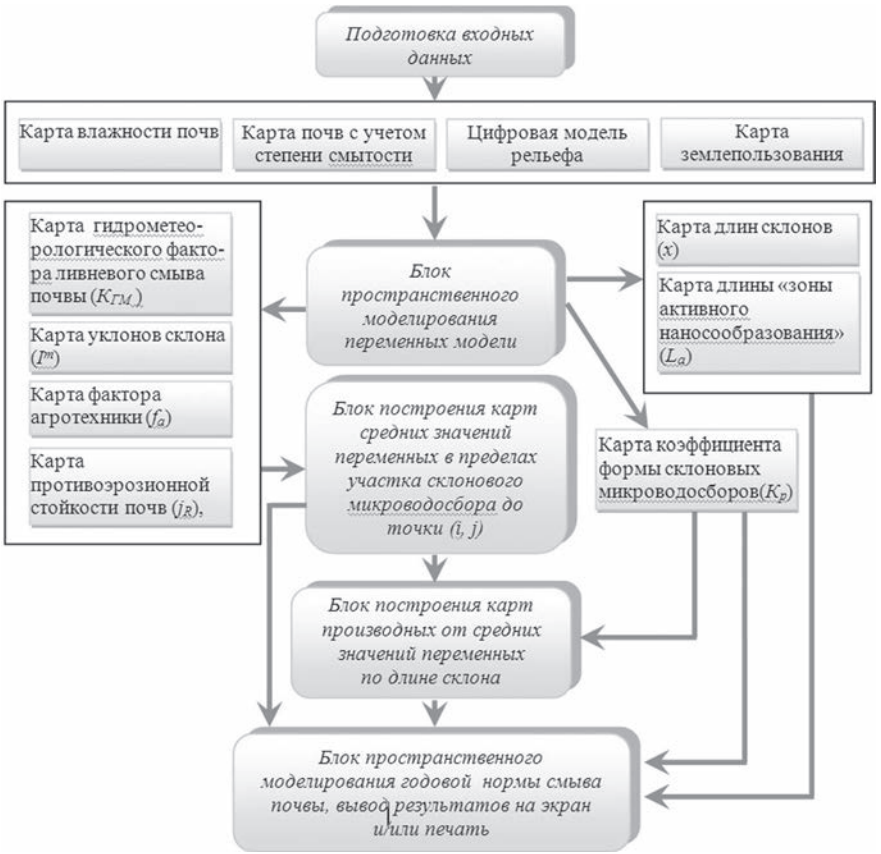


Рис. 1. Блок-схема ГИС-реализованной пространственной модели расчета нормы смыва почвы

делах склона гидрометеорологического фактора ливневого смыва [4], пространственной структуры склонового стекания [5], выполнены исследования внутрисклоновой изменчивости противоэрозионных свойств почв и предложена методика ее геоинформационного моделирования [6].

Представленная модель в отличие от других эмпирических моделей смыва почвы позволяет учесть пространственную изменчивость всех факторов водной эрозии почв — гидрометеорологических условий, характеристик почв, рельефа и агротехники, что дает возможность рассчитывать норму ливневого, весеннего и суммарного смыва для небольших по площади земельных участков (полей севооборотов, фермерских хозяйств, отдельных склонов), учитывая особенности природных и хозяйственных условий в их пределах. Такой подход к оценке смыва почвы позволяет выявлять наиболее эрозионноопасные участки земель, рационально организовывать территорию, выделять агроэкологические группы земель, разрабатывать севообороты, внедрять современные системы земледелия, давать землям обоснованную оценку.

ГИС-реализация модели представляет собой систему последовательно связанных блоков, позволяющих рассчитывать пространственное распределение каждого фактора водной эрозии почв, их производных по длине склона и, в итоге, норму ливневого, весеннего и суммарного смыва почвы для разных территорий (рис. 1).

Пространственно-распределенными входными данными модели являются гидрологически корректная цифровая GRID-модель рельефа (ЦМР), цифровая карта почв с обязательной идентификацией контуров эродированности и цифровая карта землепользования с границами севооборотных участков и противоэрозионными мероприятиями, а также цифровая растровая карта пространственного распределения влажности почвы, рассчитываемая с использованием модели [7].

К атрибутивной (непространственной) входной информации модели относятся значения влажности верхнего полуметрового слоя почвы по данным наблюдений на ближайшей метеостанции и зональные значения гидрометеорологических факторов ливневого и весеннего смыва почвы.

Расчет переменных модели смыва подразумевает полностью автоматизированный расчет карт

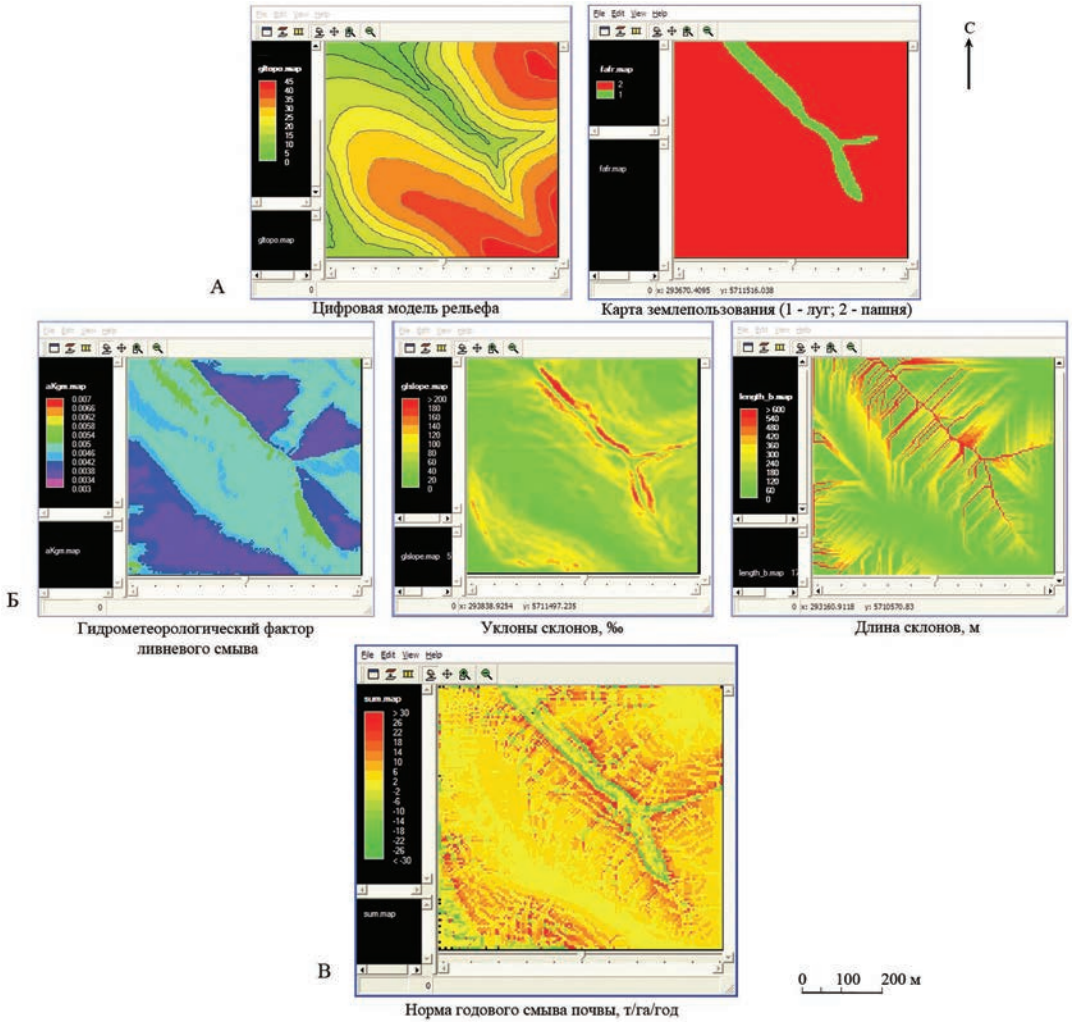


Рис. 2. Цифровые входные (А), некоторые промежуточные (Б) и результирующая (В) карты расчета нормы смыва почвы в пределах нижней части водосбора Грачева Лощина

отдельных факторов эрозии с использованием входных данных для рассматриваемой территории. Расчетные значения переменных для каждой ячейки растра определяются как средние арифметические для ее вышележащего склонового водосбора.

Расчет участвующих в формулах (1)- (2) производных по длине склона выполняется с использованием аналитических возможностей пакета *PCRaster* и особого алгоритма учета степени влияния изменений факторов эрозии по длине склона на расчетный смыв почвы [7].

Модель верифицирована по данным наблюдений на склоновых водосборах Богуславской полевой гидрометеорологической станции и результатов полевых исследований смыва-аккумуляции методом радиоуглеродного и магнитного трассеров, проведенных сотрудниками Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в течение 1987 – 2007 гг. [8].

На рис. 2 представлены некоторые карты расчета нормы смыва почвы для приустьевой части водосбора Грачева Лощина (Курская область) площадью около 180 га, расположенного на территории опытно-производственного хозяйства ВНИИЗиЗПЭ.

Цифровая модель рельефа балки, основа создания программными средствами ГИС-пакета карт уклонов, экспозиций, продольной и поперечной кривизны склонов, построена на основе бумажной карты рельефа масштаба 1:10000 с сечением рельефа 1 м. Для оцифровки горизонталей рельефа и координатной привязки использован ГИС-пакет *MapInfo Professional 6.0.* Пространственная интерполяция и построение ЦМР выполнена методом обыкновенного точечного кригинга в среде программного модуля *Gstat*, являющегося частью пакета *PCRaster*. Цифровая почвенная карта построена в среде ГИС-пакета *MapInfo Professional 6.0* в векторном формате, после чего конвертирована в растровый формат пакета *PCRaster*. Размер растра цифровых карт 140x130, размер ячейки растра 10 м.

Переменными модели смыва почвы, представленными на рис. 2, являются длина склонов, а также уклоны склонов и гидрометеорологический фактор ливневого смыва почвы, рассчитанные как средние в пределах склоновых водосборов каждой ячейки растра с координатами *i*, *j*.

Результатом модельных расчетов является карты нормы ливневого, весеннего и суммарного смыва почвы. По результатам расчета видно, что смыв почвы характеризуется высокой пространственной изменчивостью, в нижней части склонов наблюдаются участки аккумуляции склоновых наносов. На склонах прослеживается чередование полос с относительно высокими и низкими значениями смыва, что в целом согласуется с современными представлениями о развитии эрозионного процесса на склоне. Карта пространственного распределения смыва почвы может стать основанием для выделения участков с разной степенью эрозионной опасности и разработки сценариев наиболее оптимального использования земель.

Выводы. Современное представление о развитии эрозионных процессов на склоне и неоднородном пространственном распределении факторов водной эрозии почв нашло отражение в разработанной пространственной модели смыва-аккумуляции почвы. Модель успешно реализована в среде ГИС-пакета *PCRaster* с использованием языка программирования *Visual Basic*. Пространственная ГИС-модель водной эрозии позволяет учесть сложную пространственную дифференциацию природных и хозяйственных факторов склонового эрозионно-аккумулятивного процесса, в связи с чем может быть использована при решении широкого спектра задач, связанных с научным обоснованием рационального использования эрозионно-опасных земель.

Рецензент: д. геогр. н., проф. Ю. Д. Шуйский

Література:

1. Светличный А. А. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты / Светличный А. А., Черный С. Г., Швебс Г. И. — Сумы : «Университетская книга», 2004. — 410 с.

2. Светличный А. А. Математическое моделирование водной эрозии: проблема классификации / Светличный А. А. // Вісник ОНУ. Серія географічні та геологічні науки. — [Том 15, вип. 13]. — 2010. — С. 32-39.

3. PCRaster manual, version 2: [электронный ресурс]. — Utrecht: Faculty of Geographical Sciences Utrecht University & PCRaster Environmental Software, 1998. — 368 p. — Режим доступа: http://pcraster.geo.uu.nl/documentation/pcrman/book1.html.

4. Світличний О. О. Принципи просторового моделювання гідрометеорологічних умов зливового змиву ґрунту / Світличний О. О., Іванова А. В. // Вісник ОНУ. Серія географічні та геологічні науки. — [Том 8, вип. 5]. — 2004. — Том 8. — С. 77-82.

5. Пяткова А. В. Особенности моделирования пространственной изменчивости факторов водной эрозии почв / Пяткова А. В. // Вісник ОНУ. – Серія географічні та геологічні науки. — [Том 13, вип. 6]— 2008. — С. 156-163.

6. П'яткова А. В. Просторове моделювання водної ерозії ґрунту як основа наукового обґрунтування раціонального використання ерозійно-небезпечних земель: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук: спец. 11.00.11. — Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів / П'яткова А.В. — Одеса, 2011. — 20 с.

7. Svetlitchnyi A. A. Spatial distribution of soil moisture convent within catchments and its modeling on the basis of topographic data / A. A. Svetlitchnyi, S. V. Plotnitskiy, O. Y. Stepovaya // Journal of Hydrology [V. 277]. — 2003. — P. 50-60.

8. Светличный А. А. Проблема верификации пространственно-распределенных математических моделей водной эрозии почв / А. А. Светличный, А. В. Пяткова, С. В. Плотницкий [и др.]// Вестник Одесского национального университета им. И. И. Мечникова. Географические и геологические науки. — [Том 18, вып. 3]. — 2013. — С. 78-90.

УДК 911.2:004.4+004.021

Д. В. Свідзінська
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ ВИСОТ SRTM ТА ASTER ДЛЯ ЦІЛЕЙ ГІДРОЛОГІЧНОГО ГЕОПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ

Подано порівняльну характеристику цифрових моделей висот (ЦМВ) SRTM та ASTER. В результаті гідрологічного аналізу ЦМВ побудовано декілька варіантів мережі водотоків. Верифікація результатів за даними топографічної карти масштабу 1 : 50 000 засвідчила, що найкращі результати отримуються за даними SRTM, а дані ASTER потребують додаткової обробки. Подальші перспективи пов'язані з побудовою високоточної ЦМР та здійсненням верифікації за результатами її аналізу.

Ключові слова: SRTM, ASTER, гідрологічний аналіз ЦМР, р. Чорна Тиса

D. V. Svidzinska

SRTM AND ASTER DIGITAL ELEVATION MODELS SUITABILITY ASSESMENT FOR THE PURPOSES OF HYDROLOGICAL GEOSPATIAL ANALYSIS

The comparative characteristic of SRTM and ASTER DEMs is given. Through the DEMs hydrological analysis a few versions of drainage network are modeled. Verification by the data of topographic map 1:50 000 has shown that the best results are produced by SRTM data whereas ASTER data need additional preprocessing. Further perspectives related to the construction of high-precision DEM and verification by the results of its analysis.

Keywords: SRTM, ASTER, DEM hydrological analysis, the Black Tisza River

Д. В. Свидзинская

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫСОТ SRTM И ASTER ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

Дана сравнительная характеристика ЦМВ SRTM и ASTER. В результате гидрологического анализа ЦМВ построены несколько вариантов сети водотоков. Верификация результатов по данным топографической карты масштаба 1:50 000 показала, что наилучшие результаты получаются на основе данных SRTM, а данные ASTER нуждаются в дополнительной обработке. Дальнейшие перспективы связаны с построением высокоточной ЦМР и проведения верификации по результатам ее анализа.

Ключевые слова: SRTM, ASTER, гидрологический анализ ЦМР, р. Черная Тиса

Вступ. Серед стратегій геоекологічних досліджень та менеджменту особливе місце посідає басейновий підхід, що пояснюється декількома взаємопов'язаними чинниками [1, 3]:

• водозбірний басейн являє собою цілісну одиницю в організації земної поверхні, яка є інтегральним показником взаємодії кліматичних, гідрологічних та геоморфологічних факторів;

• як водотоки, так і водозбірні басейни характеризуються добре вираженими топологічними та (пара)ієрархічними властивостями, завдяки чому їх визначення та картографування є більш простою та об'єктивною процедурою порівняно з іншими конфігураціями ландшафту (наприклад, генетико-морфологічною);

• завдяки вищезазначеним особливостям, річкові басейни є зручними операційними територіальними одиницями менеджменту та охорони ландшафтів, що знайшло відображення у низці національних та міжнародних екологічних програм.

• З огляду на це актуальності набуває апробація методів оперативного картографування та аналізу елементів басейнової ландшафтно-територіальної структури (далі — ЛТС), втілених засобами гідрологічного геопросторового аналізу цифрових моделей рельєфу (далі — ЦМР).

Вихідні передумови. В результаті гідрологічного геопросторового аналізу ЦМР можуть бути отримані лінії водотоків, місцеві вододіли, річкові басейни та інші гідрологічні характеристики. Спільним для всіх цих параметрів є те, що отримуються вони на основі т.зв. моделі перерозподілу поверхневого стоку, яка в загальному розумінні описує як стік з даної комірки растру ЦМР перерозподіляється між комірками, розташованими нижче за схилом. Результати такого моделювання можуть бути узагальнені у вигляді показника водозбірної площі (watershed area), площі збору (catchment area), сумарного стоку (flow accumulation) або площі висхідного схилу (upslope area) і покладені в основу картографування елементів басейнової ЛТС [6]. Таким чином, у випадку застосування автоматизованих методів картографування басейнової ЛТС, основним джерелом даних виступають ЦМР, якість яких безпосередньо визначає якість результатів картографування.

В умовах сучасної доступності даних, цифрові моделі висот (далі — ЦМВ) вільного доступу SRTM DEM та ASTER GDEM часто використовуються для цілей оперативного геопросторового аналізу та тематичного картографування [4,5,7]. Спроби оцінити репрезентативність та точність цих даних здійснювались неодноразово і більшість висновків сходяться на необхідності цілеспрямованої оцінки в кожному конкретному випадку з урахуванням особливостей території та цілей картографування, визнаючи при цьому задовільну якість даних в цілому [5,7,9-11].

Мета дослідження — оцінити придатність відкритих ЦМВ SRTM та ASTER для цілей гідрологічного геопросторового аналізу, послідовно вирішуючи наступні завдання:

1) обґрунтувати вибір території дослідження та дати її загальну характеристику;

2) дати порівняльну характеристику ЦМВ SRTM та ASTER;

3) визначити набір аналітичних інструментів та показників для здійснення геопросторового аналізу і оцінки його результатів;

4) на основі вищезазначених даних та методів дати оцінку придатності ЦМВ SRTM та ASTER для цілей гідрологічного геопросторового аналізу.

Загальна характеристика території дослідження. В якості території дослідження був обраний басейн р. Чорна Тиса. Основними чинниками, що визначили цей вибір, були:

1) цілісність території дослідження, яка являє собою єдиний водозбірний басейн;

2) можливість подальшої польової верифікації результатів, оскільки район басейну р. Чорна Тиса тривалий час виступає місцем проведення польових ландшафтознавчих практик для студентів географічного факультету КНУ імені Тараса Шевченка;

3) наявність картографічних матеріалів крупного масштабу (1 : 50 000), придатних для камеральної верифікації результатів моделювання;

4) різноманіття фізико-географічних умов території і як наслідок — неоднорідність гідрологічних елементів.

Басейн р. Чорна Тиса, яка є правою притокою р. Тиса (басейн Дунаю), адміністративно розташований в Рахівському районі Закарпатської області. Загальна довжина самої річки 50 км, а площа водозбірного басейну 567,72 км^2. Абсолютні висоти коливаються в діапазоні 450-2 000 м. Основними притоками є річки Апшинець, Станіслав, Свидовець, Труфанець, Гропинець, Тростянець, Билинський (праві); Середній, Ілецький, Довжина, Лазещина, Красиленка, Ситний (ліві). Відповідно до схеми фізико-географічного районування територія річкового басейну розташована в межах двох районів — Ясінянського (Вододільно-Верховинська область) та Свидовецько-Чорногоірського (Полонинсько-Чорногоірська область).

Матеріали та методи. Для реалізації функцій геопросторового аналізу та підготовки картографічних матеріалів використовувались Відкриті настільні ГІС SAGA 2.1.1 [14] та QGIS 2.2 [13]. В якості вихідних матеріалів дослідження використано фрагменти ЦМВ SRTM та ASTER, порівняльну характеристику яких наведено в таблиці 1. Як бачимо, ASTER при заявленій втричі більшій за SRTM роздільній здатності (далі — РЗ) характеризується меншою вертикальною та горизонтальною точністю. Це пояснюється в першу чергу тим, що збільшення роздільної здатності також призвело і до збільшення чутливості у фіксації артефактів. Загалом, порівняльні оцінки цих даних сходяться на тому, що для деяких територій якість SRTM є доволі високою і відповідає масштабу 1: 100 000 і навіть більше, в той час як точність ASTER не дивлячись на більшу РЗ — нижча, і може претендувати лише на масштаб 1: 100 000 і менше [10, 11]. Такі зауваження, а також бажання забезпечити кращу співставність результатів, змусили нас відпрацювати аналіз у двох варіантах.

В першому випадку і для SRTM і ASTER було встановлено єдиний розмір комірки 50 м, який є компромісним варіантом, що відповідає масштабу 1 : 100 000 [8]. В такому випадку, дані SRTM за рахунок збільшення РЗ набували дещо більшої виразності у передачі характерних рис рельєфу. Застосування ж ресемплінгу для даних ASTER мало протилежний ефект з паралельним елімінуванням високочастотної шумової компоненти.

В другому випадку дані ASTER використовувались з оригінально заявленою РЗ 1″ (≈30 м). Перш ніж перейти безпосередньо до їх гідрологічного аналізу, для зменшення випадкового «крапчастого» шуму, було застосовано процедуру фільтрації сітчастого знешумлення (mesh denoise) [15]. Порівняно з іншими фільтрами, даний алгоритм дозволяє не лише елімінувати випадкову шумову компоненту, але і зберегти при цьому характерні риси рельєфу, навіть за умов неоднорідної топографії (гірський та рівнинний рельєф), що є принциповим для подальшого аналізу ЦМВ [15].

Наступним етапом в обробці ЦМВ була гідрологічна корекція, виконана за методом [12], який дозволяє заповнити локальні безстічні пониження із збереженням незначного ухилу (0,01°) і тим самим полегшує подальшу делінеацію водотоків.

Растр водозбірної площі (catchment area) був отриманий з використанням алгоритму DEMON (Digital Elevation Model Network) [2], який визначає напрям стоку на основі місцевого кута експозиції. Стік що генерується в межах комірки спрямовується донизу у вигляді двовимірної смуги. Ці смуги розділяють водозбори на нерегулярні за формою елементи, які визначаються парами прямокутних та рівнопотенційних (контурних) ліній. Ширина смуг стоку розширюється на опуклих ділянках, звужується на увігнутих, а в межах пласких поверхонь залишається сталою. Стік кожної комірки розраховується як сума стоку, що потрапляє до неї та стоку, що генерується нею самостійно. Коли стік досягає краю комірки в основному напрямку, тоді він повністю спрямовується до однієї сусідньої комірки. В протилежному випадку він розділяється між сусідами.

Делінеація водотоків проводилась за растром водозбірної площі: найкращі результати дали порогове значення водозбірної площі 50 000 м^2 та мінімальна довжина сегмента 5 пікселів. Для верифікації результатів використовувались дані гідрологічної мережі, отримані в результаті векторизації топографічних карт масштабу 1 : 50 000.

Результати та їх обговорення. В результаті було отримано три варіанти гідрологічної мережі, побудо-

Таблиця 1

Основні характеристики (суб)глобальних ЦМВ відкритого доступу SRTM та ASTER

	SRTM DEM 4	ASTER GDEM 2
відповідальні організації	Консорціум з просторової інформації Консультативної групи з міжнародних агродосліджень (CGIAR-CSI)	Міністерство економіки, торгівлі і промисловості (METI), Японія Національне управління з аеронавтики та досліджень космічного простору (NASA), США
режим доступу	http://srtm.csi.cgiar.org	http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp
технологія ДЗ	радарна інтерферометрія	радіометричне стереознімання
період отримання оригінальних даних	11-22 лютого 2000 р.	2000-2008 (версія 1) 2008-2010 (версія 2) збір даних триває
надходження у вільний доступ	2003	2009
вихід останньої версії	2008	2011
кількість етапів обробки	4	2
охоплення	60˚ пн.ш. – 56˚ пд.ш.	83˚ пн.ш. – 83˚ пд.ш.
просторова РЗ	3" (≈90 м)	1" (≈30 м)
розмір стандартного фрагменту	5˚*5˚ 6 001*6 001 пікселів	1˚*1˚ 3 601*3 601 пікселів
система координат	географічні широта та довгота датум WGS84 геоїд EGM96	географічні широта та довгота датум WGS84 геоїд EGM96
формат поширення даних	GeoTIFF 16 bit signed integer ASCII 16 bit signed integer	GeoTIFF 16 bit signed integer
спеціальні значення	-9999 NoData для ASCII -32768 NoData для GeoTIFF 0 поверхні морів та океанів	-9999 NoData 0 поверхні морів та океанів
зміст допоміжних файлів (масок) контролю якості	значення 1 ідентифікують ділянки пропусків, для заповнення яких використовувались допоміжні ЦМВ та інтерполяція	одатні значення – число стеків від'ємні значення – код допоміжного набору ЦМВ, використаного для заповнення пропусків
пропуски в даних характерні для	ділянок з складним рельєфом, що призводить до затінення та викривлення під час радарного знімання	територій, що характеризуються постійним хмарним покривом
способи заповнення пропусків	допоміжні ЦМВ аналогічної, меншої/ більшої РЗ, інтерполяція	допоміжні ЦМВ аналогічної або меншої РЗ
вертикальна точність (z): довірчий інтервал лінійної похибки 95%	≈14 м	≈20 м
горизонтальна точність (x,y): довірчий інтервал кругової похибки 95%	≈10 м	≈30 м

ваної за даними: SRTM з РЗ 50 м та ASTER з РЗ 50 м та 30 м. Верифікація проводилась наступним чином — перевірочний шар переводився в растровий формат так, щоб його охоплення та РЗ відповідали ЦМВ для якої відбувається верифікація. Після цього за допомогою оверлейного аналізу визначалась кількість співпадінь пікселів, що були ідентифіковані як водотоки автоматизовано та за топокартою. Результати аналізу та верифікації представлені на рис. 1.

Аналізуючи їх, варто відзначити низький рівень абсолютної позиційної узгодженості даних (від 21,82% у випадку ASTER з РЗ 30 м до 52,29% у випадку сумісного використання SRTM та ASTER). Разом з тим, моделювання дає доволі детальне уявлення про актуальний характер гідромережі, маючи тенденцію до її деталізації, адже в усіх трьох випадках довжина змодельованих водотоків перевищувала довжину перевірочних (табл. 2).

Найбільш близькі до істини результати дають ЦМВ SRTM та ASTER з РЗ 30 м, а дані ASTER без проходження підготовки навіть за умов зменшення РЗ дають найгірший результат. Крім того, у випадку ASTER збільшення довжини водотоків пояснюється також некоректною роботою алгоритму моделювання поверхневого стоку на пласких ділянках (центральна частина водозбірного басейну). В результаті цього продукувались надлишкові хибні паралельні водотоки, що і робили основний внесок в похибку.

Висновки та перспективи. Якість і точність результатів генерування гідрологічної мережі напряму визначається якістю вихідної ЦМР, як єдиної основи моделювання. За умов відсутності високоточних ЦМР доцільно використовувати відкриті (суб)глобальні ЦМВ SRTM та ASTER, але з урахуванням наступних принципових моментів:

• для проведення аналізу на ділянках з неоднорідним наземним покривом необхідне застосування удосконалених фільтраційних алгоритмів, які можуть ефективно елімінувати шумову компоненту із збереженням характерних рис рельєфу;

• для позбавлення від локальних безстічних знижень та ефективної роботи алгоритмів моделювання поверхневого стоку обов'язковою умовою є проведення гідрологічної корекції;

• абсолютна позиційна точність змодельованої гідрологічної мережі може залишатись незадовільною внаслідок похибок пов'язаних зі співвідношенням датумів та систем координат;

• разом з тим, моделювання на основі SRTM та ASTER дозволяє отримати результати, які задовільно передають характерні риси гідрологічної мережі території. Відзначаючись високою морфологічною подібністю, змодельовані дані придатні для використання в якості достовірної основи, яка може бути істотно покращена в процесі мануального коригування та додаткової верифікації.

Без сумніву, дану оцінку не можна вважати остаточною і завершеною. Подальші перспективи оцінки придатності ЦМВ SRTM та ASTER пов'язані з аналізом передачі ієрархічної впорядкованості гідромережі (порядки за Штралером), виділенням меж водозбірних басейнів різних порядків, перевіркою результатів моделювання перерозподілу поверхневого стоку за даними польового знімання тощо. Принциповим моментом для отримання таких поглиблених оцінок є використання в якості верифікаційних даних не окремих елементів топоооснови (відмітки висот, гідромережа, горизонталі тощо), а побудованої за даними топографічної карти масштабу 1:50 000 високоточної гідрологічно коректної ЦМР. Лише за умов використання такої ЦМР в якості вихідної основи для моделювання, можна забезпечити повну та об'єктивну співставність результатів.

Рецензент: член-кореспондент НАНУ, доктор географічних наук, професор М. Д. Гродзинський

Таблиця 2

Сумарна довжина водотоків території дослідження

Дані	РЗ, м	Сумарна довжина водотоків, м	Різниця, м	Різниця, % від довжини на топокарті
Топографічна карта	–	979 685,510	–	–
SRTM	50	1 103 141,164	+123 455,654	+12,60
ASTER	50	1 242 549,151	+262 863,641	+26,83
ASTER	30	1 111 885,349	+132 199.839	+13,49

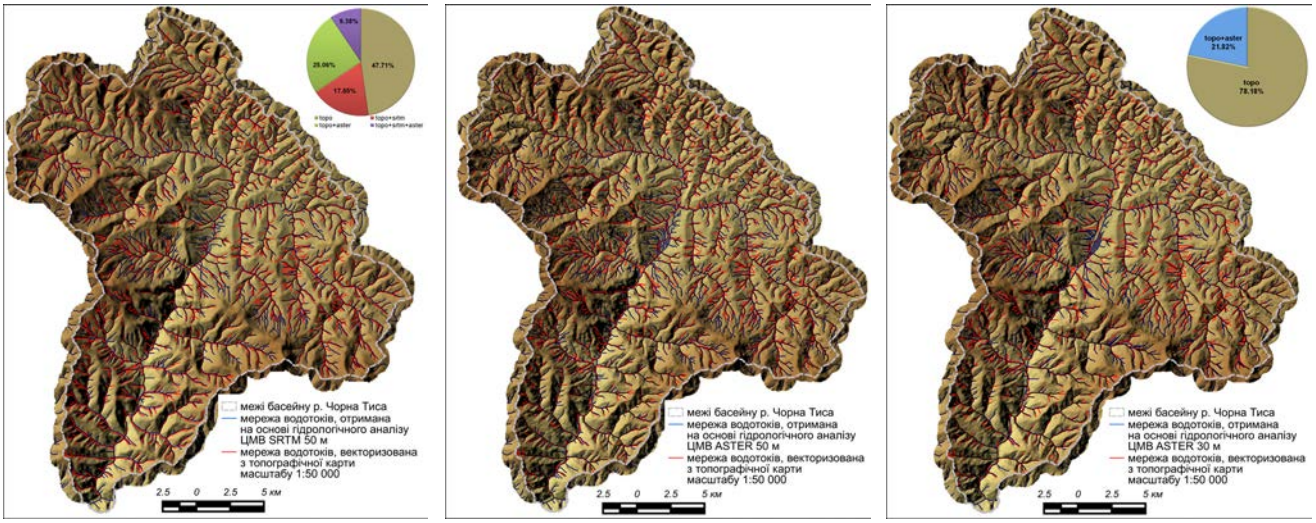


Рис. 1. Результати автоматизованого моделювання гідрологічної мережі на основі ЦМВ SRTM та ASTER та їх верифікації за даними топографічної карти масштабу 1 : 50 000

Література:

1. Гродзинський М. Д. Пізнання ландшафту: місце і простір: Монографія у 2-х т. / М. Д. Гродзинський — К.: ВПЦ «Київський університет», 2005. — Т.2 — С. 56-63.

2. Costa-Cabral M. C. Digital elevation model networks (DEMON): A model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas / M. C. Costa-Cabral, J. Burges // Water Resources Research. — 1994. — 30(6). — pp.1681-1692.

3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy [Electronic resource]. — Access mode: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060

4. Dragut L. Automated object-based classification of topography from SRTM data / L. Dragut, C. Eisank // Geomorphology. — 2012. — №141-142. — pp. 21-33.

5. Gopinath G. Automated extraction of watershed boundary and drainage network from SRTM and comparison with Survey of India toposheet / G. Gopinath, T. V. Swetha, M. K. Ashitha // Arabian Journal of Geosciences. — 2013. — pp. 1-8.

6. Gruber S. Land-surface parameters and objects in hydrology / S. Gruber, S. Peckham // Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science [Eds: Hengl T., Reuter H. I.]. — 2008. — vol. 33. — pp. 171-194.

7. Guth P. L. Geomorphometry from SRTM : comparison to NED / P.L. Guth // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. — 2006. — vol. 72, №3. — pp. 269-277.

8. Hengl T. Finding the right pixel size/ T. Hengl // Computers & Geosciences. — 2006. — vol. 32, №9. — pp. 1283-1298.

9. Hengl T. How accurate and usable is GDEM? A statistical assessment of GDEM using LiDAR data [Electronic resource] / T. Hengl, H. I. Reuter // Geomorphometry 2011 [Eds.: Hengl T., Evans I.S., Wilson J.P, Gould. M.]. — Redlands, CA, 2011. — pp. 45-48. — Access mode: http://geomorphometry.org/system/files/HenglReuter2011geomorphometry.pdf

10. Jarvis A. Practical use of SRTM data in the tropics — Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data / A. Jarvis, J. Rubiano, A. Nelson, A. Farrow, M. Mulligan — Cali, Colombia. — 2004. — №198. — 32 p.

11. Karwel A. K. Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland / A.K. Karwel, I. Ewiak // ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. — Beijing, 2008. — Vol. XXXVII, Part B7. — pp. 169-172.

12. Planchon O. A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models / O. Planchon, F. Darboux // Catena. — 2002. — vol. 46 №2-3. — pp. 159-176.

13. QGIS Development Team, 2014. QGIS Geographic Information System / Open Source Geospatial Foundation Project [Electronic resource]. — Access mode: http://qgis.org

14. SAGA GIS Development Team, 2014. SAGA — System for Automated Geoscientific Analyses / SAGA User Group Association [Electronic resource]. — Access mode: http://saga-gis.org

15. Stevenson J. A. Despeckling SRTM and other topographic data with a denoising algorithm/ J. A. Stevenson, X. Sun, N.C. Mitchell // Geomorphology. — 2010. — vol. 114 №3. — pp. 238-252.

УДК 911.3:164:004.4+911.9

Н. П. Сергєєва, М. І. Сеньків

Львівський національний університет імені Івана Франка

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОГРАФІЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ЛОГІСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Визначені головні напрямки застосування ГІС у логістичних дослідженнях, зокрема в геологістиці. Обґрунтовані можливості моделювання, аналізу та відображення геологістичної ситуації регіону функціональними засобами поширених у суспільно-географічних дослідженнях ГІС-пакетів (ArcGIS, MapInfo Professional, ГІС «Карта 2011», Quantum GIS).

Ключові слова: географічні інформаційні системи, геологістична ситуація, територіально-логістична мережа, логістична операція, суб'єкт логістики, кривизна автотранспортного простору.

Н. П. Сергеева, М. И. Сенькив.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.

Определены основные направления применения ГИС в логистических исследованиях, в частности, в геологистике. Обоснованы возможности моделирования, анализа и отображения геологистической ситуации региона функциональными средствами распространенных в общественно-географических исследованиях ГИС-пакетов (ArcGIS, MapInfo Professional, ГИС «Карта 2011», Quantum GIS).

Ключевые слова: географические информационные системы, геологистическая ситуация, территориально-логистическая сеть, логистическая операция, субъект логистики, кривизна автотранспортного пространства.

N. Sergieieva, M. Sen'kiv.

METHODOLOGICAL FUNDAMENTALS OF THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS APPLICATION IN THE LOGISTIC RESEARCHES

The main areas of the GIS application in logistic, particularly geologistic, researches are identified. The opportunities of modeling, analysis, and reflection of a regional geologistic situation by functionalities of GIS-packages distributed in the human geography researches (ArcGIS, MapInfo Professional, the GIS «Map 2011», Quantum GIS) are substantiated.

Keywords: geographic information systems, geologistic situation, territorial logistic network, logistic operation, the subject of logistics, the curvature of the automobile transportation space.

Вступ. Вихідні передумови. Загальні питання застосування геоінформаційних систем у дослідженнях транспортної сфери розглядаються у працях І. Г. Смирнова [7], Р. Е. Гулієвої, М. Ф. Гончара [2], Л. Пашковської [5], В. Мокіна, В. Сторчака, О. Гавенка, І. Медведєва [4], однак конкретні ГІС-пакети не вказані. Не розробленим у літературі є питання функціональних можливостей ГІС-пакетів для проведення геологістичних досліджень. У публікаціях [2, 7] наведено ряд інформаційно-навігаційних систем, які можна застосувати для визначення місцезнаходження транспорту, однак вони не дають можливості проводити обробку чи аналіз необхідної інформації.

Теоретичні основи топологічного моделювання територіально-логістичних мереж висвітлені у праці І. Смирнова [9, с. 87 – 107]. Автор пропонує здійснювати моделювання та топологічний аналіз транспортно-логістичних мереж на основі теорії графів. Теоретичні питання топології транспортних мереж (топоморфологічна структура та класифікація, просторові закономірності еволюції) ґрунтовно висвітлені в праці С. Тархова [10, с. 28]. Методи застосування теорії графів для вивчення транспортних мереж описані в працях [6, 11]. У праці [1] вводиться поняття і подається методика визначення кривизни автотранспортного простору як метричної характеристики, що є важливим чинником транспортно-логістичної діяльності регіону.

Мета дослідження полягає у вивченні можливостей моделювання, аналізу та відображення геологістичної ситуації регіону функціональними засобами поширених у суспільно-географічних дослідженнях ГІС-пакетів.

Визначимо головні напрямки можливого застосування ГІС у геологістичних дослідженнях: моделювання територіально-логістичних мереж, відображення суб'єктів логістики, аналіз сучасної геологістичної ситуації, планування геологістичних операцій.

Під геологістичною ситуацією розуміємо сукупність станів, процесів, операцій, потоків, суб'єктів логістичної діяльності та транспортної інфраструктури, які характеризуються територіальною мінливістю своїх ознак.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо можливості чотирьох ГІС-пакетів, які часто застосовують географи для суспільно-географічних досліджень (ArcGIS, MapInfo Professional, ГІС «Карта 2011», Quantum GIS), у кожному з вищезазначених напрямків. ГІС-пакети обрано на основі аналізу публікацій з суспільно-географічної тематики. При вивченні функціональної будови ГІС-пакетів ми виділили вісім функціональних блоків: збирання геоданих; зберігання геоданих, управління геоданими; обробка геоданих; аналіз геоданих; моделювання геоданих; відображення геоінформації; розповсюдження геоінформації. Розглянемо можливості їх застосування у геологістичних дослідженнях.

Інфраструктурною основою логістичних територіальних систем є територіально-логістичні мережі [9, с. 87 – 88], що складаються з логістичних терміналів (регіональних транспортно-складських центрів) і логістичних комунікацій, які поєднують виробника і споживача безпосередньо або через логістичні термінали. Логістичні мережі є основою до формування логістичних каналів і ланцюгів. Відповідно до таксономічних рангів логістичних систем (глобальний, або мета-, мега-, макро-, мезо-, мікро-) і їх функціонально-компонентної структури (постачання, виробництво, збут), виділяють такі види транспортно-логістичних мереж: спеціалізована (включає мережі постачання або збуту, спостерігається на мікрорівні), універсальна (охоплює мережі постачання, виробництва, збуту, спостерігається на мікрорівні), регіональна (включає мережі постачання і збуту в межах регіонів різних рангів всередині країни, спостерігається на мезорівні), національна (охоплює мережі збуту і постачання в межах країни з виходом на міжнародні зв'язки, спостерігається на макрорівні), міжнародна (охоплює світові мережі постачання і збуту з урахуванням міжнародної спеціалізації і кооперування виробництва, спостерігається на глобальному рівні).

Серед наукових моделей, які враховують топологічні і метричні властивості автотранспортних мереж у логістичних дослідженнях, виділяються: модель впливу відстані на територіальні взаємо-зв'язки, гравітаційна модель і модель обмежень руху. Модель впливу відстані на територіальні взаємозв'язки відображає явище гальмівної дії збільшення відстані на господарські контакти: із збільшенням відстані взаємозв'язків їхні обсяги падають. Пояснення полягає у тому, що зростає вартість транспортування товарів. Отже, близькі відстані притягують значно більший обсяг перевезень товарів, ніж далекі [9, с. 72 – 73]. Гравітаційна модель

враховує не лише відстань перевезень, а й такий чинник територіальних зв'язків, як вплив великих міст. Більші міста мають більшу силу тяжіння, ніж менші [9, с. 75]. Модель обмежень руху враховує так звані мережеві обмеження зв'язків, пов'язані з наявністю чи відсутністю безпосереднього з'єднання двох пунктів у мережі шляхів, що склалася на певній території. Потоки не можуть охопити всі пункти мережі, якщо ці пункти не мають прямого транспортного сполучення між собою. Якщо два пункти з'єднує довга та звивиста траса, то взаємозв'язки між ними є малоймовірними [9, с. 77–78].

Моделювання територіально-логістичних мереж. Необхідною умовою для побудови конкретних моделей є збирання геоданих. Необхідну інформацію можна отримати за допомогою модулів, які входять до складу ГІС-пакетів чи дозволяють імпортувати необхідну інформацію, а саме: Dxf2shp, eVis, MapServer Exporter, Oracle Spatial (GeoRaster) (Quantum GIS), Google Earth, kosmosnimki.ru, wms, OpenStreetMap, ЯндексКарти (ГІС «Карта 2011»), GPS, GRASS. Вважаємо, що використання вищезазначених модулів і програм у поєднанні з ГІС-пакетами дозволить будувати значно точніші моделі, оперативніше їх оновлювати і навіть працювати з картами, що оновлюватимуться в режимі реального часу.

Для моделювання територіально-логістичних мереж можна використати теорію графів. Для побудови графа транспортної мережі можна використати функціонал ГІС «Карта 2011». Він створюється по виділених об'єктах дорожньої мережі і містить два головних типи об'єктів споживачі. Суб'єкти транспортної логістики — дуги і вузли. Під час побудови дуг і вузлів у семантичні характеристики записується інформація про зв'язаність мережі та атрибути для вирішення конкретних завдань. Створення, редагування та обробка графу шляхів здійснюється такими функціями: побудова мережі, створення вузла/ребра мережі, зміна напрямку шифрування, зміна типу руху, операції з вузлами, розпаралелювання доріг, створення з'їздів і розворотів, заборона повороту ліворуч/праворуч на Т-подібному перехресті, заборона поворотів; побудова мінімального маршруту, побудова графу віддаленості, визначення мінімального шляху між точками. Також цей ГІС-пакет виконує автоматизоване створення графу доріг — в режимі «Побудова мережі» створюється геометрична мережа дуг і вузлів з одночасною побудовою логічної мережі; мережа будується по виділених на карті лінійних об'єктах.

Суспільна географія надає логістиці геопросторового наповнення. На нашу думку, суспільно-географічна логістика, або геологістика — це міждисциплінарний науковий напрямок, що вивчає геопросторову організацію логістичних процесів. Логістичний процес ми розуміємо як організовану послідовність логістичних операцій. **Логістична операція** — це дія, або сукупність дій, що викли-кають зміни в потоці. Потік — це сукупність рухомих об'єктів, що сприймаються як одне ціле. Логістика є наукою про планування, організацію, управління, контроль і регулювання матеріальних та інформаційних потоків у просторі і в часі від їхнього первинного джерела до кінцевого споживача. Вона поділяється на такі головні види: закупівельна логістика, виробнича логістика, розподільча логістика, транспортна логістика, логістика запасів.

Планування логістичних операцій здійснюється виходячи з пріоритетної ролі економічного критерію, який у конкретних умовах може означати мінімізацію вартості перевезень, мінімізацію відстані, або мінімізацію часу перевезень. В основі цих трьох критеріїв лежать метричні і топологічні властивості автотранспортної мережі (автотранспортного простору), які дають змогу передбачити можливий економічний ефект здійснення транспортно-логістичної діяльності в регіоні.

Для операцій розподільчої логістики важливим є визначення оптимальної кількості розподільчих центрів та визначення оптимального розміщення їх розташування. Необхідні операції для їх визначення можна здійснити за допомогою ГІС MapInfo Professional, а саме, web-служби Drivetime. У цій web-службі використовують сучасні дані про мережу доріг, швидкі алгоритми визначення меж зон доступності за часом чи відстанню до заданого пункту. Ці зони створюються на основі транспортних мереж. Зони транспортної доступності розраховують залежно від указаних значень відстані чи часу і з урахуванням обмежень у швидкості на окремих ділянках. Після визначення зони транспортної доступності можна відобразити дані, які входять у цю зону, використовуючи SQL-запити.

Дану функцію можна застосовувати і для аналізу даних про суб'єкти логістики. Суб'єкти розподільчої логістики — це виробники, посередники (торгові — дилер, дистриб'ютор, комісіонер, брокер, агент; в операціях фізичного розподілу — різні спеціалізовані транспортні, експедиторські, транспортно-експедиторські фірми, компанії фізичного розподілу, вантажні термінали і термінальні комплекси, вантажні розподільчі центри, підприємства із сортування, затарювання та пакування готової продукції, вантажопереробні та інші підприємства), споживачі. Суб'єкти транспортної логістики — це перевізники, експедитори, компанії фізичного розподілу, транспортно-логістичні фірми, що здійснюють транспортне та експедиційне обслуговування, споживачі. Якщо існує необхідність вибору оптимального розміщення вантажних терміналів, експедиторських компаній, дистриб'юторів тощо, то для цього доцільно створити декілька шарів точкових об'єктів, кожен з яких міститиме окремий тип суб'єктів логістики, наприклад, виробники, перевізники, посередники, споживачі. У кожному шарі зазначаються усі можливі суб'єкти, а потім проводяться необхідні операції з урахуванням усіх необхідних суб'єктів.

Для планування логістичних операцій необхідною операцією є визначення мінімальної відстані та/або часу перевезень. Для цього можна скористатися ГІС «Карта 2011». Розподільча логістика — це логістика розподілу продукції за споживачами. При розподілі не створюються нові матеріальні цінності [3, с. 224], а здійснюються конкретні та комплексні форми діяльності, які називаються послугами. Операція розподільчої логістики — це вибір схеми розподілу матеріального потоку, визначення оптимальної кількості розподільчих центрів (складів) на території, яка обслуговується, визначення оптимального місця розташування розподільчого центру (складу) на території, яка обслуговується. Транспортна логістика — це логістика організації перевезень. Її метою [8, с. 83] є просування матеріальних потоків до отримувача відповідно до графіка у встановлений час із мінімальними витратами. Операція транспортної логістики — це перевезення вантажів, навантажувально-розвантажувальні роботи, зберігання вантажів, підготовка транспортних засобів, надання транспортних засобів на умовах оренди, прокату, транспортно-експедиційні та додаткові операції, що здійснюються при перевезенні вантажів, обслуговуванні підприємств, організацій, населення, перегін нових і відремонтованих транспортних засобів. У режимі «Побудова мінімального маршруту» існує можливість побудови маршруту як за відстанню, так і за часом (якщо дуга містить семантику «Швидкість»). Побудова маршруту здійснюється за допомогою зазначення початкової та кінцевої точок маршруту та параметру побудови (довжина або час).

Для аналізу сучасної геологістичної ситуації регіону можна скористатися показником кривизни автотранспортного простору. Під кривизною автотранспортного простору розуміємо географічний ефект, який полягає в тому, що відстань між двома пунктами, визначена вздовж автотранспортних шляхів, перевищує відстань між ними, визначену вздовж геодезичної лінії. Для картографічного вивчення кривизни простору накриваємо територію досліджуваного регіону спеціальною тріангуляційною сіткою, вузлами якої є поселення, автотранспортні вузли або перетини доріг [1].

Для відображення кривизни автотранспортного простору можна використати картографічні можливості ГІС, зокрема створення ізолінійних картосхем і картограм. Цікавою є функція ArcGIS «Відстань із зваженим значенням». Вона може відобразити у кожній комірці мінімальне сумарне значення вартості переміщення до найближчої комірки. Значенням може бути час, вартість чи задані значення переваги. Функції, які створюють такі карти, аналогічні функціям визначення відстані по прямій, але замість обчислення прямої відстані від однієї точки до іншої вони обчислюють сумарне значення проходження через кожну комірку до точки призначення, на основі довжини шляху і особливостей проходження. Моделювання відстані із зваженим значенням корисне у всіх випадках, коли необхідно враховувати географічні фактори. Для цього необхідні вхідні дані: растрова карта шляхів та задані величини (що визначають особливості проходження через кожну точку). При визначенні загальної величини слід враховувати сукупність факторів, наприклад, рельєф місцевості та наявність природних бар'єрів. Оскільки ці набори даних задані в різних системах виміру, для їх спільного використання необхідно здійснити їх перекласифікацію за загальною шкалою. Таким чином, використовуючи растрові карти транспортної мережі та загальної вартості перевезень (яка враховує сукупність кількох чинників), функція відстані із зваженим значенням створює вихідний растр, в якому кожній комірці присвоюється значення сумарної вартості переміщення до пункту призначення.

Крім того, для аналізу геологістичної ситуації можна також застосувати операції обчислення відстаней, розподілу, зональної статистики, вибірки, обчислення суми відстаней в полігонах, кількості точок в полігонах, визначення перетину ліній, функції суміщення шарів (серед яких об'єднання, симетрична різниця, відсічення, різниця та об'єднання за ознакою), аналізу близькості, визначення перетинів, аналізатора треків, аналізу геометричних мереж, мережевого, геостатистичного аналізу, створення матриці відправних і кінцевих пунктів опису маршруту, класифікації, перекласифікації, інтерполяції тощо. Всі зазначені операції можна виконати у ArcGIS, інші з досліджуваних ГІС-пакетів містять лише окремі функції. Крім того, для аналізу геологістичної ситуації можна застосувати модуль ArcGIS ArcLogistics, який призначений для планування і оптимізації роботи транспортних засобів: імпорту замовлень, розрахунку оптимального маршруту, створення маршрутних листів, створення звітів, аналізу ефективності роботи. В його основі лежить новий алгоритм мережевого аналізу Vehicle Routing Problem, який міститься також у модулі ArcGIS Network Analyst; здатний працювати з будь-якими форматами дорожніх графів.

Відображення і розповсюдження результатів про-веденого дослідження. Результати дослідження можна представити у електронному вигляді, на твердому носії, а також за допомогою веб-служб та на різноманітних геопорталах (WMS, WFS, Envinsa, MapMaker, GIS WebServer, OSM, ArcGIS Street Map, ArcWeb).

Висновки. Проведений аналіз показує, що в сучасних геологістичних дослідженнях застосовуються переважно інформаційно-навігаційні дослідження, які лише надають інформацію про місцезнаходження транспорту і не дозволяють накопичувати, обробляти та аналізувати геодані. Однак всі ці етапи дослідження можна здійснити за допомогою сучасних ГІС-пакетів. Для найповнішого аналізу наявних геоданих варто використовувати декілька ГІС-пакетів

одночасно, оскільки в кожного з них найкраще розроблені функціональні можливості лише одного або кількох функціональних блоків.

Рецензент: кандидат географічних наук, доцент кафедри економічної і соціальної географії Львівського національного університету імені Івана Франка В.С. Грицевич

Література:

1. Грицевич В. С., Сеньчук Х. В. Кривизна автотранспортного простору Карпатського регіону України / В. С. Грицевич, Х. В. Сеньчук // Часопис соціально-економічної географії. — Вип. 10 (1). — Харків, 2011. — С. 122-127.

2. Гулієва Р. Е., Гончар М. Ф. Геоінформаційні системи в логістиці / Р. Е. Гулієва, М. Ф.Гончар // Вісник Національного Університету «Львівська Політехніка». Серія «Логістика». — 2010. — № 690. — С. 230-234.

3. Гурч Л. М. Логістика: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К. : ДП «Видавничий дім «Персонал», 2008. — 560 с.

4. Мокін В., Сторчак В. та ін. Підходи до побудови геоінформаційної імітаційної моделі транспортної мережі міста / Мокін В., Сторчак В., Гавенко О., Медведєв І. // Науковий вісник Національного гірничого університету. — Дніпропетровськ, 2011. — № 2.— С. 45-50

5. Пашковська Л. Застосування ГІС-технологій у дослідженні впливу транспортно-комунікаційних осей на соціально-економічний розвиток регіонів України / Л. Пашковська // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского, серия «География». — Симферополь, 2008. — № 1. — С. 114-119.

6. Польові географічні дослідження / К. І. Геренчук, Е. М. Раковська, О. Г. Топчієв. — К. : Видавниче об'єднання «Вища школа», 1975. — 248 с.

7. Смирнов І. Г. Геоінформаційні системи в логістиці // Материалы III Международной научно-практической конференции «Новости научной мысли-2007». Экономические науки // http://www.rusnauka.com/19_NNM_2007/Economics/23226.doc.htm.

8. Смирнов І. Г., Косарева Т. В. Транспортна логістика: навч. посібник. — К.: Центр учбової літератури, 2008. — 224 с.

9. Смирнов І. Г. Логістика: просторово-територіальний вимір. — К.: ВГЛ Обрії, 2004. — 335 с.

10. Тархов С. А. Эволюционная морфология транспортных сетей. — Москва: Институт географии АН СССР, 1989. — 221 с.

11. Топчієв О. Г. Суспільно-географічні дослідження: методологія, методи, методики. — Одеса: Астропринт, 2005. — 632 с.

УДК 910:004.65:528.94(477)

Л. Ю. Сорокіна, Р. Ф. Зарудна, О. Г. Голубцов
Інститут географії Національної академії наук України

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ ЛАНДШАФТІВ УКРАЇНИ

Викладено досвід середньомасштабного геоінформаційного картографування ландшафтів України. Представлено концепцію і структуру створюваної ГІС «Ландшафти України», методичні прийоми, що використовуються при її формуванні. Приділено увагу змісту інформації, що складає геопросторову базу даних про природні ландшафти України та їх сучасні антропогенні зміни. Наведено приклад представлення засобами ГІС інформації про природні ландшафтні комплекси рангу місцевість, які є основним об'єктом середньомасштабного геоінформаційного картографування.

Ключові слова: ландшафтні комплекси, методи геоінформаційного картографування, структура ГІС «Ландшафти України».

Л. Ю. Сорокина, Р. Ф. Зарудная, А. Г. Голубцов

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТОВ УКРАИНЫ

Изложен опыт среднемасштабного геоинформацинного картографирования ландшафтов Украины. Представлены концепция и структура создаваемой ГИС «Ландшафты Украины», методические приемы, используемые при ее формировании. Уделено внимание содержанию информации, составляющей геопространственную базу данных о природных ландшафтах Украины и их современных антропогенных изменениях. Приведен пример представления средствами ГИС информации о природных ландшафтных комплексах ранга местность, которые являются основным объектом среднемасштабного геоинформационного картографирования.

Ключевые слова: ландшафтные комплексы, методы геоинформационного картографирования, структура ГИС «Ландшафты Украины».

L. Y. Sorokina, R. F. Zarudna, O. G. Golubtsov

GEOINFORMATION MAPPING OF UKRAINE'S LANDSCAPES

The experience of the middle-scale geoinformation mapping of landscapes of Ukraine is considered. The conception, structure, and methodology of creation of geoinformation system "Landscapes of Ukraine" is presented. The attention is paid to information content included to the geospatial database of the natural landscapes of Ukraine and their modern anthropogenic changes. The example of presentation of information on natural landscape complexes of terrain level with GIS facilities, which are the basic objects of the middle-scale geoinformation mapping, is given.

Keywords: landscape complexes, methods of geoinformation mapping, structure of GIS "Landscapes of Ukraine".

Вступ. Створенню середньомасштабної ландшафтної карти України як відкритої геоінформаційної системи присвячено науково-дослідну роботу, що виконується у відділі ландшафтознавства Інституту географії НАН України. Така карта дає можливість цільового використання різноманітної інформації про ландшафтні комплекси та їх окремі компоненти у наукових дослідженнях і у практиці природокористування. Актуальність представлення новітньої інформації про ландшафти та їхній сучасний стан у вигляді ГІС пов'язана зі збільшенням попиту на такі дані на державному, регіональному, місцевому рівнях. Можливість геопросторового аналізу і прогнозу змін ландшафтів, основою для яких є ГІС «Ландшафти України», стає особливо необхідною в умовах значного господарського навантаження на ландшафти. Підписання і ратифікація Україною міжнародних документів, спрямованих на охорону та збереження навколишнього природного середовища саме як сукупності цілісних ландшафтних утворень (Всеєвропейська стратегія збереження біологічного і ландшафтного різноманіття, Європейська ландшафтна конвенція та інші) також робить актуальним створення ГІС «Ландшафти України».

Вихідні передумови дослідження. Порівняно з більшістю природничих наук, ландшафтознавство як самостійний напрям географічних досліджень сформувалося не так давно. Разом з тим, досвід застосування ГІС у ландшафтному картографуванні має багаторічну історію. Систематичні дослідження ландшафтів, що передбачали укладання середньота великомасштабних ландшафтних карт, почали проводитися лише з середини минулого сторіччя (Н.А.Солнцев, 1950; К.І.Геренчук, 1956 таін.). Унаступні роки теоретично-методичні питання щодо принципів класифікації та картографування ландшафтів розглядалися в роботах А. Г. Ісаченка, В. О. Ніколаєва, В. К. Жучкової, І. І. Мамай, В. С. Преображенського, інших дослідників. Серед українських географів варто відзначити П. Г. Шищенка, Г. П. Міллера, С. І. Кукурудзи, А. В. Мельника, Г. І. Швебса, В. С. Давидчука, М. Д. Гродзинського, К. А. Позаченюк, роботи яких присвячені теоретичним і методичним проблемам середньомасштабних ландшафтних досліджень, у тому числі з застосуванням засобів ГІС. Вагомим є внесок О. М. Маринича, під керівництвом якого створено ландшафтні карти на територію всієї країни, зокрема, для Національного атласу України.

Перший в Україні досвід геоінформаційного ландшафтного картографування (В. С. Давидчук, В. Г. Линник, М. Д. Чепурний, В. С. Чабанюк та ін.) пов'язаний з розробкою ГІС на ландшафтній основі, призначеної для вирішення завдань мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи, реабілітації радіоактивно забруднених територій [6, 7]. У роботах з її створення брали участь й перші два автори цієї статті [15]. Методи геоінформаційного ландшафтного картографування знайшли подальшого розвитку при дослідженні зон впливу інших українських АЕС [14, 20]; отримані результати були представлені на ГІС-форумі в Києві у 2000 році [9]. У сучасних роботах ландшафтознавців формулюються методологічні основи розробки ландшафтних інформаційних систем [4, 8, 13, 16, 17 та ін.], розглядаються можливості автоматизації процесу укладання ландшафтних карт [2, 12, 19], дешифрування космічних знімків для ландшафтної інтерпретації території [1, 10], створення геопросторових баз даних [11, 18 та ін.], багатомасштабного геоінформаційного картографування ландшафтів та їх антропогенних модифікацій, створення ландшафтно-радіоекологічної ГІС [4, 8, 17], інші методичні питання.

У Німеччині різномасштабна ландшафтна карта використана для створення інтерактивної геоінформаційної системи для інформування суспільства про основні небезпеки та необхідність захисту територій. Кожен ландшафтний виділ у цій геоінформаційній системі, поряд із даними про природничо-географічну характеристику, містить оцінку потенційно можливих негативних впливів та вимоги щодо захисту ландшафту [22]. Фактично на основі ландшафтознавчого підходу реалізується проект створення бази даних (кадастру) про природні ресурси Австралії — Australian Soil Resource Information System [23]. Суть роботи полягає в узагальненні природних умов території та виділення одиниць — Land-Unit, що містять комплекс показників: форми рельєфу, водний баланс, характеристика локального клімату, ґрунтоутворюючі породи, типи ґрунтів та їх властивості. Деталізація параметрів залежить від розмірності виділу. ГІС включає, крім картографічних матеріалів, текстові описи та фотографії; це відкрита система і доступна в Internet**.** При картографуванні рослинності Північної Аляски використано подібний методичний підхід — Integrated terrain unit mapping (ITUM) [24].

Геоінформаційне середньомасштабне картографування ландшафтів території всієї України (базовий масштаб 1:500 000) виконується вперше. Цікавим

є факт, що таке завдання одночасно поставили перед собою два наукових колективи — Інституту географії НАНУ та Київського Національного університету імені Тараса Шевченка. Оскільки дослідники обрали різні концептуальні та методологічні підходи до створення середньомасштабної ландшафтної карти території країни (частково представлені наприклад, у статтях [21] та [5]), роботи виконуються незалежно одна від одної, їх результатом стануть два самостійних, взаємодоповнюючих, багато у чому альтернативних варіанти представлення даних про ландшафтну структуру України.

Метою статті є представлення ГІС «Ландшафти України» та обговорення методичних прийомів, що використовуються при її формуванні.

Виклад основного матеріалу. При створенні тематичної ГІС виникає ряд нових науково-методичних питань. Перша група завдань стосується формування концепції та розроблення структури геоінформаційної системи:

• визначення методологічних засад створення ГІС ландшафтознавчого змісту;

• зміст тематичного наповнення геопросторової бази даних про ландшафти;

• визначення сукупності тематичних шарів, які відображають дані про ландшафти; їхнього формату (растровий або векторний), типу об'єктів для представлення векторної інформації (точки, лінії, полігони);

• вибір рангу ландшафтних комплексів, які є об'єктом середньомасштабного геоінформаційного картографування;

• розробка єдиної класифікації природних та антропогенно змінених ландшафтних комплексів як основи для структуризації інформації про них.

Друга група завдань стосується вирішення технічних питань, пов'язаних із застосуванням методів геоінфомаційного картографування ландшафтів України:

• вибір програмних продуктів;

• підготовка вихідної тематичної інформації;

• вибір топографічної основи;

• підбір інструментів геопросторового аналізу для здійснення геоінфомаційного картографування.

Дослідження та картографування ландшафтної структури території ґрунтується на розумінні ландшафту (ландшафтного комплексу) як «природних чи антропогенних територіальних або акваторіальних комплексів, що являють собою генетично однорідні ділянки географічної оболонки з єдиним геологічним фундаментом, однотипним рельєфом, гідрокліматичним режимом, поєднанням ґрунтів і біоценозів та характерною морфологічною структурою» (П. Г. Шищенко, 1990). Представлення в ГІС інформації про природні та антропогенно змінені ландшафти і їх складові передбачає збір, систематизацію, аналіз значного обсягу різноманітної інформації та синтез на цій основі комплексних характеристик об'єктів дослідження. Методологічною основою геоінформаційного картографування слугують теоретичні засади цього виду науково-практичної діяльності, що сформульовані у роботі Л. Г. Руденка з співавторами [3]. Для створення ГІС «Ландшафти України» використовуються найбільш ефективні і доцільні для впровадження у даній роботі власні методики, а також ідеї і напрацювання, що належать українським і зарубіжним дослідникам у галузі геоінформаційного картографування ландшафтів.

Загальна структура ГІС «Ландшафти України». Середньомасштабна ландшафтна карта України створюється як відкрита геоінформаційна система, яка включає такі блоки:

1) Векторні файли карти природних ландшафтних комплексів, до кожного виділу (полігону) якої в таблиці атрибутів вміщено інформацію про їх комплексні та покомпонентні характеристики (рельєф, відклади, ґрунтовий та рослинний покрив, гідрокліматичні умови тощо). Об'єкти картографування — ландшафтні комплекси рангу *місцевість* та *складне урочище* (відповідно до запропонованої нами класифікації — *підвид* і *відміна* ландшафтних комплексів [21]).

2) Векторні файли карти структури сучасного природокористування на основі матеріалів ДЗЗ.

3) Векторні файли карти сучасного використання природних ландшафтних комплексів. Карта створюється шляхом оверлей-аналізу ландшафтної карти (природних ландшафтних комплексів) та карти структури землекористування.

4) Текстову і табличну легенди ландшафтної карти.

5) Пояснювальну записку до карти.

6) Додаткові векторні файли карт: акваторіальних ландшафтних комплексів (інформація про річкові системи, річкові басейни, характер живлення, водозабезпеченість річок та озер тощо), підземно-територіальних ландшафтних комплексів (інформація про печерні комплекси, що має бути опрацьована за даними районування карстових областей України, з використанням кадастру печер України та їх класифікації, опрацьованої як складової класифікації ландшафтних комплексів України), а також елементів топографічної основи (назви населених пунктів, річок, основних транспортних шляхів, адміністративних кордонів тощо).

7) Додаткові растрові файли — цифрова модель рельєфу.

Програмні засоби. Для укладання цифрових ландшафтних карт різного масштабу і детальності, формування геоінформаційних систем та візуалізації даних можуть використовуватись як платні (ArcGIS, MapInfo та ін.), так і безкоштовні (SAGA, QGIS) програмні продукти. Проте, очевидно, доцільніше у роботі застосовувати певну одну ГІС-програму. Згідно з Постановами КМУ № 1198 та № 2303, базовою платформою для цифрового картографування призначена ArcView; відповідно до вказаних Постанов та світового досвіду геоінформаційного картографування, ArcView прийнята за основу і у Міністерстві екології та природних ресурсів України. Виходячи із зорієн-

тованості наших розробок на прикладне використання ГІС «Ландшафти України», основним програмним продуктом для геоінформаційного картографування ландшафтів є ArcGIS, також використовується MapInfo. При аналізі та картографуванні антропогенних змін ландшафтів (сучасної структури землекористування) доцільно використовувати програму обробки космознімків ERDAS IMAGINE.

Топографічна основа, масштаби картографування, система координат. Основою укладання карти є топографічні карти масштабу 1 : 200 000. Використовуються наявні растрові (відсканові та прив'язані паперові) карти, а також векторизовані (пошарові) топокарти масштабу 1 : 200 000 адміністративних областей України. Перевага перших — у більшій інформативності цілісного зображення місцевості, перевага других — у можливості використання для побудови цифрових моделей рельєфу.

Укладання ландшафтної карти здійснюється у системі координат Гауса-Крюгера (Пулково 1942); вона є такою, що відповідає прийнятій в Україні державній системі географічних координат (http://dgm.gki.com.ua/).

Відповідно до вимог візуального сприйняття об'єктів на карті, площа мінімального контуру (на паперовій карті) — 4 мм^2. У масштабі картографування (1 : 500 000) — це об'єкти площею близько 1 км^2. Отже, ландшафтні комплекси (рангу місцевість, складне урочище) площею 1 км^2 прийнято як мінімальні за розміром об'єкти картографування.

До проблеми автоматизації укладання ландшафтної карти. Наш попередній досвід середньота великомасштабного геоінформаційного картографування ландшафтних комплексів показав нераціональність автоматизування цього процесу шляхом «механічного» накладання, синтезування галузевих карт (карт компонентів ландшафтів), це питання обговорюється у багатьох роботах [12, 17 та ін.]. Разом з тим, сучасні методи геоінформаційного картографування, а також наявність придатних для використання цифрових топографічних карт і знімків матеріалів ДЗЗ дають можливість оптимізувати значну частину трудомістких операцій у ландшафтному картографуванні. Доцільним є поєднання певних операцій автоматизації укладання ландшафтної карти з подальшим мануальним коригуванням та доопрацюванням її контурів на основі експертної оцінки ландшафтної структури території, аналізу інформації про ландшафти та їх компоненти.

Можливості автоматизованого картографування елементів ландшафтної структури території стосуються, у першу чергу, створення полігонів ерозійної мережі з використанням цифрової моделі рельєфу (ЦМР).

Крім того, на основі цифрової моделі рельєфу з використання інструментів просторового аналізу можливо отримувати додаткові характеристики ландшафтів — кути нахилу поверхні, експозицію та форму схилів, виконувати розрахунки індексів розчленованості поверхні, топографічного індексу зволоженості та інших показників.

Вихідні матеріали, що використовуються при укладанні карти та формуванні бази даних — це традиційний перелік зібраних, опрацьованих, проаналізованих матеріалів про ландшафти території та їх компоненти. Важливим є використання наявних тематичних карт, створених для всієї території України (карти фізико-географічного, агрокліматичного та геоморфологічного районувань, антропогенових відкладів, ґрунтів, рослинного покриву та інші). Це дає можливість представляти інформацію про компоненти ландшафтів в єдиній системі показників, характеристик тощо. Ці відомості доповнюються більш детальними галузевими матеріалами (картографічними, текстовими, описами свердловин та ін.), наявними на територію досліджуваних регіонів.

Важливе джерело інформації — наявні ландшафтні карти (паперові або комп'ютерні, на територію всієї України або її окремих регіонів), які укладені фахівцями-ландшафтознавцями з багатьох наукових центрів України. Такі карти потребують адаптації змісту та контурної частини до масштабного рівня, технічних вимог та змістовного наповнення створюваної ландшафтної карти України.

Інформація про ландшафтні комплекси та їх компоненти, що подається до кожного виділу в записах атрибутивних полів карти, містить характеристики рельєфу (форми поверхні, висотні рівні, характеристика схилів та розчленування), поверхневих відкладів та підстилаючих 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 ін. Значний обсяг тематичної інформації про ландшафти призначений для забезпечення можливості використання ГІС «Ландшафти України» для вирішення різноманітних науково-прикладних завдань. Уніфікація цієї різноманітної інформації забезпечується розробкою та використанням відповідних класифікаторів.

На рис. 1 представлено приклад змісту основного блоку ГІС «Ландшафти України», а саме — фрагмент векторної карти природних ландшафтних комплексів у межах Новгород-Сіверського Полісся. Він ілюструє ландшафтну структуру цієї території, а також зміст інформаційного наповнення атрибутивних полів карти. Цей фрагмент охоплює частину право- і лівобережжя долини Десни південніше міста Новгород-Сіверський і відображає основні риси ландшафтної структури цієї частини Полісся. Індивідуальність природних умов тісно пов'язана з особливостями геоструктурного положення території, геолого-геоморфологічною будовою та розвитком специфічних фізико-географічних процесів. Значні перепади висот, наявність легких порід, розмита поверхня підстилаючих відкладів сприяли значній вертикальній та горизонтальній розчленованості сучасної поверхні ярами та балками.

Аналіз ландшафтної структури цієї території дав можливість виділити ряд природних комплексів рангу місцевостей, які й представлені на створюваній середньомасштабній ландшафтній карті. Ландшафтна місцевість, інформацію про яку подано на наведеному рисунку у вигляді таблиці атрибутів, характеризує найбільш розчленоване правобережжя р. Десни (так зване Придеснянське лесове плато). У межах цієї місцевості вододільної слабо хвилястої рівнини домінують темно-сірі легкосуглинкові ґрунти, які переважно розорані. Тут широко розвинуті складні урочища сильно розгалужених стародавніх балок з еродованими сірими ґрунтами на схилах під суборами і сугрудками.

Так звані «лесові острови» оточують слабохвилясті моренно-зандрові обезлісені місцевості з супіщаними дерново-середньопідзолистими ґрунтами, розорані, в минулому під сугрудками і грудами. Серед лівобережних місцевостей поширені ландшафтні комплекси терас різного віку. В долині Десни виділяють заплаву і три надзаплавні тераси.

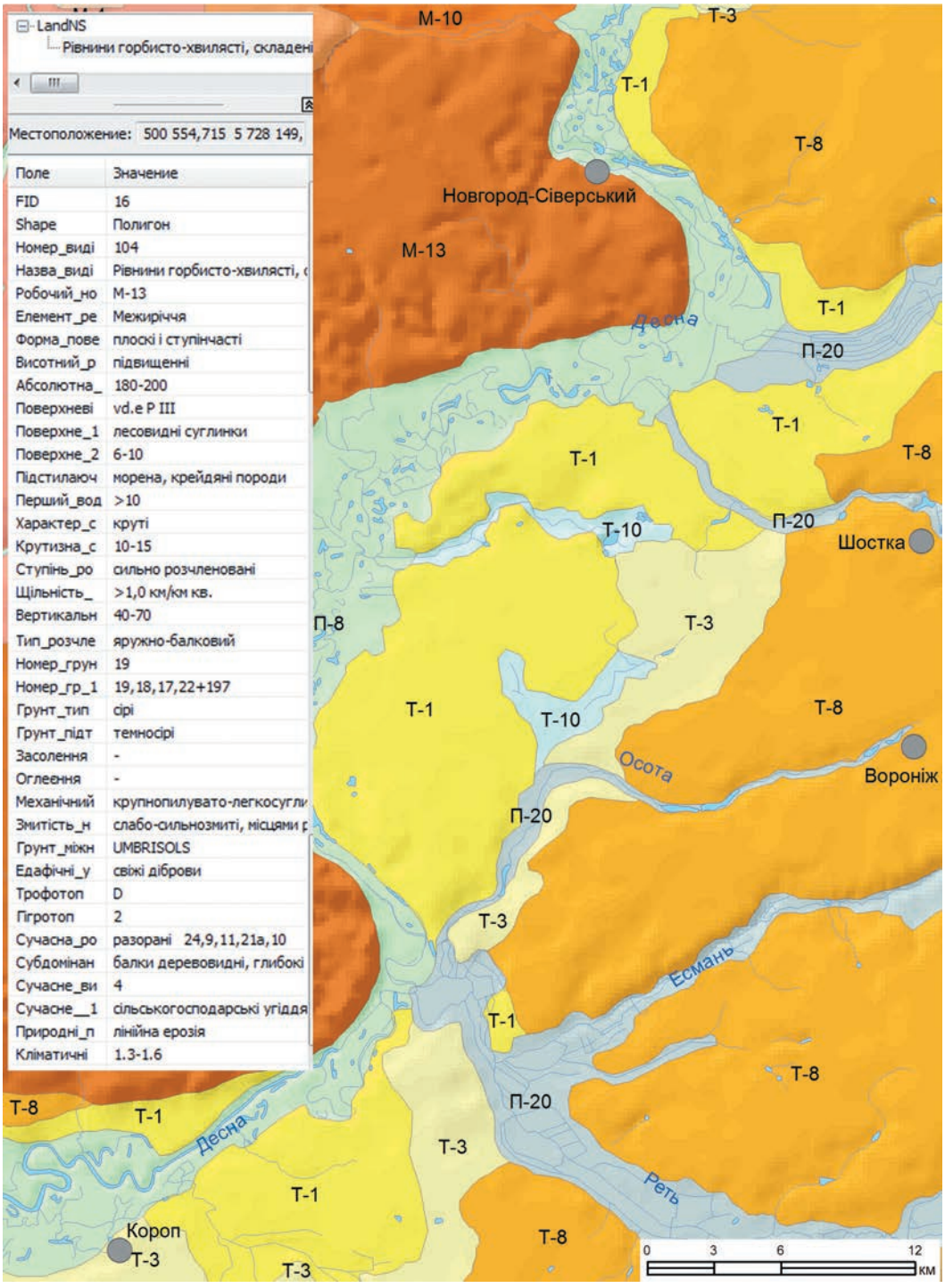


Рис. 1. Ландшафтні комплекси Новгород-Сіверського Полісся (фрагмент): приклад інформаційного наповнення атрибутивних полів карти основного блоку ГІС «Ландшафти України»

Висновки. Геоінформаційна система «Ландшафти України», що створюється, призначена для широкого кола користувачів — географів, фахівців у інших галузях природничих наук, практиків-природокористувачів, управлінців, студентів. Саме для зручного оперування інформацією про ландшафти ми вважаємо за потрібне забезпечити користувачів не лише комплексною, але й детальною покомпонентною їх характеристикою. Разом з тим, очевидно, що у першу чергу створювана ГІС необхідна для більш вузького кола ландшафтознавців, геоекологів, фахівців у галузі природоохоронної діяльності, які зможуть використати її у своїх дослідженнях як потужну геопросторову базу даних.

Багато ландшафтознавців України шляхом консультацій, надання та розробки авторських ландшафтних карт окремих регіонів беруть участь у створенні ГІС «Ландшафти України». Для інтерактивного спілкування з питань ландшафтного картографування створено сайт «Ландшафти України» (https://sites.google.com/site/landscapeukraine/home). Колектив ландшафтознавців Інституту географії співпрацює з колегами з Львівського, Чернівецького, Таврійського, Одеського, Харківського національних університетів, Київського національного педагогічного університету та деяких інших наукових установ, оскільки досвід, який здобутий вітчизняними ученими, є неоціненним при створенні сучасної середньомасштабної ландшафтної карти України.

Рецензент: кандидат географічних наук, старший науковий співробітник В. С. Давидчук

Література:

1. Федоровский А. Д. Автоматизация процесса дешифрирования ландшафтных комплексов по материалам космической съемки для задач моделирования экологических процессов [Электронный ресурс] / А. Д. Федоровский, С. А. Рябоконенко, А. Д. Рябоконенко, Я. В. Пархисенко // Український Центр Менеджменту Землі та Ресурсів. — Режим доступа: http://www.ulrmc.org.ua/publication/it/

2. Безверхнюк Т. Н. Методика построения ландшафтных карт с использованием ГИС-технологии [Электронный ресурс] / Т. Н. Безверхнюк // Ученые записки ТНУ. Выпуск N 12 (51) №1 — 1999. — Режим доступа: http://www3.crimea.edu/tnu/magazine/scientist/edition12/tom1/

3. Руденко Л. Г. Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи та напрями розвитку / Л. Г. Руденко, Т. І. Козаченко, Д. О. Ляшенко та ін. — К.: Наукова думка, 2011. — 104 с.

4. Давидчук В. С. Геоінформаційні технології у ландшафтному картографуванні / В. С. Давидчук, Л. Ю. Сорокіна, В. В. Родіна, Р. Ф. Зарудна // Фізична географія та геоморфологія. — Вип. 47. — К., 2005. — С. 24-30.

5. Гродзинський М. Відображення ґрунтів у ландшафтних картах / М. Гродзинський // Вісн. Львів. ун-ту. Серія Географічна. — 2011. — Вип. 39. — С. 113-121.

6. Давыдчук В.С. Геоинформационная система регионального уровня — инструмент для принятия решений в управлении природными процессами / В. С. Давыдчук, В. Г. Линник, Н. Д. Чепурной // Вопросы организации региональной географической информации: III региональная школа-семинар: тезисы докл. — Владивосток, 1987. — С. 17-18.

7. Давыдчук В. С. Обоснование реперной сети радиоэкологического мониторинга 60-км зоны ЧАЭС / В. С. Давыдчук, В. Г. Линник // I научно-технич. семинар по основным результатам ликвидации последствий аварии на ЧАЭС: тезисы докл. — Чернобыль, 1988. — С.75.

8. Давидчук В. С. Методи ландшафтного картографування з використанням ГІС та інших комп'ютерних технологій / В. С.Давидчук, Л. Ю Сорокіна, В. В. Родіна // Вісн. Львів. ун-ту. Серія Географічна. — 2004. — Вип. 31. — С. 263-270.

9. Шищенко П. Г. Использование ГИС для анализа природных условий зон влияния техногенных объектов (на примере Хмельницкой АЭС / П. Г. Шищенко, Л. Л. Малышева, Л. Ю. Сорокина [и др.] // Матеріали ГІС-форуму. — К. — 2000. — С.52- 56.

10. Истомина Е. А. ГИС-технологии при создании крупномасштабных ландшафтных карт / Е. А. Истомина // География: новые методы и перспективы развития. Материалы XV конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 16-19 апреля 2003 г.) — Изд-во ИГ СО РАН, 2003.— С. 180-181.

11. Круглов І. Геоекологічна інформаційна система Українського Мармарошу: модельна ділянка «Квасний» / І. Круглов, Т. Божук // Вісн. Львів. ун-ту. Серія Географічна. — 2004. — Вип. 30. — С.159-166.

12. Круглов І. С. Методика напівавтоматизованого створення геопросторового шару педоморфологічних одиниць Басейну Верхнього Дністра / І. С. Круглов // Вісн. Львів. ун-ту. Серія Географічна. — 2004. — Вип. 31. — С. 312-320.

13. Голубцов О. Г. Ландшафтна ГІС як результат ландшафтознавчого прикладного дослідження адміністративного району: методичні аспекти / О. Г. Голубцов, В. В. Путренко, В. М. Чехній, Фаріон Ю. М. // Географія і туризм: Наук. зб. / Ред. кол.: Я. Б.Олійник (відп. ред.) та ін. — К.: Альтерпрес, 2010. — Вип. 10. — С. 141-153.

14. Малишева Л. Л. Ландшафтно-екологічні дослідження у 30-кілометровій зоні Рівненської АЕС: основні результати, досвід використання ГІС / Л. Л. Малишева, Л. Ю. Сорокіна, С. В. Гайдай [та ін.] // Український географічний журнал. — 2003. — №1. — С. 21-32.

15. Давыдчук В. С. Ландшафты Чернобыльской зоны и их оценка по условиям миграции радионуклидов / Давыдчук В.С., Зарудная Р.Ф., Михели С.В. и др. — Киев: Наукова думка, 1994. — 112 с.

16. Лычак А. И. Методологические основы разработки ландшафтной информационной системы / А. И. Лычак, В. А. Боков, Т. В. Бобра // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И.Вернадского. Серия География. — Том 21 (60). — 2008. — № 1.— С. 73-80.

17. Давидчук В. С. Методика картографування ландшафтів та їх антропогенних змін для радіоекологічної ГІС Чорнобильської зони відчуження // В. С. Давидчук, Л. Ю.Сорокіна, Р. Ф. Зарудна [та ін.] // Український географічний журнал. — 2011. — №4. — С. 3-12.

18. Мкртчян О. Зміст та форма представлення даних про природні умови в земельних інформаційних системах / О. Мкртчян // Геодезія, картографія і аерофотознімання. —2003 — №63 — С. 255-259.

19. Мкртчян О. С. Принципи автоматизованого ландшафтно-екологічного картування / О. С.Мкртчян // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия География. Том 21 (60), 2008г. № 2. — С. 238-247

20. Малишева Л. Л. Свідоцтво про державну реєстрацію прав автора на твір ПА № 2643. Ландшафтна полімасштабна карта 30-ти кілометрової зони впливу Хмельницької АЕС в електронній формі / Л. Л. Малишева, Л. Ю. Сорокіна, А. Л. Шмурак, А. П. Грачов / Дата реєстрації 17.01.2000 р.

21. Сорокіна Л. Ю. Принципи побудови єдиної класифікації природних і антропогенно змінених ландшафтних комплексів України / Л. Ю. Сорокіна // Вісник Львівського університету. Серія Географічна. — 2013. — Вип. 42.

22. Interaktiver Kartendienst (Web-Mapping) zu den Landschaften in Deutschland. — Zugriffsmodus: http://www.bfn.de/geoinfo/landschaften/.

23. Australian Soil Resource Information System. — Access mode: http://www.asris.csiro.au/methods.html

24. Walker D. A. The CAVM integrated terrain unit mapping approach as developed for northern Alaska [Electronic resource] / D. A. Walker // Presented at the 2nd International CBVM Workshop, Helsinki, Finland, 12-14 May 2010. — Access mode: http://caff.arcticportal.org/images/stories/WalkerCBVM_HelsinkTalk_100314.1.pdf

УДК 528.44

С. М. Ткачук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ГІС ЯК СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

Дана стаття покликана розкрити потенціал використання ГІС-технологій в електроенергетиці. ГІС розглянуті як потужний інструмент оптимізації та підвищення ефективності функціонування енергетичного підприємства на всіх етапах його життєвого циклу — планування, проектування, будівництво та експлуатація. Проаналізована новітня світова тенденція в розвитку енергетики — Smart Grid та підкреслена роль геоінформаційних систем та технологій в її реалізації. Виявлена і обґрунтована необхідність впровадження геоінформаційних систем в українську електроенергетику в умовах її модернізації.

Ключові слова: геоінформаційні системи, ГІС-технології, електроенергетика, Smart Grid.

С. Н. Ткачук

ГИС КАК СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Данная статья призвана раскрыть потенциал использования ГИС-технологий в электроэнергетике. ГИС рассмотрены как мощный инструмент оптимизации и повышения эффективности функционирования энергетической компании на всех этапах её жизненного цикла — планирование, проектирование, строительство и эксплуатация. Проанализирована новейшая мировая тенденция в развития энергетики — Smart Grid и подчёркнута роль геоинформационных систем и технологий в её реализации. Выявлена и обоснована необходимость внедрения геоинформационных систем в украинскую электроэнергетику в условиях модернизации последней.

Ключевые слова: геоинформационные системы, ГИС-технологии, электроэнергетика, Smart Grid.

S. M. Tkachuk

GIS-BASED DECISION MAKING SUPPORT SYSTEM FOR ELECTRIC POWER ENGINEERING

The purpose of this article is to reveal the potential of the GIS-technology usage in power generation industry. GIS is considered as a powerful tool for optimization and improvement of the power companies' efficiency at all stages of its life cycle – planning, design, construction, and operating. Smart Grid as the latest world trend in energy sector development is analyzed, and the role of GIS and GIS-technologies in its realization is emphasized. Finally, the author outlines the necessity of implementation of geographic information systems in Ukrainian electricity in context of its modernization.

Key words: geographic information systems, GIS-technology, electric power engineering, Smart Grid.

Вступ. Для управління підприємствами енергетичної галузі необхідна детальна інформація щодо локалізації та стану їх об'єктів. Для досягнення цієї мети необхідно регулярно здійснювати інспекцію та збирати точні просторові дані про об'єкти. Тому необхідна інформаційна система, що буде спроможна допомогти менеджерам компанії у прийнятті рішень на всіх етапах управління підприємством. Сьогодні досягнення в області дистанційного зондування та ГІС надають різноманітні інструменти для підтримки прийняття рішень у сфері управління електроенергетикою.

Розкриття потенціалу використання ГІС-технологій в електроенергетиці, в тому числі, з огляду на зміни, що відбувають в світовій енергетиці з впровадженням ініціативи Smart Grid, є важливим практичним завданням в контексті модернізації національної енергосистеми.

Вихідні передумови. Методики використання ГІС в електроенергетиці найповніше описані в праці «Empowering Electric and Gas Utilities with GIS» Білла Міхана [4], директора напрямку електроенергетики та житлово-комульного господарства (ЖКГ) компанії ESRI. Дана праця детально висвітлює, як здійснювати моделювання об'єктів енергетики та газової промисловості за допомогою технологій бази даних ESRI, реалізованих в сімействі продуктів ArcGIS. Ця тематика зустрічається також в роботах А. А. Секніна**,** Д. Сергієнко [1, 2]. Автори акцентують увагу на таких напрямах використання ГІС в енергетиці: управління активами енергетичної компанії; проектування нових мереж та реконструкції старих; аналіз якісних та кількісних характеристик мережі; управління земельними активами, що відведені під об'єкти електроенергетики, в тому числі полосами відчуження траси ЛЕП; вибір майданчику для будівництва нових об'єктів; логістика; оцінка енергетичного ринку; моніторинг несприятливих погодних явищ та їх вплив на об'єкти електроенергетики.

Мета дослідження. Проаналізувати практику використання геоінформаційних систем як інструмент менеджменту електроенергетичної компанії та одночасно обґрунтувати необхідність їх впровадження з метою модернізації вітчизняної енергетичної системи.

Виклад основного матеріалу. Енергетика є найважливішою складовою економіки, ключовим фактором забезпечення життєдіяльності держави. Управління в сфері електроенергетики потребує використання інноваційних інформаційних технологій, що повинні забезпечити його високу ефективність. В світовій практиці ГІС зарекомендували себе як потужний інструмент для інтелектуального аналізу енергосистем та бізнес аналітики. Компанія ESRI, лідер на ринку ГІС-технологій, має багатий досвід впровадження геоінформаційних систем в IT-архітектуру енергетичних компаній, і вже розробила спеціальний програмний модуль для енергетики на основі ГІС — ArcGIS for Electric. Такі іноземні енергетичні компанії як KEPCO, GTC, Dong Energy успішно користуються цими програмними модулями. Проаналізувавши їх досвід, розглянемо напрями інтеграції ГІС-технологій у систему менеджменту енергетичної компанії.

ГІС можуть використовуватися майже в усіх службах, відділах та департаментах енергетичної компанії. Більшість компаній функціонують за єдиним алгоритмом (життєвим циклом), який включає наступні процеси: планування, управління активами, проектування нових об'єктів та реконструкція старих, будівництво ЛЕП. Розглянемо шляхи впровадження ГІС в зазначені процеси.

Планування потреб енергоспоживання. Енергоспоживання на певній території залежить від багатьох факторів, як природніх, так і соціально-економічних. Прогноз потреб у енергоресурсах на наступний рік, два чи десятиліття є важливим завданням для планового відділу енергетичної компанії. Традиційно, подібний прогноз будується для всієї країни, що значно впливає на його точність.

В світлі останніх тенденцій по підвищенню енергоефективності регіональний аналіз є більш доречним (особливо для великих країн). Він надає точніші результати, проте вимагає більше коштів, часу та інформації з різних джерел. Корпоративні ГІС та численні джерела інформації доступні сьогодні через Інтернет дозволять спростити процес прогнозування на регіональному рівні. Інформація, що потрапляє в ГІС, інтерпретується в вигляді окремих інформаційних шарів, а потужний аналітичний алгоритм закладений у ГІС дозволяє швидко аналізувати цю інформацію у синтезі. В результаті отримують більш точні прогнози споживання електроенергії та можливість їх представлення у вигляді карт та прогнозних графіків.

При плануванні розвитку енергосистем ГІС може стати потужним допоміжним засобом. Інженери з проектування електричних систем постійно стикаються з проблемою багатоваріантності. Завдяки реалізованому в ГІС принципу версійності, можна оперувати декількома варіантами (версіями) розвитку електричних системи одночасно на основі єдиної бази даних [4]. Таким чином, якщо відбуваються зміни у сучасній версії можна побачити, як вони вплинуть на майбутній стан системи. Можна прослідкувати поточний стан системи у відношенні до запланованого чи альтернативного стану, тобто динаміку розвитку системи.

Управління активами. Управління активами енергетичного підприємства є першочерговим завданням. Воно полягає у прийнятті вірних рішень щодо ремонту чи зміни обладнання, врахування ризиків пов'язаних з тим коли саме слід це робити, а також визначати пріоритетність робіт для надійного функціонування електричних мереж. Завдання значно ускладнюється ще й з огляду на географічну розрізненість об'єктів електричних мереж. Тому

найбільш ефективним засобом моніторингу активів є ГІС. Окрім візуалізації фізично існуючої мережі, можна подати на карті велику кількість інших кількісних та якісних показників системи на основі атрибутивної інформації, наприклад, термін експлуатації розподільчого обладнання чи кошти на його утримання. А поєднавши дані про вік, кошти на обслуговування обладнання та історію його надійності, отримаємо синтетичний показник, що може бути використаний для прийняття управлінських рішень [4].

Проектування. Корпоративні ГІС в енергетичних компаніях в повній мірі виправдовують себе на етапі проектування.

При виборі майбутньої траси ЛЕП інженер може розглянути одразу декілька варіантів та прийняти зважене рішення, спираючись на інформацію щодо землекористування вздовж майбутньої траси, кліматичних умов, наявності природних та антропогенних перешкод тощо. Те ж стосується й вибору майданчика для підстанції.

Процес проектування електричних мереж передбачає підготовку проектно-кошторисної документації, що розробляється на підставі завдань на проектування. Завдання видається енергетичною компанією, як замовником проекту, і, окрім іншого, включає:

- картографічні матеріали;
- відомості щодо існуючої забудови, підземних комунікацій, стану екології і т. ін.;
- плани землекористування в зоні траси лінії електропередач;
- топографічні карти населених пунктів у зоні проходження проектованої лінії.

Підготовка цих матеріалів значно спрощується з використанням ГІС.

Отримавши завдання на проектування, проектний відділ чи організація розробляє технічний проект. Більшість проектних організацій не використовують ГІС в своїй роботі. Проектування виконується вручну на попередньо роздрукованих матеріалах взятих з ГІС. Деякі організації використовують CAD-пакети, куди експортують данні з ГІС, як растрову або векторну підкладку [2]. В обох випадках проект існує окремо від бази даних та моделі енергосистеми. По завершенні процесу проектування необхідно повторно вручну вносити проектні зміни у ГІС.

Якщо ж вести технічний проект в ГІС, то він буде нерозривно зв'язаний із існуючою моделлю системи, а всі зміни будуть автоматично враховуватися та відображатися в ньому. До того ж сучасні ГІС забезпечені потужним графічним редактором, що робить можливим їх використання для підготовки проектних планів та креслень.

Будівництво. На етапі будівництва в проект вносять неминучі зміни, такі як: зміщення опори відносно запланованого положення, встановлення додаткових проміжних опор тощо. Подібні зміни документуються, проте вручну та не завжди в повній мірі. Згодом їх передають в проектну організацію та зберігають разом з паперовими версіями планів. Якщо проект був розроблений в ГІС, подібні зміни легко внести, вони одразу відображаються, а схема траси ЛЕП буде виглядати саме так, як на місцевості.

Використання мобільних технологій дозволяє безпосередньо в полі вносити зміни у проект. Створивши окремий шар з виправленнями на польовому обладнанні, зміни передають в корпоративну ГІС. Це створює постійний зв'язок між будівельною бригадою, проектантами та іншими співробітниками, що мають доступ до корпоративної системи [4].

Наведені вище міркування доводять необхідність впровадження ГІС в корпоративну ІТ-архітектуру енергетичних компаній та підприємств вже сьогодні. Роль ГІС посилюється ще й з огляду на останні тенденції в розвитку енергетики — концепції Smart Grid.

Термін Smart Grid став відомий з середини 2000-х років. Smart Grid (розумна мережа, інтелектуальна мережа) — це мережа поверх звичайної електричної мережі з різноманітними зв'язками і сучасними пристроями реєстрації, моніторингу та контролю [1]. Smart Grid полегшує взаємодію клієнта і постачальника, перерозподіл навантаження, інтеграцію розподілених потужностей, таким чином відбувається об'єднання мереж, споживачів і виробників в єдину автоматизовану систему, активно-адаптивну мережу, яка в реальному часі дозволяє відстежувати і контролювати режими роботи всіх учасників процесу [3].

Реалізація цієї концепції передбачає збільшення інформаційних потоків в сотні разів, а значить вимагає більш ефективних технологій управління цією інформацією.

Тільки ГІС здатна забезпечити комплексне управління накопиченими даними, що надходять, їх аналіз в просторовому контексті, контроль інфраструктури та ситуації в мережі, взаємодію з іншими ІТ-системами, в тому числі з системою автоматичного саморегулювання [1]. Отже, повноцінна інтеграція Smart Grid в загальний робочий процес неможлива без ГІС.

На сьогодні енергетика України характеризується технологічною відсталістю, зношеністю промислово-виробничих фондів (на 65 – 75%) та браком коштів на їх оновлення. З погляду енергоефективності нині Україна відстає від інших європейських країн. Низька енергоефективність обмежує конкурентоспроможність вітчизняних виробників і негативно впливає на торговий баланс України.

Українська енергетика потребує не лише тотальної модернізації об'єктної складової, а й інноваційних підходів до управління виробничою діяльністю та економічного використання енергоресурсів. В цьому контексті впровадження ГІС на підприємствах енергетичної галузі України є необхідним кроком. Це дозволить вирішити наступні завдання: управління активами з акцентом на технічну паспортизацію (формування бази просторових даних об'єктів елек-

троенергетики, до якої зможуть звертатися й інші урядові організації); планування потреб енергоспоживання та розвитку електричних мереж; впровадження енергозберігаючих технологій; скорочення часу на проектування та реконструкцію ЛЕП за рахунок автоматизації багатьох процесів; налагодження стійкої кооперації між окремими енергосистемами та їх складовими — обласними енергетичними компаніями; допомога керівництву компанії у прийнятті більш обґрунтованих та ефективних оперативних та стратегічних рішень.

Висновки. ГІС в енергетиці сьогодні це основа для систем підтримки прийняття рішень, моніторингу стану та управління в галузі електроенергетики. Вони використовуються на всіх етапах життєвого циклу функціонування енергетичних підприємств — планування, проектування, будівництво, експлуатація. Потужна, працездатна корпоративна ГІС — це міцний фундамент для повноцінного впровадження «розумних мереж» і отримання максимальної віддачі від наданих ними переваг. Впровадження ГІС у вітчизняну енергетику є одним з важливих етапів її модернізації.

Рецензент: кандидат географічних наук, професор А. М. Молочко

Література:

1. Секнин А. А. ГИС в электроэнергетике: интеллектуальные энергосистемы/А. А. Секнин//ArcReview. — 2012. — № 2 (61).

2. Сергиенко Д. Особенности применения ГИС в электроэнергетике/Д. Сергиенко// — Connect. Мир связи. — 2012. — № 3

3. Meehan Bill. Empowering Electric and Gas Utilities with GIS/Bill Meehan. — Esri Press — 2007. — 225 p.

4. Meehan Bill. Enerprise GIS and the Smart Electric Grid? [Електронний ресурс]./Bill Meehan. — 2008. — Доступ до ресурсу: http://www.esri.com/industries/electric/business/~/media/Files/Pdfs/library/articles/enterprise-seg.pdf

УДК 332.6: 004.9

E. O. Andryushchenko, N. G. Manakova
Kharkiv National University of Radio Electronics

USING STATISTICAL DATA ANALYSIS TO IMPLEMENT NORMATIVE MONETARY LAND VALUATION OF SETTLEMENTS

The article describes the main aspects of the implementation of the monetary normative land valuation of settlements based on geographic information systems. A modification of the technique of normative monetary land assessment of settlements through the introduction of statistical data analysis methods that are based on geoinformation software ArcGIS 10 is suggested. The implementation of the statistical data analysis methods and spatial analysis can improve the quality of valuation of urban areas and, therefore, the efficiency of the land use system.

Keywords: statistical methods of analysis, normative monetary valuation, GIS technologies

Е. О. Андрющенко, Н. О. Манакова

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НОРМАТИВНОЙ ДЕНЕЖНОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

В статье рассмотрены основные аспекты выполнения денежной нормативной оценки земель населённых пунктов на основе геоинформационных систем. Предложена модификация методики нормативной денежной оценки земель населенных пунктов путём внедрения методов статистического анализа данных на базе инструментальных средств геоинформационного программного обеспечения ArcGIS 10. Применение методов статистического анализа данных, пространственного анализа позволяет повысить качество оценки городских территорий, как следствие, эффективность системы землепользования.

Ключевые слова: статистические методы анализа, нормативная денежная оценка, ГИС-технологии

К. О. Андрющенко, Н. О. Манакова

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛИЗУ ДАНИХ ПРИ ВИКОНАННІ НОРМАТИВНОЇ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

У статті розглянуті основні аспекти виконання грошової нормативної оцінки земель населених пунктів на основі геоінформаційних систем. Запропоновано модифікацію методики нормативної грошової оцінки земель населених пунктів шляхом впровадження методів статистичного аналізу даних на базі інструментальних засобів геоінформаційного програмного забезпечення ArcGIS 10. Застосування методів статистичного аналізу даних, просторового аналізу дозволяє підвищити якість оцінки міських територій, як наслідок, ефективність системи землекористування.

Ключові слова: статистичні методи аналізу, нормативна грошова оцінка, ГІС-технології

Introduction. To create an effective land use system is a major goal of the campaign for the implementation of the land reform, one of the fundamental elements of which should be an effective mechanism of economic regulation of land relations, free redistribution of land, its transition to a more efficient user, while taking into account the price factor of the land market.

Features of the legal framework that regulate economic and financial aspects of land relations in Ukraine are determined by the prospect of the land market formation, the relationship between paid land tenure and land usage and marketability of land. The formation of a land market defines the areas of usage of the results of its monetary valuation.

The task of the monetary valuation of land is to determine the cost of the differentiated values for certain areas of the city, for some plots of land, in order to determine the land tax and rent, form a profitable part of the city and district budgets, define the price of the sale of land after its privatization, put the starting sale price of land at the land auction, the sale price of land plots under construction in progress, rationalize investments and design decisions, justify the cost of land operations, while the main task of land use system is to develop a permanent mechanism of monetary valuation of land under real conditions of management [1]. The provision of the effective functioning of this mechanism is impossible without application of modern technologies, particularly geographic information systems (GIS), which allow solving a wide range of tasks, make sophisticated analysis, and ensure an informed decision-making.

Study background. In recent years, the GIS technologies application area has expanded greatly in various fields. The monetary valuation of land is allocated among the areas where implementation of GIS occurs the most rapidly. The development of methodological approaches of GIS technologies is being actively pursued, authors such as J. Karpinski, E. Kuts, N. Lihogrud, A. Ljashenko, Y. Palekha, V. Sotnikov and others made attempts to generalize the existing methods [2]. The focus of GIS elements application in their work is the economic-planning zoning of settlement territories. The results of work of the specialists of the Institute "Giprograd" (Kyiv) developed into a range of methods and techniques of GIS technologies applications for the process of monetary land valuation [3].

The purpose of research. The purpose of this article is to modify the techniques of normative monetary land valuation of settlements through the introduction of statistical data analsis methods based on geo-information software ArcGIS 10.

Materials and methods. Valuation of land in Ukraine is based on specific techniques, procedures and standards; legislative and legal acts govern the usage of the results of monetary valuation in the course of market transactions with the land in accordance with the Land Code, which regulates the assignment of land to certain categories of use, and urban development norms define indicators that influence land monetary value.

The cost of a land plot is determined by its location, position of the settlement in the national, regional or local system of production and settlement, development of its territory and land quality taking into account the natural and climatic, engineering-geological and architectural and landscape value, historical and cultural value, environmental conditions, and functional use of land [1].

Because the initial data for the execution of monetary valuation of land is represented by a natural spatially distributed structure, collection of cartographic and tabular materials that cover different factoral characteristics of the territory, it is appropriate to use a wide range of GIS tools for their processing.

The application of electronic maps and GIS spatial analysis techniques allows improving the quality of collecting data significantly. Today, only some separate elements of GIS technologies are used in many projects related to normative monetary evaluation of both land settlements and agricultural land, while the enforcement of the monetary valuation of the land with the geoinformational technologies allows to fully solving problems caused by using a general methodology. The basics of the technological solutions proposed in this paper are based on the facilities and means of the ESRI software. The rapid development of geographic information technologies in recent years, the emergence of new opportunities and implementation of mathematical methods allows to employ a new problem-solving approach in conducting monetary land valuation based on GIS.

Methods and procedures of statistical analysis and simulation are now widely used in the spatial research. Along with the use of standard non-spatial statistical algorithms, methods of spatial statistics are being actively implemented. The main advantage of GIS statistics is vast statistical analysis visualization opportunities at all stages [4].

Application of statistical analysis in the execution of the monetary valuation of land helps professionals carry out qualitative analysis of the data, obtain additional, non-obvious information, and identify patterns and trends. ArcGIS software product has a wide range of tools for statistical analysis of data, both spatial and non-spatial.

The methodology for the normative monetary evaluation of settlement lands using ArcGIS software consists of the following steps:

1. Collection and processing of data, including collection of initial spatial, economic and regulatory information, as well as creation of cartographic base.

2. Data analysis, carried out in order to identify factors that influence land valuation, as well as the operations of spatial analysis.

3. Performing calculations of the cost parameters, taking into account the factors identified and characteristics obtained by the means of spatial analysis.

Thus, the first step is the preparatory work, the collection of initial data and its introduction to the infor-

mational system of spatially distributed objects. Spatial objects are grouped in data layers of geodatabase; attribute information is presented in the form of relational tables of each layer. Informational base for the implementation of the normative monetary valuation of land settlements is their master plans and projects of planning and development of settlements, the materials of territory economic evaluation, materials of the land settlements inventory, development projects, distribution of the residential areas, and local building rules [1]. Geodatabase is composed as a result of the first stage completion; it includes spatially distributed and attributive information about the objects to be evaluated.

According to the method of implementation of the normative monetary evaluation, assessment of a certain plot of land is carried out by performing complicated calculations that take into account a large number of coefficients of factor analysis within a zone of land evaluation, taking into account the area of land.

The normative monetary evaluation of land is based on a method of rental income capitalization. According to the order of the normative monetary value of land settlements, calculation of monetary evaluation of 1 sq. m. (*Mv*) is performed considering the costs of development of the territory *(Cd),* the location of the land plot *(Lp),* its functional use *(Fn),* the rate of profit *(Pr = 6 %),* and capitalization rate *(Cr = 3 %)*:

$$Mv = Cd \cdot Pr / Cr \cdot Fn \cdot Lp.$$

Expenditures on exploration and development of the territory include the replacement cost of engineering infrastructure, including facilities and backbone networks of water supply, sewerage, heat, electricity, low-power devices, gas supply, drainage, sanitary purification costs, green areas, road network, and urban transport.

Functional use of land takes into account the relative profitability of existing economic activities within its boundaries.

Three groups of rent-generating factors - regional, zonal and local, characterize location of land [1].

Thus, the cost of 1 sq. m. of land is affected by a specific set of factors, objective consideration of which is a difficult task.

At the stage of data analysis, assessment of spatial objects and their characteristics is carried out; the ranking of objects is performed; additional indicators are calculated based on the initial data for further operation. At this stage, the analysis of factor indicators and functional zoning of the territory is held.

It is appropriate to use a factor analysis, as a method of statistical processing of information. The main objective of the factor analysis is to determine the relationships between variables and their classification; and to reduce the number of variables. Factor analysis is used to determine the level of influence of the specific factor to perform further calculations, as well as to explore the relationships between the factors.

Implementation of the monetary regulatory assessment involves the usage of different methods of factor analysis, namely classification and a method of principal components.

Classification analysis is performed at the functional zoning of the territory. Among the city's functional zones, there are residential buildings, industrial buildings, communal and warehouses, health care facilities, and others. There are two types of classification: with training and without it. The purpose of classification is to identify the affiliation of each cell to the known class in the study area (classification with training) or cluster (classification without training). The input data for classification is the signature file that contains the multivariate statistics of each class or cluster. The result of each classification is a map that divides the study area into the known classes, related to training samples, or naturally occurring classes, corresponding to clusters identified by clustering [5].

The method of principal components is used to analyze the pricing factors. These include communication, transport accessibility, environmental factors, infrastructure, natural and landscape, historical and cultural factors, etc. Principal component analysis is based on determination of the minimum number of factors that contribute to data variance in a large measure. An important characteristic of the method is the possibility to use the most informative principal components exclusively, so that the rest of them are excluded from the analysis [5].

The results obtained during the second stage are displayed in a number of analytical maps, and the cost of the land is estimated based on them.

The third step of calculation includes application of a group of Map Algebra tools that allows getting a detailed map of the cost parameters not only the basic costs within the planning area. The application of tools of the module Map Algebra involves two main steps: the construction of the initial interpolated raster surfaces of the given parameters and application of raster calculator that estimates an integrating function. Under the current methodology, coefficients of components, monetary evaluation of the residential areas are calculated using GIS [6], while using Map Algebra allows determining the cost of 1 sq. m. of the settlement lands by performing arithmetic operations on thematic layers, taking into account the identified factors of influence and refined spatial characteristics.

Conclusions. The advantage of the modified technique is the visualization of the statistical analysis of spatial data, the ability to identify factors that have the most significant impact on the land value assessment, therefore, a possibility to reduce the number of variables in order to optimize the process. This technique allows professionals to get a detailed map of the cost parameters estimates of land settlements, taking into account the results of the statistical analysis and calculated spatial characteristics, it is assumed to use GIS at all stages, not just to calculate a normative monetary

evaluation. Application of the method will improve the quality of regulatory assessment of land settlements, the mechanism of economic regulation of land relations, and the efficiency of land use system in whole.

Scientific supervisor: Associate Professor, PhD in Physical and Mathematical Sciences A. B. Kostenko

References:

1. Ляшенко Ю. Операции с землёй / Ляшенко Ю., Кобзан С., Левков В. — Харків : Фактор, 2007. — 824 с.

2. Палеха Ю. М. Економіко-географічні аспекти формування вартості територій населених пунктів / Палеха Ю. М. — К. : ПРОФІ, 2006. — 340 с.

3. Палеха Ю.Н. ГИС-технологии в денежной оценке городских земель / Палеха Ю.Н. // Геопрофиль. — [№ 3]. — 2008. — С. 34-36.

4. Митчелл Энди. Руководство по ГИС анализу. Часть 1: Пространственные модели и взаимосвязи. / Энди Митчелл. — [пер. с англ. ЗАО ЕСОММ Со]. — К.: Стилос, 2000. — 198 с.

5. Справка ArcGIS 10.1: [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://resources.arcgis.com/ru/help/

6. Оцінка земель. Правила розроблення технічної документації з нормативної грошової оцінки земель населених пунктів: Стандарт Держкомзему СОУ ДКЗР 0032632-012:2009. — [чинний від 2009-11-11]. — К. : Держкомзем України, 2009. — 86 с. — (Національний стандарт України).

УДК 911.9:504.528.8

M. O. Balynska
Karazin Kharkiv National University

USING GIS FOR THE EVALUATION OF THE CROP RESIDUES ENERGY POTENTIAL

This article suggests some features of the use of geographic information systems to assess and to analyze the energy potential of crop residues. The features of the analysis of this type of potential are defined at different levels of government: national, provincial, and district. Methods for assessing the energy potential of crop residues in this study suggest the use of a series of satellite images to identify crops that takes into account the nature of the areal distribution of this type of waste.

Keywords: crop residues, energy potential, bioenergetics, GIS, satellite imagery

М. О. Балинська.

ВИКОРИСТАННЯ ГІС ДЛЯ ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІДХОДІВ РОСЛИННИЦТВА

У статті розглянуті деякі особливості використання геоінформаційних систем для оцінки та аналізу енергетичного потенціалу відходів рослинництва. Визначено особливості аналізу цього типу потенціалу на різних адміністративних рівнях: загальнодержавному, обласному, районному. Методи оцінки енергетичного потенціалу відходів рослинництва в цьому дослідженні базуються на використанні серії супутникових знімків для ідентифікації сільськогосподарських культур. Це дозволило врахувати характер площинного розподілу цього виду відходів.

Ключові слова: відходи рослинництва, енергетичний потенціал, біоенергетика, ГІС, супутникові знімки

М. О. Балинская

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА

В статье рассмотрены некоторые особенности использования геоинформационных систем для оценки и анализа энергетического потенциала отходов растениеводства. Определены особенности анализа этого типа потенциала на различных административных уровнях: общегосударственном, областном, районном. Методы оценки энергетического потенциала отходов растениеводства в этом исследовании предполагают использование серии спутниковых снимков для идентификации сельскохозяйственных культур. Это позволило учесть характер площадного распространения этого вида отходов.

Ключевые слова: отходы растениеводства, энергетический потенциал, биоэнергетика, ГИС, спутниковые снимки

Introduction. Bioenergy is one of the most promising types of renewable energy sources in the world and in Ukraine. Significant components of bioenergy are agricultural waste, particularly crops.

The urgent problems still are increasing percentage of biomass in the total energy consumption of the country in general and the practical aspects of scheduling bioenergy plants that leads to the need to assess the energy potential at various levels, from the national to the regional and local. GIS is an effective tool at such critical stages as capacity assessment, analysis of the potential distribution, scheduling facilities on the

territory, and others. In this paper, we focus on the first two aspects, such as the evaluation and analysis of the placement of the energy potential (EP) of crop waste.

Literature review. Questions towards assessment of the energy potential of crop waste were presented at the national level in the works of G.G. Geletukha, T.A. Zheleznaya, Z.A. Martsenyuk, P.A. Kapustenko, A.K. Cusin, and others. The demand for research at the regional level is justified by V. V. Verbinskiy, M.G. Zemlyanoy, A.I. Bashtovoy, O.S. Tretyakov, and some other researchers. Hereby, the analysis of the spatial distribution of crop waste EP (especially at the district administrative level), and the possibility of using GIS for this purpose is still relevant.

The purpose of the study. The aim of this study is to improve the methodology for assessing and analyzing the distribution of the energy potential of crop residues on the regional and district administrative levels through the applications of GIS using remote sensing data.

Methodology and discussion. Existing approaches to the assessment of the energy potential crop residues is based primarily on the use of statistical data on the gross crop (Table 1). Herewith, at the national level, it is appropriate to calculate the total potential of the areas for the development of the national strategy on the bioenergy development (Geletukha, 2002, 2013). To visualize the distribution of EP methods of cartograms and cartodiagrams can be used which allows to display the potential distribution by administrative areas. Analysis of the EP on the basis of statistical data is also done in the context of administrative districts.

At the regional level study, the preference is given to the calculation of the capacity according to the gross yield of agricultural enterprises with the reference of the obtained figures to the addresses of these enterprises (Tretyakov, 2009). In this case, density fields are used to analyze the distribution of the EP.

A more accurate picture of the potential spatial distribution can be obtained using information about crops on the fields. This approach allows taking into account the nature of the areal distribution of this type of resources, which is particularly important at the local level. In addition, this information allows eliminating possible unreliability and lack of data on the gross yield of the enterprises that it is also important at the regional level.

Information about the crops is often unavailable for use, or available only at a limited number of farms. To solve this problem, remote sensing data is used. In this case, the identification of crops by satellite images is done before the calculation of energy potential. Within the framework of this method, the use of GIS is playing a significant role.

The following stages of crop waste EP evaluation using GIS and remote sensing data can be determined:

1. Identification of crops of the selected area based on a series of multispectral images (image classification, algorithm identification of crops).

2. Assessment of the total crop waste EP in selected territorial units based on EP calculated for each crop waste.

3. Analysis of the distribution of crop waste EP (density fields' creation, isolinear visualization).

Initial data for the identification of crops includes satellite imagery, information about local agriculture peculiarities (particularly crop production), as well as test territories with known crops.

Identification of crops on the fields consists of two main stages:

4. The classification of satellite images;

5. Combination of classification results for individual images by assigning the values of crop to individual pixels.

The technique is based on the identification of cultures with an unsupervised classification of images with the ISODATA method. Test territories are used to specify the classification may also be conducted.

Table 1

Features of the analysis of the energy potential of crop waste at different administrative levels

Levels	State	Regional	Administrative district	Administrative district and regional level
Initial data	Gross yield of crops by regions	1. Gross crop yields by region 2. Gross crop yields in agricultural enterprises	Gross crop yields in agricultural enterprises	Statistical data on crop yields Data on crop sowing on the fields
EP data binding	Areas	1. To the administrative districts 2. To addresses of the agricultural enterprises	Addresses of agricultural enterprises	Two points on the fields occupied by any agricultural culture
Methods of cartographic visualization of the potential distribution	Cartograms, cartodiagrams	1. Cartograms, cartodiagrams 2. Isolinear (density field)	Isolinear (density field)	Isolinear (density field)

* *Analysis of the potential at these levels is based on remote sensing data*

The choice of satellite imagery for the purposes of the study is based on several factors. A high spatial resolution that is sufficient for identification of individual agricultural fields. Spectral channels should be available, which are informative for the study of vegetation (at least - red, near-infrared, perfect – boundary-red). In addition, the important point is the temporal resolution, sufficient to identify the main patterns of crop development. One of the important factors is the availability of images and their cost. Because of the specified parameters images of Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, SPOT 2/4, and Landsat 8 were used in the study, and the preference was given to images to be found in the public domain.

For classification, it is necessary to determine the list of major crops grown in the study area, as well as a list of those crops, waste of which can be used for energy purposes. The feature of the identification of cultures to assess the crop waste EP is essential for recognition of just a limited number of crops, namely those that waste are efficient to be used for energy production. It is important to take into consideration the agricultural specialization of the region (crops, livestock), because this causes the structure of farmland. For example, in Brittany (France), which has a livestock specialization, a significant proportion of farmlands consist of pastures, and this causes the assignment of this particular type of land among others. Thus, the assumption was made that the spectral characteristics of the pastures throughout the year (several years) varied the least. Another important point is the presence of intercropping in the crop rotation of the region. Excluding this factor, the recognition of crops will be invalid. Again, in Brittany different algorithms would be used: for the identification of winter grain crops with and without intercropping. And finally, the basis of the analysis of the results of satellite image classification is particularities of the calendar cropping: dates of planting and harvest, the ripening period, which is largely due to the natural area the study area.

The classification was done using ENVI 5.0 software package. Herewith, the analysis of the spectral characteristics of crops on each shooting date for the study area was made, which allowed forming their time spectral images (Balynska, Tretyakov, 2013).

Working with images of different satellite systems had its own peculiarities.

Initially to develop a crops identification algorithm on series of images, imagery of Landsat 5 TM and Landsat 7 ETM + was used. The defect of the images associated with the breakdown of the scanner ETM +, significantly complicated the processing and evaluation of the classification results. As a result, during the processing of the identification results, carried out on the basis of Landsat 7 ETM + imagery, and the calculation of the potential an additional step was required – interpolation and subsequent sampling of the surface.

The results of the classification of satellite images SPOT 2/4 are similar to the results of the classification of Landsat images. The segregation of vegetation and soil turned out to be possible, as well as the separation of vegetation on the projective cover (see Fig. 1). The main problem that arose when working with images SPOT 2/4, was the fact that these images do not cover the whole territory of the studied areas and provided for a limited number of periods. Therefore, the construction of temporary spectral images of cultures in their division and the identification was impossible.

For assessment and analysis of the energy potential of crop waste for districts of Kharkiv region in 2013, Landsat 8 images are selected. The important point is the lack of banding of the images of this system. The main negative factors are the lack of shooting speed and

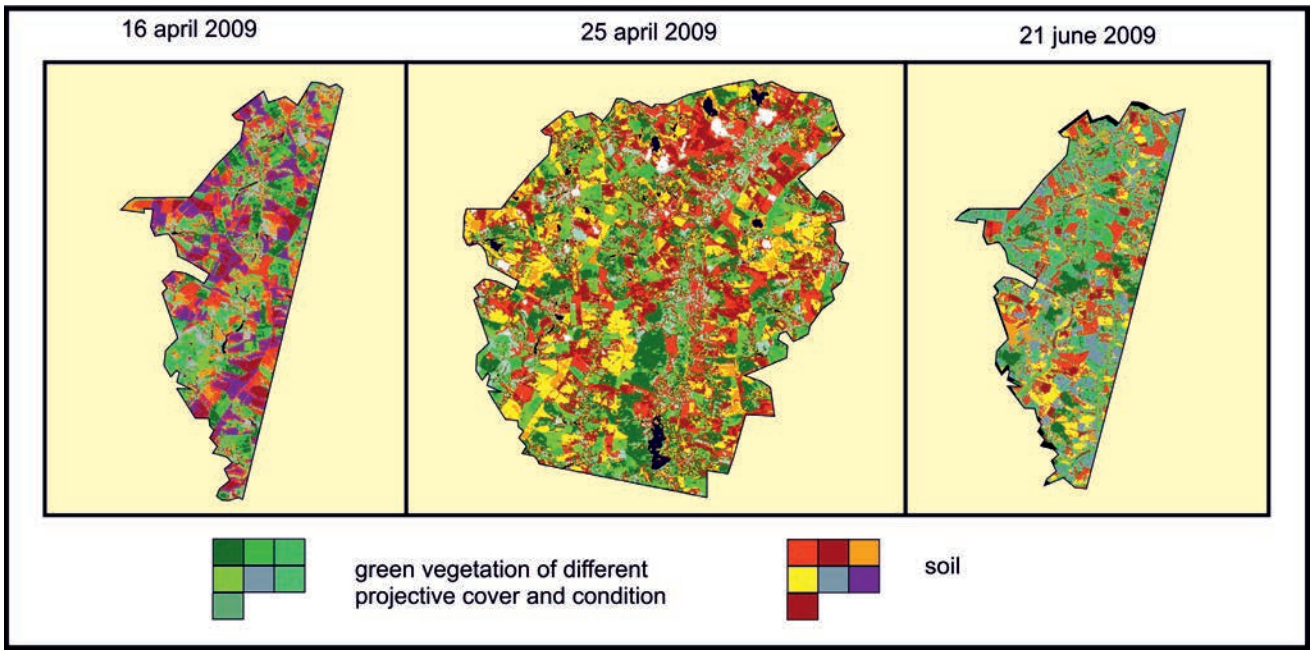


Fig. 1. The results of SPOT 2/4 images classification

clouds on most materials. These factors lead to ambiguity in the recognition of cultures at a considerable number of fields.

After the classifications correspondence between crops and classes were defined, which it is presented on each shooting date with. In a simple version, this correspondence is determined by whether the field is occupied by green vegetation on the date of recording, or represented with soil or yellow/dry vegetation. At the same time within the greenery, the main differences are due to an estimated coverage (sprouts, dense vegetation). A more detailed analysis requires high repeatability shooting, which will fix the spectral features of the different crops in the phenophase, as well as the obligatory presence of the test territories.

The following operations were carried out in the GIS MapInfo Professional using the additional software module. To automatically assign the pixel values of the culture the following algorithm is used:

If (on the image 1, the value at point A equals class a or the value at the point A is equal to class b), and (on the image 2 the value at the point A is equal to class a or the value at the point A is equal to the class d) and (on the image and the value at the point A is equal to class n), then the point A - is a crop V (Fig. 2). The algorithm is applied to each point, and therefore, each of them is identified as a particular crop (see Fig. 3).

Depending on the specific crop, each pixel classified is assigned an EP value of this type of crop waste in terms of pixel area.

may2009	jun112009	jun272009	jul2009	oct2009	Culture	Energ_pot_kWh_pixel
3	4	7	6	7	Pshen_oz	0,2478
3	4	7	6	7	Pshen_oz	0,2478
3	4	5	6	7	Pshen_oz	0,2478
3	4	5	6	5	Pshen_oz	0,2478
3	4	5	6	5	Pshen_oz	0,2478
5	3	5	6	5	Yach_Yar	0,212397
5	3	5	6	5	Yach_Yar	0,212397
5	5	5	6	7	Yach_Yar	0,212397
5	3	5	6	7	Yach_Yar	0,212397

Fig. 2. Sample table with the results of the automatic assignment of the pixel values of the crops and EP

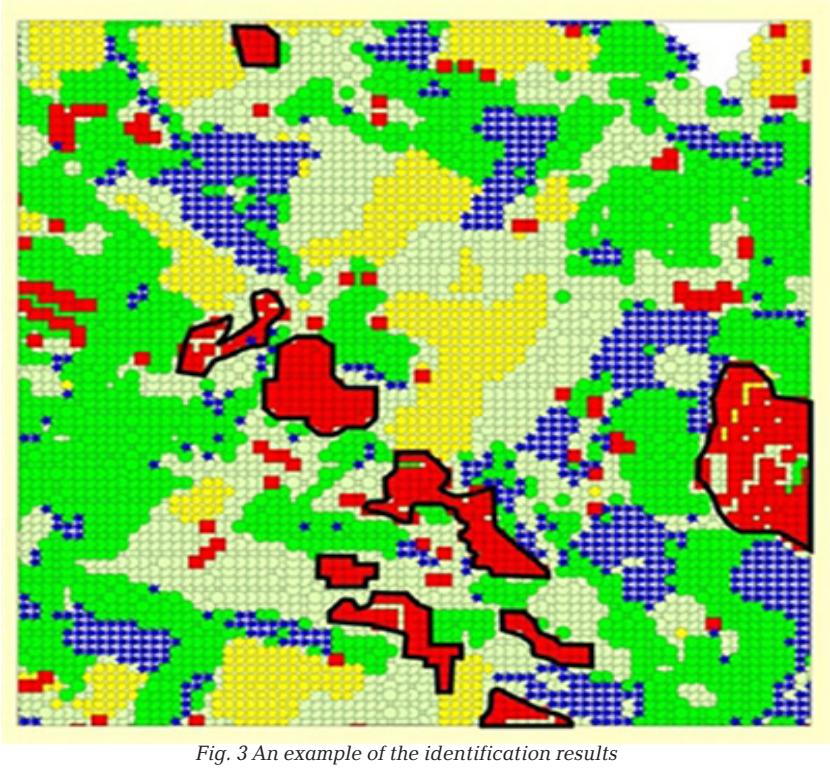


Fig. 3 An example of the identification results
(red — corn grain, yellow — corn fodder, blue — winter grains, green — pastures, light green — not identified sites)

The assessment of the energy potential of crop waste in the case of thermochemical conversion is based on the use of a number of coefficients: waste, accessibility, consumption their own waste by farming (Soufer and others, 1985, Geletukha and others, 2002).

$$EPc=Ycp*IW*AI*IF*EI*AE \qquad (1)$$

where *EPc* — the energy potential of crop waste;
Ycp — crop yields (1 ton per 1 pixel);
IW — index of waste;
AI — accessibility index;
IF — index of consumption of their own waste by farms;
EI — the energy intensity;
AE — an average efficiency of the power plant.

The resulting set of points with the calculated parameters allows conducting further analysis and mapping of the EP at the level of the administrative district and at the regional level. The latter provides the ability to calculate the total potential of the region as a whole and for each district separately and display them using the method or cartograms and cartodiagramms. For the analysis of territorial differences both within the region and within the administrative district, a density field construction is effective.

In this study, the analysis of features of distribution of the crop waste EP of the territory was based on the construction of the density fields by the method of a sliding circle. The construction data was run in GIS MapInfo Professional using the additional software module Density Fields (Tretyakov, 2007). The network of control points was created, and the choice of parameters (grid reference points and radius of the sliding circle) was based on the scale of the observed territory. Then between the control points interpolation was done while preserving the values in the original points.

Analysis of the distribution patterns of crop waste EP within the administrative area allowed to identify a number of factors. A leading role in the spatial distribution of the density of the crop waste EP in the district is played by the factors that cause a decrease of the area under agricultural land: percentage of forest land and the density of settlements. In turn, the maximum is confined mainly to the areas with a low density of settlements and forests.

The relationship between relief (height, dismemberment) and the distribution of the crop waste EP is established. The developed ravine system leads to the withdrawal of large areas of land from active agricultural use, and therefore − to decrease in yields density. Elevated terrains (watersheds) are characterized by the presence of maximum density potential. Lowered areas (beams, river valleys) correspond to minimum values. In addition to direct removal of land from agricultural use, the risk of erosion of land leads to changes in crop rotations, particularly to increase identification of crops (grass, peas), having a smaller energy potential.

Conclusions. Evaluation of the crop waste energy potential at different administrative levels has its own characteristics: the initial data, the sort of cartographic mapping of the potential distribution, and others. In the transition to the regional and especially the district level the use of geographic information systems becomes increasingly important.

Involvement of remote sensing data in the assessment of the energy potential of the region or district provides a more accurate assessment of the potential, as well as obtains the distribution of EP on this area, which is useful for allocation of bioenergy plants.

Scientific supervisor: PhD in Geography
O. S. Tretyakov.

References:

1. Балинська М. О. Ідентифікація сільськогосподарських культур шляхом формування їх часового спектрального образу / Балинська М. О., Третьяков О. С. // Проблеми безперервної географічної освіти та картографії: Збірник наукових праць. — Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2013. — Вип.17.— С. 3-8.

2. Биомасса как источник энергии / под ред. С. Соуфера, О. Заборски; пер. с англ. А. П. Чочиа. - М.: Мир, 1985. — 368 с.

3. Гелетуха Г. Г. Место биоэнергетики в проекте обновленной Энергетической Стратегии Украины до 2030 года. / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная // Пром. теплотехника, 2013.— т. 35, №2. — С. 64-70.

4. Развитие биоэнергетических технологий в Украине / [Гелетуха Г. Г., Железная Т. А., Кобзарь С. Г., Тишаев С. В.] // Экотехнологии и ресурсосбережение. — К., 2002. — № 3. — С. 3-11.

5. Третьяков О. С. Визначення деяких закономірностей територіального розподілу біоенергетичного потенціалу Харківської області за допомогою карт полів щільності / Третьяков О. С. // Вісник Харківського університету. — Харків: Видавництво ХНУ ім. В.Н. Каразіна. — N769: Геологія. Географія. Екологія, 2007. — С.112-120.

UDC 911.3 + 504.03

N. V. Gryshchenko, O. S. Tretyakov
V. N. Karazin Kharkiv National University

SPATIAL RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL IMPACT AND WELFARE OF POPULATION IN UKRAINIAN REGIONS

The article examines the relationship between environmental impact of population of Ukrainian regions calculated as ecological footprint per capita and economic welfare using graphical method for determining the correlation coefficient. The obtained isocorrelation map is analyzed and the conclusion is made that the spatial distribution of studied values gives unique research opportunities.

Keywords: isocorrelation map, ecological footprint, GIS, region.

Н. В. Грищенко, О. С. Третьяков

ПРОСТОРОВА ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖ НАВАНТАЖЕННЯМ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ДОБРОБУТОМ НАСЕЛЕННЯ ЗА ОБЛАСТЯМИ УКРАЇНИ

У статті розглядається взаємозв'язок між впливом на навколишнє середовище населенням регіонів України, розрахованому як екологічний слід на душу населення, і економічним добробутом, з використанням графічного методу для визначення коефіцієнта кореляції. Отримана карта ізокорелят проаналізована і зроблено висновок про те, що просторовий розподіл досліджуваних значень дає унікальні можливості для наукових досліджень.

Ключові слова: карта ізокорелят, екологічний слід, ГІС, регіон.

Н. В. Грищенко, А. С. Третьяков

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ НАГРУЗКОЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И БЛАГОСОСТОЯНИЕМ НАСЕЛЕНИЯ ПО ОБЛАСТЯМ УКРАИНЫ

В статье рассматривается взаимосвязь между воздействием на окружающую среду населения регионов Украины, рассчитанном как экологический след на душу населения, и экономическим благосостоянием, с использованием графического метода для определения коэффициента корреляции. Полученная карта изокоррелят проанализирована и сделан вывод о том, что пространственное распределение исследуемых значений даёт уникальные возможности для научных исследований.

Ключевые слова: карта изокоррелят, экологический след, ГИС, регион.

Introduction. In the scope of sustainable development, the importance of responsible consumption of the population becomes vital. In 2008, the OECD prepared a "Promoting Sustainable Consumption" publication [1] where they claimed that people should use natural resources and ecosystem services keeping environmental impacts involved in mind. The general trend shows the growth of consumption of population in Ukraine (see [2]). OECD forecasts that households' consumption will grow rapidly in non-OECD countries, including Ukraine, by 2030, particularly for energy consumption, transport, residential water use and waste management [3].

Growth of consumption causes growth of production that increases amount of natural resources and ecosystem services that are used by every person. Consumer choices influence environment heavily and, as some authors argue [4], can alleviate most environmental problems.

Study background. One of the ways of evaluation of environmental impacts of population resulted from the consumption is to apply methodology of environmental footprint (EF) developed by M. Wackernagel and W. E. Rees [5]. EF is defined as the total amount of biologically productive area required to sustain consumption of the population calculated based on the local productivity. As an indicator, EF shows a further increase of human dependence from the environment. Since most of the significant decisions concerning economic development and environment are made at the regional level, this methodology was improved and used to calculate the values of EF at the regional level in Ukraine [6, 7].

In general, economic growth causes an increase of consumption [8], which leads to an increase in demand. Most studies, e.g. [9], show that relationship between the consumption level and extent of environmental impact are being influenced by income, education, and social status.

Goal and objectives of research. However, to be able to decrease the level of environmental impact, local authorities and scientists need to find out what influences the value of EF and how these values are distributed spatially. So, the main goal of the current research is to find the relationship between the level of population welfare as the key factor that causes changes in consumption of certain populations and the level of environmental impact in spatial dimension.

Methodology. Correlation analysis is one of the most popular methods of data analysis. In most cases, its application is used to calculate the correlation coefficients or determine correlation relationships that allow researchers to determine the degree of linear or non-linear relationship between indicators.

When the data has a spatial binding, the researchers have completely new possibilities for the analysis by adding a spatial component. However, in this case, the characteristic of correlation coefficient is insufficient since the calculation of a single value of the coefficient

does not allow to consider the spatial variation of the relationship within the research area. To resolve this problem, the isocorrelation maps are used. The examples of these maps can be often found in the works that analyze synoptic processes and their impact on various environmental and socio-economic indicators [10, 11] as well as in the works related to nature protection [12, 13]. The main problem of the construction of these maps in GIS is lack of ready-made software modules for such kind of a simulation.

To map relationship phenomena, we decided to use a graphical method for determining the correlation coefficient that is described in [14]. The essence of the method is to determine the cosine of the angle between the isolines of the studied parameters at the intersection points. For partial automation, we have developed software modules to automate the creation of point objects at the points of intersection of isolines, as well as to convert the angles in the value of the correlation coefficient. According to the values calculated at the intersection points, interpolation method is employed to construct the surface of relationship of the studied parameters.

GIS MapInfo Professional 9.5 and MapBasic 9.5 software is used.

The current research is based on data provided by the State Statistics Service of Ukraine [2] and the results obtained in [15].

Results. In 2012, the correlation between the values of EF and GRP per capita in Ukrainian regions is $r = 0.71$, at a significance level of $p = 0.0001$. Thus, this factor explains almost half of the variation of the dependent variable (value EF); the remaining variation rate is related to the influence of other factors. However, the trend is clear: when income of the residents of the regions increases, pressure on the environment increases as well (Figure 1).

The plot above shows the power of correlation relationship between the values of EF and GRP per capita. To get the spatial distribution of this relationship, the isocorrelation map is created (Figure 2).

It is interested to mention that the connection strength between these two values differs significantly. The correlation is strong; values are in the interval $0.15 - 0.99$.

The strongest relationship is observed in Ivano-Frankivs'k, Khmelnytsky, Kyiv, Chernihiv, Donets'k, Zaporizhzhya, and Luhans'k regions.

The weakest relationship is observed in Volyn, Rivne, and Kherson regions.

Therefore, the local authorities in different regions should consider that the increase of income in northwestern and southwestern regions of Ukraine would cause less increase of environmental impact comparing to those in northeastern and southeastern parts of the country.

There are three main reasons that might partially explain the situation described above.

Firstly, in western part of Ukraine the level of population welfare leaves out of account a large amount of income generated because of labour migration to countries of Western and Southern Europe. As a result, the level of consumption of goods, especially foodstuff, is even higher there than is Eastern Ukraine, but it does not depend on GRP per capita.

Secondly, the level of income determines the lifestyle. The higher the income the bigger amount of resources and ecological services the population uses. Traditionally, eastern regions consume more goods and services than western regions do. Therefore, the typical lifestyle influences the strength of relationship between environmental impact and level of welfare of a typical citizen of different Ukrainian regions.

Thirdly, the cultural preferences of populations in the regions determine different consumption patterns of the citizens who represent different nationalities. In Ukraine, the ethnical structure of population varies significantly; it is not surprising that Russian minority in eastern Ukraine has the same consumption preferences than in northeastern Ukraine, but it is not the same as in Lviv, Volyn, and Odesa regions, where other cultural minorities form a large percent of local populations.

Conclusions. Population of a country or region itself cannot decrease environmental impacts caused by the lifestyles, but many individuals together can make right choices and soften their environmental impacts. EF indicator can significantly help them in making their lifestyles more sustainable.

The chosen graphical method of determination of the correlation coefficient is an efficient tool for studying the relationship between environmental impact and economic welfare of population of Ukrainian regions.

The obtained isocorrelation map shows the differences of spatial distribution and strength of relationship between ecological footprint of typical residents of Ukrainian regions and GRP per capita in 2012. The main result obtained, which is important for the decision-makers, is that the increase of welfare in some regions would cause less increase of environmental impact comparing to other regions.

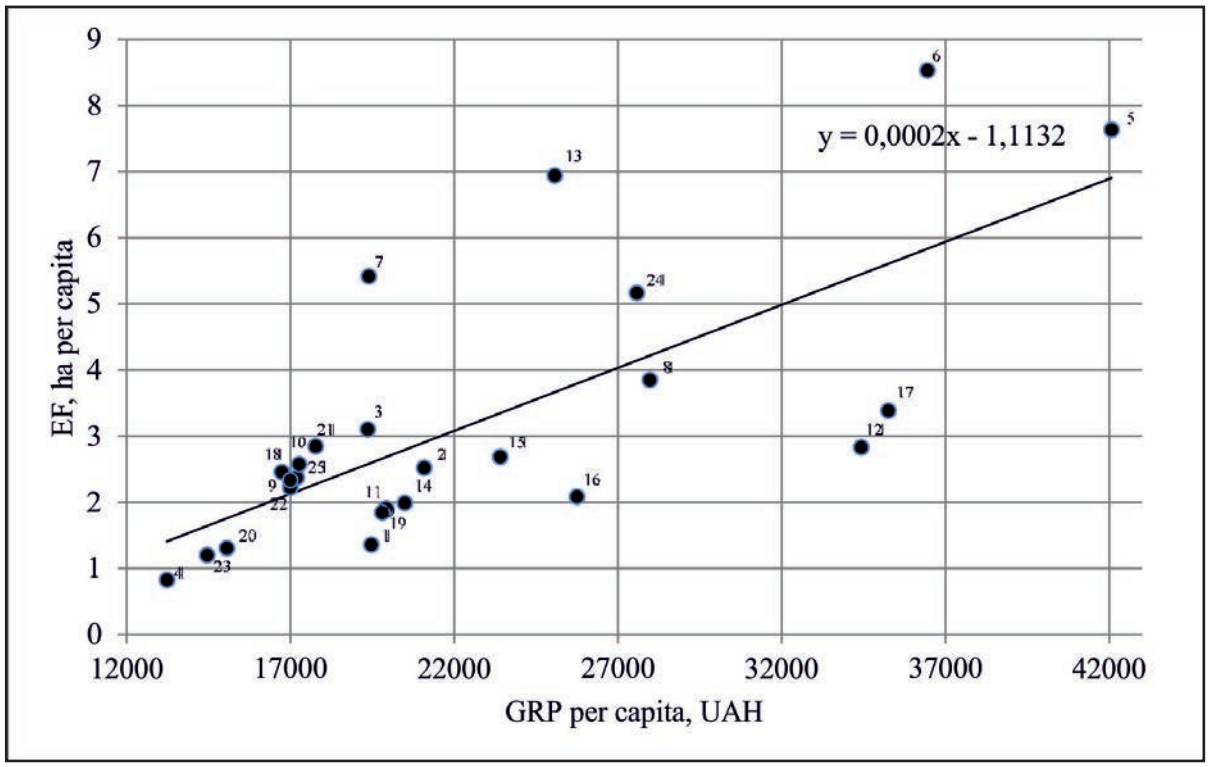
The research method may be improved in terms of further automation of calculation processes.

Acknowledgements

The authors would like to thank a referee for the time and valuable comments. The authors are also indebted to Konstantin Askenov (a third-year student of Kharkiv national university) for technical support and help in data collection.

Any remaining errors on any aspect of the paper are solely the authors' responsibility.

Scientific supervisor: Doctor of Technical Sciences (hab.), Professor Igor Chervanyov



#	Region	#	Region
1	Autonomous Republic of Crimea	14	Lviv Region
2	Cherkasy Region	15	Mykolayiv Region
3	Chernihiv Region	16	Odesa Region
4	Chernivetski Region	17	Poltava Region
5	Dnipropetrovs'k Region	18	Rivne Region
6	Donets'k Region	19	Sumy Region
7	Ivano-Frankivs'k Region	20	Ternopil Region
8	Kharkiv Region	21	Vinnytsya Region
9	Kherson Region	22	Volyn region
10	Khmelnytsky Region	23	Zakarpattya Region
11	Kirovograd Region	24	Zaporizhzhya Region
12	Kyiv Region	25	Zhytomyr Region
13	Luhans'k Region		

Fig. 1. The correlation between the values of the EF and GRP per capita (x) in Ukrainian regions in 2012

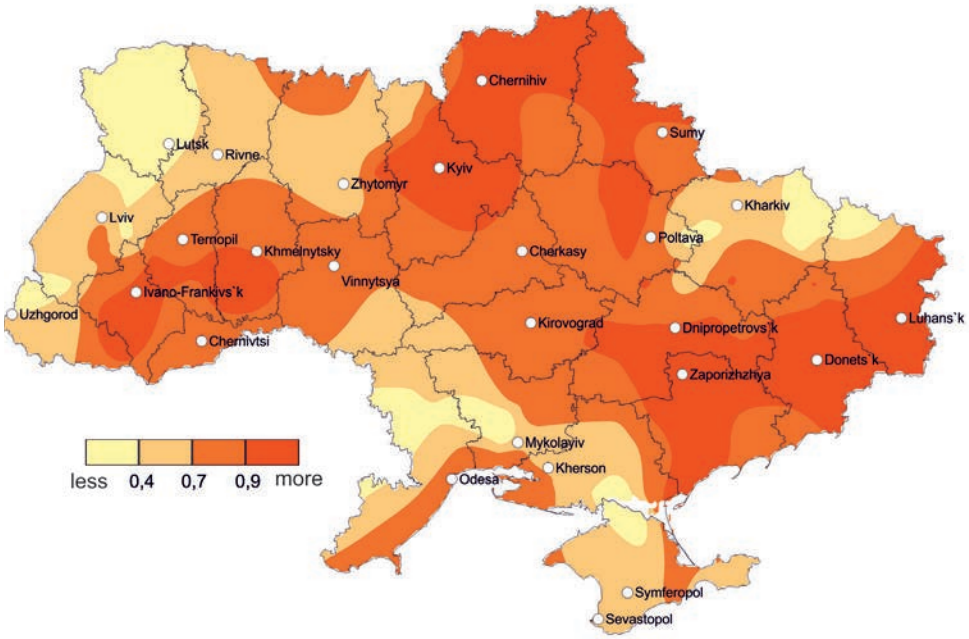


Fig. 2. Isocorrelation map showing relationship between ecological footprint in Ukrainian regions, ha per capita, and GRP, UAH per capita, in 2012

References

1. Promoting Sustainable Consumption : Good Practices in OECD Countries. [Electronic resource]. — Mode of access : http://www.oecd.org/greengrowth/40317373.pdf. — Screen title.

2. Data of State Statistics Service of Ukraine Electronic resource]. — Mode of access : http://ukrstat.org/en.

3. OECD Environmental Outlook to 2030 [Electronic resource]. — Mode of access : http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/40202689.pdf. — Screen title.

4. Paavola J. Economics, Ethics and Green Consumption [Electronic resource] / J. Paavola. — Mode of access : http://ru.scribd.com/doc/7673292/chapter-5-economics-ethics-and-green-consumerism. — Screen title.

5. Wackernagel M. Our Ecological Footprint : Reducing Human Impact on Earth / M. Wackernagel, W. E. Rees. — New Society Publ.,1996. — 176 p.

6. Грищенко Н. В. Оценка влияния уровня потребления населения на окружающую среду на региональном уровне / Н. В. Грищенко // Потенціал сучасної географії у розв'язанні проблем розвитку регіонів : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, присвяченої 95-річчю Національної академії наук України (Київ, Україна, 3 – 5 жовтня 2013 р.). — К. : Логос, 2013. — С. 337-343.

7. Грищенко Н. В. Оценка нагрузки на окружающую среду в Украине на региональном уровне методом экологического футпринта / Н. В. Грищенко // Геополитика и экогеодинамика регионов : науч. журнал. — 2014. — № 2 (10). — С. 489-493.

8. Caeiro S. Procedures and Criteria to Develop and Evaluate Household Sustainable Consumption Indicators / S. Caeiro, T. B. Ramos, D. Huisingh // Journal of Cleaner Production. — 2012. — № 27.— P. 72 – 91.

9. Carrigan M. The Myth of the Ethical Consumer – Do Ethics Matter in Purchase Behaviour? / M. Carrigan, A. Attalla // Journal of Consumer Marketing. – 2001. – № 18 (7). – P. 560 – 577.

10. Ермакова Л. Н. Прогноз урожайности яровой пшеницы на Урале синоптико-статистическим методом / Л. Н. Ермакова, Н. И. Толмачева // Географический вестник. Научный журнал Пермского государственного университета. — №2. — 2006 г. — С.111-117.

11. Девятова Е. В. Долговременные вариации вихревой акивности атмосферы / Е. В. Девятова, П. Г. Ковадло, В. И. Мордвинов // Солнечно-земная физика. — Вып. 13. — 2009 г. — С. 47-54.

12. Poveda G. Feedbacks between Hydrological Processes in Tropical South America and Large-Scale Ocean – Atmospheric Phenomena / G. Poveda, Mesa O. J. // Journal of climate. — Vol. 10. — 1996. — P. 2690-2702.

13. Габдуллина Л. А. Научно-методические аспекты разработки и использования ГИС для геоэкологической оценки территории (на примере Ижевска) (автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата наук). — Пермь, 2007 г. — 36 с.

14. Голиков А. П. Математические методы в географии / А. П. Голиков, И. Г. Черванев, А. М. Трофимов. — Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. — 144 с.

15. Грищенко Н. В. Оценка нагрузки на окружающую среду в Украине на региональном уровне методом экологического футпринта / Н. В. Грищенко // Геополитика и экогеодинамика регионов : науч. журнал. — 2014. — № 2 (10). — С. 489-493.

UDC 911.9:504.062.2

O. O. Volkovaia, O. S. Tretyakov
V. N. Karazin Kharkiv National University

GEOINFORMATIONAL SUPPORT OF WIND POWER DEVELOPMENT AT THE LOCAL LEVEL

The paper deals with the methodology of the potential wind energy generation forecasting for local areas. The results of its application in the Kharkiv region are analyzed.

Keywords: GIS modeling, average wind speed, wind and energy potential.

О. О. Волковая, О. С. Третьяков

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ НА ЛОКАЛЬНОМУ РІВНІ

В роботі розглянуто методику прогнозування потенційного виробітку енергії для локальних територій та проаналізовано результати її апробації на території Харківської області.

Ключові слова: ГІС-моделювання, середні швидкості вітру, вітроенергетичний потенціал.

А. А. Волковая, А. С. Третьяков

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ

В работе рассмотрена методика прогнозирования потенциальной выработки энергии для локальных территорий и проанализированы результаты ее апробации на территории Харьковской области.

Ключевые слова: ГИС-моделирование, средние скорости ветра, ветроэнергетический потенциал.

Introduction. Wind energy as a high-tech, cost- and environmentally-effective sector has developed significantly in many countries over the last 10-15 years. In 2013, the growth rate of wind power industry in Ukraine amounted to 56%. In such circumstances, the search of effective technologies and research methods of rational organization of work and the calculation of the perspective output power of wind turbines (WPP) is urgent. The geoinformation systems play an important role in the implementation of such studies, provide unique opportunities for the creation of wind energy development strategies at local and regional levels. Consideration of geographical factors in the prediction of WPP is necessary, but still optimal methods of calculation of their effect on the WPP operation are being developed. As based on the stochastic nature of wind, the analysis of large areas is irrational and unpractical.

Study background. The work is based on works of national and foreign researches in the forecasting of power output. The division of methods of forecasting of wind energy offered by M. Kuznetsov [2] is reasonable. According to it, there are two categories: physical methods, exploring a number of physical properties of the atmosphere and its interaction with the surface of the Earth, and statistical, based on statistical regularities among the array of results of direct measurements. Using both categories at the same time provides optimum accuracy of results. In the paper of Syrotiuk M. [3] The initial data for integrated assessment of wind power potential in Transcarpathia were measurements of wind speed based on hydrometeorological service network. The dependence of direction and wind speed on various factors (direction of mountain valleys, characteristics of the atmospheric circulation and relief) was taken into account. On the basis of calculations of power density of wind flow with the help of Monte Carlo method, three wind power zones were distinguished. It was found that the highest area (Polonynskyi spine) has the largest potential wind energy. In the paper of Smerdova A. and Bulba E. [4] the feasibility of using wind turbines to meet agricultural needs is analyzed. Statistical evaluation of the characteristics of the wind speed in Poltava was conducted in this work. Through calculation of the coefficients of the Weibull distribution the estimation of wind potential was made. In the paper of O. Achkasova and O. Tretyakov [1] the wind potential of plain area with the minimal forestation and the lack of reservoirs was studied. The result of the work was the creation of maps of wind power capacity and average wind speeds in the area of research. In the research there was used a wind speed modeling method, which was considered by the authors of the last paper [1]. The method of consideration of the terrain roughness, which was used in the research, was based on the method discussed in the work of American scientists [5]. Fundamentally new in the research are:

- The consideration of inhomogeneous areas for the research of wind turbine energy output;
- The use of energy output simulation for specific WPP accommodation options with consideration of environmental and resource factors.

The goals and the objectives of the research.

The aim of this paper is a comparative analysis of the energy output of wind turbines located in areas with a different combination of physical and geographical conditions, with the help of GIS.

To achieve this goal following tasks were completed:

- The analysis of preconditions of placement WPP in

Kharkiv region and determination of the optimal areas for the study was made;

- Wind speed and energy output modeling for specific areas within the selected area was done;

- A comparative analysis of some potential locations for wind turbines in areas with various qualities of the physical-geographical conditions was conducted.

Materials and methods.

The calculations of potential energy output were based on the value of wind speed. The more detailed information about the values of wind speed is available the more accurate the projected energy output will be. For this purpose the creation of statistical surfaces of average wind speed was used in the research. Each point of the surface met a certain calculated value of the average rate for the area.

In the research, the data obtained from anemometer measuring near the Golubovka village at an altitude of 22 m from the earth's surface (180 m above sea level) was used. The measurements were conducted within the study area during the period from 8.10.2008 to 9.03.2009 by the specialists of Geomonitoring and Conservancy Department of geological and geographical school of the V. N. Karazin Kharkiv National University together with employees of the French wind power company «Nerzh an Avel». To estimate the probability distribution of the obtained values of wind speed, Weibull distribution function was used; parameter k = 2,4 and parameter p = 6.33 was obtained for the investigated area.

Construction of the average wind speed distribution surface.

An important aspect of the wind resource assessment is related to the fact that the height of the wind wheel is higher from the wind speed measurement level. At the surface layer an increase of height leads to an increase in wind speed. To extrapolate the value of wind speed in the vertical and horizontal plane the logarithmic law of vertical wind profile construction was used, the roughness of underlying surface areas was taken into account. At the first stage of the study a total matrix of heights was constructed using GIS Map 2011 application. 1:10 000 scale topographic maps were taken as a basis for the construction of the matrix. Initially, the maps' vectorization was held with the help of GIS Map 2011 application, and later total matrix was constructed from each map sheet through the method of average heights interpolation. The equalization of matrices was held to smooth heights in areas of overlap. Then separate matrices were combined into one, which covered the whole area of study. The resulting map contained information about the total height of all points of the territory.

The size of the territory depicted on the map was within 275 km^2. This coverage is too large to handle with in the Wind Farm application. Therefore, the resulting map was divided into several parts, each of which was analyzed separately. The feature of the analysis in Wind Farm application was quite significant distortion of the results in marginal areas of the map. To ensure the best reliability of the final results, the overlapping of projects was made to the value of 50%; 31 matrices of heights from a large were obtained. The side of the square size within each project thus was 5 km, overlaying — 2500 m.

The last thing that was done at this stage was a conversion of the heights matrices into a text format for further use in other GIS environment. The surface of terrain roughness was built in the Wind Farm application on the basis of satellite image of the territory, which was found in the Google Earth environment. For those the bitmap based vectorization of terrain objects (forests, shelterbelts, shrubs, arable land, reservoirs, ponds, settlements) was made. The appropriate value of roughness was given to each object.

The next step was to create a Wind Farm project for each of the height matrices. Each project had to be snapped to geographic coordinates. The grids with the values of heights and roughness of the terrain were immediately placed into projects. Each project was linked with information about wind rose and wind speed in accordance with anemometer readings. At each site the location of anemometer was chosen at the same absolute (180 m) and relative height (22 m), as in that part of the site where it was stored during the measurements.

The next stage — the modeling of wind speed for which a WindFlow software module was used. During the modeling the mathematical calculation of wind speed for given parameters was made, and then the construction of wind speed averages surface for the area was held. The map of average wind speed for the study area is shown on Figure 1.

Modeling of the potential energy output.

On the basis of the distribution of wind speeds, average wind speed surface, wind energy installation specifications and layer in which the point of the placement of wind turbine was specified, the potential electricity generation was estimated. The calculation was carried out in the environment of Wind Farm application.

To calculate the energy that would be generated by the wind turbines, double integration of all directions and wind speeds at which this generator would work was made. Windrose included automatically calculated information about wind profile for each sector. For the hub height wind speed value was calculated by logarithmic law. So, the value of wind speeds at the anemometer site at a hub height was obtained. To calculate the value of wind speed at a particular place, the calculated matrix of wind speeds for the entire territory was used. The next step was to combine wind speed distribution by sectors with the repeatability of each direction throughout the year. According to the wind turbine power output curve (the output depending on wind speed), potential energy output in [kW · h] was calculated (Fig. 2).

Results. According to the results of construction, it can be concluded that the largest wind speed within the observed area was in the northern part of the watershed,

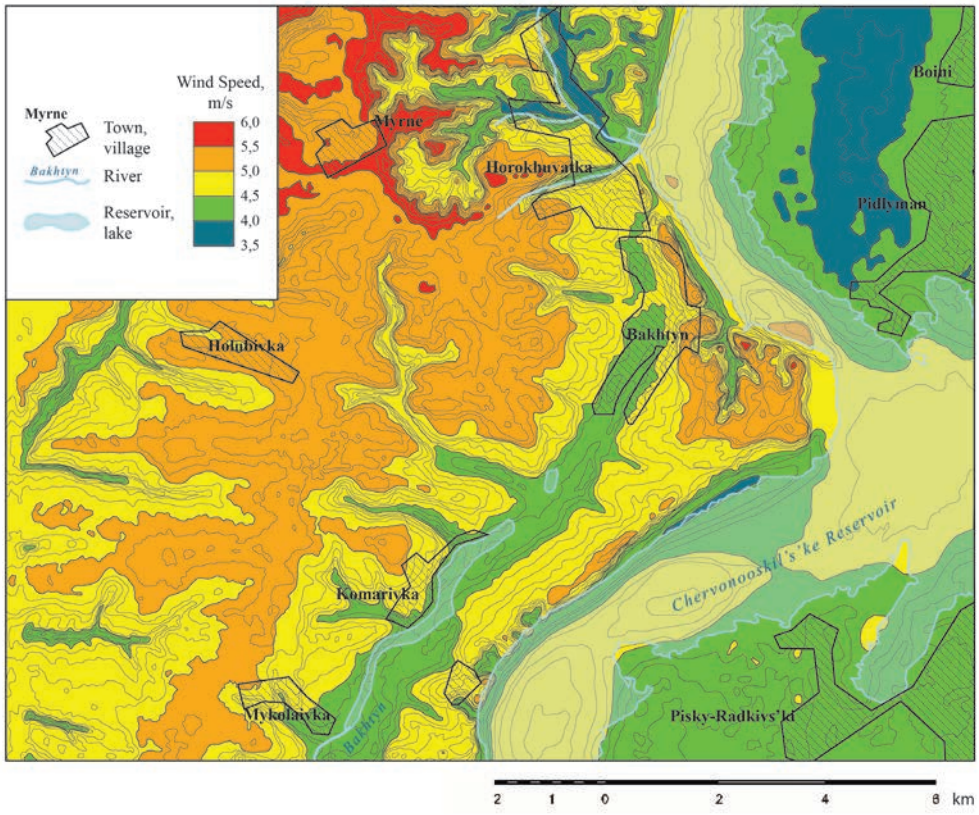


Fig. 1. Estimated average wind speed within the research area

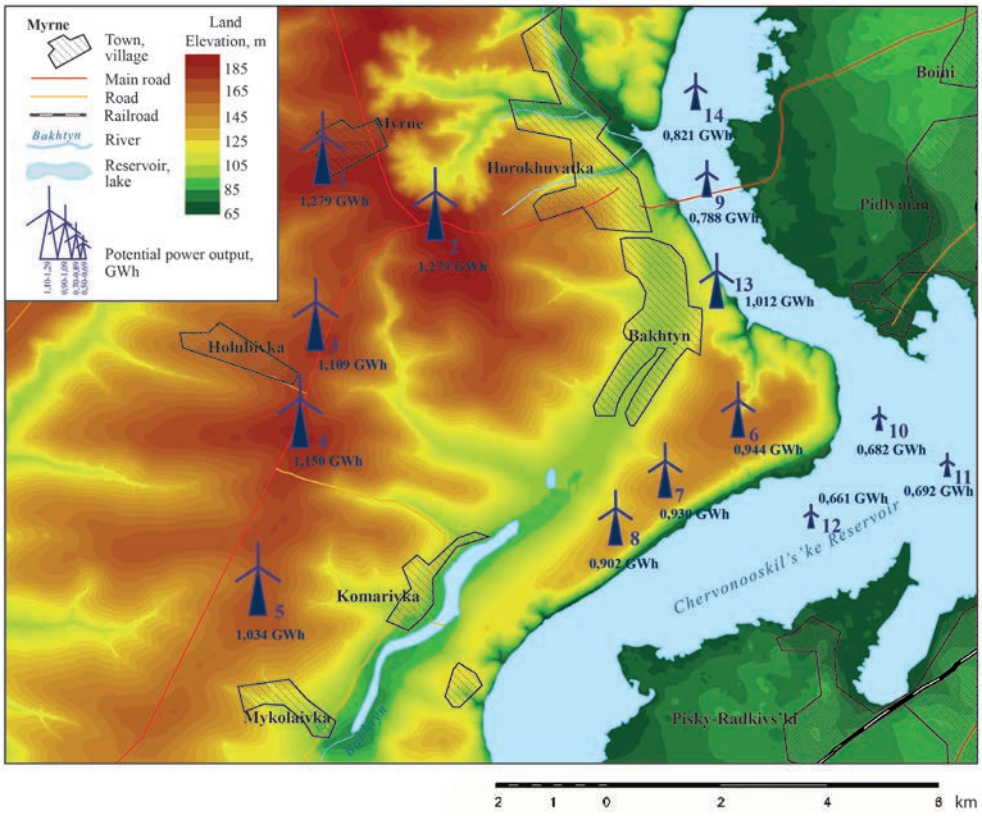


Fig. 2. Calculated output power and potential locations of wind turbines within the research area

which is characterized by the highest elevations of the area. A certain increase in wind speeds is also observed on the coastal slope (area near the Bakhtin village), which is caused primarily by the proximity of the reservoir. Winds are able to be dispersed over the surface of the reservoir to large values. This contributes to a large enough size of the reservoir, and the wind rose frequency distribution of winds. As the north wind direction has a higher frequency than the south one, higher values of wind speed in the northern coastal areas of the slope were observed. Lowest run rate was near the Pidlyman village (due to significant forest cover and small absolute height).

The largest potential energy output was observed for generators №1 and №2 at the highest points of the area. This result was related to the fact that the winds don't encounter significant obstacles (slopes, hills), and wind turbines can use air currents of different directions. The area within this site is fairly homogeneous, flat, which also improves results.

The disadvantage of placing on the coast was a fairly high degree of forestation on the slope and the possibility of turbulent motions of air that would slow wind flows down. As can be seen from the results in this case, the wind profile was high enough above the surface of the reservoir to gain high values of wind velocity at the site of wind turbines placement, and disadvantages mentioned above do not influence significantly. As a result of compaction of wind speeds on the slope, the value of output was significant. Because of this, among other potential provisions generator №13 was allocated, which had better energy efficiency than the three generators on the other side of the slope. This is due to the fact that the on north of the potential position of the generator the largest compared to any other point of the map area of the water surface is situated; this allowed northern winds to reach great speeds. This way, the generator on the northern slope is close to the output values of generators, situated on the watershed.

It should be noted that as a result of wind speeds surface construction some indications errors were indicated, which was negligible in the survey, but was taken into account while analyzing the results. This error is associated with a variety of roughness indications within the area and great differences of heights for the area. Size of error was set by combining surface distribution of wind speeds for various projects in the Golden Software Surfer application. The resulting surface has shown that, as the anemometer was placed at a height of 180 meters, the largest error was for the reservoir area.

Conclusions. The obtained values of potential wind turbines output indicate that in case of wind turbines installing on the area, total time of WPP work in equivalent to a full load will reach 1.5 – 2 thousand hours, what experts say is quite a high value for a wind energy.

Wind turbine energy output for various potential sites in different physiographic conditions was analyzed. It was determined that among the selected areas (watershed, slope, reservoir), the most promising for the use of wind energy is the highest area located on watershed where annual energy output reaches values of 1,279 GW · h. The smallest output was observed in a wide part of the reservoir, surrounded by forest plantations around all sides and coast scenic slope in the west.

The dominant parameter in the design of output power was absolute altitude. The higher the area the better the output is. But at the same time, the value of output can reach high values even in the point of terrain is not characterized by dominant heights. Under conditions of the same altitude of the area, the best power output will be in the area that has the lowest values of roughness and enough open space around to disperse the air flow.

Modeling with the use of GIS enabled to fully assess the prospects for placing wind farms at highlighted areas and the points of the area with the greatest wind energy potential.

Scientific supervisor: Doctor of Technical Sciences (hab.), Professor Igor Chervanyov

References:

1. Ачкасова О. О. ГІС-моделювання швидкостей вітру центральної частини Вовчанського району Харківської області / О. О. Ачкасова, О. С. Третьяков // Проблеми безперервної освіти і картографії: збірник наукових праць. Випуск 9. — К.: Інститут передових технологій, 2009. — С. 13-17.

2. Кузнєцов М.П. Методи прогнозування виробітку електроенергії вітровими електростанціями / М. П. Кузнєцов // Відновлювана енергетика. — 2010. — №3. — с.42-48.

3. Сиротюк М. І. Поновлювані джерела енергії: навчальний посібник / М. І. Сиротюк — Львів: Видавничий центр Львівського національного університету ім. І. Франка, 2008. – 247 с.

4. Смердов А. А. Статистичні характеристики швидкості вітру в регіоні м. Полтави / А. А. Смердов, Є. М. Бульба // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — 2011. — № 1. — С. 153-157.

5. Cataldo, J. Roughness terrain consideration in a wind interpolation numerical model / J. Cataldo, M. Zeballos // 11th Americas Conference on Wind Engineering — San Juan, Puerto Rico, 2009.

ЗМІСТ

Г. Р. Байрак
МОЖЛИВОСТІ ГІС ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬЄФУ І ПРОЯВІВ СУЧАСНОЇ ЕКЗОДИНАМІКИ....3

В. В. Богомолов, А. В. Полупан, Т. А. Кочнева, Л. В. Алексєєва, О. В. Остапчик, О. І. Борисенко
ДЕРЖАВНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА «ЛІСИ УКРАЇНИ» — ОСНОВА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ЛІСОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ....6

С. А. Буторина, М. Ю. Грищенко
ИССЛЕДОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СТРУКТУРЫ ТРОИЦКОГО И НОВОМОСКОВСКОГО АДМИНИСТРАТИВНЫХ ОКРУГОВ Г. МОСКВЫ....10

О. Д. Васильев, Д. С. Барышников, А. С. Репина, А. А. Сучилин
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ-ГЕОГРАФОВ.... 14

О. В. Гаврюшин
СПОСОБИ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДИНАМІКИ АДМІНІСТРАТИВНО-ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ПОДІЛУ В ГІС.... 21

Е. И. Газетов
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ ОБРАБОТКИ БАТИМЕТРИИ МОРСКОГО ШЕЛЬФА о. ЗМЕИНЫЙ.... 26

Н. О. Гаман
РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ЦІЛЕЙ ВАНТАЖНИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.... 30

В. Г. Клименко, А. В. Олійник
ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДООХОРОННОЇ МЕРЕЖІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ГРАФОАНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ.... 36

М. В. Косарєв, С. О. Ясенев
КОСМІЧНІ ЗНІМКИ ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА ОСНОВА КАРТОГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ....42

С. В. Кострікoв, Д. Л. Кулаков, К. Ю. Сегіда
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІС ДЛЯ LiDAR-ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ В ЦІЛЯХ АНАЛІЗУ УРБОГЕОСИСТЕМ....45

О. І. Кравченко, А. В. Негалюк, Н. О. Непошивайленко, О. О.Карпенко
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ПРОМИСЛОВОЇ УРБОСИСТЕМИ, ЗАСНОВАНИЙ НА РЕЗУЛЬТАТАХ БІОІНДИКАЦІЇ РОЗВИТКУ РОСЛИН РОДУ POPULUS.... 53

Т. М. Курач
ОЦІНКА СТУПЕНЯ ВИРАЖЕНОСТІ АБСТРАКТНОСТІ/КОНКРЕТНОСТІ НА ГЕОЗОБРАЖЕННЯХ.... 58

Г. В. Лобанов, А. Ю. Зверева, М. В. Коханько, М. А. Новикова, А. В. Полякова, Б. В. Тришкин
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В МОРФОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ.... 62

Н. В. Малышева, Т. А. Золина, Н. А. Владимирова
КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ СЕРВИС ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЛЕСНОГО РЕЕСТРА РОССИИ.... 67

В. А. Михайлов
АНАЛИЗ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА
С ПОМОЩЬЮ ГИС..... 72

О. С. Мкртчян
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПОЛІВ..... 76

В. В. Путренко
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕКИ ВИНИКНЕННЯ ПРИРОДИХ ПОЖЕЖ
НА ОСНОВІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ..... 80

А. А. Светличный, А. В. Пяткова
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ..... 83

Д. В. Свідзінська
ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ ВИСОТ SRTM ТА ASTER
ДЛЯ ЦІЛЕЙ ГІДРОЛОГІЧНОГО ГЕОПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ..... 88

Н. П. Сергєєва, М. І. Сеньків
МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОГРАФІЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ
СИСТЕМ У ЛОГІСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ..... 92

Л. Ю. Сорокіна, Р. Ф. Зарудна, О. Г. Голубцов
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ ЛАНДШАФТІВ УКРАЇНИ..... 96

С. М. Ткачук
ГІС ЯК СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ..... 102

E. O. Andryushchenko, N. G. Manakova
USING STATISTICAL DATA ANALYSIS TO IMPLEMENT NORMATIVE MONETARY
LAND VALUATION OF SETTLEMENTS..... 105

M. O. Balynska
USING GIS FOR THE EVALUATION OF THE CROP RESIDUES ENERGY POTENTIAL..... 108

N. V. Gryshchenko, O. S. Tretyakov
SPATIAL RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL IMPACT AND WELFARE
OF POPULATION IN UKRAINIAN REGIONS..... 113

O. O. Volkovaia, O. S. Tretyakov
GEOINFORMATIONAL SUPPORT OF WIND POWER DEVELOPMENT AT THE LOCAL LEVEL..... 117

Тези доповідей, збірники матеріалів та збірники наукових праць, які видані за тематикою Міжнародних наукових конференцій (до 2011 р. — семінарів), що проводяться щороку на кафедрі фізичної географії та картографії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна — опорній кафедрі (методичному центрі) з дисциплін картографо-топографічного циклу для університетів, які входять до Євразійської асоціації і здійснюють підготовку бакалаврів, спеціалістів та магістрів географії:

1. Досвід удосконалення навчального процесу з топографії та картографії на географічних факультетах університетів: Тези доп. Міжуніверситет. навч.-метод. семінару, Харків, травень 1993 р. — Х.,1993. — 45 с.

2. Сучасний стан та перспективи вивчення географії рідного краю у школах: Тези доп. Міжнарод. наук.-метод. семінару, Харків, 12 – 16 вересня 1994 р. — Х.,1994. — 141 с.

3. Шкільна топографія та картографія: реалії та перспективи: Тези доп. і повідом. наук.-метод. семінару викладачів ун-тів та засідання секції географічної картографії Навчально-методичної ради з географії Євразійської асоціації університетів, Харків, 12 – 15 вересня 1995 р. — Х.,1995. — 90 с.

4. Безперервна географічна освіта (дошкільна, шкільна, вузівська, післядипломна): нове у змісті і методиці: Матеріали III Міжнарод. наук.-метод. семінару, Харків, 9 – 13 вересня 1996 р. — Х.,1996. — 121 с.

5. Посилення практичної підготовки студентів-географів з топографії і картографії та координації і результативності досліджень з географічної картографії на картографічних кафедрах державних університетів: Матеріали 3-го Міжнарод. наук.-метод. семінару викладачів топографії та картографії держ. ун-тів, Харків, 7 – 11 липня 1997 р. — Х.,1997. — 80 с.

6. Безперервна географічна освіта: інноваційні методи і технології: Матеріали IV Міжнарод. наук.-метод. семінару, Харків, 13 – 17 вересня 1998 р. — Х.,1998. — 148 с.

7. Науково-методичне забезпечення навчального процесу з топографії і картографії на факультетах університетів та в школах з поглибленим вивченням географії: Матеріали 4-го Міжнарод. наук.-метод. семінару, Харків, 14 – 17 вересня 1999 р. — Х.,1999. — 140 с.

8. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К.: Антекс, 2000. — Вип. 1. — 208 с.

9. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Вінниця: Антекс, 2001. — Вип. 2. — 240 с.

10. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії Збірник наукових праць. — Вінниця: Консоль, 2002. — Вип. 3. — 338 с.

11. Модернізація і реформування середньої, вищої і післядипломної географічної та картографічної освіти в країнах СНД: досвід, проблеми, перспективи: Матеріали 12-го Міжнарод. наук.-метод. семінару, Харків, 8 – 12 вересня 2003 р. — Вінниця: Антекс-У Лтд.,2003. — 376 с.

12. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії Збірник наукових праць. — Вінниця: Антекс-УЛТД, 2004. — Вип. 4. — 300 с.

13. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2005. — Вип. 5. — 208 с.

14. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2006. — Вип. 6. — 240 с.

15. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2007. — Вип. 7. — 208 с.

16. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2008. — Вип. 8. — 324 с.

17. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2009. — Вип. 9. — 264 с.

18. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — К: Інститут передових технологій, 2009. — Вип. 10. — 248 с.

19. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. — Вип. 11. — 188 с.

20. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. — Вип. 12. — 216 с.

21. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2011. — Вип. 13. — 118 с.

22. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2011. — Вип. 14. — 128 с.

23. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2012. — Вип. 15. — 120 с.

24. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2012. — Вип. 16. — 138 с.

25. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2013. — Вип. 17. — 74 с.

26. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: Збірник наукових праць. — Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2013. — Вип. 18. — 186 с.

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ
БЕЗПЕРЕРВНОЇ ГЕОГРАФІЧНОЇ ОСВІТИ
І КАРТОГРАФІЇ

Збірник наукових праць

Випуск 19

Українською, російською та англійською мовами

Комп'ютерне верстання О.В. Бодня
Макет обкладинки О.В. Бодня

Формат 60х84/8. Ум. друк. арк. 14,4. Тираж 100 пр.

Видавець і виготовлювач
Друкарня ФОП Олєйнікова Ю.В.
м. Харків, вул. Енгельса, 29А.
Тел.: +38(057) 7-529-729, +38(057) 764-63-54
Свідоцтво про реєстрацію:
серія ХК, №163 від 20.12.2005 р.

intetics Geo

Where Spatial Concepts Come Alive

О компании

Начиная с 1995 года, Intetics успешно сотрудничает в IT-индустрии с более чем 200 компаниями по всему миру. Используя передовые информационные технологии и регламентированные бизнес-процессы, мы реализуем самые сложные идеи своих клиентов. Мы благодарны нашим клиентам за те задачи, которые они нам поручают — это дает нам возможность развиваться, выполняя работу, которую мы любим.

Мы ежегодно побеждаем в профессиональных конкурсах и получаем награды, в том числе такие престижные, как Deloitte Technology Fast 50, Inc 500, CRN 100 и European IT Excellence Awards. Intetics входит в рейтинги лучших компаний отрасли: Top 100 Global Service Providers и Top 100 Global Outsourcing. Мы сертифицированы по стандарту ISO 9001:2008 и являемся Microsoft Gold Certified Partner.

Отдел Intetics-Geo был создан в апреле 2009 года, команда на тот момент состояла из 6 человек. Теперь наша команда насчитывает более 100 человек. Более 70 % специалистов нашей команды имеют высшее специальное образование в сфере ГИС, картографии, географии, планирования. Наши специалисты владеют опытом разработки и внедрения геоинформационных систем для всех отраслей хозяйства. На сегодняшний день компанией выполнено более 500 проектов по разным странам мира.

Мы активно участвуем в социальной жизни отрасли. Intetics-Geo ежегодно проводит ГИС-День и День открытых дверей, поддерживает проведение ГИС-Форума. Специалисты Intetics-Geo проводят семинары и мастер-классы по изучению современных инструментов и методов для всех интересующихся геоинформационными технологиями.

Наши услуги

Мы верим в то, что использование геоинформационных систем меняет мир к лучшему, позволяя по-новому взглянуть на привычные данные, повышая точность оценок и прогнозов, обеспечивая более точные управленческие решения.

В реализации ГИС-проектов мы уделяем повышенное внимание геоданным. Ваши данные — это самое ценное. Они являются основой для создания карт, отчетов и анализа десятки лет, тогда как информационные системы могут менять архитектуру, версии и поставщиков.

Мы заботимся о правильной работе с геоданными, для того чтобы получать максимум новой полезной информации при мониторинге, анализе, прогнозе и картографической визуализации.

Наши услуги охватывают весь комплекс разработки ГИС — от консалтинга, проектирования систем и разработки наборов данных до технической поддержки.

Контактная информация:
ул. Новгородская, 3б, Харьков, 61103
Тел: +38-057-760-48-77, +38-057-760-48-78
E-mail: geo@intetics.com
www.intetics.com/geo