

– Київ: ЗАТ «Нічлава», 2006. – 480 с.

### References

1. Veklich M.F. (1969). *Paleogeomorphology of the Ukrainian Shield region (Mesozoic, Cenozoic)*. Kyiv: Naukova Dumka.
2. Volkov N.G. (1982). *Methodology conjugated morphostructural analysis and its application in oil and gas exploration*. Kyiv: Naukova Dumka.
3. Volchanskaya I.K., Sapozhnikova Ye.N. (1990). *Analysis of relief when searching for mineral deposits*. Moscow: Nedra.
4. Gorelov S.K. (1972). *Morphostructural analysis of oil and gas bearing areas (on the south-east of the Russian plain example)*. Moscow: Nauka.
5. Gofshstein I.D. (1977). *Neotectonic role in the evaluation of oil and gas bearing area / Modern problems of geology and geochemistry of oil and gas*. Kyiv: Naukova Dumka. 91-99.
6. Map of the Ukraine mineral resources. Scale 1: 1 000 000. (Explanatory note. Author V.A.Kolosovska) (2002). Kyiv: Ed. center UkrDGRI. 86-102.
7. Neotectonic map of Southwest USSR. Scale 1: 1 000 000 (1987). (V.P.Palienko, G.M.Bilinkis, N.G.Volkov, A.K.Karabanov, E.A.Levkov, I.L.Sokolovsky; ed. A.M.Marinich). Kiev: Ministry of the USSR Petroleum Industry, USSR Ministry of Geology, the USSR Academy of Sciences.
8. *Structural and geographic directions of regional nature management in connection with the development of Ukraine mineral resource base*. V.P. Palienko, L.G. Rudenko, I.O. Horlenko, S.A. Lisowsky, M.Ye. Barshevskyy and others. (2007). Kyiv. (Dep. DNTB in Ukraine 21.05.07 №35-Uk 2007).
9. *Morphostructural analysis of Ukraine oil and gas bearing regions*. N.G. Volkov, V.P. Palienko, I.L. Sokolovsky (1981). Kiev: Naukova Dumka.
10. *Morphostructural-tectonic analysis of Ukraine territory (conceptual principles, methods and implementation*. V.P. Paliyenko, M.Y. Barshevskyy, R.O. Spytysya, O.B. Bahmet et al. (2013). Kyiv: Naukova Dumka.
11. Palienko V.P. (1992). *Modern geodynamics and its reflection in the relief of Ukraine*. Kiev: Naukova Dumka.
12. Palienko V.P. (1998). Prospects of structural, geomorphological and neotectonic data use for solution oil and gas exploration tasks. *Physical geography and geomorphology*. 35, 94-100.
13. Palienko V.P. (2010). General approaches and principles of morphostructural and neotectonic research in solving exploration and forecasting issues. *Mineral resources of Ukraine*, 3, 36-40.
14. Palienko E.T. (1978). *Explorational and engineering geomorphology*. Kiev: Vishcha shkola.
15. Rudko G.I. (2006). *Geological environment resources and ecological safety of techno-natural geosystems: monograph*; Under Ed. of G.I. Rudko. Kyiv: JSC «Nichlava».

Інститут географії Національної академії наук України, Київ

Стаття надійшла до редакції 3.10.2014

УДК 911.2/3

**О. Г. Голубцов**

## **ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ДАНИХ У ЛАНДШАФТНОМУ ПЛАНУВАННІ НА ОСНОВІ ГІС**

**А. Г. Голубцов**

### **ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ДАННЫХ В ЛАНДШАФТНОМ ПЛАНИРОВАНИИ НА ОСНОВЕ ГИС**

Институт географии Национальной академии наук Украины, Киев

Геоинформационные системы рассматриваются как технология, обеспечивающая обработку значительных объемов исходных геоданных и связывающая этапы ландшафтного планирования в единый взаимообусловленный процесс. Представлены методические требования, которые должны быть соблюдены при использовании ГИС в ландшафтном планировании. Приведены примеры применения ГИС-технологий в ландшафтном планировании на этапах инвентаризации данных и оценки ландшафтов.

**Ключевые слова:** ландшафтное планирование; геоинформационные системы; геоданные; геообработка.

**A. Golubtsov**

### **BASED ON GIS INVENTORY AND DATA ANALYSIS IN LANDSCAPE PLANNING**

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

Geographic information systems are viewed as a technology which facilitates the processing of significant volumes of raw geographical data and links the stages of landscape planning into a single interdependent process. The methodical requirements that must be met when using GIS in landscape planning have been presented. Examples of the GIS application in landscape planning for the phases of data inventory and landscapes evaluation.

**Keywords:** landscape planning; geographic information systems; geodata; geoprocessing.

© О.Г. Голубцов, 2014

### Актуальність питання

Ландшафтне планування – це територіально-концептуальне галузеве планування землекористування з точки зору охорони природи [8]. Завдання ландшафтного планування – надати обґрунтування для рішень щодо напрямів і заходів охорони і збереження природи на певній території. У центрі уваги – охорона та збереження видів і біотопів, краєвидів, ґрунтів, води, атмосферного повітря, клімату, загалом забезпечення можливостей тривалого використання ландшафту людиною. Основою прийняття рішень з управління ландшафтами, розроблення природоохоронних цілей та способів подолання конфліктів є інвентаризаційна та оціночна база геоданих про навколишнє середовище, яка формується за результатами детального аналізу та оцінювання компонентів природи, що підлягають охороні. Завершений проект – ландшафтна програма, рамковий ландшафтний план, ландшафтний план – надає своїм адресатам детальну базу даних про територію, перелік обґрунтованих рішень щодо еколого-орієнтованого управління ландшафтами, вказує способи практичного впровадження результатів. Наявність таких результатів значно розширює сферу застосування ландшафтного планування.

Ландшафтне планування стає платформою для вирішення широкого спектра завдань у галузях інформування, комунікації із громадськістю та бізнесовими колами, екологічної освіти, територіального та галузевого планування, оцінювання впливу на навколишнє природне середовище.

### Вихідні передумови

Реалізація проектів із ландшафтного планування на всіх його етапах ґрунтується на застосуванні геоінформаційних систем (ГІС) – інформаційних систем для збору, обробки, організації, аналізу та представлення географічних даних; включають апаратні та програмні продукти, дані та способи їх використання. Всі етапи, від отримання, зберігання, обробки та аналізу геопросторової інформації до моделювання й прийняття рішення, разом із програмно-технічними засобами об'єднуються назвою «ГІС-технології» [14]. Застосування ГІС сьогодні є загальноприйнятою практикою, що полегшує як власне розробку планувальних етапів і зміст ландшафтного планування, так і інтеграцію його результатів в інші види діяльності [21]. ГІС-технології у ландшафтному плануванні можуть бути застосовані на кожному з етапів планувальних робіт і забезпечують: обробку, аналіз та адміністрування великого масиву вихідних просторових даних про компоненти природи; представлення та поширення результатів через виведення готових карт на друк та через он-лайн ресурси; доступ до географічних даних, їх використання та поєднання із власними даними для сторонніх користувачів [23].

### Постановка завдання

Геоінформаційні технології у ландшафтному плануванні мають за мету забезпечити цілісність планувальних етапів – збір даних – аналіз – формулювання цілей – представлення результатів [21, 23, 24]. При цьому виділяють дві групи завдань, які реалізуються у ландшафтному плануванні із використанням ГІС-технологій.

1). Виконання ландшафтно-планувальних етапів. Ця група завдань має робочий характер. Дані та результати, отримані у ході виконання етапів ландшафтного планування, не всі й не завжди відображають у кінцевих звітах та включають у ГІС проекти, що надають кінцевим користувачам. Проте їх рекомендується зберігати для актуалізації оціночних суджень про ландшафти або уточнення сформульованих природоохоронних цілей.

Перша група включає такі завдання:

- організація та узгодження вихідних даних шляхом введення даних та створення баз геоданих,
- аналіз та оцінювання ландшафтів із застосуванням інструментів, доступних у програмному забезпеченні, моделей;
- планувальні роботи на основі аналізу оціночних суджень про стан ландшафтів та формулювання цілей і заходів.

2). Підготовка ландшафтних планів для користувачів – група завдань, які виконуються на завершальному етапі ландшафтного планування. Включає такі роботи:

- візуалізація для інформування про результати ландшафтного планування за допомогою друкування карт та підготовки презентацій, створення інфографіки, web-карт та їх публікації через online ресурси;
- створення готового продукту – географічної інформаційної системи, яка включає матеріали ландшафтного планування і надається у користування адресатам.

Мета цієї статті – представити можливості та методичні особливості застосування ГІС-технологій на перших двох етапах ландшафтного планування – інвентаризації та аналізу даних. Наведені у статті приклади опрацьовані у проекті «Ландшафтне планування в Україні», який виконувався в Інституті географії НАН України у 2010-2014 рр. для території Черкаської області.

Застосування ГІС-технологій у ландшафтному плануванні базується як на загальних теоретико-методологічних засадах функціонування геоінформаційних систем [5, 12, 14 та інші], так і на врахуванні методологічних особливостей власне ландшафтно-планувальних робіт [19, 20, 23, 24]. У контексті об'єкта дослідження ландшафтного планування, яким є ландшафт [17, 20], слід брати до уваги опрацьовані методи ГІС-аналізу ландшафтів [22]. При компіляції просторових даних для укладання карт та підготовці їх до друку слід керуватись методичними настановами, опрацьо-

Таблиця 1. Рівні, завдання та адресати ландшафтного планування [за 8, 20, 21]

Ієрархічний рівень ландшафтного планування	Завдання та рівень адміністративно-територіального устрою	Базовий масштаб	Адресати ландшафтного планування
Ландшафтна програма	стратегічне бачення природоохоронної діяльності в області або на території великого міста	1:200 000 - 1:300 000	Обласні державні адміністрації і ради, відділ містобудування і архітектури; відділ екології; адміністрації великих об'єктів ПЗФ; громадські організації
Рамковий ландшафтний план	деталізація загальних рекомендацій і цілей у межах району	1:50 000 - 1:100 000	Районні державні адміністрація і ради та їх структурні підрозділи; керівники місцевих природоохоронних об'єктів
Ландшафтний план	представлення конкретних заходів з охорони природи та догляду за ландшафтом на території сільської або міської ради	1:5 000 - 1:10 000	Сільська або міська ради, громада загалом
План озеленення	те саме на окремих ділянках у межах території однієї громади	1:5 00 - 1:2 000	Сільська або міська ради, власники ділянки

ваними у картографії [3, 12], зокрема, щодо територіального планування [10], екологічного картографування [2 та ін.].

Застосування ГІС на кожному із робочих етапів ландшафтного планування проілюстроване прикладами із проекту «Ландшафтне планування в Україні».

Під час виконання проекту основним програмним забезпеченням був ГІС-пакет ArcGIS 10.1 (ESRI Inc.), для окремих завдань, пов'язаних із аналізом цифрової моделі рельєфу, використовувалось програмне забезпечення SAGA.

### Методологічні вимоги до застосування ГІС у ландшафтному плануванні

На початку реалізації ландшафтно-планувального проекту слід з'ясувати та визначити загальні вимоги до застосування та проектування ГІС. Серед них важливе значення мають нижчевикладені.

- *Базовий масштаб робіт, роздільна здатність, детальність вихідних і оціночних даних* – визначаються величиною території. Ландшафтне планування реалізується як ієрархічна чотирирівнева система та орієнтується, головним чином, на одиниці територіально-адміністративного устрою [8, 20, 21], що і визначає базовий масштаб розробок і деталізацію даних (табл. 1).
- *Користувачі - адресати ландшафтного планування*. Кожен із рівнів ландшафтного планування передбачає визначене коло осіб і організацій, які використовуватимуть кінцеві результати проекту у своїй роботі (табл. 1). Це визначає ступінь складності ГІС, яка буде надана у користування зацікавленим колам; особливості публікації й поширення результатів для загального

доступу, ознайомлення та участі в обговоренні.

- *Програмне забезпечення*. Відомо багато розробок ГІС-платформ (ГІС-пакетів, оболонок) як платних (ArcGIS, MapInfo, Digital, MicroStation GeoGraphics, Autodesk Map, Geonics (НБЦ «Геоніка»), Карта (Панорама) та інші), так і відкритих (QGIS, SAGA). Кожен із ГІС-пакетів постійно модернізується, тому одночасно існує декілька версій кожного програмного продукту. Вибір програмного забезпечення досить індивідуальний і диктується фінансовими обмеженнями, умовами навченості виконавців і особистими побажаннями [5].
- *Система координат і проекція*. Вибір проекції визначається площею території вивчення і доступними даними. При цьому слід враховувати, що перетворення проекцій вносять додаткову похибку в дані. На вибір проекції впливає також те, які характеристики земної поверхні мають зберігатися (зазвичай – найважливіші для аналізу) [5].
- *Дані, які будуть введені в ГІС*, та формати їхнього представлення. Розроблення ландшафтних планів ґрунтується на аналізі даних про клімат і приземну атмосферу, підземні й поверхневі води, ґрунти, види флори і фауни, біотопи, ландшафти, типи землекористування та негативні впливи [4]. Вся сукупність інформації може бути представлена як векторні (точки, лінії, полігони) або растрові дані, скановані аналогові карти з просторовою прив'язкою; матеріали дистанційного зондування Землі (дані SRTM, космічні знімки різного типу). Інформація вноситься в таблиці атрибутів чи міститься у пов'язаних Excel, Access та інших підтримуваних файлах та базах даних.

- **Класифікація даних.** При проектуванні ГІС слід визначити системи класифікації даних, що задовольняють вимоги моделювання. В ГІС та на опублікованих картах інформацію про компоненти природи доцільно представляти згідно загальноприйнятих вимог до класифікації показників. Наприклад, для характеристики ґрунтового покриття (типи і види ґрунтів, фізико-хімічні показники) доцільно використовувати класифікації, а також одиниці вимірювання та кольорові гамми для позначення на картах згідно нормативних вимог, прийнятих у відповідних відомствах [напр., 6] з тим, щоб фахівці мали чітке розуміння результатів оцінювання ґрунтів.

### Приклади застосування ГІС у ландшафтному плануванні

**Інвентаризація даних.** ГІС-технології на інвентаризаційному етапі допомагають організувати та узгодити просторові дані таким чином, щоб забезпечити можливість їх подальшого використання для аналізу та актуалізації. Для цього всі доступні матеріали (скановані паперові карти, дані ДЗЗ, доступні векторні й растрові дані) слід ввести в ГІС у єдиній проекції та системі координат. Оскільки переважний обсяг картографічних матеріалів в Україні все ще міститься на паперових носіях, то необхідно здійснити оцифровування матеріалів. Це потребує значних затрат часу, проте полегшує виконання наступних етапів ландшафтного планування.

Проілюструємо інвентаризаційні роботи двома прикладами – створення і аналіз растрової цифрової моделі рельєфу (ЦМР) та створення векторної моделі ґрунтового покриття. Це – одні з ключових вихідних даних, які відіграють важливу роль при оцінюванні ландшафтів.

**Цифрова модель рельєфу.** Роль рельєфу, як особливої складової ландшафту, здебільшого аналізують на основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР) – цифрового представлення рельєфу в його геоморфологічному розумінні, тобто топографічної моделі оголеної земної поверхні [13]. Способи представлення ЦМР бувають двох типів – регулярна растрова (GRID) та нерегулярна триангуляційна (TIN). Значення ЦМР для аналітичного застосування в геоecологічних дослідженнях різного спрямування, зокрема, у ландшафтному плануванні, пояснюється доступністю (наявність відкритих даних та можливість генерування ЦМР самостійно); практичністю (оперативність отримання похідної інформації); функціональністю (добре розвинений інструментарій ГІС для отримання похідних даних) [13].

Створення ЦМР можливе на основі даних наземного топографічного знімання, даних ДЗЗ, а також на основі картографічних джерел, кожне з яких має свої особливості щодо техніки генеру-

вання та якості результуючої ЦМР [13]. Наземне топографічне знімання із використанням GPS дає найбільш точні результати, але потребує значних затрат, тому найкраще підходить для дослідження невеликих ділянок, наприклад, при створенні плану озеленення. Для всіх рівнів ландшафтного планування доступним є генерування ЦМР на основі оцифрування висотних відміток та допоміжної інформації (річок, каналів, озер) з аналогових носіїв – топографічних карт відповідних масштабів. Альтернативою цього способу, який потребує значних затрат часу, є дані Глобальної цифрової моделі висот SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION DIGITAL ELEVATION MODEL (SRTM DEM) [25], які є у відкритому доступі, дуже детальні і, залежно від території, їх можна порівнювати з топографічними картами масштабу 1:50 000 [18]. Отже, дані SRTM цілком придатні для використання у ландшафтній програмі, частково – у рамковому ландшафтному плані (при відсутності або неможливості отримати топографічні карти). Для створення ЦМР у ландшафтних планах найбільш обґрунтованим є використання топографічних карт масштабу 1:10000.

Схема, представлена на рисунку 1, демонструє процес створення та аналізу цифрової моделі рельєфу під час розроблення Рамкового ландшафтного плану Канівського району:

1. Мануальна векторизація горизонталей (тип даних - лінія) та висотних відміток (тип даних – точка) на основі топографічної карти масштабу 1:50000 із внесенням показників про абсолютні висоти у відповідні поля таблиці атрибутів. Векторизація річок, каналів, озер і водосховищ.

2. Генерування ЦМР на основі інструменту інтерполяції TOPO-TO-RASTR модуля Spatial Analyst (ArcGIS), який дає можливість створити гідрологічно коректну модель. (Альтернативне програмне забезпечення для створення та аналізу ЦМР – відкрита ГІС SAGA).

На основі ЦМР отримана різноманітна похідна інформація:

- із використання інструментів Spatial Analyst в ArcGIS розраховано кути нахилу поверхні, що використано, зокрема, при оцінюванні чутливості ґрунтів до водної ерозії; експозицію схилів, що враховано при оцінюванні умов місцезростання; виконано відмивку рельєфу для створення об'ємного ефекту при візуалізації;

- в ГІС SAGA з використанням інструментів Terrain Analysis - Hydrology визначено басейнову структуру території, за допомогою інструменту Terrain Analysis - Channel Network згенеровано тальвеги. Такі дані використано для визначення чутливості ландшафтів до забруднення хімічними речовинами, на основі шейп-файлу тальвегів розраховано горизонтальну розчленованість;

- на основі інструменту «зональна статистика»



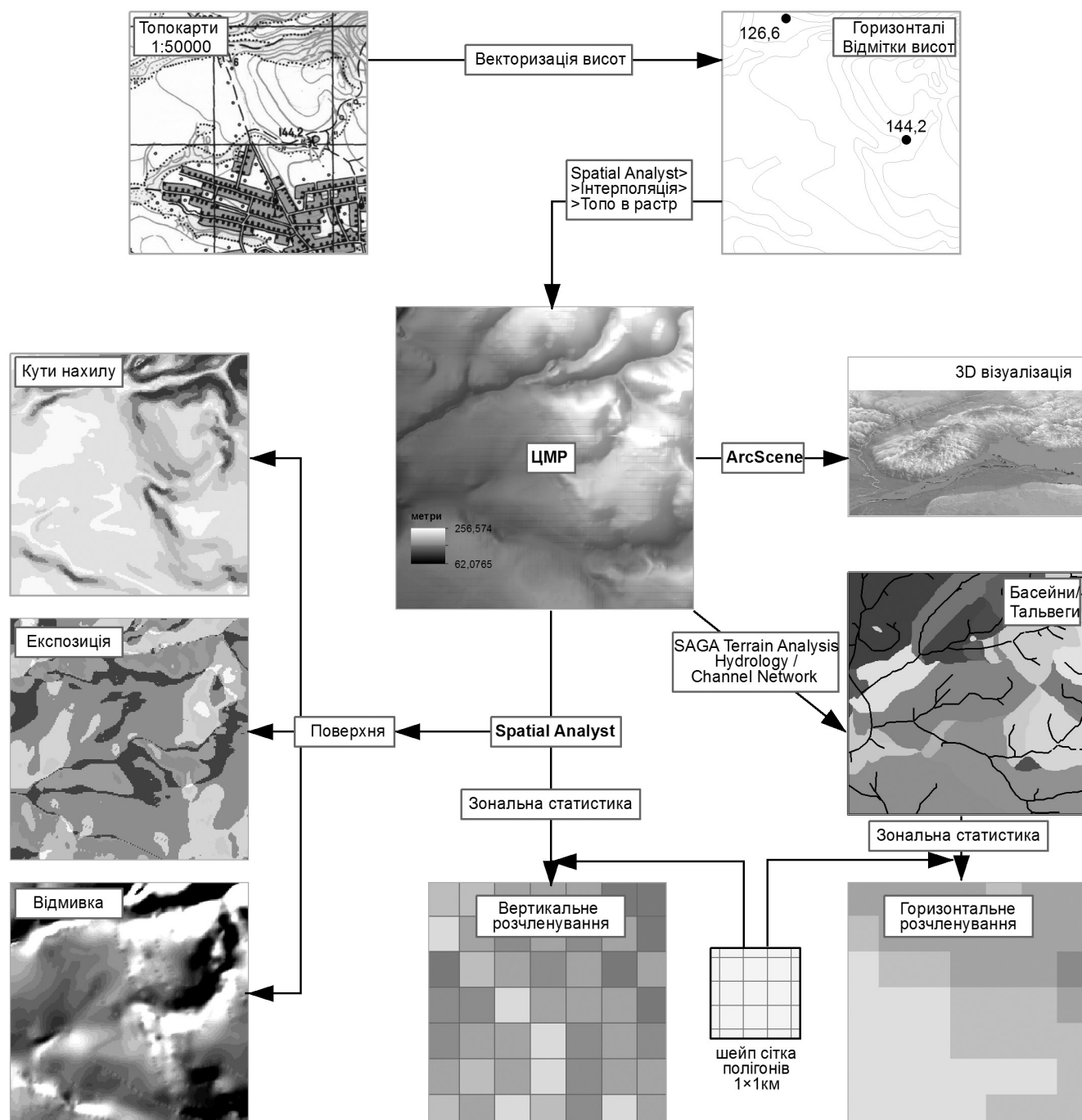


Рисунок 1. Схема створення та аналізу цифрової моделі рельєфу в ГІС

модуля Spatial Analyst розраховано ступінь вертикальної і горизонтальної розчленованості поверхні, окремо підготовлено полігональний шейп-файл із сіткою квадратів  $1 \times 1$  км (такі показники є одними із критеріїв оцінювання естетичної привабливості ландшафтів);

– для візуалізації і демонстрації своєрідності Канівського ландшафту створено 3D-модель місцевості з використанням додатку ArcScene в ArcGIS.

*Грунтовий покрив.* Схема геоінформаційного опрацювання даних про складові ландшафту, у тому числі про ґрунти, є подібною на всіх ієрархічних

рівнях ландшафтного планування – сканування паперових карт – введення в ГІС-пакет – просторова прив'язка – векторизація контурів – внесення характеристик у таблиці атрибутів. Різниця лише у джерелах даних, їхній деталізації.

Збір та підготовку даних про ґрунтовий покрив досліджуваної території проілюстровано прикладом із Ландшафтної програми Черкаської області (рис. 2). Основа для створення векторної карти ґрунтів Черкаської області – паперові карти ґрунтів Української РСР (масштаб –  $1:200\,000$ ; 1972), які були відскановані, введені в ГІС та прив'язані у системі координат проєкції WGS 1984 UTM Zone

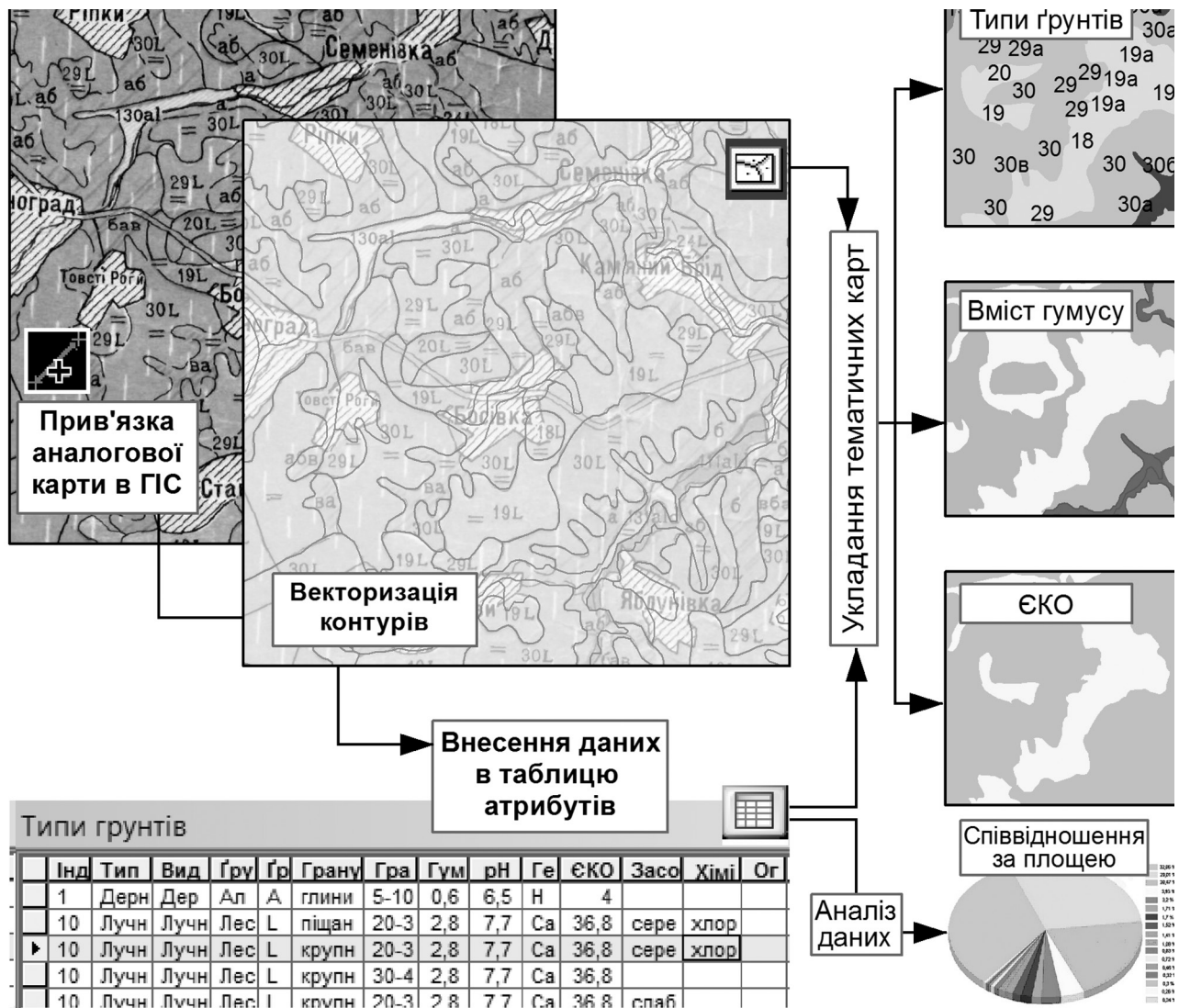


Рисунок 2. Схема підготовки в ГІС бази геоданих про ґрунти та їхні властивості

36N, проекція Transverse Mercator. У ході векторизації контури ґрунтів уточнювались за топографічними картами масштабу 1:100000 та космічними знімками. Напівавтоматичну векторизацію контурів можна виконувати за допомогою спеціального програмного забезпечення, наприклад, Easy Trace, додатку ArcScan в ArcGIS тощо. У таблиці атрибутів шейп-файлу створено поля для внесення характеристик виділів ґрунтів, тип даних відповідає змісту показників: текст, числа та інші.

База даних про ґрунтовий покрив, яка міститься в таблиці атрибутів базової векторної карти ґрунтів, включає інформацію про:

- типи й види ґрунтів;
- ґрунтоутворювальні породи і породи, що їх підстиляють;
- ступінь оглеєння, змитості, засоленості;
- фізико-хімічні характеристики: гранулометричний склад; ємність катіонного обміну (ЕКО); вміст гумусу; pH ґрунту; геохімічний клас міграції.

Результатом опрацювання картографічних і літературних джерел про ґрунтовий покрив Черкаської області у ході виконання інвентаризаційного етапу є розділ загальної ГІС. Основою є шейп-файл, який містить дані про просторову структуру ґрунтового покриття області та його властивості. Кожен із ґрунтових виділів створений як окремий об'єкт і характеризується усім комплексом показників. Розподіл даних у таблиці атрибутів дає можливість укласти тематичні карти на основі одного чи декількох показників за категоріями (наприклад, типи ґрунтів), класами значень (класифікація за вмістом гумусу або pH), співвідношенням показників у вигляді діаграм. Запити до бази даних дають можливість знаходити об'єкти за необхідними критеріями, створювати вибірки за одним або декількома критеріями. Представлення інформації про ґрунтовий покрив у векторному форматі забезпечує можливість подальшого аналізу ландшафтів у поєднанні з властивостями і характеристиками інших компонентів.

Аналіз і оцінювання ландшафтів. ГІС-паке-ти надають широкий спектр інструментів аналізу даних для оцінювання значимості та чутливості ландшафтів, ідентифікації конфліктів. Основна умова отримання коректних оцінок – достовірність вихідних даних та відповідність методів і алгоритмів, які застосовуються для аналізу. Пояснення, інструкції та особливості певних інструментів містяться у довідкових матеріалах до програмного забезпечення [напр. 15], даному питанню присвячена значна кількість наукових публікацій [напр. 1, 7, 9, 13], досвід застосування для конкретних завдань можна знайти на розміщених в Internet форумах та у блогах користувачів.

Оцінювальний етап у ландшафтному плануванні (на всіх його рівнях — ландшафтної програми, рамкового ландшафтного плану, ландшафтного плану) передбачає визначення значення та чутливості компонентів природного середовища (видів і біотопів, ґрунтів, клімату та приземної атмосфери, поверхневих та підземних вод, ландшафтів) стосовно основних цілей використання території планування, які визначені на початку ландшафтного планування.

Основні види оцінювання ландшафтів: *значення* за ступенем комфортності для населення кліматичних умов, за природною родючістю ґрунтів, забезпеченістю водними ресурсами, особливостями умов місцезростання, ступенем біо- і ландшафтного різноманіття, поширенням культурно-історичних пам'яток, естетичною привабливістю краєвидів, привабливістю для туристичної діяльності; *чутливість* до хімічного та шумового забруднення, негативних змін клімату, водної та вітрової ерозії ґрунтів, виникнення лісових пожеж.

Для ілюстрації аналізу ландшафтів в ГІС розглядається визначення значення ландшафтів за показником *поповнення запасів ґрунтових вод*. Існування багатьох екосистем тісно пов'язане із ґрунтовими водами, які є важливою передумовою їхнього стабільного функціонування або відновлення, також вони є джерелом постачання питної і технічної води для населення та індустрії.

Цей приклад досить показовий з точки зору застосування певного набору інструментів геообробки. У ході цієї та інших робіт застосовуються такі інструменти та алгоритми як просторовий аналіз растрів, побудова буферів, пересічення шарів (оверлей), внесення даних у атрибутивні поля та проведення автоматизованих обрахунків, інтерполяція, конвертація в інші формати, генералізація растрів, класифікація та перекласифікація даних та багато інших. Вони дають можливість швидко опрацювати дані та підготувати основу для прийняття ландшафтно-планувальних рішень. Набір конкретних інструментів відрізнятиметься залежно від певного завдання, яке постає перед виконавцем.

Наведено приклад розрахунку показників по-

повнення запасів ґрунтових вод за методикою [16], який був виконаний на основі ГІС-методів у рамках Ландшафтного плану Степанецької сільської ради Черкаської області.

Основним джерелом поповнення ґрунтових вод є атмосферні опади.

Для розрахунку величини поповнення ґрунтових вод використано модель, що враховує фактори, які визначають цю величину, що дає можливість отримати орієнтовні кількісні показники утворення ґрунтових вод протягом року [16].

$$G = 1 + \frac{N - 312,5 - (ET \times 25)}{A / Au \times 50}, \text{ де} \quad (1)$$

G – показник поповнення ґрунтових вод; показник 0,1 дорівнює 5 мм/рік;

N – кількість атмосферних опадів (мм/рік);

A/Au – коефіцієнт відтоку залежить від умов зволоження ґрунту і нахилу поверхні;

ET – ступінь випаровування, який залежить від умов зволоження ґрунту, типу землекористування, ґрунтоутворювальної породи.

Вихідні дані – растр кутів нахилу поверхні «slope\_grad.GRID» (у градусах, розраховані попередньо на основі цифрової моделі рельєфу), векторні shape-файли (полігони) умов зволоження ґрунту «Hydromorphtyp», ґрунтоутворювальні породи «Substrat», структура землекористування «land»; shape-файли містили відповідні дані про характеристики ґрунту і типи землекористування атрибутивних таблицях.

Цю модель розроблено та реалізовано за допомогою додатку Model Builder, що входить до інструментарію ArcGIS.

У результаті отримано shape-файл із показниками поповнення запасів ґрунтових вод у ландшафтах, який має генералізовані контури і придатний для використання для інших видів аналізу в ГІС (рис. 3).

## Висновки

Ландшафтне планування, як комплекс методів і інструментів планування навколишнього середовища, оперує великим обсягом вихідних географічних даних різного ступеню деталізації. Застосування геоінформаційних систем у ландшафтно-планувальних роботах полегшує і впорядковує процес збору, організації, збереження та актуалізації вихідних геоданих. Одним із головних результатів інвентаризаційного етапу, що реалізується на основі геоінформаційних технологій із дотриманням загальноприйнятих вимог до проектування ГІС, є інфраструктура просторових даних, яка стає доступною не тільки для безпосередніх розробників ландшафтних планів, а й для інших користувачів.

Сучасне програмне ГІС-забезпечення має широкий спектр інструментів для здійснення геообробки та аналізу даних. Інструменти геообробки та їхня комбінація відрізнятимуться залежно від



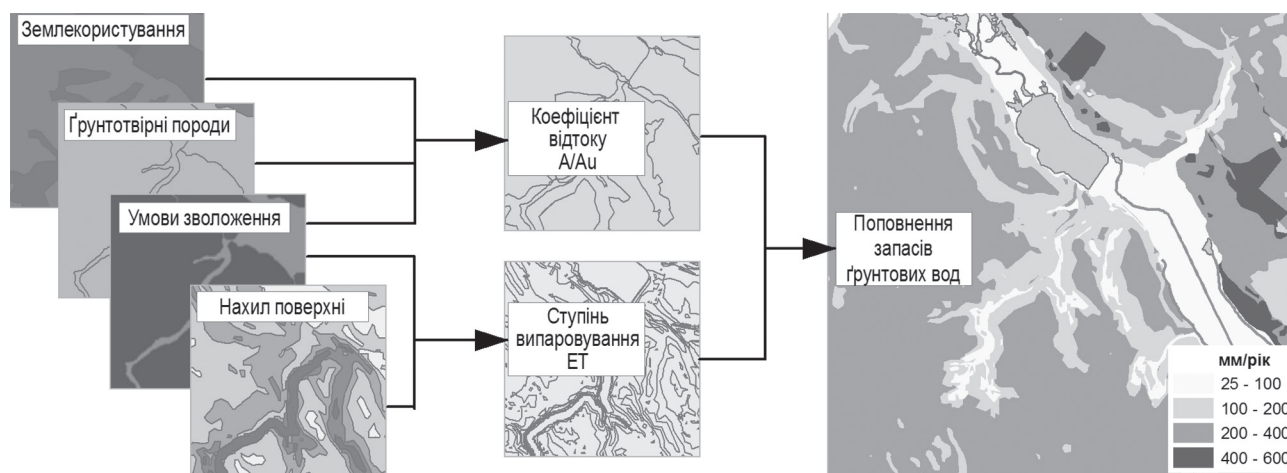


Рисунок 3. Схема геообробки даних в ArcGIS для визначення показників поповнення запасів ґрунтових вод.  
Ландшафтний план Степанецької сільради, Черкаська область (фрагмент)

конкретних завдань, які постають перед розробниками ландшафтних планів, та методик оцінювання ландшафтів. ГІС-технології полегшують та значною мірою автоматизують виконання оцінювального етапу ландшафтного планування, дають можливість швидко опрацювати дані та підготувати оціночну основу для прийняття найбільш обґрунтованих ландшафтно-планувальних рішень.

Результати оцінювального етапу ландшафтного планування доповнюють базу геопросторових

даних про територію дослідження.

ГІС у ландшафтному плануванні є технологією, яка забезпечує цілісність етапів ландшафтного планування – від збору і аналізу даних до вироблення природоохоронних цілей та поширення інформації. Завдяки ГІС результати ландшафтного планування можуть бути легко використані й інтегровані в інші галузі досліджень, насамперед у територіальне планування, екологічну експертизу та оцінку впливу на навколишнє середовище.

#### Література:

1. Баклі Е. Картографічне розуміння статистичних даних // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. Серія: Географія. – 2013. – Т.26 (65). – № 1. – С. 12-22.
2. Боков В.А., Пересадыко В.А., Черванев И.Г. Экологическое картографирование Учебное пособие. – Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Харьковский национальный университет им. С.Н.Каразина, 2012. – 236 с.
3. Геоінформаційне картографування в Україні : концептуальні основи і напрями розвитку : проект «Наукова книга» / ред. Л.Г.Руденко; НАН України. Ін-т географії. - Київ: Наукова. думка, 2011. - 104 с.
4. Голубцов О.Г., Фарион Ю.Н., Чехний В.М. Оценивание компонентов природы при разработке ландшафтной программы Черкасской области (Украина) // Актуальные проблемы ландшафтного планирования: Материалы Всероссийской научно-практ. конференции. – Москва: Россия, Изд-во Московского университета, 2011. – С. 238-242.
5. ДеМерс М. Н. Географические Информационные Системы. Основы.: Пер. с англ. – Москва: Дата+, 1999. – 508 с.
6. Еколого-агрохімічна паспортизація полів та земельних ділянок. Керівний нормативний документ / За ред. акад. О.О.Созінова. – Київ: Аграрна наука, 1996.
7. Куренков В., Морган С. ArcGIS Desktop — инструментарий ArcGIS, ArcEdit, ArcInfo и модулей // Геопрофиль №1/2008. – С.34 - 39.
8. Ландшафтне планування в Україні / Л. Г. Руденко, Є. О. Маруняк, О. Г. Голубцов та ін.; під ред. Л. Г. Руденка. – Київ: Реферат, 2014. – 144 с.: іл.
9. Митчелл Э. Руководство по ГИС анализу. Ч.1: Пространственные модели и взаимосвязи. – Издательство: ECOMM Co, Стилос, Киев, 2000. – 177 с.
10. Руденко Л. Г. Картографическое обоснование территориального планирования / АН УССР, Отд-ние географии Ин-та геофизики им. С.И. Субботина; отв. ред. А.П. Золовский. - [б. м.] : Наукова думка, 1984. –168 с.
11. Руденко Л.Г., Пархоменко Г.О., Молочко А.Н. и др. Картографические исследования природопользования (теория и практика работ). - Киев: Наукова думка, 1991. – 212 с.
12. Самойленко В. М. Основы геоінформаційних систем. Методологія. – Київ: Ніка-Центр, 2003. – 276 с.
13. Свідзінська Д. В. Методи геоекологічних досліджень: геоінформаційний практикум на основі відкритої ГІС SAGA: навчальний посібник. – Київ: Логос, 2014. – 402 с.
14. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основы геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. ред. О.О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.
15. ArcGIS Resources / [Електронний ресурс] // Сайт “ESRI”. Режим доступу: <http://resources.arcgis.com/en/home/>
16. Duriffer, G. & Josopait, V. (1980): Eine Methode zur flehendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. - Geol. Jb., С 27: 45-65.



17. European Landscape Convention. Florence, 20.X.2000 [Електронний ресурс] // Сайт "Council of Europe". Режим доступу: <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/Html/176.htm>
18. 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 and M. Mulligan -- Cali, CO : Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2004. 32 p. -- (Working document no. 198) [Електронний ресурс] // Сайт "CGIAR – Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)". Режим доступу: <http://srtm.csi.cgiar.org/PDF/Jarvis4.pdf>
19. Kaule, G: Umweltplanung. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer 2002. – UTB 2282. – 315 S., Abb., Tab., Photos, eine CD-Rom
20. Landschaftsplanung / [mit Beitr. von: Claus Bittner ]. Christina von Haaren (Hrsg.). – Stuttgart: UTB, Ulmer, 2004. – 527 S.
21. Landschaftsplanung: Grundlage nachhaltiger Landschaftsentwicklung. / [Електронний ресурс] // Сайт "Bundesamt für Naturschutz". Режим доступу: [http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/service/Landschaftsplanung\\_2012.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/service/Landschaftsplanung_2012.pdf)
22. Lang, S; Blaschke, T.: Landschaftsanalyse mit GIS / Stuttgart : Ulmer, 2007. – 405 S.
23. Matthias Pietsch (2012). GIS in Landscape Planning, Landscape Planning, Dr. Murat Ozyavuz (Ed.), InTech, DOI. Available from: <http://www.intechopen.com/books/landscape-planning/gis-in-landscape-planning>
24. Riedel, W., Lange, H. (Hrsg.) (2002): Landschaftsplanung. Heidelberg, Berlin, New York. – 384 S.
25. SRTM 90m Digital Elevation Data [Електронний ресурс] // Сайт "CGIAR – Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)". Режим доступу: <http://srtm.csi.cgiar.org>

### References:

1. Buckley E. (2013). Cartographic understanding of statistical data. *The researchers note of the Tavrida National V.I. Vernadsky University. Series: Geography.* - V. 26 (65), 1, 12-22.
2. Bokov V.A. Peresadko V.A., Chervanev I.G. (2012). *Ecological mapping manual*. Simferopol: Tavrida National V.I. Vernadsky University, Kharkiv National University after S.N. Karazin.
3. *Geographic information mapping in Ukraine: conceptual bases and development directions: project «Scientific book»*; ed. L.G. Rudenko (2011); Ukraine National Academy of Sciences. Institute of Geography. - Kyiv: Naukova Dumka.
4. Golubtsov O.G., Farion Yu.N., Chehniy V.M. (2011). Evaluation of natural components in the development of Cherkasy region (Ukraine) landscape program. *Current problems of landscape planning: Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference*. Conference. Moscow: Russia, Publishing House of the Moscow University, 238-242.
5. DeMers M.N. (1999). *Geographic Information Systems. Fundamentals. Transl. from English*. Moscow: Date +.
6. *Environmental and agrochemical certification of fields and plots. The governing regulations*. Editor Academician O.O. Sozinov (1996). Kyiv: Agricultural Science.
7. Kurenkov V., Morgun S. (2008). ArcGIS Desktop - the toolbox ArcGIS, ArcEdit, ArcInfo and modules. *Geoprofil*, 1, 34 - 39.
8. *Landscape Planning in Ukraine*. L.G. Rudenko Ye.A. Marunyak, O.G. Golubtsov et al. (2014); editor L.G. Rudenko. Kyiv: Summary.
9. Mitchell E. (2000). *Guide to GIS Analysis. Part 1: Spatial patterns and relationships*. Publisher: ESOMM Co, Stylos, Kiev.
10. Rudenko L.G. (1984). *Cartographic grounds of spatial planning*. Ukrainian Academy of Sciences, Dept. of Geography, the Institute of Geophysics after S.I. Subbotin; Chief Ed. A.P. Zolovsky. [b. m.]: Naukova Dumka.
11. Rudenko L.G., Parkhomenko G.O., Molochko A.N. et al., (1991). *Cartographic studies of nature management (the theory and practice)*. Kiev: Naukova Dumka.
12. Samojlenko V.M. (2003). *Fundamentals of GIS. Methodology*. Kyiv: Nika-Centre
13. Svidzinska D.V. (2014). *Methods of geoecologic studies: geoinformatics workshop based open GIS SAGA: a textbook*. Kyiv: Logos.
14. Svitlychny O.O., Plotnitsky S.V. (2006). *Fundamentals of Geoinformatics: Manual*; Editor O.O. Svitlychny. Sumy: VTD «Universitetska Kniga».
15. ArcGIS Resources: <http://resources.arcgis.com/en/home/>
16. Duriffer, G. & Josopait, V. (1980): Eine Methode zur flehendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. - *Geol. Jb.*, 27: 45-65.
17. European Landscape Convention. Florence, 20.X.2000 [Electronic source] "Council of Europe" website. Access code: <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/Html/176.htm>
18. 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 and M. Mulligan -- Cali, CO : Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 32 p. -- (Working document no. 198) [Electronic source] // Website "CGIAR – Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)": <http://srtm.csi.cgiar.org/PDF/Jarvis4.pdf>
19. Kaule, G: Umweltplanung. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer (2002). UTB 2282. 315 S., Abb., Tab., Photos, eine CD-Rom
20. Landschaftsplanung [mit Beitr. von: Claus Bittner ]. Christina von Haaren (Hrsg.). Stuttgart: UTB, Ulmer, 2004.
21. Landschaftsplanung: Grundlage nachhaltiger Landschaftsentwicklung. Сайт "Bundesamt für Naturschutz": [http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/service/Landschaftsplanung\\_2012.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/service/Landschaftsplanung_2012.pdf)
22. Lang, S; Blaschke, T. (2007): *Landschaftsanalyse mit GIS*. Stuttgart: Ulmer.
23. Matthias Pietsch (2012). *. GIS in Landscape Planning, Landscape Planning*, Dr. Murat Ozyavuz (Ed.), InTech, DOI. Available from: <http://www.intechopen.com/books/landscape-planning/gis-in-landscape-planning>
24. Riedel, W., Lange, H. (Hrsg.) (2002): *Landschaftsplanung*. Heidelberg, Berlin, New York.
25. SRTM 90m Digital Elevation Data. Website "CGIAR – Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)": <http://srtm.csi.cgiar.org>