

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії
(повна назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

Геоінформаційне моделювання природних та міських потокових систем на
території міста

Літяк Кирилл Вадимович

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ проф., д.т.н. Карпінський Ю.О.

“ ____ ” _____ 2021 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Геоінформаційне моделювання природних та міських потокових систем на
території міста

Виконав студент групи ГСТ-61м

193 «Геодезія та землеустрій»

Геоінформаційні системи і технології

Літяк К.В.

Керівник: Патракеєв І.М.,

доцент, к.т.н.

Ідентичність підтверджую

Київ 2021 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями

Кафедра: Геоінформатики і фотограмметрії

Освітній рівень: «магістр за ОПІ»

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Спеціалізація: Геоінформаційні системи і технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

_____ доцент., к.т.н. Нестерненко О. В.

“ ____ ” _____ 2021 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Літяк Кирилл Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Геоінформаційне моделювання природних та міських потокових систем на території міста

затверджена наказом ректора КНУБА № 1653/2 від « 16 » вересня 2021 року

2. Керівник роботи _____ доцент, к.т.н. Патракеєв Ігор Михайлович _____

(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту: 23 грудня 2021 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Завдання геоінформаційного моделювання природничих та міських потокових систем на території міста.

Р. 2. Розробка структури просторової бази даних для геоінформаційного моделювання природних та міських потокових систем на території міста

Р. 3. Геоінформаційне моделювання природничих та міських потокових систем на території міста Харківа

5. Графічний матеріал за розділами

Р.1. Схема екологічних факторів міського середовища. Схема впливу на екологічний стан території міста. Схема процесу інтеграції різнорідних даних для обліку екологічної складової при веденні Державного кадастру.

Р.2. Концептуальна модель каталогу даних бази даних гідрологічного моделювання території міста Харків. Структура та склад бази геоданих.

Р.3. Блок-схема гідрологічного аналізу території міста. Геоінформаційна модель рельєфу території міста Харків. Ілюстрація формування підсумкового потоку. Растрова модель напрямків стоку на території міста Харків. Векторна модель тальвегів, отримана на основі ЦМР міста Харків. Растрова модель поверхневих стоків на території міста Харкова, побудована на основі ЦМР. Узагальнена геопросторова модель забезпеченості території міста Харкова з виділенням проблемних територій.

7. Календарний план виконання роботи:

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)
<p>Розділ 1. Завдання геоінформаційного моделювання природничих та міських потокових систем на території міста.</p> <p>1.1 Необхідність оцінювання екологічного стану урбанізованої території при кадастрової оцінки земель</p> <p>1.2 Рельєф міської території як фактор, що формує екологічну обстановку міського середовища.</p> <p>1.3. Інтегрований підхід до екологічної оцінки урбанізованих</p>	08.10.2021

<p>територій.</p> <p>1.4. Технологічна схема інтеграції різнорідних даних для оцінювання екологічного стану міського середовища</p> <p>1.5. Висновок до першого розділу</p>	
<p>Розділ 2. Розробка структури просторової бази даних для геоінформаційного моделювання природних та міських потокових систем на території міста</p> <p>2.1 Вибір та обґрунтування вихідних джерел даних на територію в адміністративних межах міста Харкова</p> <p>2.2 Формування базових наборів просторових даних для моделювання природних та міських потокових систем</p> <p>2.3.Розробка узагальненої структури бази просторових даних для моделювання природних та міських потокових систем</p> <p>2.4 Висновки у другому розділі</p>	05.11.2021
<p>Розділ 3. Геоінформаційне моделювання природних та міських потокових систем на території міста Харкова</p> <p>3.1 Розробка цифрової моделі рельєфу місцевості для дослідження природних та міських потокових систем міста Харкова</p> <p>3.2 Морфометричний аналіз цифрової моделі рельєфу місцевості міста Харкова (побудова тривимірної картографічної моделі рельєфу місцевості, крутості, експозиції, схилів, горизонтальної та вертикальної кривизни, виділення зон дисперсій та депресій)</p> <p>3.3 Геоінформаційне моделювання впливу рельєфу на перенесення забруднюючих речовин природними та техногенними потоками забруднюючих речовин</p> <p>3.4 Висновки з третього розділу.</p>	02.11.2021
<p>Остаточне оформлення роботи</p>	02.12.2021
<p>Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат</p>	07.12.2021

Попередній захист роботи на кафедрі	13.12.2021
-------------------------------------	------------

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.	Лященко А.А.		
Розділ 3.	Зіборов В.В.		

9. Дата видачі завдання 17 вересня 2021 р.

Зав. кафедри _____ Карпінський Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Патракеєв І.М.____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Літяк К.В._____
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary) <i>до атестаційної випускної роботи студента:</i>	Літяк Кирилл Вадимович
<i>Тема</i>	Методика синтезу даних для високоточного моделювання будівель і споруд
<i>Назва ЗВО</i>	Київський національний університет будівництва і архітектури
<i>Освітній тупінь</i>	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання
<i>Факультет</i>	Геоінформаційних систем та управління територіями

<i>Кафедри</i>	Геоінформатики та фотограмметрії		
<i>Спеціальність</i>	193 Геодезія та землеустрій		
<i>Спеціалізація</i>	Геоінформаційні системи і технології		
<i>Керівник</i>	Патракеєв Ігор Михайлович, к.т.н, доцент		
<i>Обсяг роботи</i>	<i>пояснювальна записка, стор.</i>	<i>розділів</i>	<i>рисунків</i>
	77	3	50
<i>Розділ 1</i>	Виконано огляд нормативно-методичного забезпечення предметної сфери гідрологічного моделювання території міста. Визначена необхідність оцінювання екологічного стану урбанізованої території при кадастрової оцінки земель. Побудовано рельєф міської території, який формує екологічну обстановку міського середовища. Обґрунтовано актуальність теми.		
<i>Розділ 2</i>	Виконано аналіз первинних даних для побудови ЦМР та гідрологічного моделювання території міста Харкова. Запропоновано концептуальну модель каталогу даних бази даних гідрологічного моделювання території міста.		
<i>Розділ 3</i>	Проведено дослідження природничих та міських потокових систем на території міста Харків з застосуванням інструментарію гідрологічного моделювання додаткового модуля ArcGIS Spatial Analyst . Використані інструменти надають методи для опису фізичних компонент поверхні рельєфу місцевості, що дозволяє ідентифікувати стоки водного потоку на території міста, визначити напрямки водного потоку та визначити мережу водотоків на досліджуваній території.		
<i>Висновки по роботі:</i>	У роботі проведений аналіз ефективності міських дренажних систем міста Харкова на основі застосування		

	низки геоінформаційних гідрологічних моделей, який показав, що існуюча система інженерних споруд зливової каналізації міста Харкова забезпечує що існуюча система інженерних споруд зливової каналізації забезпечують 65% території міста з них 45% території з приватною забудовою.
--	--

Ключові слова: цифрова модель рельєфу, гідрологічний аналіз території, міське середовище, просторова база даних, геоінформаційне моделювання, поверхневі стоки, система інженерних споруд зливової каналізації

Keywords: digital relief model, hydrological analysis of the territory, urban environment, spatial database, geoinformation modeling, surface runoff, storm sewer engineering system

Укладач: _____ /Літяк К.В./

Керівник: _____ /Патракеєв І.М./

« ____ » _____ 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ЗАВДАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ТА МІСЬКИХ ПОТОКОВИХ СИСТЕМ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА.....	13
1.1 Необхідність оцінювання екологічного стану урбанізованої території під час кадастрової оцінки земель.....	14
1.2 Рельєф міської території як фактор, що формує екологічну обстановку міського середовища.....	22
1.3. Інтегрований підхід до екологічної оцінки урбанізованих територій.....	28
1.4. Технологічна схема інтеграції різнорідних даних для оцінювання екологічного стану міського середовища.....	34
1.5 Висновки у першому розділі.....	41
РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА СТРУКТУРИ ПРОСТОРОВОЇ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИХ ТА МІСЬКИХ ПОТОКОВИХ СИСТЕМ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА.....	43
2.1 Вибір та обґрунтування вихідних джерел даних на територію в адміністративних межах міста Харкова.....	44
2.2 Формування базових наборів просторових даних для моделювання природних та міських потокових систем.....	46
2.3. Розробка узагальненої структури бази просторових даних для моделювання природних та міських потокових систем.....	51
2.4 Висновки у другому розділі.....	57
РОЗДІЛ 3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИХ ТА МІСЬКИХ ПОТОКОВИХ СИСТЕМ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ХАРКОВА.....	59
3.1 Розробка цифрової моделі рельєфу місцевості для дослідження природних та міських потокових систем міста Харкова	60
3.2. Гидрологічне моделювання з застосуванням побудованої ЦМР території	

Харкова.....	70
3.3. Геоінформаційне моделювання впливу рельєфу на формування поверхневого стоку води на території міста Харкова.....	74
3.4. Висновки по третьому розділу.....	82
ВИСНОВКИ.....	84
Список літератури.....	86

ВСТУП

Традиційним рішенням для відведення поверхневих стічних вод міської території є система інженерних споруд зливової каналізації, яка за умов зміни природного стоку може дати збій так як система проектувалась і будувалася без урахування подібних змін. Причиною модифікації природного стоку є зміна клімату і як наслідок, режим і кількість опадів, що випадають (збільшення повторюваності інтенсивних опадів, злив, швидке танення снігового покриву та ін.). Зміст забруднюючих речовин у складі міських поверхневих стічних речовин вод постійно збільшується у зв'язку зі зростанням автомобілізації та широким застосуванням хімічних засобів для літнього та зимового утримання доріг. Попереднє очищення дощового поверхневого стоку до його попадання в природні водойми набуває дедалі більшої значущості та актуальності.

Актуальність роботи. Роль природних та квазі-природних систем у місті для підтримки екологічної рівноваги, збереження якості довкілля, створення комфортних та естетично привабливих умов проживання надзвичайно велика. При цьому в сучасному місті в умовах щільної забудови та високої ціни на землю надзвичайно складно створити або зберегти екосистеми значних розмірів. В цих умовах стійкі системи дренажу мають значний потенціал для озеленення, підтримки екосистемних послуг та якості міського середовища. Саме з цих причин у Західній Європі широко використовуються стійкі природні дренажні рішення для дощових вод.

Об'єктом дослідження є цифровий рельєф території міста Харкова.

Предметом дослідження є методи геоінформаційного моделювання природних та міських потокових систем на території міста Харкова.

Метою магістерської роботи є удосконалення дренажних систем міста Харкова на основі геоінформаційного аналізу рельєфу місцевості при відведенні поверхневих стічних (зливових) вод. Для досягнення мети в роботі поставлено та виконано такі **завдання**:

1. Аналіз нормативно-методичного забезпечення екологічної безпеки на попередження виникнення надзвичайних ситуацій на територіях населених пунктів України.
2. Розроблення функціональної моделі синтезу даних гідрологічного моделювання поверхневих зливних вод на території міста Харкова на основі застосування геоінформаційних технологій.
3. Розроблення концептуальної моделі каталогу бази даних гідрологічного моделювання поверхневих зливних вод на території міста Харкова.
4. Розробка цифрової моделі рельєфу місцевості для дослідження природних та міських потокових систем міста Харкова.
5. Гідрологічне моделювання з застосуванням побудованої ЦМР території Харкова.
6. Геоінформаційне моделювання впливу рельєфу на формування поверхневого стоку води на території міста Харкова.

Методологічною основою дослідження є положення і методи теорії проектування просторових баз даних, об'єктно-орієнтованого моделювання, методи аналогії, аналізу і узагальнення теорії системного аналізу.

Наукова новизна полягає в вирішенні прикладної наукової задачі розроблення та побудови геоінформаційних моделей для проведення гідрологічного аналізу території міста Харкова на основі розробленої цифрової моделі місцевості.

Практична цінність результатів дослідження полягає у формуванні низки рекомендацій та заходів щодо удосконалення дренажних систем міста Харкова на основі гідрологічного моделювання поверхневих стічних (зливових) вод засобами геоінформаційних технологій.

Дипломна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загального висновку, списку використаних джерел та додатків. Має 50 рисунків, 6 таблиц, 31 джерел літератури. Обсяг роботи – 77 сторінок

РОЗДІЛ 1. ЗАВДАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
ПРИРОДНИХ І МІСЬКИХ ПОТОКОВИХ СИСТЕМ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА

					ДИПЛОМНА РОБОТА					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Виконав		Літяк К.В.			Геоінформаційне моделювання природних та міських потокових систем на території міста		Літ.	Арк.	Архівів	
Консульт.									28	
Керівник		Патракеєв І.М.					КНУБА, група ГІСТ-61м			
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.								

Розділ 1. Завдання геоінформаційного моделювання природних і міських потокових систем на території міста

1.1. Необхідність оцінки екологічного стану урбанізованої території при кадастровій оцінці земель

Міська екосистема, будь яка екологічна система, розташована в межах міста або іншої густонаселеної території, або, у ширшому розумінні, велика екологічна система, що становить цілу столичну область. Найбільші міські екосистеми в даний час зосереджені в Європі, Індії, Японії, східному Китаї, Південній Америці та Сполучених Штатах, в основному на узбережжях з гаванями, вздовж річки на перетинах транспортних шляхів. Міські екосистеми, як і всі екосистеми, складаються з біологічних компонентів (рослини, тварини та інші форми життя) та фізичних компонентів (грунт, вода, повітря, клімат топографія). У всіх екосистемах ці компоненти взаємодіють один з одним у межах певної галузі. Однак у разі міських екосистем біологічний комплекс також включає людські популяції, їх демографічні характеристики, їх інституційні структури, соціальні та економічні інструменти, які вони використовують. Фізичний комплекс включає будівлі, транспортні мережі, модифіковані поверхні (наприклад, паркування, дахи та ландшафтний дизайн), а також зміни навколишнього середовища в результаті прийняття людиною рішень. Фізичні компоненти міських екосистем також включають використання енергії та імпорту, перетворення та експорту матеріалів. Такі перетворення енергії та матеріалів включають не тільки корисні продукти (такі як транспорт та житло), але й забруднення, відходи та надлишкове тепло. Міські екосистеми часто тепліші, ніж інші оточуючі екосистеми, мають меншу інфільтрацію дощової води в місцевий ґрунт і показують більш високі темпи і кількість поверхневого стоку після дощів і штормів.

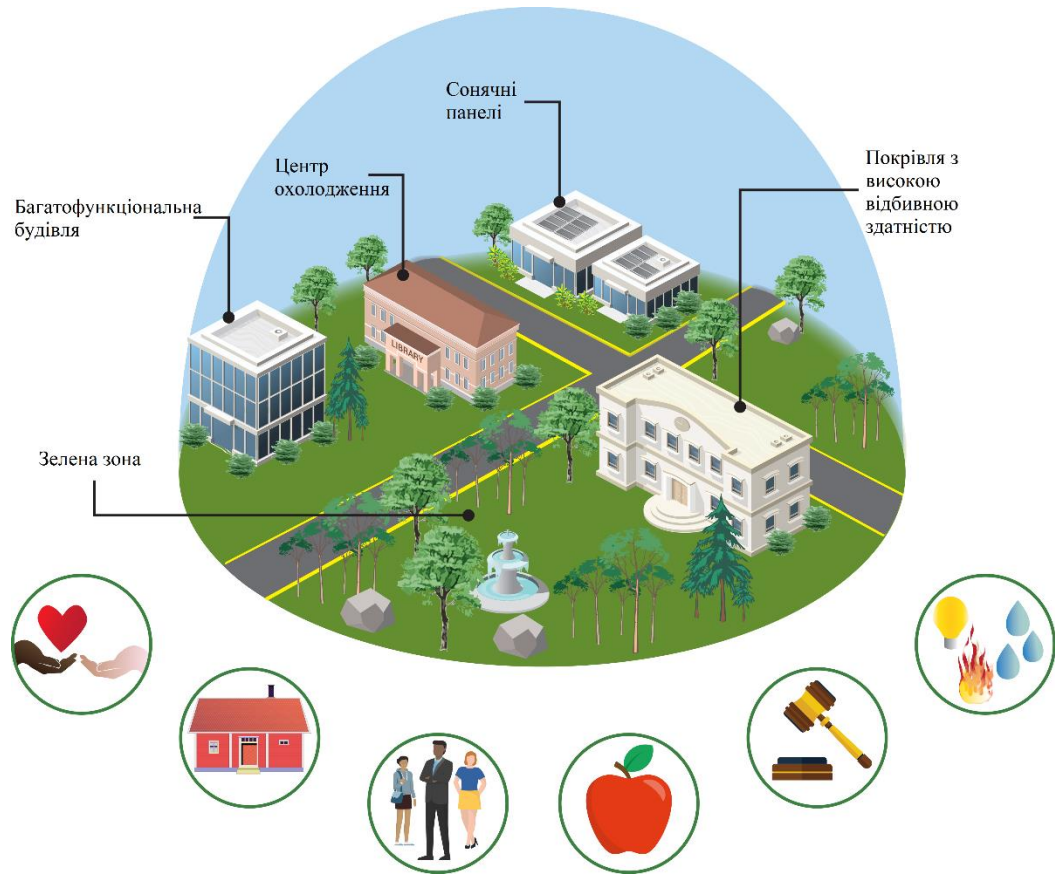


Рис. 1.1 Міська екосистема

Специфіка кожного міста, зумовлена характерними для нього природними умовами, структурою забудови та техногенними джерелами, визначає особливості екологічної обстановки та існуючих екологічних проблем. Тому виникає необхідність обліку екологічного стану території за кадастрової оцінки земель. Включення блоку екологічної інформації до “Державного земельного кадастру” значно розширило б його можливості як багатоцільової системи, що дозволяє органам державної влади приймати раціональні управлінські рішення, розробляти ефективні рекреаційні заходи та надавати адресну соціальну та медичну підтримку населення, що проживає у найбільш несприятливих екологічних умовах. Для оцінки екологічного стану міських земель застосовується сукупність показників, диференційованих по функціональному призначенню земель та регламентованих великим числом нормативно-методичних документів. Їх аналіз показує, що для кожної категорії земель застосовується своя просторово-тимчасова класифікація, що розглядається автономно, хоча екологічний підхід вказує на необхідність встановлення взаємозв'язків між природними факторами (рельєф, клімат тощо) та

техногенною діяльністю людини. На практиці методики оцінки екологічного стану території базуються на аналізі низки кількісних показників, зокрема, концентрації забруднюючих шкідливих речовин у повітрі, воді та ґрунті, обсягів шкідливих речовин, що надходять в атмосферу від джерел та ін. Рівень забруднення окремих компонентів природного середовища розглядається ізольовано, не враховується емісія окремих забруднюючих речовин. Наявність міжвідомчої роз'єднаності при зборі даних про один об'єкт призводить до отримання інтегрованих показників, які не завжди об'єктивно відображають існуючу екологічну ситуацію. Також слід зазначити різноманітність використовуваних схем спостереження та топографічних основ, що використовуються для локалізації просторових даних, що ускладнює сумісність результатів екологічної оцінки, виконаної за тією самою методикою, але для різних об'єктів або територій. В цілому певні обмеження як за складом вихідних даних, так і з використання методів їх узагальнення та аналізу при дискретності та неоднорідності покриття території даними про концентрацію забруднюючих речовин можуть призводити до некоректності відображення територіального розподілу того чи іншого показника, найчастіше здійснюваного методами інтерполяції та екстраполяції. Таким чином, інтегральні показники, одержувані в результаті перетворення первинних даних, виміряних у дискретних точках простору, дозволяють оцінювати загальну екологічну ситуацію на рівні міста, але недостатньо детально відображають ситуацію конкретної земельної ділянки або кадастрового кварталу. Всі перелічені дані є просторово-розподіленими, тому для їх інтерпретації та подальшого аналізу передбачається використання методів та прийомів картографічного 3D-моделювання засобами геоінформаційних систем, що мають розвинений інструментарій з цифрового моделювання рельєфу, аналізу та візуалізації картографічних 3D моделей.

Цифрове моделювання рельєфу включає

- Створення моделі рельєфу
- Використання моделі рельєфу

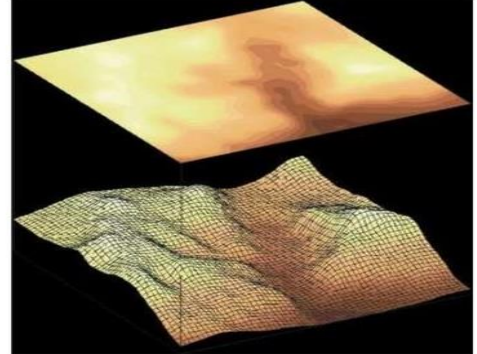


Рис. 1.2 Цифрова модель рельєфа місцевості

Кадастрова оцінка земель є важливим елементом землеустрою, саме тому надійність і якість його результатів важлива як для розробки науково-обґрунтованої оцінки так і в практичній діяльності у сфері землеустрою в урбанізованих територіях для стійкого функціонування. Повинна формуватися інформація про екологічний стан земель населених пунктів, створюються системи показників ефективності для подальшого коригування кадастрової вартості міських земель на основі врахування екологічних показників.

Система діагностичних показників включає найважливіші характеристики якості міських земель, що відображають значною мірою стан міських ґрунтів: природно-кліматичних, інженерно-геологічних, хімічних, рівень герметизації та озеленення міських територій. При проведенні кадастрової оцінки земель населених пунктів, доцільно визначити частку внеску кожного показника, що дає можливість збільшити/зменшити кадастрову вартість земельних ділянок. Метод розрахунку відносної вартості міської землі на основі підсумовування заздалегідь нарахованих балів до кожного фактору ціноутворення, часто дає результати, які не відповідають реальним рівням цін на землю в містах. Аналіз нормативних документів показує, що на даний час при кадастровій оцінці міських земель, задекларована необхідність врахування екологічної складової, але єдиної повноцінної затвердженої методології немає. Очевидно, це дасть адекватну оцінку екологічного стану та можливе отримання більш вірних

економічних показників при створенні кадастру міських земель. Необхідність отримання достовірної оцінки вартості земельних ділянок відчують як центральні, так і місцеві органи виконавчої влади в управлінні земельними ресурсами, реалізації перспективного розвитку населених пунктів, проведення раціональної земельної та податкової політики, а також приватними суб'єктами земельного права при вчиненні різного роду правочинів із землею. Залежно від цільового використання предметом оцінки може бути здатність землі задовольняти соціальні потреби як окремої людини, так і суспільства в цілому, у тому числі задоволення потреб з боку просторово-експлуатаційної основи розміщення різноманітних виробничих об'єктів, здатність до задоволення рекреаційних потреб тощо.

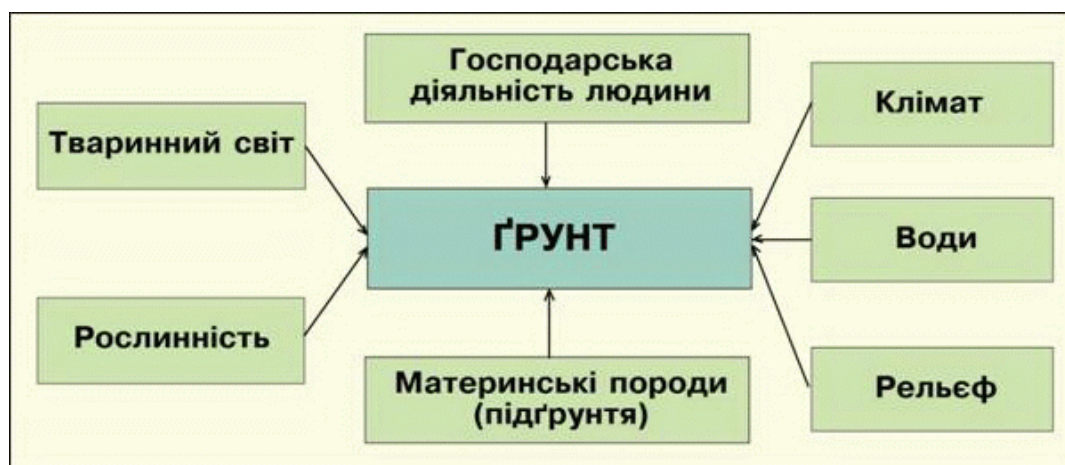


Рис. 1.3 Вплив на стан міських ґрунтів

Методика розрахунку кадастрової оцінки земель за останні роки зазнала низки змін загалом, і зокрема у встановленні адекватної вартості земельних ділянок у населених пунктах. При визначенні кадастрової вартості земельної ділянки у складі земельної ділянки в населених пунктах не завжди враховуються фактори, що впливають на ціноутворення. Одним з таких факторів можуть бути екологічні умови довкілля та інженерно-геологічні умови будівництва.

Таким чином, за останній час суттєвих змін зазнала оцінка землі, що пов'язано з Методичними вказівками, розробленими в різні періоди часу. Аналіз зарубіжної та вітчизняної практики кадастрової оцінки міських земель зробив можливим виявити відмінності у використанні екологічних факторів

при проведенні робіт з оцінки земель. В Україні, при визначенні кадастрової оцінки земель населених пунктів, природні і антропогенні фактори не виділяються в окрему значущу групу, тоді як у європейських виділяються. Необхідно удосконалити методику кадастрової оцінки міських земель за розробку системи оціночних показників для подальшого коригування кадастрової вартості землі. Необхідно удосконалити методичні та технологічні засади оцінювання кадастрової вартості землі, в якій значну роль слід відвести екологічним факторам.

Великі заасфальтовані площі, засипані яри та балки також змінюють природні умови випаровування вологи та руху фільтраційних стоків на місцевості. У цих випадках можливе не лише підвищення рівня ґрунтових вод. Стоки, забруднені викидами автомобільного транспорту та рідкими відходами виробництв, потрапляють у ці води та роблять їх токсичними. Таке забруднення тягне наслідки. По-перше, підземні води стають непридатними для використання в побутових та господарських цілях. По-друге, забруднені верхівки перешкоджають озелененню територій, оскільки дерева гинуть через солі, що містяться в ґрунті. По-третє, води глибоких водоносних шарів стають агресивними для підземних. Комунікацій та геологічних порід, збільшують швидкість їх руйнування, що може призвести до виходу з ладу інженерних систем, просядок та провалів поверхні на великих територіях. Тривала експлуатація підземних водопровідних інженерних мереж без належного профілактичного ремонту і внаслідок цього значною мірою зношених створює вкрай несприятливу екологічну ситуацію. До 20% рідини, що транспортується, потрапляє в ґрунти і викликає не тільки підвищення рівня підземних вод. Каналізовані стоки стають агресивними до навколишнього геологічного середовища, засмічують ґрунти токсичними речовинами. Економічні збитки від підтоплення міської території великі. Це додаткові капітальні та експлуатаційні витрати на компенсацію та ліквідацію негативних наслідків загального підтоплення території у сферах: матеріального виробництва, невиробничого, особистого споживання, рекреаційних об'єктів. Води поверхневого стоку із

міських територій сильно забруднені. Вони несуть у собі всі види забруднювачів: змитий у процесі ерозії ґрунт, біогени, що входять до складу добрив, що застосовуються в садах, на газонах, дорожня сіль та інші речовини, що входять у дорожнє покриття, сажа та отруйні речовини з вихлопних газів транспортних засобів, а також інші забруднювачі повітря, машинне масло з доріг, автомобільних стоянок, зі стічних труб, сміття та рослинні опади. При проектуванні систем дощової каналізації міських територій необхідно розглядати можливість ліквідації або зменшення виносу шкідливих речовин поверхневим стоком з них, можливість використання поверхневого стоку в системах промислового водопостачання, доцільність самостійного чи спільного зі стічними водами очищення перед скиданням у водні об'єкти. Велика кількість шкідливих речовин дають промислові підприємства, що знаходяться в межах міст (за рахунок викидів в атмосферу та подальших осаджень газів, а також за рахунок безпосереднього стоку відпрацьованих вод у зливову каналізацію або водні об'єкти), а також транспорт.

З метою зменшення виносу забруднень поверхневим стоком на промислових підприємствах має передбачатися здійснення наступних заходів: виключення скидання в дощову каналізацію відпрацьованих речовин, у тому числі нафтопродуктів, огороження зон озеленення бордюрами, що виключають змив ґрунту під час злив, газоочисних установок, доведення концентрації пилу та шкідливих речовин в атмосфері до допустимих нормативних меж, огороження будівельних майданчиків з упорядкуванням відведення поверхневого стоку за тимчасовою системою відкритих каналів та відстоюванням його у земляних відстійниках, локалізація ділянок території, де неминучі аварійні просипи та протоки сировини та проміжних продуктів, з відведенням поверхневого стоку в систему виробничої каналізації, упорядкування складування та транспортування сипких та рідких матеріалів. Вибір схеми відведення та очищення поверхневого стоку визначається його кількісними та якісними характеристиками. Ступінь очищення поверхневого стоку залежно від схеми відведення його визначається вимогами до якості води,

що використовується для виробничих цілей, або умовами спуску до міського колектору дощової каналізації або у водні об'єкти. В окремих випадках для часткового механічного очищення поверхневого стоку можуть застосовуватись проточні відстійники. Пом'якшення несприятливого гідрологічного впливу міст на водний баланс і пов'язаний з ним речовий обмін справа складна. Доступні заходи – грамотне планування міст. Колишнє планування, коли будувался будинок до будинку і безпосередньо до периметру будинків примикали непроникні дорожні покриття, що сплїталися в єдину мережу, нині, як правило, не набуває великого поширення. Системи доріг у межах окремих частин міста слід проектувати так, щоб не створювалося великих потоків снігової та дощової води. Для цієї мети на дорогах вздовж таких потоків доцільно створювати зливні системи, з яких вода повинна надходити на масиви зелених насаджень і витрачатись на фільтрацію. Надзвичайно важливо підтримувати гранично можливу чистоту міських кварталів та вулиць. Дощовий стік частково очищає такі вулиці від забруднюючих речовин, але мийні машини створюють потужні струмені води та виконують цю роботу більш ефективно. Нарешті, слід поставити питання про доцільність створення в межах міста систем ставків, використовуючи для цієї мети балки в межах міста та його околицях, обладнані водозливними греблями. Частина дощових вод, що стікають з території міста, акумулюватиметься в таких ставках – відстійниках та звільнятиметься від наносів та частково від розчинених органічних речовин шляхом їх окислення. Для посилення такого афекту можуть бути каскади ставків. Зазначені заходи, безсумнівно, сприятимуть покращенню санітарного стану міста та водночас можуть слугувати естетичним цілям.

1.2. Рельєф міської території як формуючий фактор екологічного стану міського середовища

Рельєф - один із факторів перерозподілу по земній поверхні тепла та води. Зі зміною висоти місцевості змінюється водний та тепловий режим грунту. З рельєфом пов'язана поясність ґрунтового покриву у горах. З особливостями рельєфу пов'язаний характер впливу ґрунтових, талих і дощових вод, міграція водорозчинних речовин. Рельєф місцевості - один із головних факторів, що впливають на перенесення, розсіювання або накопичення домішок в атмосферному повітрі. Розташовані в низинах населені пункти в зонах розсіювання промислових викидів зазнають сильного застійного забруднення, а рослинність - пригнічення до загибелі. Рельєф і ґрунт – це фундамент, на якому базується рослинність і який визначає її склад та форму. Рельєф та зв'язана з ним рослинність складають найяскравіші компоненти ландшафту, і саме вони насамперед зумовлюють наше зорове враження від ландшафту. Рельєф визначає багато практичних заходів щодо меліорації та гідротехнічних споруд, з дорожнього будівництва, розміщення різних будівель, рослин. Основними факторами, що стримують широке поширення цього, є гідрогеологічні, ґрунтово-ландшафтні умови та рельєф місцевості, а також низька екологічна ефективність, тому що при цьому зберігається високий ризик забруднення ґрунтів та підґрунтових вод. Топографія (рельєф) відноситься до орографічних факторів і тісно пов'язана з іншими абіотичними факторами, хоча і не належать до таких прямо-діючих екологічних факторів, як світло, тепло, вода та ґрунт. Головним топографічним (орографічним) фактором є висота. З висотою знижуються середні температури, збільшується добовий перепад температур, зростають кількість опадів, швидкість вітру та інтенсивність радіації, знижуються атмосферний тиск та концентрація газів. Так, підвищення рівня місцевості на кожні 100 м супроводжується зменшенням температури повітря приблизно на $0,6^{\circ}\text{C}$. Абіотичні фактори - це всі елементи неживої природи, що впливають на організм (температура, світло, вологість, склад повітря, води,

грунту, природний радіаційний фон Землі, рельєф місцевості) та ін. Абіотичні фактори – це сукупність умов неорганічного середовища, що впливають на організм. Будова поверхні Землі (рельєф), геологічні та кліматичні відмінності обумовлюють велику різноманітність абіотичних впливів. До абіотичних факторів відносяться: кліматичні (температура, тиск, вологість, освітленість, швидкість вітру); хімічні (склад води, повітря та ґрунтів), ґрунтові, або едафогенні (механічні та фізичні характеристики ґрунту), та орографічні (рельєф місцевості). Абіотичні фактори – температура, світло, радіоактивне випромінювання, тиск, вологість повітря, сольовий склад води, вітер, течії, рельєф місцевості – це властивості неживої природи, які прямо чи опосередковано впливають на живі організми.

Абіотичними факторами середовища називаються умови, які безпосередньо не пов'язані з життєдіяльністю організмів. До найважливіших абіотичних чинників можна віднести температуру, світло, воду, склад атмосферних газів, структуру ґрунту, склад біогенних елементів у ній, рельєф місцевості і т. п. Ці фактори можуть впливати на організми як безпосередньо, наприклад світло або тепло, так і побічно, наприклад рельєф місцевості, що зумовлює дію прямих чинників, світла, вітру, вологи та інших. Зовсім недавно було відкрито вплив змін сонячної активності на біосферні процеси.

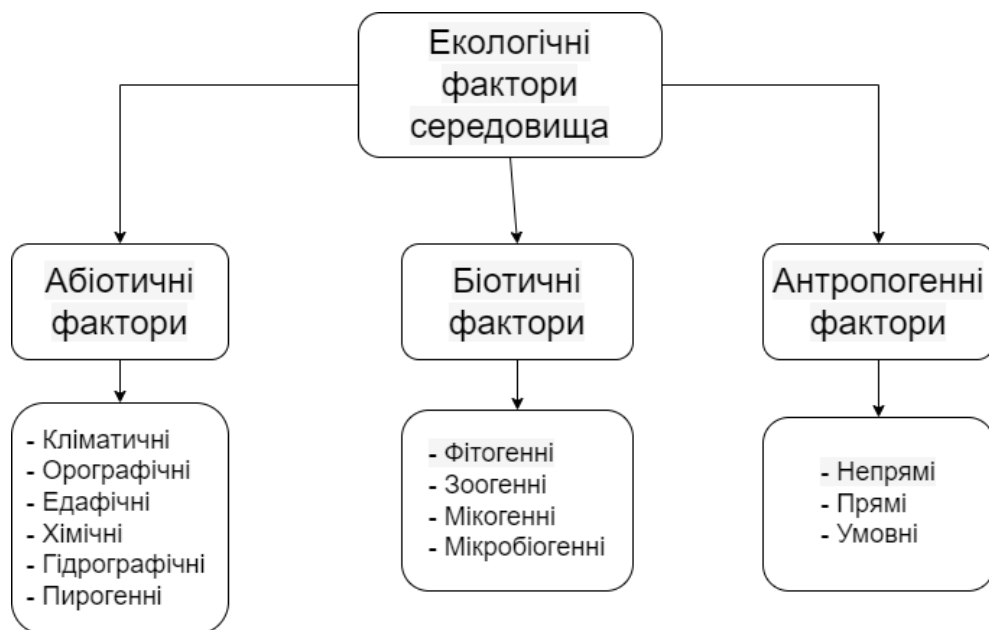


Рис. 1.4 Екологічні фактори середовища

Також, варто враховувати географічні умови, що визначають перебіг кліматоутворюючих процесів, отже, і клімат даної місцевості. Сюди відносяться: географічна широта місцевості, висота над рівнем моря, розчленування підстилаючої поверхні на сушу та море, орографія, віддаленість від океанів і морів, рельєф місцевості різних градацій, океанічні течії, характер поверхні ґрунту, розподіл водойм на суші, рослинний, сніговий та крижаний покрив. Вплив різних факторів на приземне розподілення забруднюючих речовин. Шкідливі речовини, що викидаються з димовими газами промислових підприємств, переносяться та розсіюються в атмосфері по різному залежно від низки факторів: метеорологічних, кліматичних, рельєфу місцевості та характеру розташування на ній об'єктів підприємства, висоти димових труб та гідродинамічних параметрів закінчення викидних газів. При цьому до найважливіших метеорологічних та кліматичних факторів відносять швидкість вітру, температурну стратифікацію (розподіл температур навколишнього повітря у вертикальному напрямку поблизу димової труби), температуру навколишнього повітря. Особлива роль їх проявляється у нижньому шарі атмосфери - до висоти 50-250м над поверхнею землі. Внаслідок впливу рельєфу місцевості на випадання атмосферних опадів поля опадів розрізняються за площею, часом утворення, характером розподілу сум опадів за площею тощо.

Природно-кліматичні фактори:

- характеристика циркуляційного режиму;
- термічна стійкість атмосфери; атмосферний тиск, вологість повітря;
- температурний режим;
- температурні інверсії, їх повторюваність та тривалість;
- швидкість вітру, повторюваність застоїв повітря та слабких вітрів (0-1 м/с);
- тривалість туманів, рельєф місцевості, геологічну будову та гідрогеологію району;

- ґрунтово-рослинні умови (тип ґрунтів, водопроникність, пористість, гранулометричний склад ґрунтів, еродованість ґрунтового покриву, стан рослинності, склад порід, вік, бонітет);

- фонові значення показників забруднення природних компонентів атмосфери, зокрема існуючих рівнів шуму;

- стан тваринного світу, у тому числі іхтіофауни.

Крім соціально-економічних факторів, на утворення порід надавали великий вплив природно-географічні умови. Особливості ґрунту, рельєфу місцевості та клімату значною мірою відбиваються на формуванні ознак та властивостей породи. Так, гірський клімат і рельєф Швейцарії, безумовно, сприяли формуванню симентальської худоби з глибокими і широкими грудьми, міцним кістяком. Для нього характерна пряма постановка задніх кінцівок (слоновість). Голландська порода утворилася за рівнинних умов. Тварини цієї породи мають тонкий кістяк, тонку шкіру, рівну лінію верху, добре розвинені м'язи. У районах жаркого клімату, де бичачим скотарства є піроплазмоз, найбільш придатний для розведення зебуподібної худоби. Зону високих альпійських лук доцільно використовувати для розведення овець типу гірський мерінос або архаромерінос. Характерна особливість гірської місцевості – невстановлена форма рельєфу, тобто, здатність його змінюватися практично при найнезначніших змінах зовнішніх та внутрішніх силових та гідрогеологічних факторів. Отже, одним із головних факторів, що впливають на вибір тієї чи іншої схеми каналізації, є рельєф місцевості, ретельне вивчення якого дозволяє вирішити завдання проектування каналізації найбільш раціонально та економічно. Безпосередній вплив ухилів місцевості на річковий стік порівняно невеликий, тому що роль інфільтраційної здатності ґрунтів перебиває залежно від цього фактору збільшення або зменшення швидкості стікання вод по земній поверхні.

Великий вплив рельєфу надає на окремі елементи водного балансу річкових басейнів: опади, інфільтрацію вологи в ґрунт-ґрунти та випаровування. Цей вплив рельєфу проявляється по-різному залежно від великості його форм.

Особливо значно воно у горах, де з висотою місцевості збільшується річна сума опадів, знижується температура повітря, наслідком чого є зменшення випаровування і збільшення стоку. З висотою, як правило, збільшується частка твердих опадів, що призводить до збільшення коефіцієнта стоку, а отже, і величини стоку, а також до суттєвої зміни водного режиму, найбільш вираженому на високогірних річках.

Оцінка стану повітряного басейну насамперед включає визначення потенційної небезпеки його забруднення залежно від природно-кліматичних факторів конкретної території міста чи району, що визначають здатність атмосфери розсіювати та адсорбувати шкідливі домішки. Це залежить від характеру турбулентного обміну та швидкості вітру, наявності туманів, рельєфу місцевості та інших факторів. Неприятливий характер розсіювання шкідливих речовин спостерігається, зокрема, у разі температурних інверсій.

До другої групи належать непрямі чинники, що визначають передусім умови, у яких протікає взаємодія речовин із водою. Це клімат, гідрогеологічні та гідродинамічні умови, рельєф місцевості, водний режим, рослинність. Крім перерахованих метеорологічних факторів на поширення атмосферних забруднювачів впливає рельєф місцевості, ліси та водойми поблизу джерел викиду, які сприяють поглинанню шкідливих речовин з атмосфери. Схеми каналізації залежать від безлічі факторів, наприклад від рельєфу місцевості, ґрунтових умов, місця розташування очисних споруд, різновиди та ступеня забруднення стічних вод.

З усього різноманіття природних умов найбільш характерний і визначальний вплив формування екологічної обстановки надає рельєф. Він забезпечує певний тип взаємодії об'єктів природного та антропогенного середовища і таким чином впливає на переміщення речовини та енергії. Хід більшості еколого-геохімічних процесів залежить від надходження в кожену точку території вологи та сонячного тепла, їх розподіл регулюється кутами нахилу та експозицією схилів. Напрямок та поширення забруднень, шляхи міграції речовини, зони його можливого накопичення та змиву визначають

типи морфоелементів рельєфу. Отримання перелічених характеристик забезпечує детальний морфометричний аналіз рельєфу, результати якого дозволяють виконати попереднє зонування території за спрямованістю та інтенсивністю потоків речовини, зокрема забруднюючих речовин. Поєднання транспонуючих та акумулюючих процесів перенесення може активізувати негативні екологічні явища в межах земельних ділянок. Подальший аналіз з урахуванням фактичних даних про стан довкілля біля міста дозволить підвищити об'єктивність оцінки екологічної ситуації у межах окремих кадастрових кварталів. Картографічна візуалізація результатів оцінки в комплексі зі схемою кадастрового поділу території надає наочне відображення просторового взаємозв'язку різних функціональних зон з виділеними потоковими структурами, що визначають області переносу та накопичення забруднюючих речовин. Інтерпретація вищезазначеного набору даних забезпечить виконання диференціації кадастрових кварталів з екологічної обстановки.

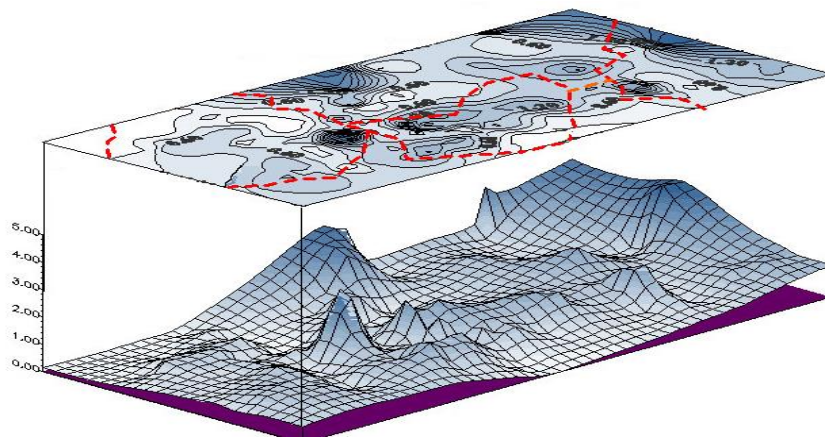


Рис. 1.5 Приклад двомірної та тривимірної моделей забруднення

1.3. Інтегрований підхід до екологічної оцінки урбанізованих територій

Для реалізації методів дослідження інтегрованого підходу до екологічної оцінки урбанізованих територій пропонується розглядати у комплексі природну та техногенну складові. Процеси поширення забруднюючих речовин визначаються, насамперед, природними особливостями території, переважно рельєфом, що зумовлює напрями міграції забруднювачів на підстилаючій поверхні, у водному середовищі, а також частково в приземному шарі атмосфери. Пропонується розглядати їх як природні потокові системи. Особливості міської інфраструктури формують антропогенні канали перенесення речовини та енергії і можуть бути охарактеризовані як місцеві потокові системи. Найбільш значущим елементом цих систем є об'єкти транзитного стоку – каналізаційні колектори, комунікаційні канали (тепломережа, транспорт тощо). Відповідно, аналіз взаємодії цих потоків дозволить підвищити об'єктивність оцінки екологічної обстановки міста.

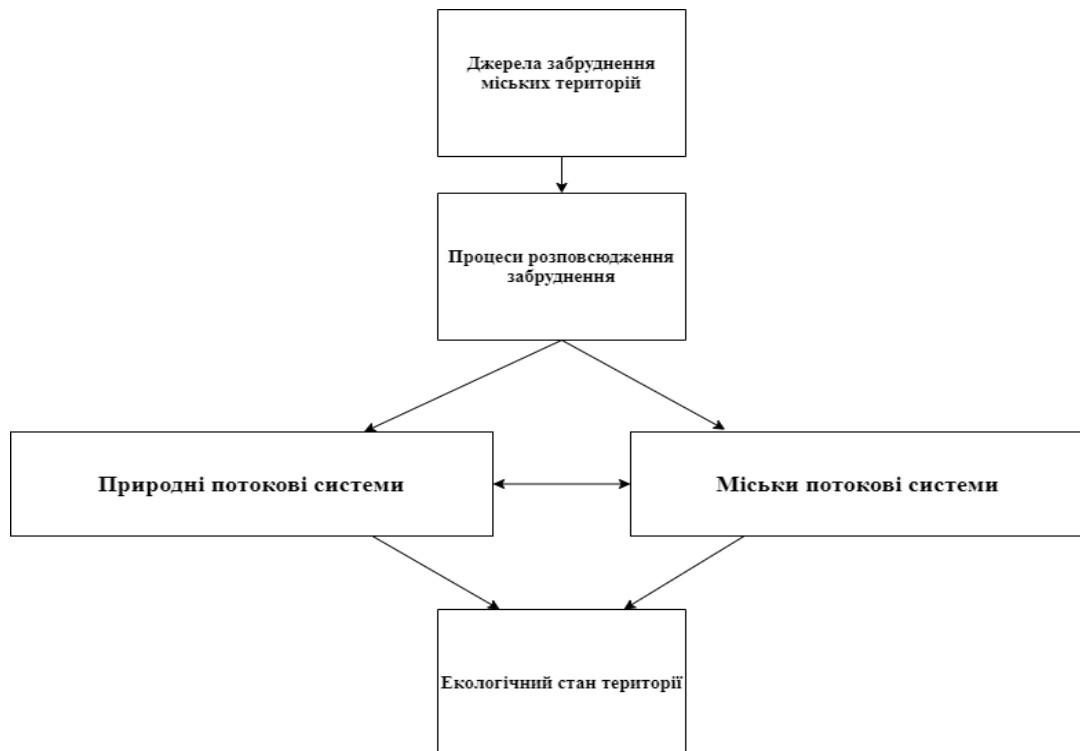


Рис. 1.6 Схема впливу зовнішніх факторів на екологічний стан території

Для всебічного аналізу перерахованої просторової інформації та пов'язаних з нею непросторових (атрибутивних) даних пропонується

моделювати екологічні процеси біля міста засобами сучасних ГІС-технологій з урахуванням інтеграції даних :

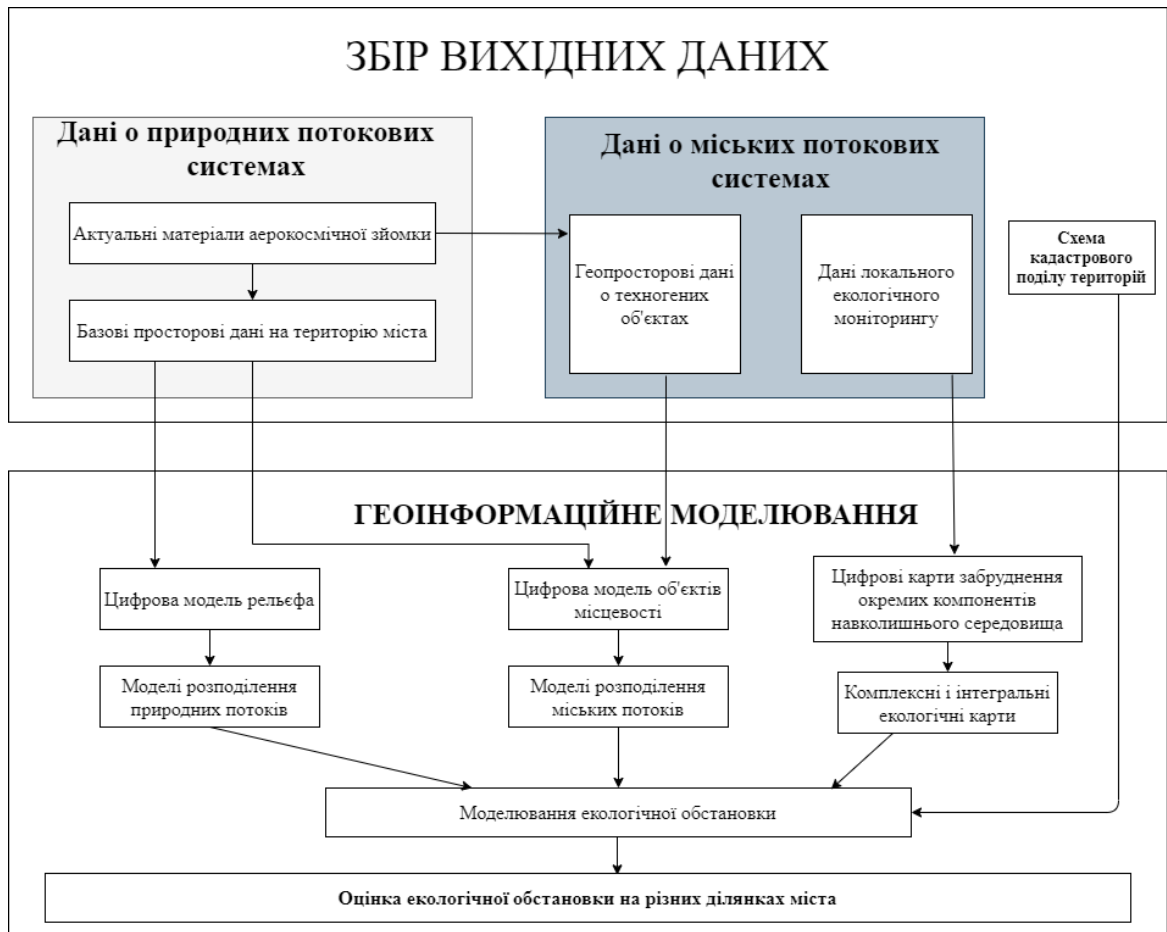


Рис. 1.7 Принципова послідовність процесу інтеграції різномірних даних для обліку екологічної складової при веденні Державного кадастру

Як видно із рис. 1.7, принципова послідовність процесу інтеграції різномірних даних для обліку екологічної складової при веденні Державного кадастру включає дві основні групи дій: збір і систематизація вихідних даних, і геоінформаційне моделювання екологічної обстановки міста з урахуванням потокових систем. Для формування геоінформаційної моделі території необхідні базові просторові дані на територію (топографічні карти та матеріали аерокосмічних зйомок). Це послужить основою для створення цифрової моделі місцевості (ЦММ), що включає цифрову модель рельєфу (ЦМР) і тривимірну цифрову модель об'єктів місцевості (ЦМО). Аналізу екологічного стану міської території має передувати аналіз морфології рельєфу як сукупності упорядкованих форм, що виникли під дією гравімагнітних полів, дія яких на

земній поверхні проявляється у вигляді потоків ґрунтово-геологічної речовини. Ці потоки, своєю чергою, визначають напрямок руху техногенних речовин, що утворюються внаслідок дії тих чи інших природних чи антропогенних джерел забруднення. Аналізувати рельєф у такому контексті дозволяє спосіб «пластики рельєфу», який заснований на геометричному перетворенні горизонталей топографічних карт чи ізогіпс і структурних карт будь-якого масштабу на морфоізографі. Для оцінки вкладу рельєфу різні природні чи техногенні процеси необхідно визначити його кількісні характеристики. З цього погляду одним із найефективніших методів вивчення рельєфу є морфометричний аналіз. В даний час розроблено і застосовується цілий ряд методик, що дозволяють визначати морфометричні показники та відображати їх на морфометричних картах різного змісту та призначення. Також, багатьма спеціалістами пропонуються унікальні авторські системи морфометричних показників та алгоритми їх визначення. Найчастіше морфометричні дослідження базуються на аналізі крутості та експозиції схилів, оскільки саме ці параметри визначають значення інсоляції та величину поверхневого стоку. Для оцінки просторового розподілу (зокрема, напряму та швидкості) потоків речовини використовують такі показники, як горизонтальна та вертикальна кривизна. Форма поверхні тіл рельєфу може бути описана й іншими морфометричними показниками. Подання рельєфу як ЦМР значно розширює можливості морфометричного аналізу. Використання геоінформаційних систем (ГІС) дозволяє здійснювати тривимірну візуалізацію на різних етапах моделювання, що підвищує наочність створюваних моделей та сприяє більш ефективному вивченню морфометричних властивостей рельєфу. За наявності відповідних технологічних можливостей використовуваної ГІС ЦМР можуть створюватися в інтерактивному режимі, що спрощує сприйняття інформації. Таким чином, ЦМР оптимізують процес вивчення взаємозв'язків між просторовими об'єктами, суттєво доповнюючи чисельні моделі.

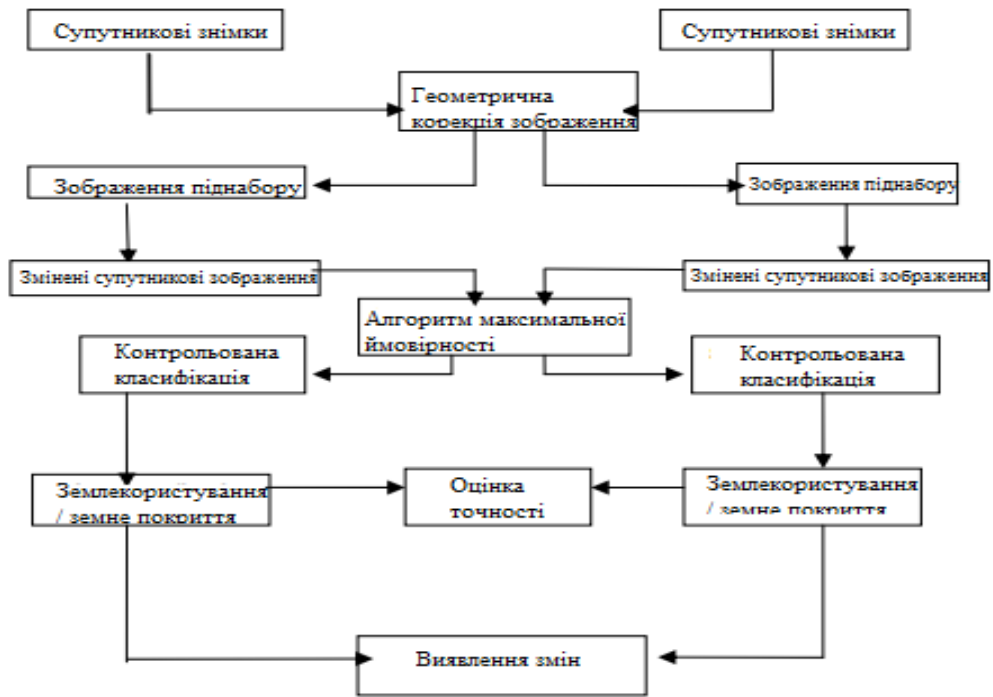


Рис. 1.8 Схема виявлення змін

Комплексний аналіз перерахованих вище морфометричних показників, що визначаються за ЦМР, дозволяє виявляти зони транзиту та акумуляції забруднюючих речовин. Результатом аналізу є цифрові моделі просторового розподілу природних потоків речовини. Для зручності подальшого використання вони візуалізуються у вигляді цифрових карток або тривимірних картографічних моделей. Ступінь детальності відображення топографії поверхні під час побудови ЦМР залежить від вихідних матеріалів, використаних для отримання даних про рельєф. Одним із широко використовуваних методів при аналізі природного середовища є формування ЦМР по горизонталі, в цьому у разі основним джерелом виступають топографічні карти різних масштабів. Оскільки горизонталі були отримані в результаті перетворень вихідних даних (інтерполяція за точками), підсумкове цифрове уявлення поверхні виходить дещо спотвореним за рахунок згладжування форм мікро та нанорельєфу. Слід зазначити, що суттєвість цього спотворення може проявитися лише за великомасштабних дослідженнях. У такому разі доцільно використовувати дані дистанційного зондування та лазерного сканування, при яких побудова ЦМР здійснюється за безпосередньо вимірними даними, що забезпечує більш високу її точність, у тому числі і при

обстеженні території з густим лісовим покривом або висотною забудовою високої густини. Другим важливим етапом обліку екологічної складовою в кадастровій оцінці є аналіз стану довкілля біля міста. Масив відповідних вихідних даних формується під час ведення уповноваженими органами локального екологічного моніторингу. Одержання інформативних та об'єктивних результатів екологічної оцінки забезпечується збиранням та аналізом детальних відомостей про забруднення окремих компонентів навколишнього середовища та визначенням комплексних та інтегральних характеристик екологічної ситуації. Як методологічна основа моделювання стану навколишнього середовища міста виступають структурування та геоінформаційний аналіз просторових даних екологічного характеру, прийоми якого встановлюються залежно від досліджуваного природного компонента та типу забруднення. Проведені дослідження дозволили сформуванню переліку даних про стан компонентів навколишнього середовища, які є достатніми для отримання комплексної характеристики стану навколишнього середовища в межах кадастрових кварталів. Нижче перераховані види забруднень і основні показники, що характеризують їх інтенсивність:

- забруднення атмосфери міста (викиди стаціонарних промислових джерел, забрудненість повітря на автомагістралях, загальна запиленість атмосферного повітря);
- забруднення водойм та водотоків у межах міста (локалізація та обсяги скидів промислових та комунально побутових стоків, концентрація пріоритетних забруднюючих речовин, класи якості води);
- забруднення міських ґрунтів (місце розташування полігонів твердих побутових та промислових відходів, комплексний показник забруднення ґрунтів важкими металами, локалізація техногенних геохімічних аномалій);
- шумове забруднення від міського транспорту;
- природне радіаційне тло (концентрація радону в ґрунтовому повітрі, наявність та розміщення тектонічних елементів, що зумовлюють підвищений

рівень природного радіаційного фону, наприклад – виходів гранітних масивів на поверхню).

- техногенне радіаційне забруднення (наявність та розміщення джерел іонізуючого випромінювання, ділянок техногенного радіаційного забруднення);
- комплексний показник стану навколишнього середовища, визначений у ході екологічного зонування території для кожного кадастрового кварталу, виділеного на території міста відповідно до затвердженої схеми кадастрового розподілу.

Геоінформаційний аналіз та моделювання вище перелічених даних виконується в ГІС, які мають розвинений інструментарій у галузі побудови та дослідження картографічних 3D-моделей, встановлення просторових зв'язків між об'єктами. Це дозволяє вирішувати такі завдання:

- виявлення основних закономірностей забруднення підстилаючої поверхні для екологічно безпечного планування розвитку селищної забудови;
- визначення та оцінка ерозійного ризику, винесення рекомендацій щодо використання різних ділянок місцевості з урахуванням ерозійної ситуації;
- моделювання зон забруднення приземного шару атмосфери великими стаціонарними джерелами (ТЕЦ тощо) для планування висотної житлової забудови (понад 16 поверхів);
- аналіз поширення потоків забруднюючих речовин від існуючих та запланованих промислових об'єктів різного призначення;
- обґрунтування розміщення нових селищних та зелених зон, проєктованих промислових підприємств та об'єктів інфраструктури з урахуванням вимог екологічної безпеки для здоров'я населення;
- виявлення пріоритетних напрямів у галузі охорони навколишнього середовища, винесення рекомендацій щодо покращення якості життя населення.

Загалом результати 3D-моделювання закладають основу для детальної оцінки міського довкілля з урахуванням різних критеріїв (кадастрових, геодинамічних, екологічних, медико-біологічних) та створення результуючої

картографічної продукції відповідної тематики, яка виступає як частина інформаційного забезпечення щодо територіального планування використання міських земель.

Апробація викладених підходів реалізується для аналізу екологічної обстановки території міста. Геоінформаційне моделювання природних та міських потокових систем на території міста забезпечує системний розгляд міської території та підвищує об'єктивність екологічної оцінки стану навколишнього середовища. Реалізація запропонованого підходу дозволяє розглядати кадастровий квартал як елементарну ділянку досліджуваної території і, отже, диференціювати кадастрові квартали за екологічною обстановкою та більш достовірно враховувати екологічну складову при оцінці об'єктів нерухомості.

1.4. Технологічна схема інтеграції різнорідних даних для оцінювання екологічного стану міської середи

Для прикладу оцінювання екологічного стану інтеграцією різнорідних даних можна відштовхуватися від гідрологічної ролі формування екологічного стану міського середовища. Гідрологічна роль міст значна, особливо якщо врахувати, що міста швидко зростають. Вже зараз у найбільш населених та економічно розвинених районах країни міста займають понад 10% території. Гідрологічна роль міст виражається головним чином у тому, що територія, що займається ними, характеризується екстремальним станом проникності поверхні (асфальтові покриття, дахи будинків). У містах вона набагато нижча, ніж на природних ґрунтах. Тому поверхневий стік з території міст великий, а живлення підземних вод незначне. Але чи не найбільше гідрологічне значення мають міста як джерела забруднення річок та водойм?

Актуальність цієї проблеми зумовлена тим, що у майбутньому у зв'язку з швидким зростанням міст зазначені процеси зміни водного балансу та пов'язаного з ним матеріального обміну набудуть більших масштабів. Це буде

відбуватися у зв'язку зі зростанням міського населення, з перспективою наближення сільських населених місць до міських умов. Тому необхідно вивчення впливу нового антропогенного ландшафту з перетвореними природними комплексами на зміну поверхневого стоку та його режиму, вивчення впливу зміненого рельєфу на урбанізованих територіях на поверхневий стік, вивчення впливу міста на забруднення річок, водойм та на водний баланс території, вивчення зміни гідрографічної мережі. У місті з екстенсивною малоповерховою забудовою переважають природні ландшафти: природний рельєф місцевості, відкриті водойми та водотоки, парки, лісопарки та інші зелені насадження. Природа входить до складу міських територій. Забезпечується просторова єдність забудови, зелених масивів та водних поверхонь. Існують такі міста як екополіси — природно-антропогенні системи. Існує думка, що оптимальна щільність населення на їх територіях не повинна перевищувати 100 осіб/га. У цьому випадку можна зберегти озеленені простори, за площею, що рівні територіям, займаним асфальтовими покриттями, будинками та різними міськими спорудами. Однак такі поселення неекономічні, оскільки вимагають протяжних транспортних та ресурсозабезпечених комунікацій. Сьогодні простежується тенденція ущільнення поселень. У великих містах антропогенні системи чинять дуже відчутний тиск на природне середовище. Урбанізація перетворює її радикально, порушуючи природну рівновагу. Виникають антропо-природні системи, де переважають антропогенні складові. У містах відбувається техногенна зміна гідрогеологічних умов, вони впливають на формування поверхневого стоку у містах.

Змінюються умови живлення, стоку та розвантаження підземних вод, їх рівневий та температурний режим, а також хімічний склад. Серед штучних факторів, що змінюють природний режим підземних вод, виділяють:

а) діючі довго (стаціонарні дренажі, експлуатаційні відкачування з артезіанських свердловин, зміна умов інфільтрації атмосферних опадів у ґрунт, накопичення забрудненого культурного шару);

б) короткочасні (відкачування під час будівництва, витоку вод із водопроводу, каналізації, водостоків, заморожування масивів порід та інших.);

в) прямого впливу (вирубубання лісів, забудова, асфальтування та бетонування території та ін.).

В результаті дії цих факторів найбільш істотні зміни стану гідросфери виражаються: у формуванні значних депресійних воронок, що викликають підтікання ґрунтових вод в експлуатовані горизонти, що в міських умовах, як правило, супроводжується погіршенням якості вод та збільшенням їх агресивності. Це виявляється і у підвищенні рівня ґрунтових вод і, як наслідок, у розвитку підтоплення території, наслідком чого може бути зниження несучої здатності ґрунтів основ будівель та споруд, деформації поверхні землі та споруд, вторинне засолення ґрунтів та деградація рослинності на територіях парків та скверів. Також у містах та передмістях проводять осушення територій, що внаслідок зниження рівнів ґрунтових вод призводить до зменшення вологості ґрунту та зміни його водно-фізичних властивостей, порушує режим випаровування та транспірації, що, у свою чергу, призводить до зміни майже всіх елементів стоку. Осушувальні меліорації по-різному впливають на малі та великі річки залежно від умов дренажу ґрунтових вод. Істотно змінюється при осушенні та внутрішньорічне розподіл річкового стоку, переважно у бік більш рівномірного розподілу по сезонам і місяцям. На водний баланс водозборів помітне впливає і зведення чи відновлення лісів, яким майже завжди супроводжується будівництво у межах міст. Підтоплення територій часто є наслідком людської діяльності. Гідрологічний режим змінюється під час ліквідації боліт, цього природного випарника ґрунтових вод. Тому засипанням болота стимулюється порушення режимів випаровування та природного водообміну на прилеглий території.

Цифрові моделі рельєфу (ЦМР) зараз широко використовуються спеціалістами, що працюють у найрізноманітніших напрямках географії та геоморфології. Однією з найважливіших завдань, розв'язуваних з допомогою ЦМР, є автоматизоване побудова меж водозборів постійних і часових

водотоків. Важливість її вирішення визначається різноманіттям наукових та прикладних завдань, які вирішуються за допомогою басейнового підходу, роль якого в даний час лише зростає. Зумовлено це насамперед можливістю використання сучасних інформаційних технологій, доступністю цифрового рельєфу та базових гідрометеорологічних параметрів для всієї території планети. Все це дає можливість досліджувати природні процеси та явища на різних рівнях генералізації з використанням ГІС. ЦМР є основним елементом будь-якої розподіленої гідрологічної моделі, або басейнної геоінформаційної системи, оскільки дозволяє визначити багато морфометричні та гідрографічні характеристики річок та їх басейнів: вектор напрямку стоку, тальвеги та вододіли, площі водозборів, порядки водотоків, ухили водотоків. При цьому точність автоматизованого визначення гідрографічних показників залежить від характеру рельєфу. Найменша точність визначення меж водозборів по ЦМР характерна для територій зі слабо розчленованим рельєфом у зв'язку з тим, що на поверхні з близьким до нуля ухилом напрямком стоку і межі водозборів часто визначається невірно, а значна частина території взагалі не дронується гідрографічною мережею або відноситься до областей внутрішнього стоку. Для виконання гідрологічного аналізу пред'являються також певні вимоги та до вирішення ЦМР. Для автоматизованого оконтурювання басейнів середніх і малих рівнинних річок просторового дозволу і висотної точності ЦМР, що вільно розповсюджуються, іноді виявляється недостатньо. У такому разі потрібне створення ЦМР на основі оцифровки топографічних карт або дорогих даних радарної супутникової зйомки. ЦМР, яка використовується при визначенні гідрографічних характеристик річок та їх басейнів, має бути гідрологічно-коректною. Поняття гідрологічної коректності ЦМР включає два основні положення:

- 1) у ЦМР повинні бути відсутні фіктивні точки стоку (Фіктивні депресії);
- 2) потокові лінії (тальвеги) на ЦМР повинні збігатися з вихідними відрізками річкової мережі.

При побудові гідрологічно-коректної ЦМР повинна враховуватися не лише інформація про рельєф, а й дані про річкову мережу та замкнуті зниження. Функції аналізу ЦМР та розрахунку гідрографічних характеристик річок та його басейнів доступні у багатьох програмних засобах ГІС, як вільно поширюваних, і пропріетарних. Найбільш широкі функціональні можливості у програмних продуктах TAS і SAGA (System for Automated Geoscientific Analysis), що вільно розповсюджуються. У системі ArcGis деякі інструменти гідрологічного аналізу та моделювання реалізовані у модулі Spatial Analyst.

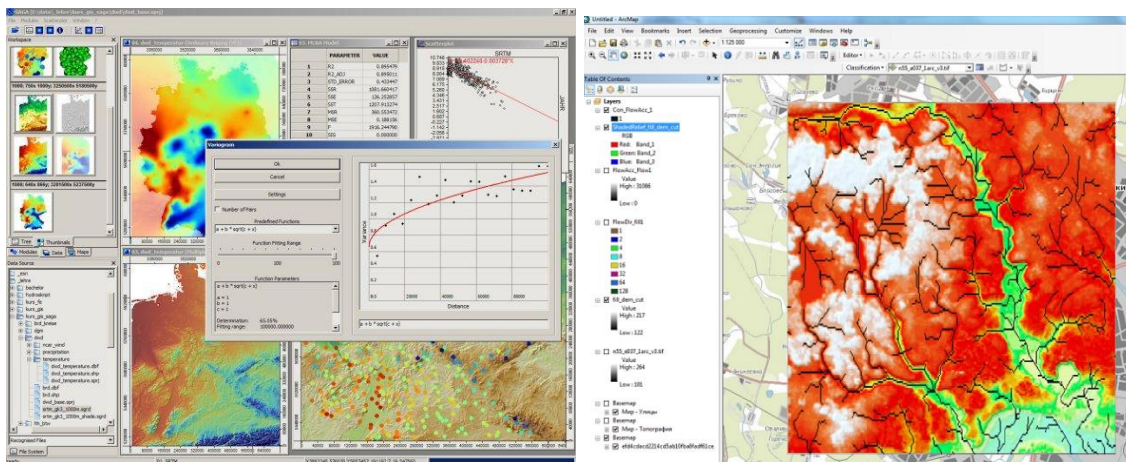


Рис. 1.9 Приклади програмних продуктів

Морфометричний спосіб полягає в тому, що абсолютна більшість нових тектонічних рухів носять успадований характер, тобто. Позитивні структури у час схильні до висхідним тектонічним підняттям, негативні – до низхідним. Рухи земної кори, взаємодіючи з екзогенними процесами та долаючи їх вирівнювальну діяльність, знаходять, зрештою, своє відображення у сучасному рельєфі та характері річкової мережі. При виконанні морфометричного аналізу рельєф розкладається на компоненти (рівні), що умовно відносяться до одного етапу неотектонічної історії регіону. Кожен компонент рівня представляє тектонічну структуру різного масштабу. Виявлені структури можна ранжувати за часом утворення, а також отримати кількісні оцінки амплітуд вертикальних рухів та обсягів ерозії. Суть методу полягає у побудові та інтерпретації серії морфометричних карт: карт порядків долин та водороздільних ліній, карт базисних та вершинних поверхонь, карт різниць базисних (вершинних) поверхонь, карт глибини ерозійного врізу (карт знесення) та ін. Комплексний

аналіз цих карт дозволяє не тільки виявити неотектонічні структури, а й дає можливість їх оконтурювання.

Під цифровою моделлю якогось геометричного (географічного) об'єкта розуміється певна форма представлення вихідних даних та спосіб їх структурного опису, що дозволяє «обчислювати» (відновлювати) об'єкт шляхом інтерполяції, апроксимації або екстраполяції. Цифрові моделі рельєфу – це особливий вид тривимірних математичних моделей, що представляє відображення «рельєфу» як реальних, і абстрактних геополів (поверхень). Найпоширеніші цифрові дані, що характеризують форму земної поверхні – це растрові (засновані на значеннях у осередках) цифрові моделі рельєфу (ЦМР або DEM). Ці моделі використовуються як вхідні дані для кількісної характеристики земної поверхні. ЦМР – це растрове уявлення безперервної поверхні, як правило, що відноситься до поверхні землі. Точність цих даних визначається, головним чином, роздільною здатністю (відстанню між опорними точками). Інші фактори, що впливають на точність даних, це їх тип (цілі числа або числа з плаваючою точкою), а також місце розташування на земній поверхні опорних точок, використаних при побудові вихідної ЦМР. Інструмент Топо в Растр - це метод інтерполяції спеціально розроблений для створення гідрологічно-коректних цифрових моделей рельєфу. Алгоритм Топо в Растрі розраховує модель рельєфу, якість якої у багато разів перевищує якість моделей, одержуваних звичайними методами інтерполяції, такими, як, наприклад, сплайн або кригінг. У цій функції враховується як просторове становище ізолій рельєфу і відміток висот, а й розташування річкової мережі, закритих водойм (озер), локальних знижень рельєфу. Є ще ряд додаткових опцій Топо в Растрі, що дозволяють, в цілому, отримати добре скориговану гіпсометричну поверхню, придатну для гідрологічного моделювання, а також враховує всі особливості рельєфу регіону, що вивчається. Процедура проведення аналізу можна подати у вигляді наступної блок-схеми, що містить послідовні кроки для досягнення конкретних результатів.

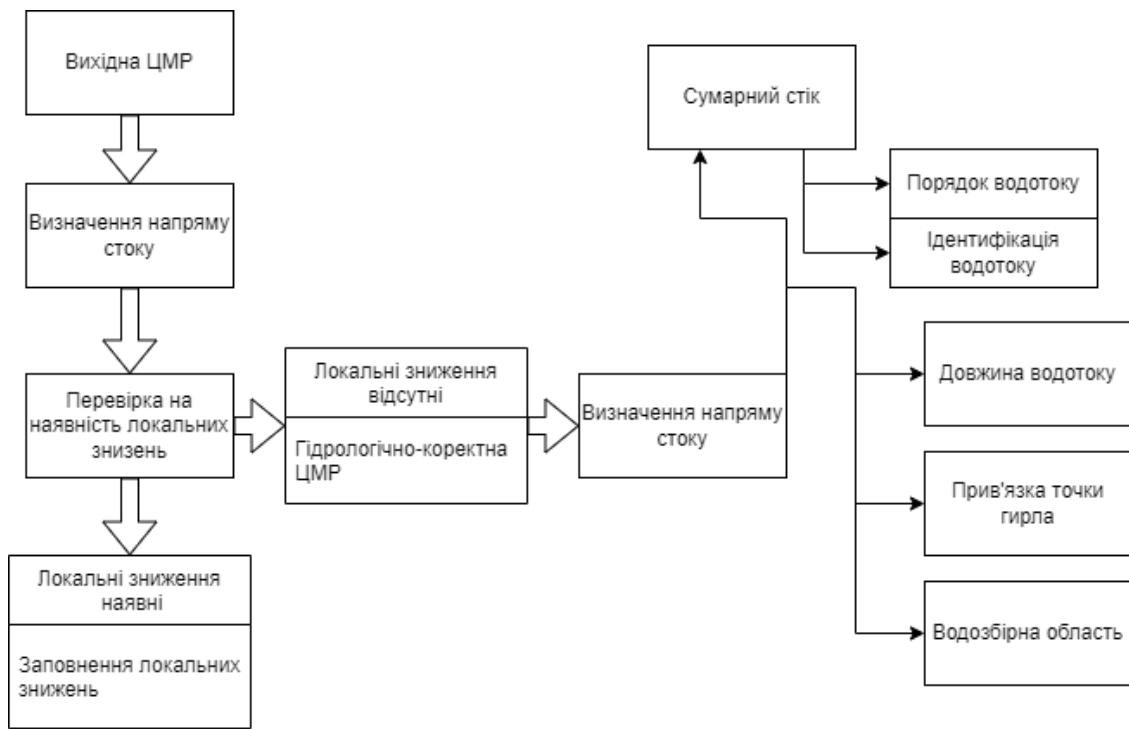


Рис. 1.10 Блок-схема гідрологічного аналізу

Вода – це основна ерозійна сила, що визначає форму більшості ландшафтів та рельєфу загалом. З цієї причини більшість ландшафтів мають кілька вершин пагорбів (локальних максимумів) і кілька локальних понижень (локальних мінімумів), що призводить до формування пов'язаної дренажної системи. Річкові системи складаються з головної річки та всіх її притоків. Головна річка виділяється виходячи з її довжини, повноводності, напрями течії. Оскільки у притоків головної річки є свої притоки, які мають свої і так далі, доцільно провести впорядкування річок і річкових долин у межах цієї системи. Розроблено ряд класифікацій порядків річок, які ведуть рахунок від верхів'їв річкової системи до її низовин. Відповідно до правила Р. Хортон (рис. в тексті) виділяється не лише головна річка, а й головні її притоки, що мають порядок на одиницю нижче, а також притоки нижчих порядків, кожен з яких у свою чергу вважається стрижневою річкою для своєї річкової системи. . Відповідно до інших правил порядок річок зростає у напрямку до низовин річкової системи. При цьому збільшення порядку річки на одиницю відбувається при злитті двох однопорядкових водотоків (за А. Штрахлером і В.П. Філософовим – дивись рис. б), а також при впаданні в річку двох притоків, кожен з яких має порядок на одиницю менше (за Н. А. Ржаніцину - дивись рис. Нарешті, за правилом Р.

Шриве порядок кожного водотоку дорівнює сумі порядків всіх, розташованих вище за течією водотоків. Виділення порядків річок дозволяє розчленовувати річкову систему на фрагменти з рівними гідрологічними параметрами, отже, з рівними ерозійними властивостями.

Геодинамічні особливості розвитку території відбито на різницевиx картах базисних поверхонь. Їх аналіз дозволяє якісно та кількісно охарактеризувати неотектонічні структури за період між етапами активізації та стабілізації території.

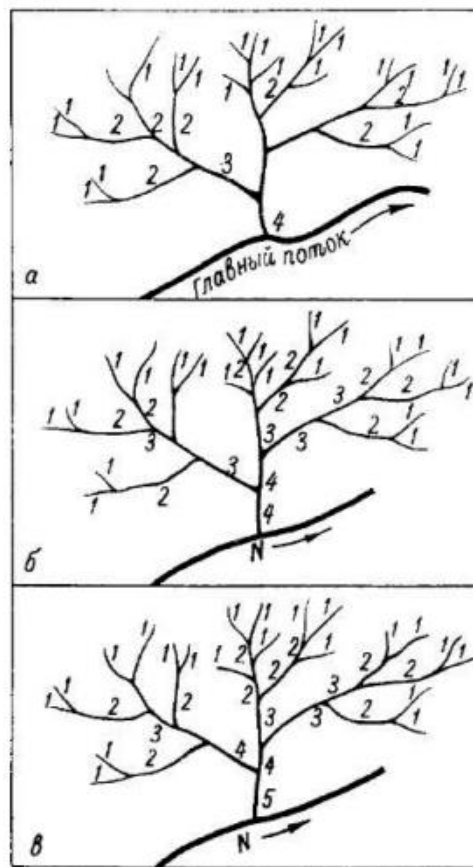


Рис. 1.11 Правило порядків річок по Р. Хортону (а), В. П. Флосову (б) Н. А. Ржаніцину (в)

Висновки по першому розділу:

В першому розділі проведено аналіз існуючих технологій стійкого міського дренажу. Визначено методи та прийоми, які імітують процеси у

природних екосистемах при відведенні поверхневих стічних (злизових) вод. Визначено, що основною метою системи є збір дощової води та уповільнення швидкості водного потоку, щоб дати воді можливість випаровуватися та вбиратися у ґрунт, одночасно очищаючи воду від забруднення.

**РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА СТРУКТУРИ ПРОСТОРОВОЇ БАЗИ ДАНИХ
ДЛЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИХ ТА
МІСЬКИХ ПОТОКОВИХ СИСТЕМ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА**

					ДИПЛОМНА РОБОТА			
			Підпис	Дата				
Виконав	Літяк К.В.				Побудова структури просторової бази даних для геоінформаційного моделювання природних та міських поточкових систем на території міста	Літ.	Арк.	Аркушів
Консульт.							1	14
Керівник	Патракеєв І.М					КНУБА, група ГІСТ-61м		
Зав. каф.	Карпінський Ю.О.							

Розділ 2. Побудова структури просторової бази даних для геоінформаційного моделювання природних та міських потокових систем на території міста

2.1 Вибір та обґрунтування вихідних джерел даних на територію в адміністративних межах міста Харкова

Основними законодавчими актами для проектування бази геопросторових даних гідрологічного моделювання міської території є Державний класифікатор (ДК БС) ДК 018-2000, «Порядок загальнодержавного топографічного і тематичного картографування», затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 4 вересня 2013 р. №661; Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (затверджені наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 24.01.94 №3); Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000 (затверджені наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України №156 від 31.12.1999р. і погоджені з Воєнно-топографічним управлінням Генерального штабу Збройних сил України); Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 листопада 2007р. №1021-р Про схвалення Концепції проекту Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» (із змінами, внесеними згідно з Розпорядженням КМУ №464-р від 26.06.2013); міжнародні стандарти серії ДСТУ ISO 19100 «Географічна інформація/Геоматика» специфікації D2.8.ІІІ.2 INSPIRE Data Specification on Buildings – Technical Guidelines та ELF Data Specification.

Перелік нормативного забезпечення, яким будуть керуватися органи, підрозділи та служби в процесі використання БГД гідрологічного моделювання міської території, такий: Закони України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» №353-ХІV від 23.12.1998р., «Про основи містобудування» №2781-ХІІ від 16.11.1992р., «Про регулювання містобудівної діяльності» №3038-VI від 17.02.2011р., «Про архітектурну діяльність» №687-

XIV від 20.05.1999 р., Постанова Кабінету Міністрів України від 25.05.2011 №548 «Про затвердження Порядку проведення експертизи містобудівної документації», Постанова Кабінету Міністрів України від 25.05.2011р. №559 «Про містобудівний кадастр», державні будівельні норми та інша нормативна документація, визначена чинним законодавством.

На підставі аналізу нормативно-методичної документації зроблено висновок, що існуюча нормативно-технічна база гідрологічного моделювання міської території, не повною мірою відповідає сучасним вимогам технічного нормування та стандартизації, не відображає стан системи інженерних споруджень зливової каналізації, а також змін у чинному законодавстві. Більшість існуючих нормативів державної та відомчої систем технічного нормування і стандартизації потребує удосконалення і подальшого розвитку.

Від вересня 2015 року в Україні успішно відбувається формування базових геопросторових даних як єдиної цифрової топографічної основи в рамках проекту «Створення національної інфраструктури геопросторових даних в Україні».

Інженерні споруди — це об'ємні, площинні або лінійні наземні, надземні або підземні будівельні системи, що складаються з несучих і в деяких випадках огорожувальних конструкцій, призначені для виконання виробничих процесів різного виду, розміщення устаткування, матеріалів та виробів, для тимчасового перебування і пересування людей, транспортних засобів, вантажів, переміщення рідких та газоподібних продуктів тощо. До інженерних споруд належать: транспортні споруди, трубопроводи, комунікації та лінії електропередачі, системи інженерних споруджень зливової каналізації та інші споруди.

Проектування БГД охоплює визначення стратегії, аналіз програмного забезпечення, концептуальне, логічне і фізичне моделювання.

Першим етапом є визначення стратегії. БГД системи інженерних споруджень зливової каналізації, призначена для розв'язання завдань з підтримання в актуальному стані й уніфікації різних за типом і походженням

даних споруди зливової каналізації на єдиній цифровій топографічній основі, забезпечення потрібного рівня взаємодії різних підрозділів органів місцевого управління, інших підприємств й установ, що забезпечують життєдіяльність населеного пункту та використовують у своїй повсякденній діяльності дані про систему інженерних споруджень зливової каналізації. Потенційними користувачами даної БГД є суб'єкти господарювання, органи державної влади та місцевого самоврядування.

2.2 Формування базових наборів просторових даних для моделювання природних та міських поточкових систем

Під час проектування бази даних організацію даних розглядають на трьох рівнях (рис. 2.1): інформаційно-логічному (інфологічному), логічному та фізичному. Цим рівням відповідають етапи проектування бази даних.

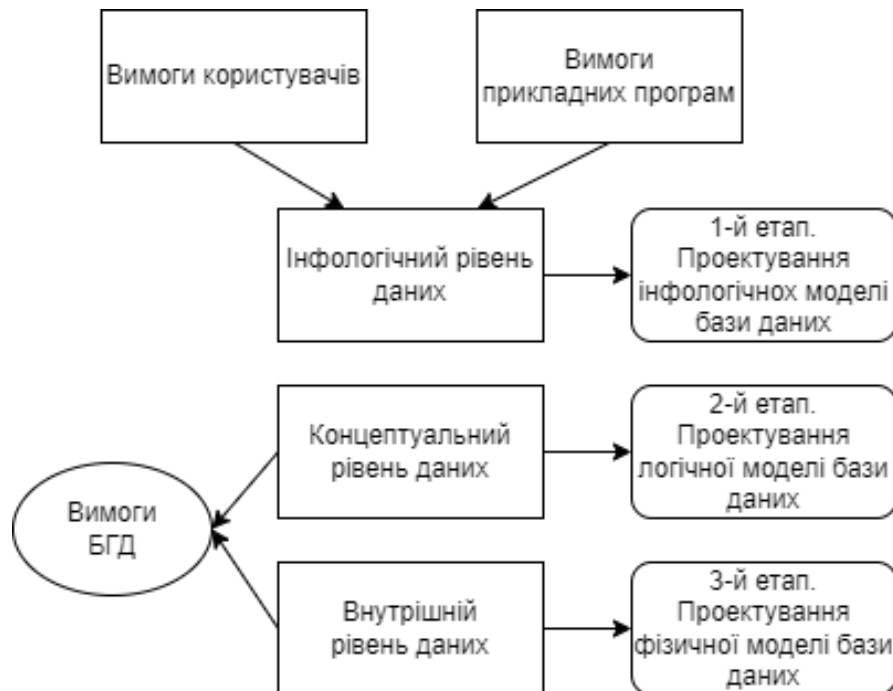


Рис.2.1. Рівні та моделі представлення баз даних

Етап 1. Проектування інфологічної моделі бази даних

На першому етапі здійснюється аналіз предметної області для вирішення завдань, вимог користувачів та прикладних програм. Метою інфологічного

проектування є створення інфогічної (концептуальної) моделі предметної області, на основі якої буде побудована база даних.

В інфологічній моделі визначаються інформаційні об'єкти предметної області (імена та атрибути об'єктів), зв'язки між об'єктами та запити на отримання певної інформації для користувачів. Усе інформаційні об'єкти представляються у формі схем відносин:

Ім'я відношення (атрибут 1, атрибут 2, ..., атрибут N)

Для відображення інфологічної моделі даних часто використовується звичайний текст у поєднанні з простим, але несуперечливою графічною нотацією. Модель «сутність-зв'язок» (*ER Model* – entity relationship model) – одне з найпоширеніших засобів інфологічного проектування.

Етап 2. Проектування логічної моделі бази даних. На другому етапі здійснюється перехід від інфологічної моделі до логічного. Логічна модель описує об'єкти та їх зв'язки на формальному рівні. Вона є базою даних, структурованою на логічному рівні та орієнтовану на конкретну СУБД.

Дані до СУБД організовані відповідно до моделі реалізації. Прикладами моделей реалізації є ієрархічна, мережева та реляційна моделі. Реляційна модель є однією з найбільш розповсюджених у сучасних комерційних базах даних. У цій моделі типи даних, зв'язку та обмеження моделюються як відносини (Relations). У реляційній моделі формальна мова запитів побудована на основі реляційної алгебри. Реляційна алгебра складається із простих операцій, що дозволяють формулювати запити до даних, організованим у вигляді відносин.

Етап 3. Проектування фізичної моделі бази даних. Фізична модель даних визначає спосіб розміщення даних безпосередньо на машинному носії, враховує розподіл даних, методи доступу та способи індексування. У сучасних прикладних програмних засобах рівень організації забезпечується автоматично без втручання користувача. База даних створюється як набору взаємозалежних файлів у сучасних системах управління базами даних.

На концептуальному рівні проектування БД гідрологічного моделювання території міста для побудови рельєфу доцільно розділити склад шарів на три групи: базові, допоміжні (похідні) та аналітичні (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Склад шарів геопросторової бази даних для побудови рельєфу місцевості

Слой	Состав слоев	
	Рельеф	Гидрография
<i>Базовые слои</i> предоставляют необходимый и достаточный набор данных для общегеографического картографирования рельефа. Базовые слои нельзя получить на основе других слоев или для этого требуется выполнить ресурсоемкие вычисления	Цифровая модель высот Отметки высот Площадные объекты (ледники, скалы и т. д.) Линейные объекты (бровки оврагов, обрывы, промоины, сухие русла и т. д.) Точечные объекты (вулканы, ямы, бутры и т. д.) Горизонталы, отмывка (боковое, отвесное освещение), ...	Отметки урезов воды Площадные объекты (озера, водохранилища и т. д.) Линейные объекты (реки, ручьи, каналы и т. д.) Точечные объекты (источники и т. д.)
<i>Вспомогательные слои</i> используются для изображения рельефа, могут быть получены непосредственно из базовых, но хранятся в БД для оптимизации скорости отображения	Углы наклона, экспозиция кривизны (профильная, плановая и т. д.) направление тока, аккумуляция тока, ...	
<i>Аналитические слои</i> в изображении рельефа не участвуют, но, наряду с базовыми, служат основой его анализа и генерализации		

Аналіз геоінформаційних методів генералізації та зображення рельєфу показує, що найчастіше використовуються для подання рельєфу горизонталі незручні для автоматизованої обробки, а оптимальна форма подання висотних даних цифрова модель. Якщо першоджерелом висотних даних про рельєф є горизонталі, то доцільно на їх основі побудувати ЦМР і включити її до групи базових шарів, а вихідні горизонталі – до групи допоміжних. До складу базових шарів входять також дані про гідрографію, яка, як і структурні лінії, формує опорний каркас зображення та генералізацію рельєфу.

Логічну структуру геопросторової бази даних подано на рис. 2.2. Вона допускає розширення складу рівнів деталізації за допомогою включення шарів іншої тематики. Слід враховувати, що склад шарів між рівнями деталізації може змінюватись. Наприклад, на низькодетальних рівнях, призначених для дрібних масштабів, можуть бути виключені шари точкових, лінійних і площадних об'єктів рельєфу.



Рис.2.2. Логічна структура бази даних для забезпечення гідрологічного моделювання цифрового рельєфу місцевості.

При обґрунтуванні роздільної здатності ЦМР на різних рівнях деталізації слід враховувати такі фактори, як морфологічний характер рельєфу, деталізація вихідних даних, а також умови використання ЦМР. Роздільна здатність ЦМР має забезпечувати чітке відтворення характеру структурних ліній, що відображають морфології рельєфу.

Зміст та структура просторової БД визначають вимоги до даних та вибору їх джерел. Вибір та інтеграція вихідних даних повинні бути орієнтовані на заповнення максимальної кількості рівнів деталізації рельєфа місцевості, що зменшить обсяг робіт з генералізації даних. Основна вимога до даних – відповідність нормам планової та висотної точності, зафіксованим в офіційних документах для відповідних масштабів.

Дуже важливо, щоб зібрані дані узгоджувалися з іншими інформаційними шарами, щоб підтримувалися просторові взаємини та поведінка між пов'язаними ГІС-шарами даних. Кілька прикладів, що ілюструють цю концепцію:

- гідрологічна інформація про вододіли та водозбірні басейни повинна збиратися в унісон з інформацією про дренажну мережу. Лінії водозборів повинні потрапляти усередину басейнів. Решта шарів повинні збігатися з поверхнею рельєфу;

- різні шари даних у матеріалах земельних ділянок повинні бути зібрані відповідно до інформації з кадастрових шарів та геодезичної інформації, щоб просторові об'єкти земельних ділянок співпадали з опорною мережею геодезичних даних. Багато інших наборів просторових об'єктів (зони відчуження, межові кордони, комунікації, класи зон тощо) повинні відповідати набору даних ділянок.

- просторові відносини між рельєфом, ландшафтами, типами ґрунтів, ухилами, рослинністю, геологією тощо. Наукове розуміння цих просторових відносин допомагає побудувати логічно узгоджену базу даних, де просторові об'єкти одного шару даних відповідають об'єктам інших тематичних шарів.

- інформація топографічної базової карти компілюється разом. Гідрографія, транспортні мережі, адміністративні кордони та інші верстви топографічної карти повинні компілюватися в унісон. Ці картографічні уявлення повинні бути інтегровані, щоб було зручно працювати, і можна було звертати увагу на ключові позиції цифрової моделі рельєфу місцевості.

В процесі розроблення БГД структурування географічної інформації виконано відповідно до INSPIRE, оскільки це інструкція щодо створення БГД будівель і споруд, у якій, зокрема, наведені обов'язкові до застосування об'єкти та їх атрибути. Об'єкти та атрибути, відсутні у згаданій специфікації, були запроєктовані самостійно з огляду на необхідність їх використання в цій БГД. Для розроблення каталогу використано типи даних, використовувано 12 класів об'єктів.

В логічній моделі об'єкти реального світу класифіковано відповідно до міжнародного стандарту ДСТУ ISO 19110:2017 (ISO 19110:2016, IDT) «Географічна інформація. Методологія каталогізації об'єктів та запроєктованого каталогу об'єктів та атрибутів».

В розробленій логічній моделі відображено 9 класів об'єктів та 19 зв'язків.. Особливістю логічної моделі є зазначення перед назвою класу об'єкта його типу, тобто типу даних, які будуть заноситися до даного класу. У цій моделі всі дані поділяють на два класи: *featureType* і *datatype*. У процесі реалізації моделі клас об'єкта *featureType* у СКБД буде створюватися як просторовий шар з відповідною геометрією, а клас *datatype*, який містить атрибутивну інформацію, як таблиця даних.

База геоданих створена за допомогою ArcCatalog, оскільки за допомогою ArcCatalog, можна одразу вказати всі потрібні поля, які будуть присутні в шарі/таблиці. Це значно прискорює процес створення БГД. Приклад реалізації БГД рельєфа місцевості для виконання гідрологічного аналізу території міста Харкова показано на рис.2.4.

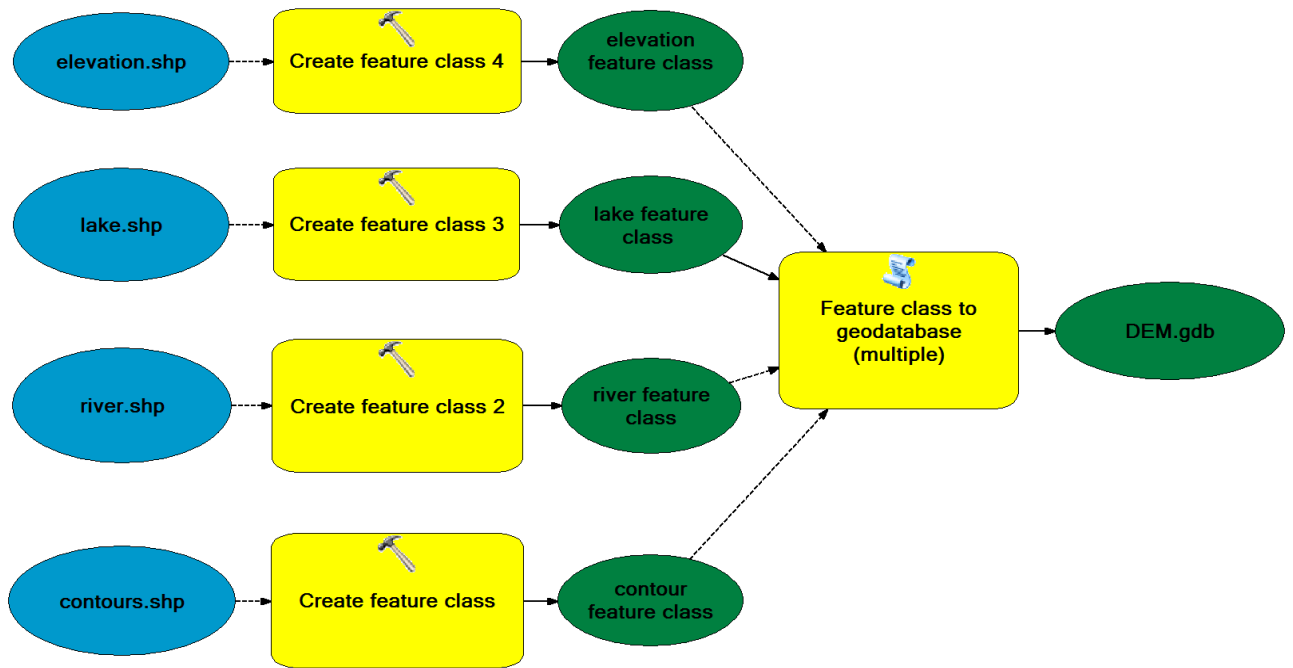
Після завершення формування структур шарів і таблиць БГД виконано встановлення зв'язків між ними відповідно до запроектованих моделей. Зв'язки в ArcGIS встановлюють шляхом створення класу відношень об'єктів (Relationship Class).

2.3. Розробка узагальненої структури бази просторових даних для моделювання природних та міських потокових систем

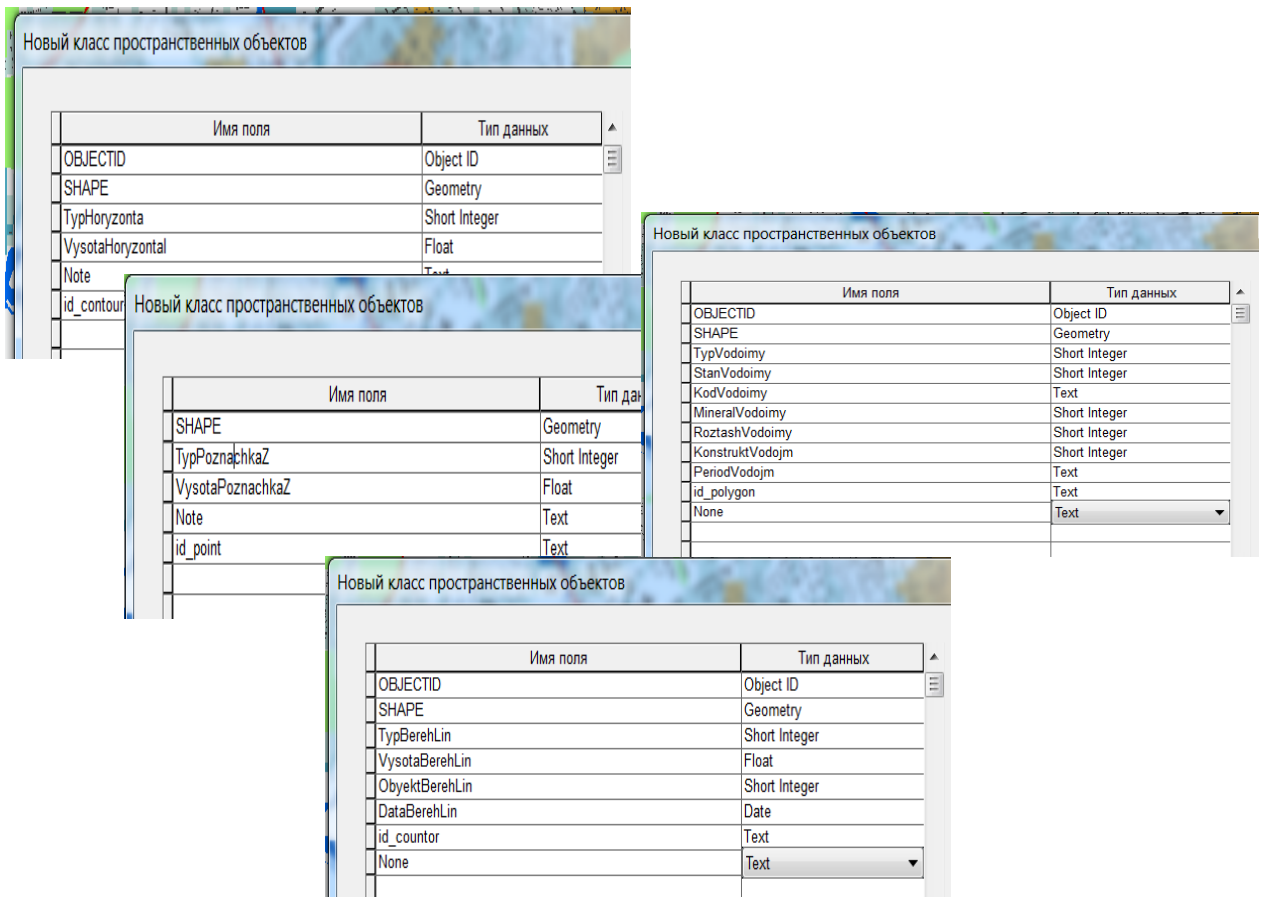
Цифрова карта – цифрова модель земної поверхні, сформована з урахуванням законів картографічної генералізації в прийнятих для карт проекціях, розграфці, системі координат і висот. Одним з важливих етапів створення цифрових карт є оцифровка картографічної інформації.

Цифрування (оцифровка) – це:

– процес аналого-цифрового перетворення даних, тобто переклад аналогових даних в цифрову форму, доступну для існування в цифровому машинному середовищі або зберігання на машиночитаних засобах за допомогою дигитайзерів різного типу.



a)



б)

Рис.2.4 Фрагмент реализации БГД а) средствами ArcCatalog с назначением всех необходимых б) атрибутов, які будуть присутні в шарах/таблицях моделі рельєфа території міста Харкова

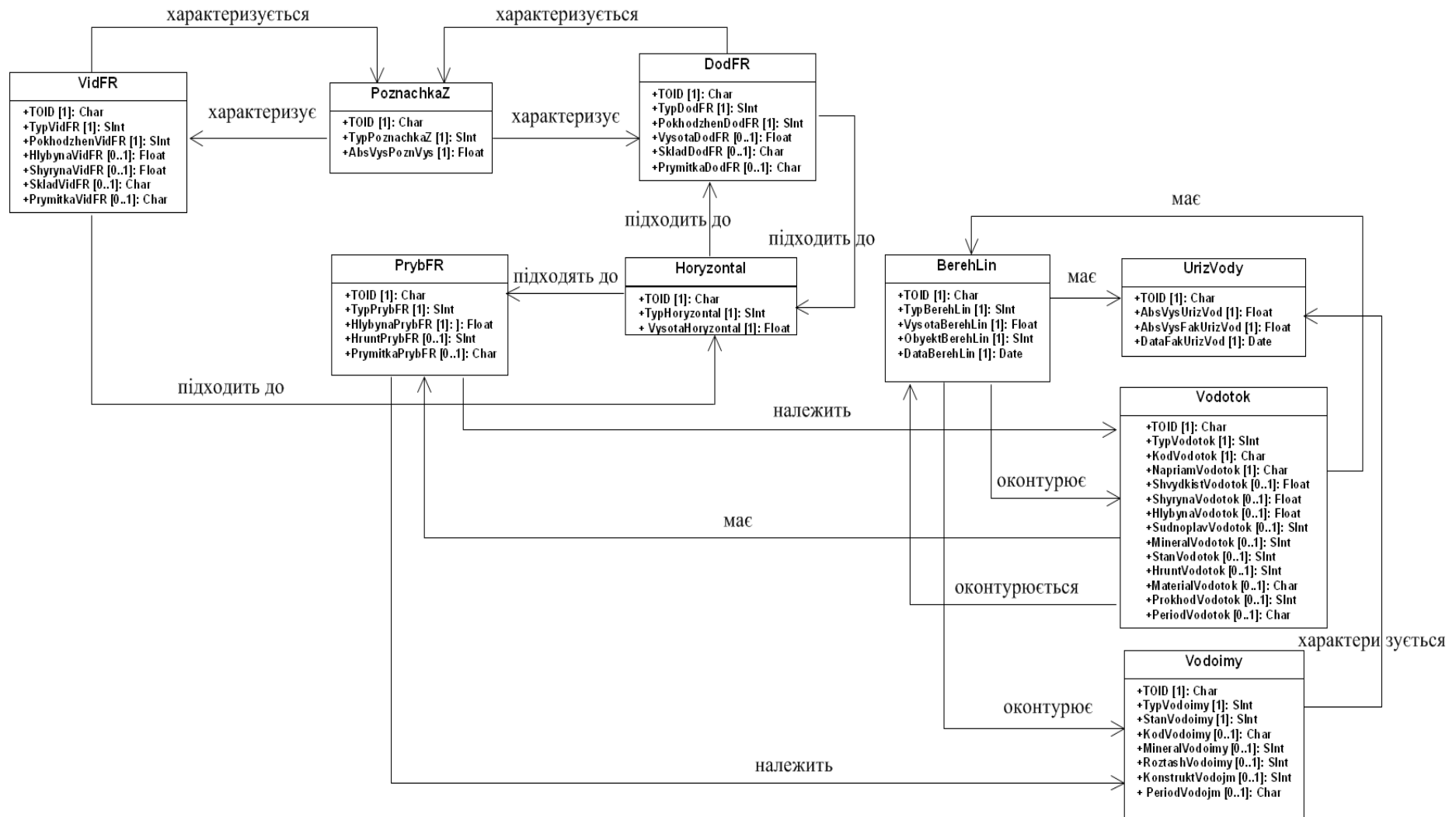


Рис.2.5 Фрагмент структури просторової бази даних цифрової моделі рельєфу міста Харкова

В геоінформатиці, комп'ютерній графіці і картографії: перетворення аналогових графічних і картографічних документів (оригіналів) у форму цифрових записів, відповідних векторним представленням просторових об'єктів. В роботі шляхом цифрування (векторизації) розроблено векторні шари, інформація про основні з них міститься у таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Основні векторні шари

Назва шару	Аліас шару	Тип шару	Кількість об'єктів
Kvartalu	Квартали	Polygon	9
Otvod	Земельні ділянки надані у власність	Polygon	114
Building	Будівлі	Polygon	649
Street	Вулиці	Line	43
Water	Річки	Polygon	3
Oxran_zones	Охоронні зони з урахуванням історичної цінності забудови, пам'ятників історії та архітектури	Polygon	13
Zelen	зелені насадження, парки, сквери	Polygon	22
Relief	Рельєф	Line	489

Також розроблені шари що відносяться до історичної забудови території, детальна інженерна інфраструктура, транспортна мережа та ін.

З метою підвищення ефективності управління ресурсами галузі на основі аналізу просторових даних з використанням програмного продукту ArcGIS 10, необхідно дотримуватися консолідації даних, дані повинні бути достовірними і актуальними.

Векторний шар Горизонталів з табуляцією атрибутів представлені відповідно на рис. 2.6. Відповідно векторний шар Берегових ліній та Водоймів з відповідними табуляціями атрибутів показані на рис.2.7 та рис.2.8.

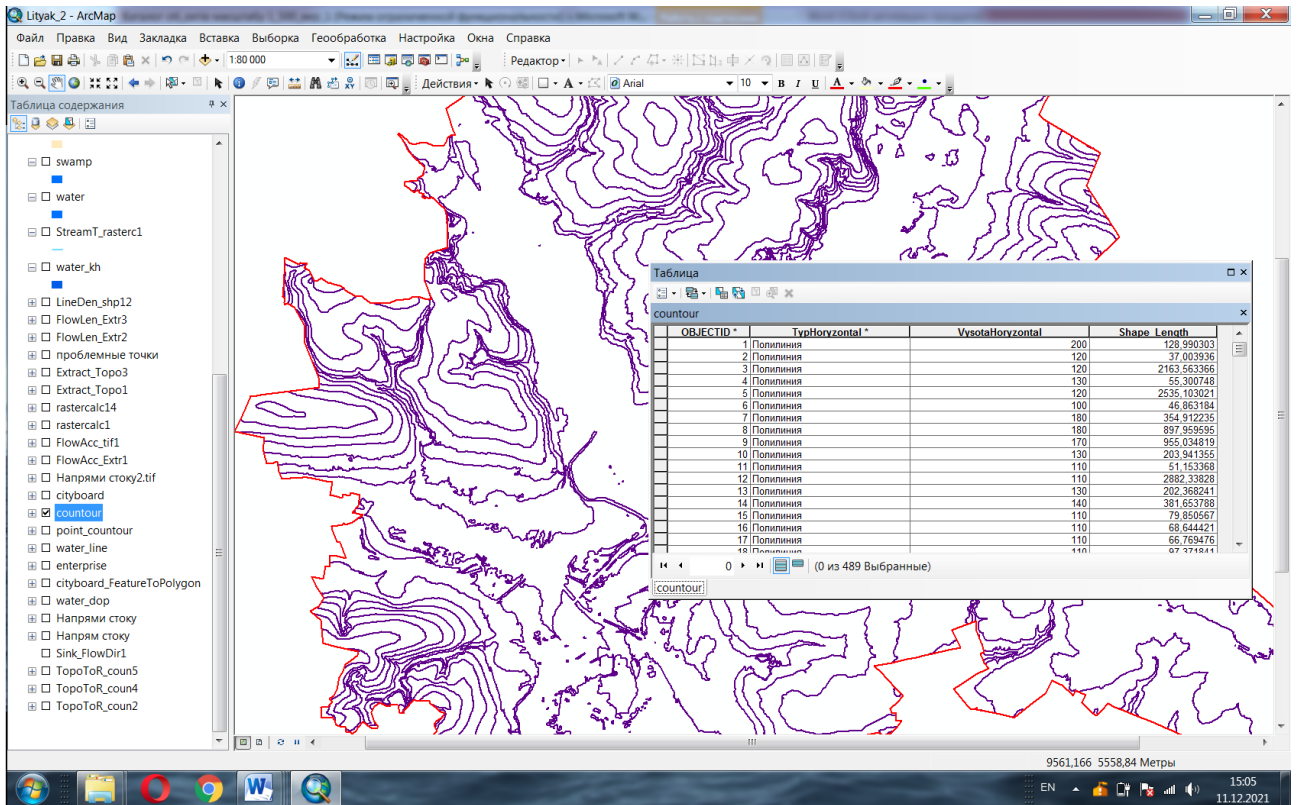


Рис.2.6. Векторний шар Горизонталей з табуляцією атрибутів

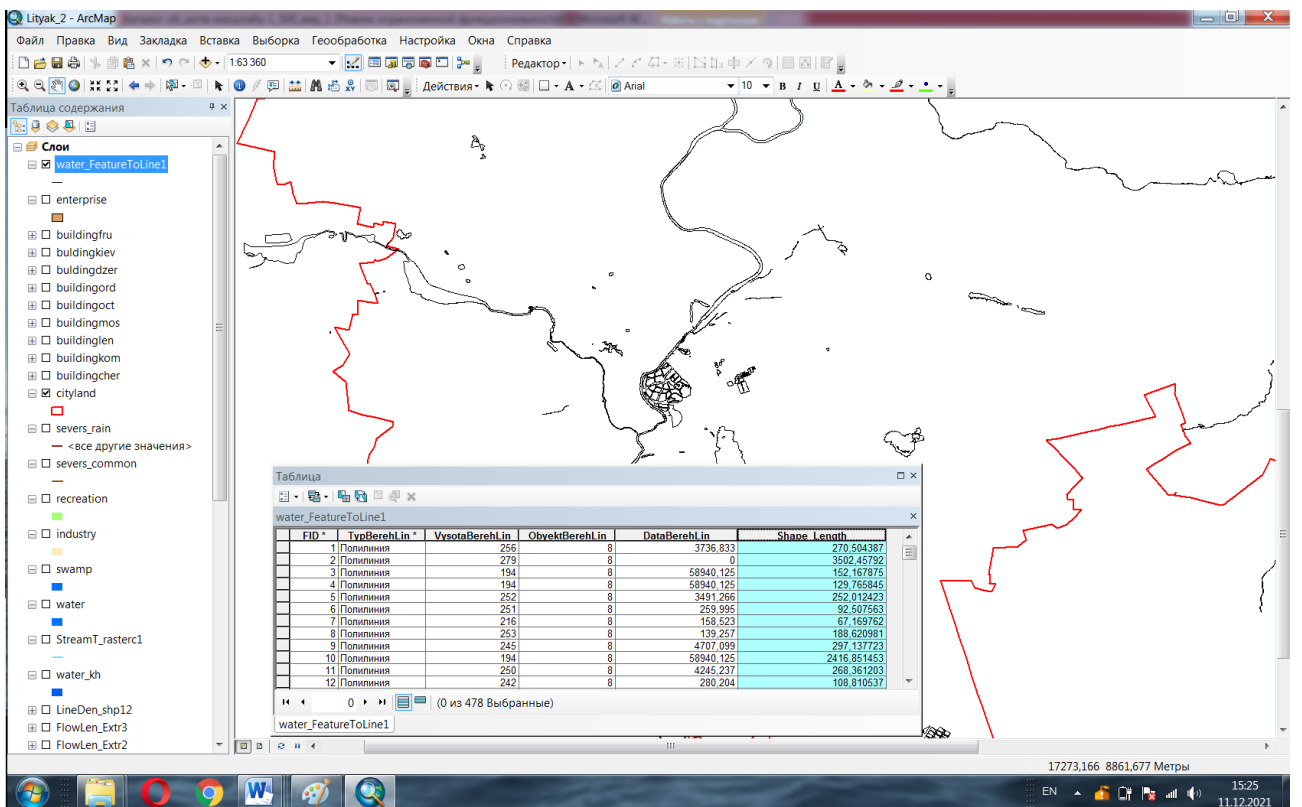


Рис.2.7. Векторний шар Берегових ліній з табуляцією атрибутів

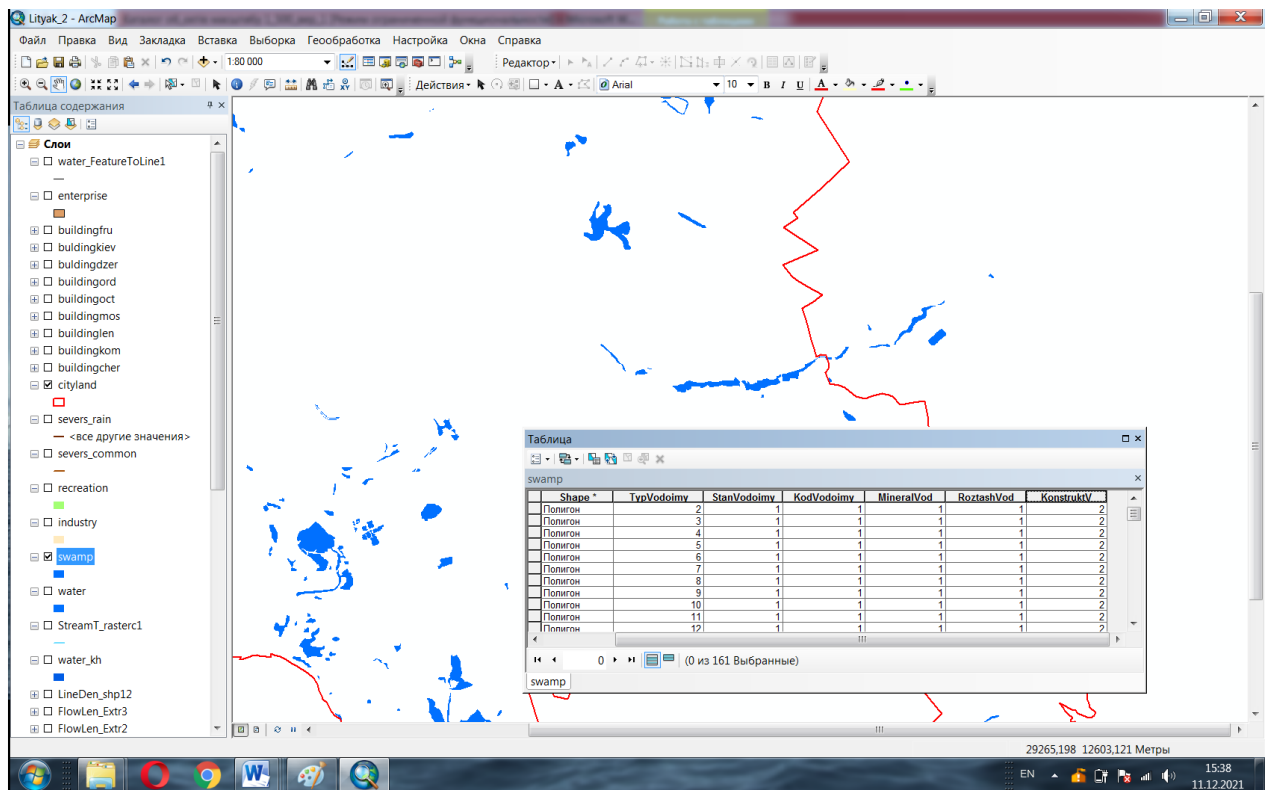


Рис.2.8. Векторний шар Водоймів з табуляцією атрибутів

Координатний простір визначає просторові відносини між точками растрового набору даних. Всі растрові набори даних повинні перебувати в одному координатному просторі. Поверхні будуються в координатному просторі набору класів визначених просторових об'єктів.

Для виконання аналізу растрових наборів даних встановлюється екстент аналізу, який охоплює тільки потрібні чарунки. Всі результати процедур аналізу, які виконуватимуться надалі, будуть мати зазначений екстент. Екстент аналізу – це прямокутник, обумовлений вказаними координатами його вікна в просторі карти.

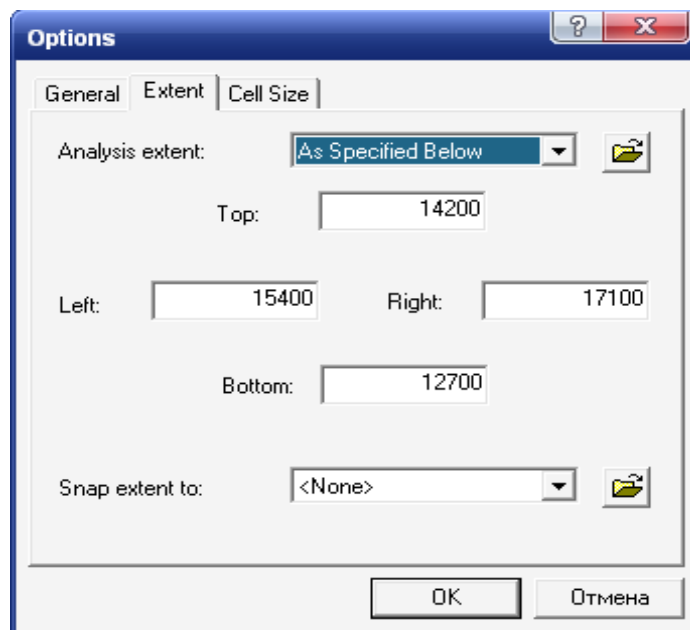


Рис.2.9. Екстент побудови растрових поверхонь

Растровий набір даних складається з чарунок. Кожна чарунка – це квадрат, що представляє певну частину території. Всі чарунки растра повинні бути одного розміру. Чарунки растрового набору даних можуть бути будь-якого розміру, але вони повинні бути досить малі, щоб відбити всі деталі, необхідні для аналізу даних. В даному проекті для побудови поверхонь використовуються чарунки, розміром 20х20 метрів.

2.4. Висновки по другому розділу.

В другому розділі розроблені геоінформаційні моделі бази геопросторових даних для проведення гідрологічного дослідження поверхневих вод території міста Харкова. Розроблено концептуальну та логічну модель геопросторової бази

Практична цінність розроблених геоінформаційних моделей бази геопросторових даних для проведення гідрологічного дослідження поверхневих вод території міста Харкова полягає в забезпеченні інтегрування, уніфікації та інтероперабельності даних, отриманих з різних джерел; можливості застосування геоінформаційного аналізу та моделювання для

забезпечення оперативного прийняття управлінських рішень на підставі їх результатів.

РОЗДІЛ 3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИХ
ТА МІСЬКИХ ПОТОКОВИХ СИСТЕМ НА ТЕРИТОРІХ МІСТА
ХАРКОВА

					ДИПЛОМНА РОБОТА		
			Підпис	Дата			
Виконав	Літяк К.В.				Літ.	Арк.	Аркушів
Консульт.						1	23
Керівник	Патракеєв І.М				КНУБА, група ГІСТ		
Зав. каф.	Карпінський Ю.О.						
					Геоінформаційне моделювання природничих та міських поточкових систем на території міста Харкова		

3.1 Розробка цифрової моделі рельєфу місцевості для дослідження природних та міських потокових систем міста Харкова

Цифрові моделі рельєфу (ЦМР) в теперішній час широко використовуються фахівцями, які працюють у різних напрямках географії та геоморфології. Одним із найважливіших завдань, розв'язуваних за допомогою ЦМР, є автоматизована побудова меж водозборів постійних і тимчасових водотоків. Важливість її вирішення визначається різноманіттям наукових та прикладних завдань, які вирішуються за допомогою басейнового підходу, роль якого в теперішній час лише зростає. Зумовлено це насамперед можливістю використання сучасних інформаційних технологій, доступністю цифрового рельєфу та базових гідрометеорологічних параметрів для всієї території планети. Все це дає можливість досліджувати природні процеси та явища на різних рівнях генералізації з використанням ГІС.

ЦМР є основним елементом будь-якої розподіленої гідрологічної моделі або басейнової геоінформаційної системи, оскільки дозволяє визначити багато морфометричних та гідрографічних характеристик річок та їх басейнів: вектори напрямку стоку, тальвеги та вододіли, площі водозборів, порядки водотоків, ухили водотоків. При цьому точність автоматизованого визначення гідрографічних показників залежить від характеру рельєфу, а також від роздільної здатності ЦМР. Найменша точність визначення меж водозборів по ЦМР характерна для територій зі слаборозчленованим рельєфом, у зв'язку з тим, що на поверхні з близьким до нуля ухилом напрямком стоку та межі водозборів часто визначаються невірно, а значна частина території взагалі не дронується гідрографічною мережею або відноситься до областей внутрішнього стоку.

Для виконання гідрологічного аналізу пред'являються також певні вимоги до роздільної здатності ЦМР. Для автоматизованого оконтурювання басейнів середніх і малих рівнинних річок просторової роздільної здатності і висотної точності вільно поширюваних ЦМР (SRTM-90, GTOPO-30) іноді виявляється

недостатньо. У такому випадку потрібне створення ЦМР на основі оцифровки топографічних карт або дорогих даних радарної супутникової зйомки.

ЦМР, яка використовується при визначенні гідрографічних характеристик річок та їх басейнів, має бути гідрологічно коректною. Поняття гідрологічної коректності ЦМР включає два основні положення:

- 1) в ЦМР повинні бути відсутні фіктивні точки стоку (фіктивні депресії);
- 2) потокові лінії (талвеги) на ЦМР повинні збігатися з вихідними відрізками річкової мережі.

При побудові гідрологічно коректної ЦМР повинна враховуватися не лише інформація про рельєф, але й дані про річкову мережу та замкнених пониженнях.

Функції аналізу ЦМР та розрахунку гідрографічних характеристик річок та їх басейнів доступні у багатьох програмних засобах ГІС, як вільно поширюваних, так і пропрієтарних. Найбільш широкі функціональні можливості у вільно поширюваних програмних продуктів TAS і SAGA (System for Automatized Geoscientific Analysis). У системі ArcGis деякі інструменти гідрологічного аналізу та моделювання реалізовані у модулі Spatial Analyst.

Гідрологічне моделювання поверхневого стоку міської території здійснюється з метою проведення морфометричного аналізу. Виконання гідрологічного моделювання пов'язане з використанням аналітичних інструментів модуля Spatial Analyst. Гідрологічне моделювання ґрунтується на використанні ЦМР міської території.

Процедуру проведення морфометричного аналізу можна представити у вигляді наступної блок-схеми, що містить послідовні кроки для досягнення конкретних результатів.

Дотримуючись даної послідовності та використовуючи можливості кожного інструменту з набору інструментів Гідрологія, можливо виконати

візуалізацію та оцінку якості морфометричного аналізу міської території на основі наступних кроків:

Крок 1. Визначення напрямків водотоків.

Крок 2. Визначення локальних понижень та їх заповнення.

Крок 3. Створення векторної моделі водотоків.

Крок 4. Підготовка даних для побудови морфометричної моделі міської території.

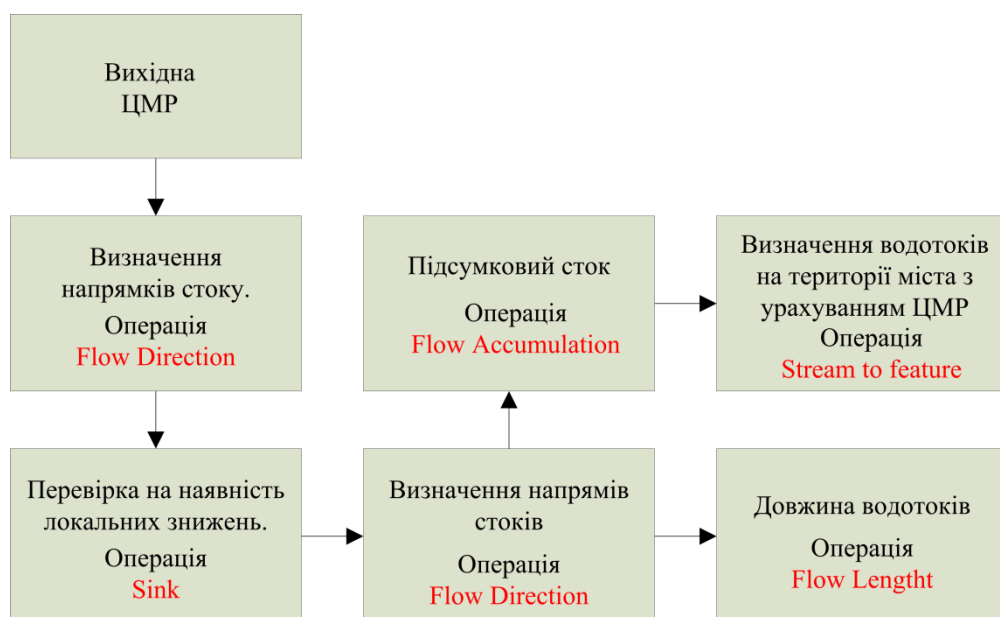


Рис. 3.1 Блок-схема гідрологічного аналізу території міста

Для автоматизованого виділення меж річкових басейнів перш за все необхідно створити гідрологічно коректну цифрову модель рельєфу. У програмному пакеті ArcGis 10.1 з цією метою використовується інструмент «Топо в растр», що дозволяє брати до уваги об'єкти гідрографічної мережі.

Другий найбільш відомий метод побудови ЦМР (створення триангуляційної моделі TIN та її подальша конвертація в растровий формат) дозволяє використовувати лише дані про висотні позначки та ізолінії висот. Інструмент «Топо в растр» у версії ArcGis 10.1 підтримує об'єкти дев'яти

типів (табл. 3.1). У даному випадку при побудові цифрової моделі рельєфу будуть використані об'єкти п'яти типів (внаслідок відсутності деяких додаткових даних): висотні позначки, ізолінії висот, річки, озера та межа території.

Таблиця 3.1

Типи об'єктів, які використовуються при побудові цифрової моделі рельєфу за допомогою інструмента «Топо в растр»

Тип об'єкту	Поле висоти (присутнє/ні)	Опис
Позначки висот (Point Elevation)	+	Точкові об'єкти, що містять в атрибутивній таблиці значення висот
Ізолінії висот (Contour)	+	Лінійні об'єкти (горизонталі), що містять в атрибутивній таблиці значення висот
Водотоки (Stream)	-	Лінійні об'єкти, що становлять мережу водовідтоків
Озера (Lake)	-	Клас полігональних об'єктів, який задає місцезположення озер. Всім ячейкам вихідного расту, що потрапляють всередину озера надається мінімальне значення висоти з усіх висот усіх ячеек, розташованих уздовж берегової лінії
Замкнуті пониження (Sink)	+	Клас точкових об'єктів, який представляю відомі, локальні топографічні пониження
Границя території (Boundary)	-	Полігональний об'єкт - зовнішній контур вихідного раста
Берегова лінія (Coast)	-	Полігональні об'єкти - контури берегової лінії
Обриви (Cliff)	-	Лінійні об'єкти, що є обривами
Вийняток (Exclusion)	-	Полігональні об'єкти - області, в яких дані ігноруватимуться. Такі полігони дозволяють виключити деякі дані висот із процесу інтерполяції

Побудова ЦМР вимагає певної структури даних, а вихідні точки можуть бути по-різному розподілені у просторі. Збір даних може здійснюватись за

точками регулярної сітки, за структурними лініями рельєфу або хаотично. Первинні дані за допомогою тих чи інших операцій приводять до одного з найбільш поширених у ГІС структур для представлення поверхонь: GRID, TIN або TGRID.

TIN (Triangulated Irregular Network) – нерегулярна триангуляційна мережа, система трикутників, що не перекриваються. Вершинами трикутників є вихідні опорні точки. Рельєф у цьому випадку представлений як багатогранна поверхня, кожна грань якої визначається або лінійною функцією (поліедральна модель), або поліноміальною поверхнею, коефіцієнти якої визначаються за значеннями у вершинах граней трикутників. Для отримання моделі поверхні потрібно з'єднати пари точок ребрами певним способом, який називається триангуляцією Делоне (Рис. 3.2).

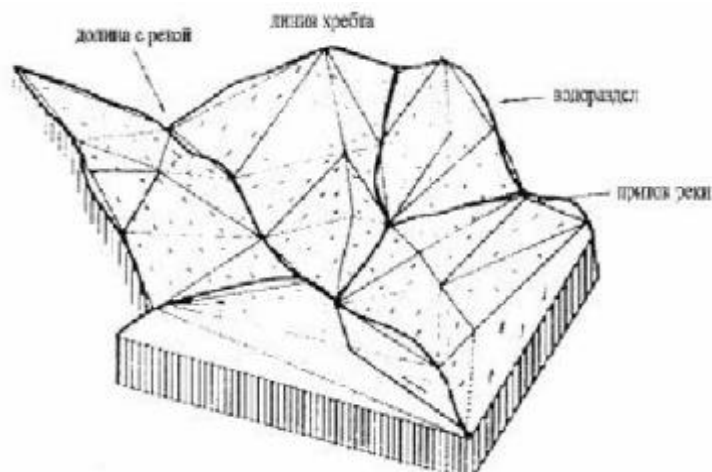


Рис 3.2 Приклад триангуляції Делоне

Триангуляція Делоне в додатку до двовимірного простору формується наступним чином: система взаємопов'язаних трикутників, що не перекриваються, має найменший периметр, якщо жодна з вершин не потрапляє всередину жодного з кіл, описаних навколо утворених трикутників (мал.3.3).

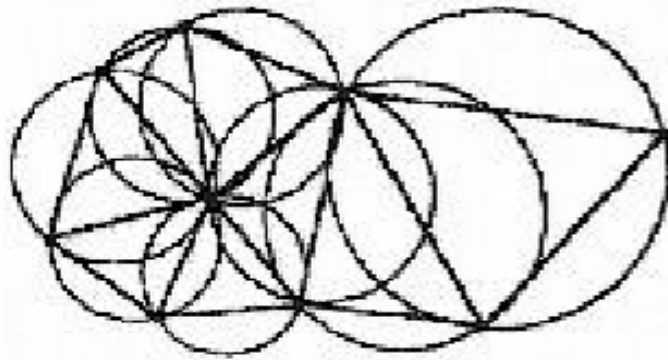


Рис 3.3 Приклад триангуляції Делоне

Відмінною особливістю та перевагою триангуляційної моделі є те, що в ній відсутні перетворення вихідних даних. З одного боку, це не дає можливості використовувати такі моделі для детального аналізу, але, з іншого боку, дослідник завжди знає, що в цій моделі немає привнесених помилок, які бувають властиві моделям, отриманим при використанні інших методів інтерполяції.

Важливим є і той факт, що це найшвидший метод інтерполяції. Однак, якщо в ранніх версіях більшості ГІС триангуляційні методи були основними, то на сьогодні великого поширення набули моделі у вигляді регулярної матриці значень висот.

GRID – модель, що представляє собою регулярну матрицю значень висот, отриману при інтерполяції вихідних даних. Для кожного чарунку матриці висота обчислюється на основі інтерполяції. Фактично це сітка, розміри якої задаються відповідно до вимог точності конкретної задачі, що вирішується.

Регулярна сітка відповідає земній поверхні, а не зображенню. При використанні GRID-моделі існує певна складність у виборі інтервалу між точками. Наприклад, ділянки поверхні можуть бути як сильно пересіченими, так і плоскими. У першому випадку потрібна більша кількість точок на одиницю площі.

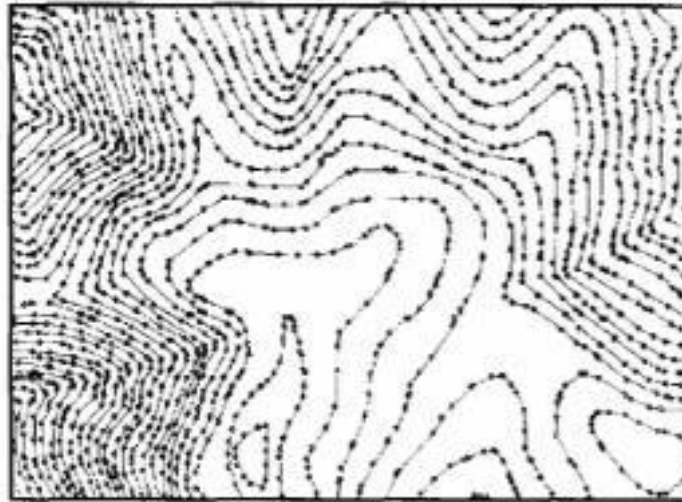


Рис 3.4 Щільність точок в моделі GRID

Для створення TIN-моделі рельєфу потрібен один або декілька шарів, що мають в атрибутивній таблиці значення абсолютної висоти. У роботі використовується шар горизонталей (лінійний) без точкового шару (мал. 3.5).

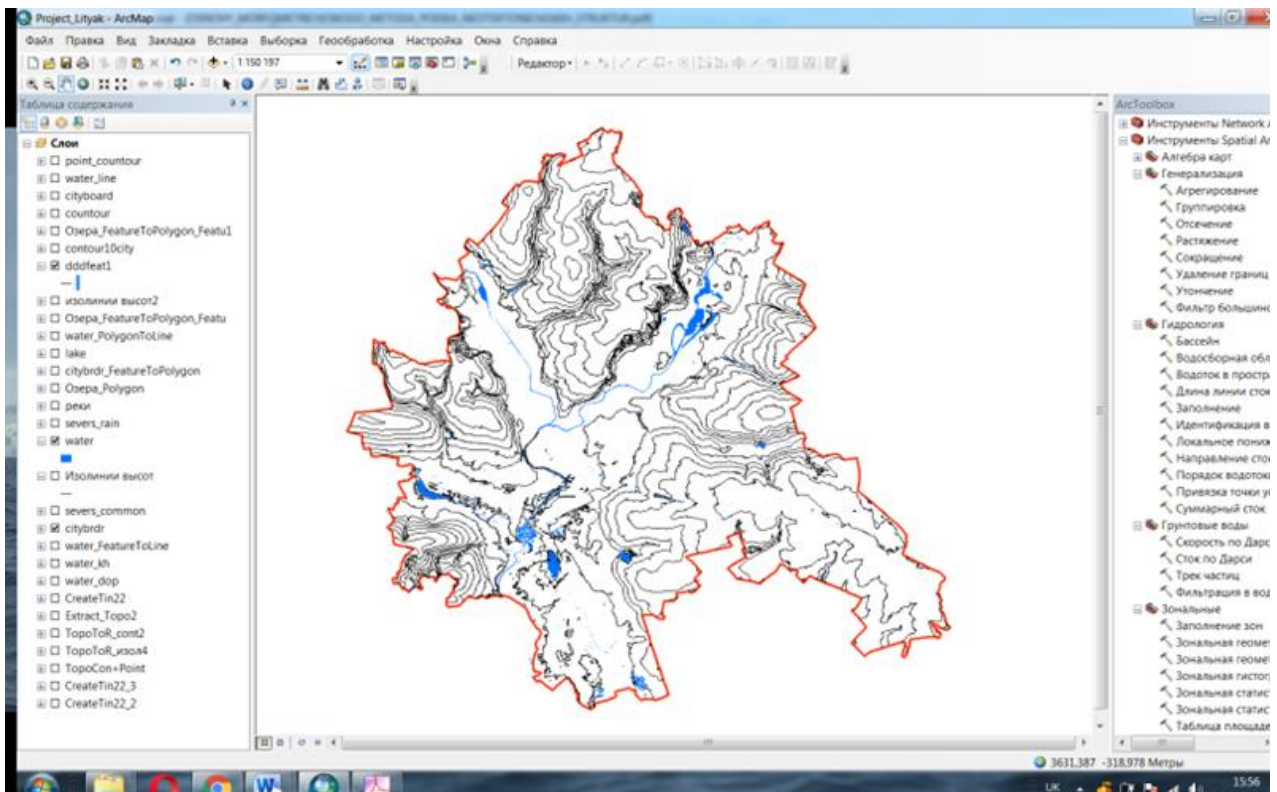


Рис 3.5 Горизонталі, межа міста і гідрологія

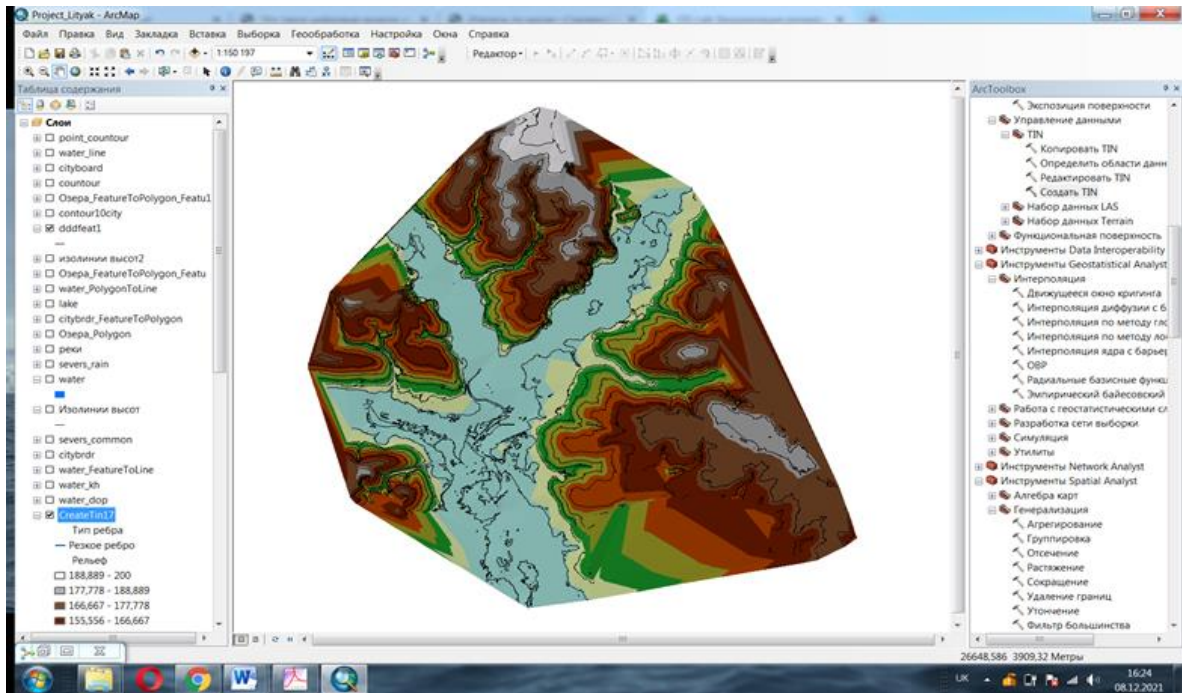


Рис 3.6 TIN, побудований зі значеннями «за замовчуванням»

Можна відредагувати легенду TIN (подвійним клацанням по назві TIN-теми викликати її властивості та перейти на вкладку Symbology. Параметр Edge type можна зняти – це ті ж горизонталі, тільки побудовані автоматично по інтерпольованому TIN відповідно до заданих інтервалів (цей параметр може, однак, статись в нагоді, якщо треба побудувати свій особливий шар горизонталей, відмінний від вихідного.

ArcMap представляє широкі можливості для розфарбування рельєфу (кольорі шкали, мал.3.7) и класифікації (кнопка Classify, мал 3.8)

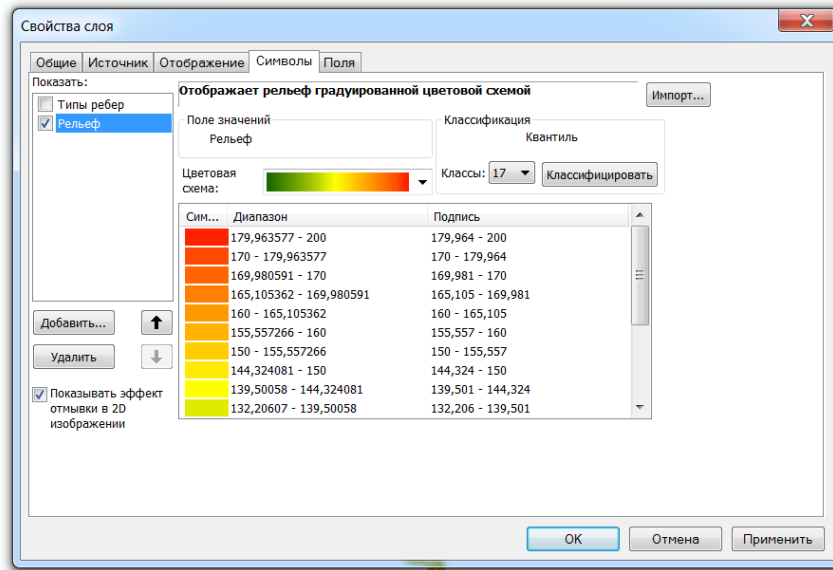


Рис. 3.7. Вибір колірних шкал висот

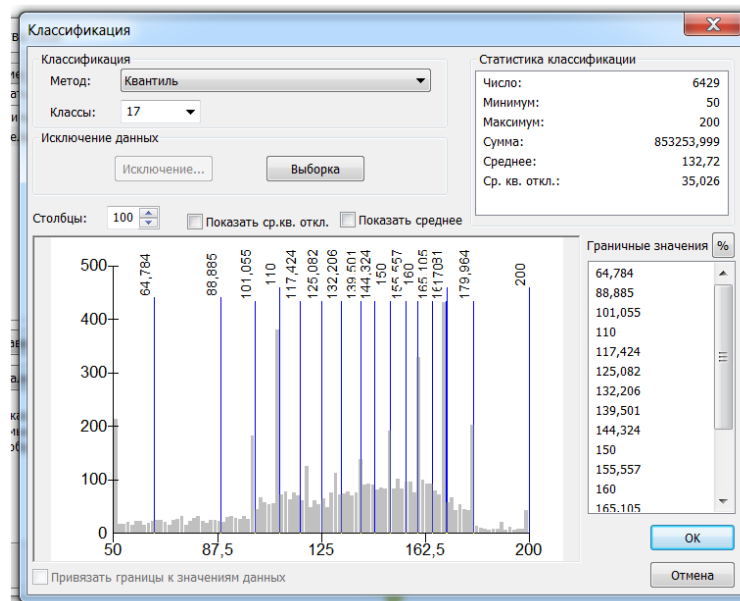


Рис. 3.8. Вибір методів класифікації для побудови легенди шару абсолютних висот.

Результат редагування подано на мал. 3.9. Створену легенду можна зберегти для майбутнього використання, натиснувши правою кнопкою миші на назву теми і обравши «Save As Layer File» (Зберегти як файл шару). На мал. 3.10 представлено побудовану ЦМР територій міста Харків у плані та у перспективі (мал. 3.11).

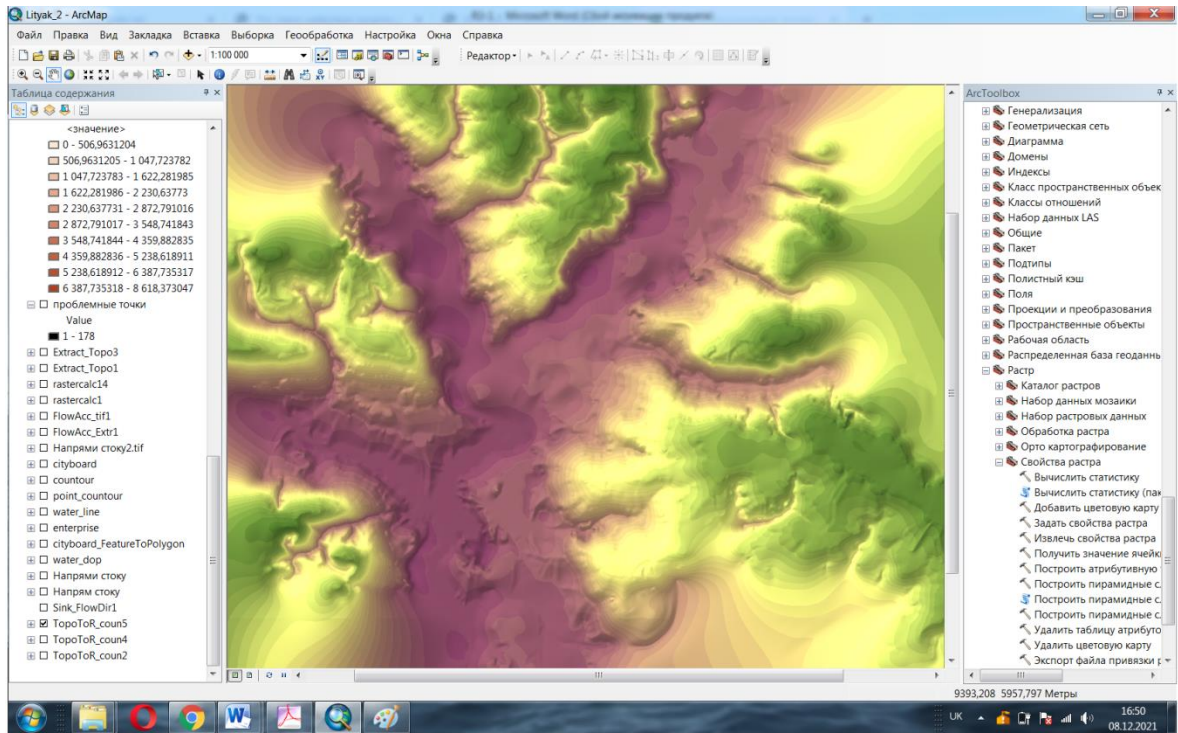


Рис. 3.9. TIN із модифікованою легендою

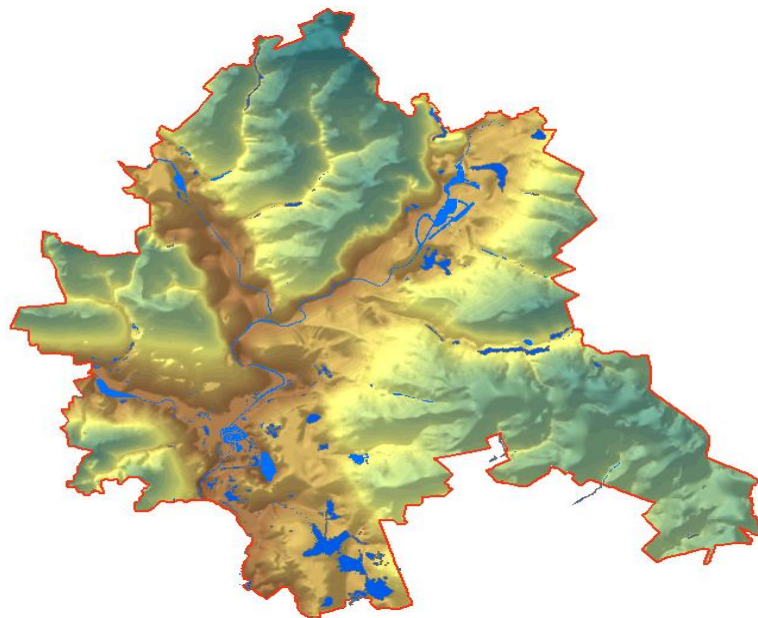


Рис. 3.10. Побудована модель рельєфу території міста Харкова в плані.

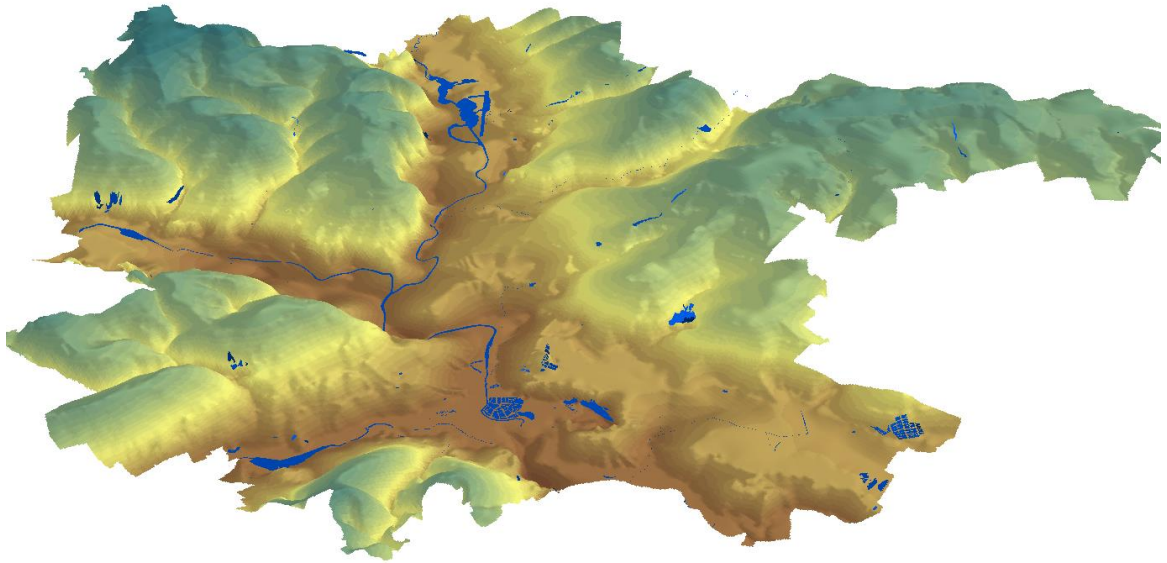


Рис. 3.11. Побудована модель рельєфу території міста Харкова в перспективі.

Побудована ЦМР може служити основою для проведення гідрологічного аналізу території міста Харкова. Інформація про рельєф є багато в чому визначальною для вирішення багатьох завдань, що стосуються міського планування: виявлення ділянок надмірного зволоження, розвитку схилових процесів, аналізу освітленості та затінювання території та ін.

Використання такої інформації дозволяє здійснити комплексний підхід до планування міського середовища та мінімізувати можливі негативні наслідки.

3.2. Гідрологічне моделювання з застосуванням побудованої ЦМР території Харкова

Гідрологічне моделювання з використанням ЦМР ґрунтується на наступній ідеї: модельована вода стікає з комірки з більшою висотою до сусідньої комірки з меншою висотою. Трасуючи потік униз схилом, можна пов'язувати чарунки ЦМР у так звані «мережі потоку» (drainage networks) і визначати водозбірні площі на території населеного пункту.

Інструмент «Сумарний стік» (Flow Accumulation) обчислює сумарний стік як сумарну вагу всіх чарунок, що впадають у кожен чарунку вниз по схилу вихідного растру. Якщо не надано растру ваги, кожному чарунку призначається вага 1, тоді значенням чарунок вихідного растру є кількість чарунок, що впадають у кожен чарунку (мал. 3.12).

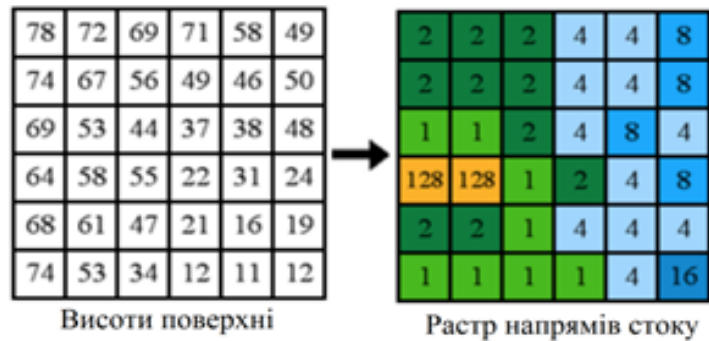


Рис. 3.12. Приклад формування растру підсумкового стоку

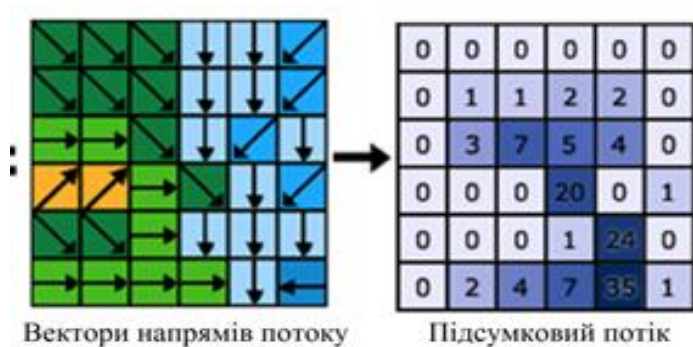


Рис. 3.13. Приклад а) напрямів переміщення потоку з кожного чарунку растру та б) кількість чарунок, які впадають в кожен чарунку

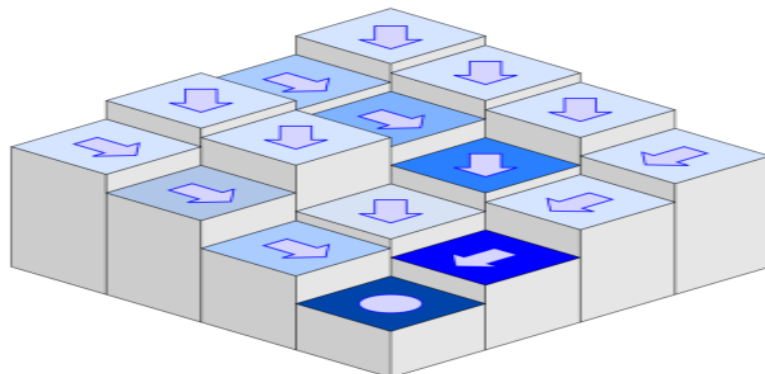


Рис. 3.14. Ілюстрація формування підсумкового потоку

По цифровій моделі рельєфу із заповненими локальними зниженнями будується растр напрямку стоку по 8 румбах, значення яких відповідають сторонам світу (1 – В, 4 – ЮВ, 8 – Ю, 16 – ЮЗ, 32 – З, 64 – СЗ, 128 – С) . Для побудови растру напрямку стоку в ArcToolBox використовується інструмент «Напрямок Стоку» (підгрупа інструментів «Гідрологія»).

У якості вхідних даних використовується побудований растр ЦМР, вихідний растр представлений на мал 3.17 а), б).

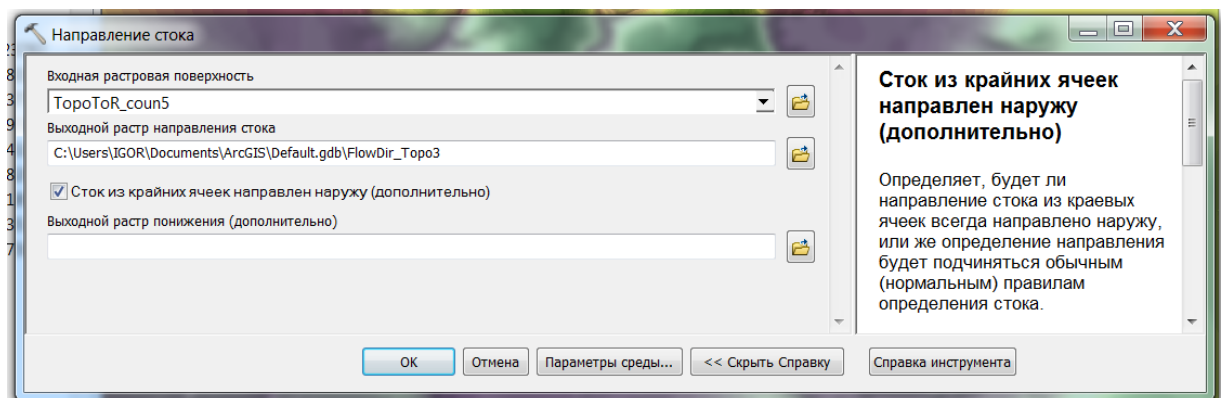
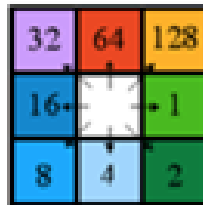


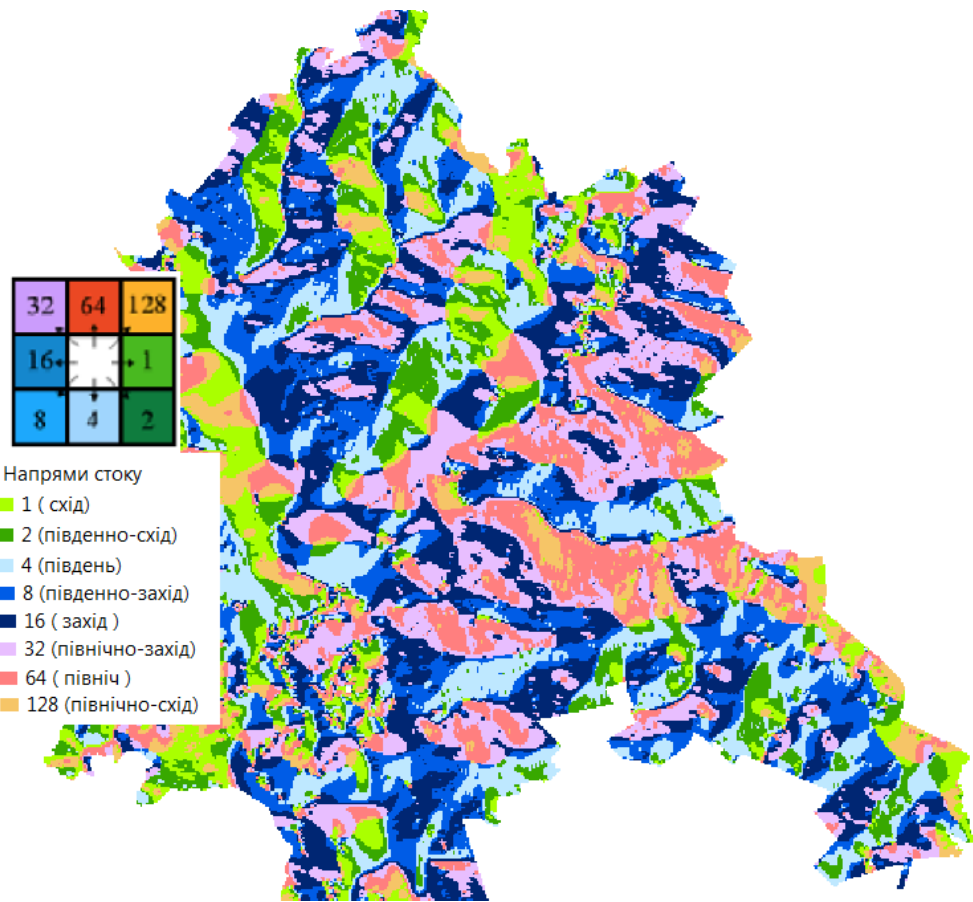
Рис. 3.15. Розрахунок напрямку стоку

Кожен чарунок растру напрямку стоку несе інформацію про напрямок руху потоку. На його основі розраховуються лінії водотоків та контури річкових басейнів. Чарунки растру набувають одного з дев'яти можливих значень (мал. 3.16). При налаштуванні вихідного растру напрямку стоку кодуються у відповідності до переліку, наведеному на мал. 3.16.

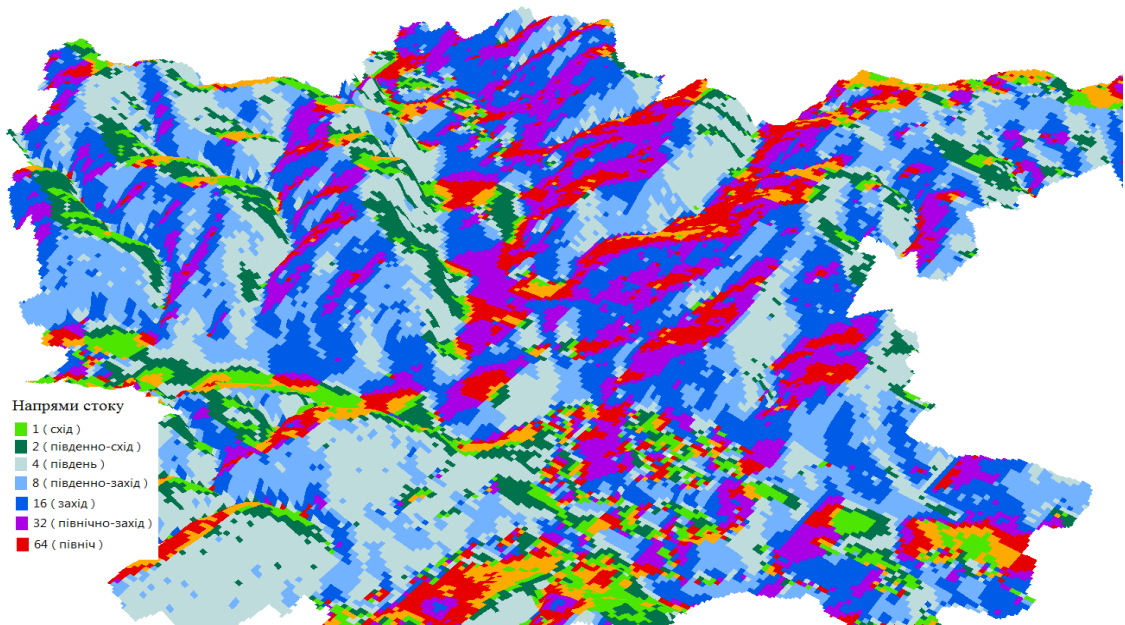


Кодування напрямів стоку

Рис. 3.16. Можливі значення растру чарунків спрямування стоку



а)



б)

Рис. 3.17. Растрова модель напрямків стоку на території міста Харків у плані а), та б) у перспективі

Таким чином, за допомогою ЦМР (DEM), на основі використання інструменту «Напрямок стоку» (Flow Direction), визначено напрямки, в яких вода витікає з кожного чарунку растрової моделі території міста Харкова.

3.3. Геоінформаційне моделювання впливу рельєфу на формування поверхневого стоку води на території міста Харкова

Растр накопичення стоку (сумарний стік) розраховується на основі напрямів потоків. Для цього використовується інструмент «Сумарний стік» (група інструментів «Гідрологія»). Цей інструмент дозволяє визначити лінії тальвегів.

Результати розрахунків можуть бути використані для створення мережі водотоків шляхом застосування порогового значення для вибору чарунків з високим сумарним стоком. Як вхідний растр у діалоговому вікні інструмента використовується растр напрямку стоку, вихідний файл показаний на мал. 3.18.

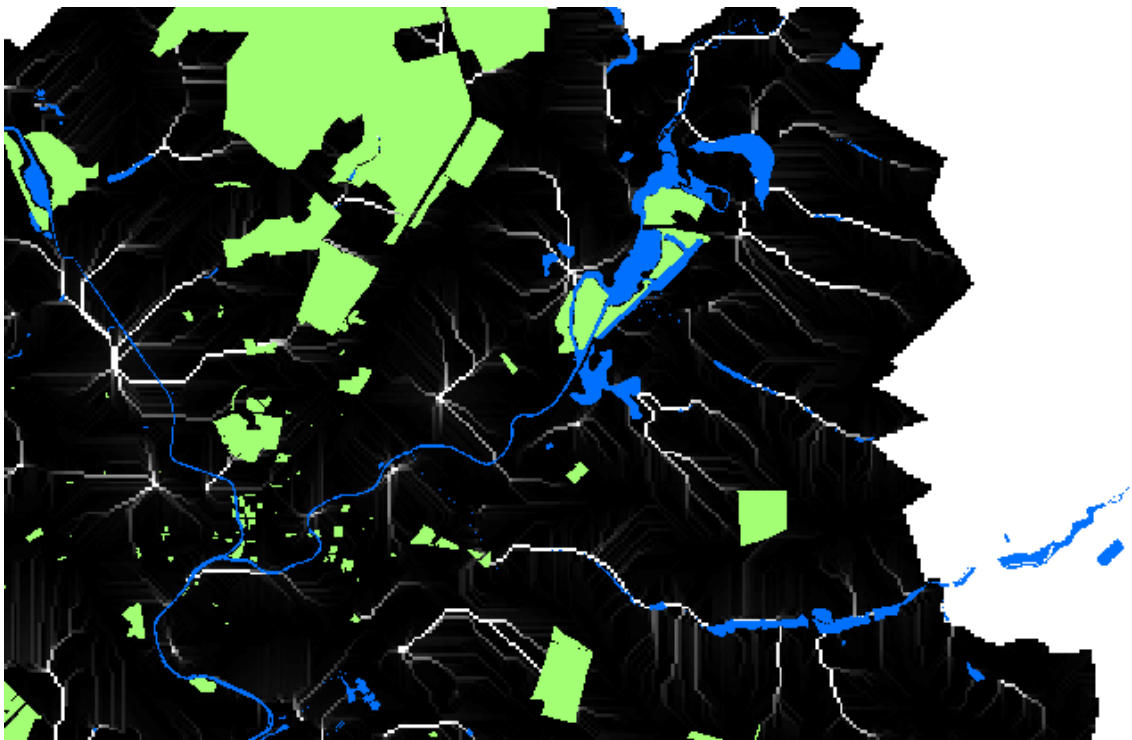


Рис. 3.18. Фрагмент растрової моделі підсумкових стоків на території міста Харкова.

Кожен піксель растру сумарного стоку відображає ту кількість чарунків, якими переміщається водний потік до даного чарунку. Значення у вихідному растрі, що відображають значне потокове накопичення, можуть бути використані для ідентифікації річкових русел. Побудована таким чином растрова модель містить інформацію про водотоки, причому користувач має можливість задати мінімальний кумулятивний стік, який для кожного чарунку визначається мінімальною кількістю чарунків, що стікають у цей. На виході можна отримати мережу водотоків з різним ступенем генералізації.

Для порівняння фактичної дренажної системи міста з розрахунковим дренажем території необхідно виконати такі операції. Необхідно визначити загальний поверхневий стік на території міста.

У дереві інструментів ArcToolbox вибрати групу інструментів «Алгебра карт», та обрати інструмент, який називається «Калькулятор растра» (мал. 3.19).

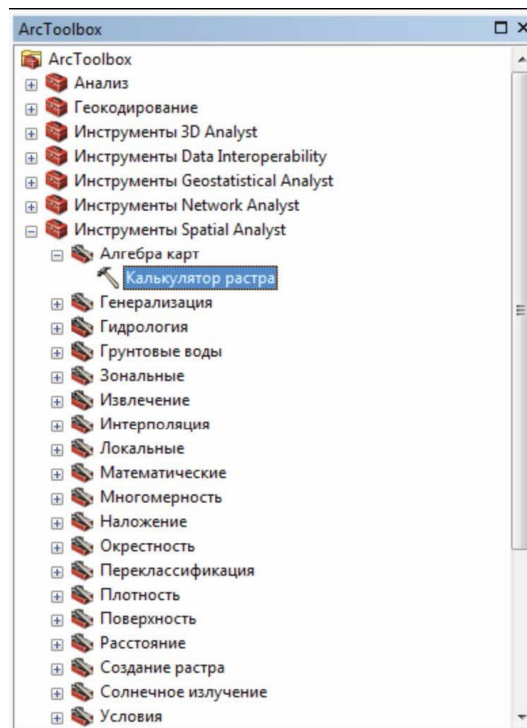


Рис.3.19. Група інструментів «Алгебра карт»
та інструмент «Калькулятор растра»

У вікні введення виразу сформулюйте однорядковий вираз вигляду: **STREAM = Con ("FlowAccumulation" >= 50,1)**, де «FlowAccumulation» – растр сумарного стоку (мал. 3.20).

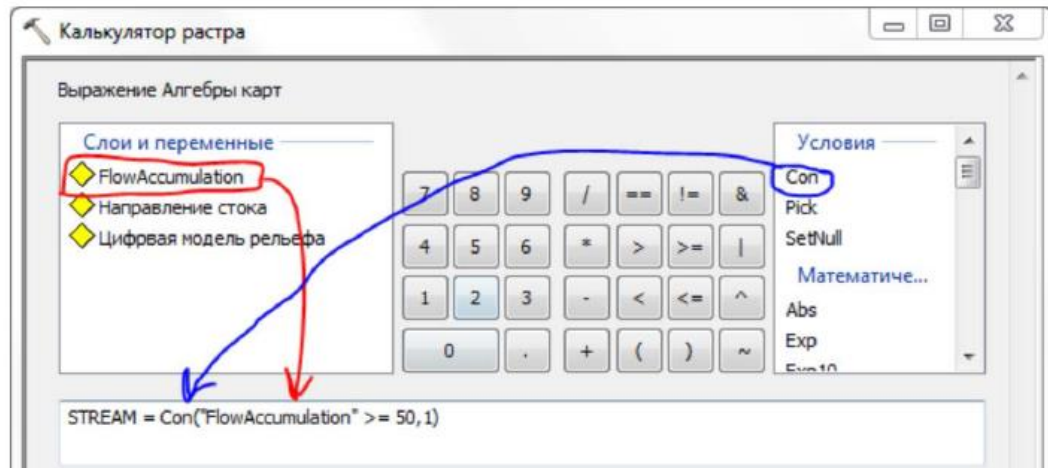


Рис.3.20. Калькулятор растрів модуля Spatial Analyst

Вибір порогового значення (в даному випадку 50), означає, що всім чарункам, в яких здійснюється стік з більш ніж 50 чарунків, присвоюється значення, що дорівнює одиниці; решті чарунків присвоюється значення «NoData» (Немає даних). Порогове значення – це емпіричний коефіцієнт, вибір якого здійснюється в залежності від сили потоку, який був підібраний для отримання задовільного результату моделювання водотоків.

В результаті створюється бінарний індексний растр, в якому значення «1» відповідає водотокам (дренажу). Після конвертації його у вектор (використовуючи інструмент «Spatial Analyst Конвертація» (Растр у вектор), отримаємо вихідний векторний файл, який містить інформацію про тальвеги (мал. 3.21).

Під тальвегами розумітимемо лінії, що з'єднують найбільш понижені ділянки рельєфу місцевості: ділянки dna річки, долини, балки, яри та інші витягнуті форми рельєфу.

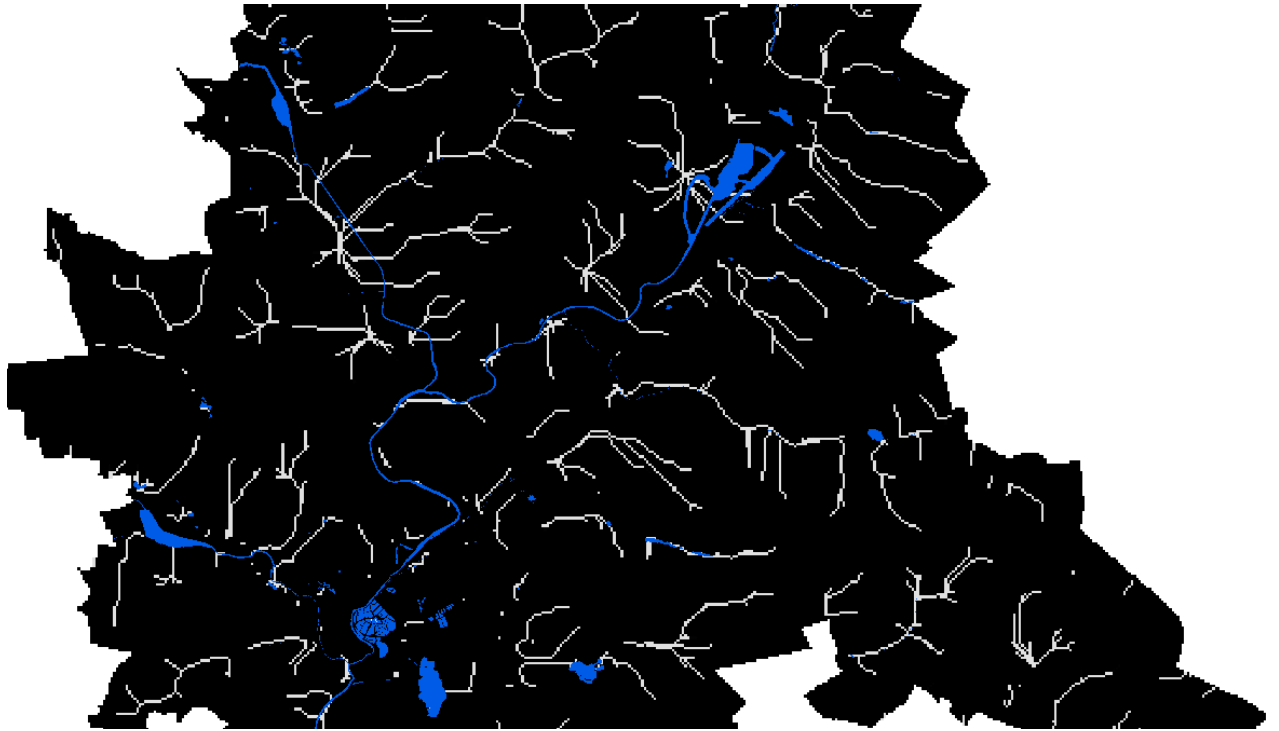


Рис. 3.21. Векторна модель, що містить інформацію про тальвеги, отримана із ЦМР території міста Харкова.

Шляхом використання векторної моделі, яка містить інформацію про тальвеги, можна побудувати модель потоків по поверхні побудованої ЦМР. Потік поверхнею завжди буде в напрямку вниз по крутому ухилу. Після того, як визначено напрямок потоку з кожного чарунку, можна визначити, які і скільки чарунків втікають у цей чарунок.

Ця інформація може використовуватися з метою визначення мереж потоків води на території населеного пункту. Для визначення мережі стоків (поверхневий потік), необхідно знати не тільки напрямок потоку води з чарунку в чарунок, але також і скільки води проходить через чарунок, або скільки чарунків втікає в інший чарунок. Якщо через чарунок проходить достатньо води, вважається, що через цей чарунок проходить стік.

Для побудови растрової моделі поверхневих стоків використовується інструмент «Водостік у просторовий об'єкт» (мал. 3.22).

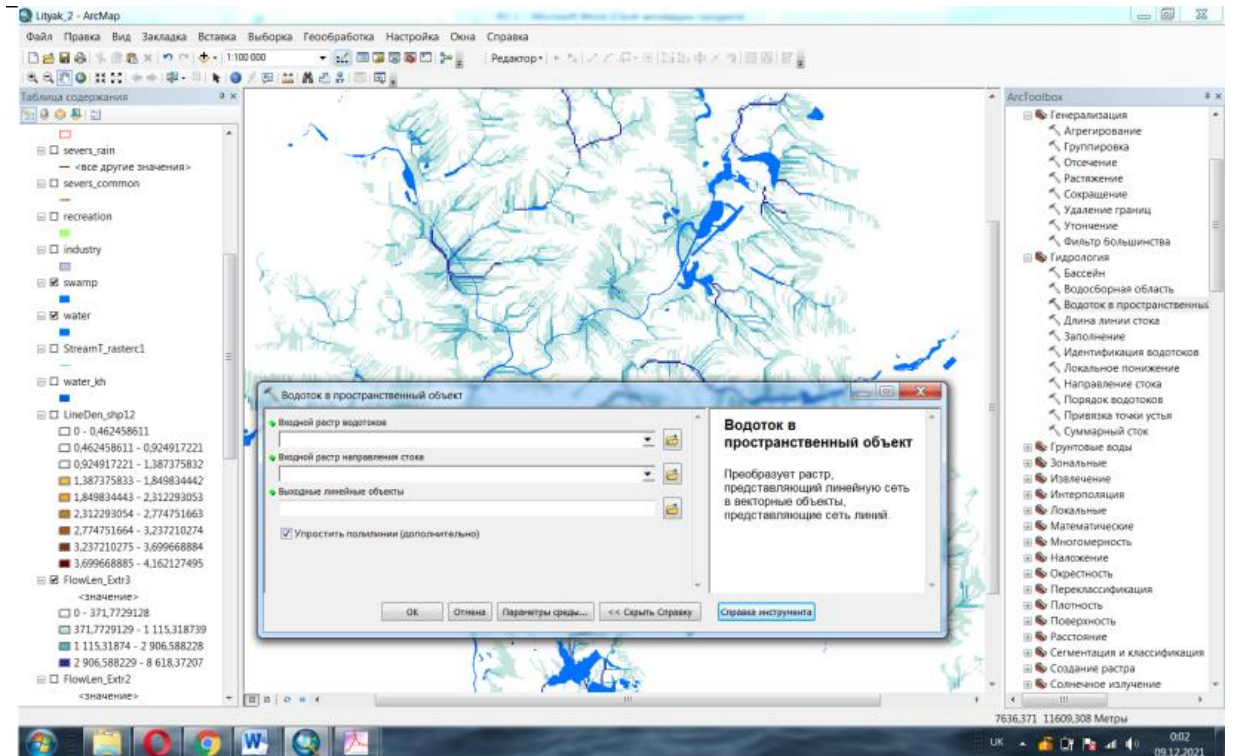


Рис. 3.22. Застосування інструменту «Водостік у просторовий об'єкт»

На Рис. 3.23 показано результуючу растрову модель поверхневих стоків на території міста Харкова, побудовану на основі ЦМР.

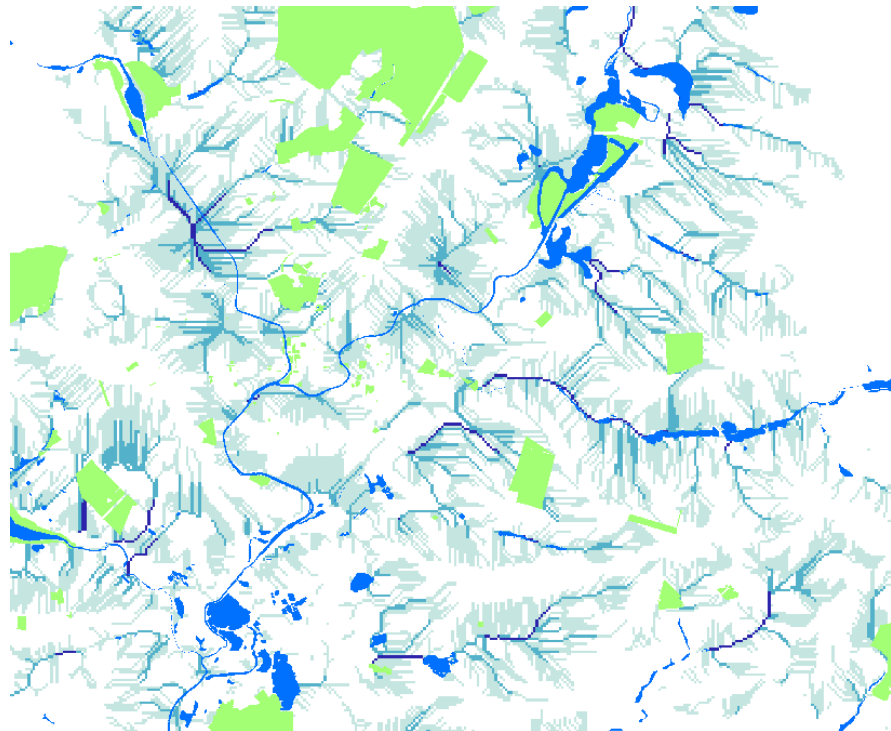


Рис. 3.23. Растрова модель поверхневих стоків на території міста Харкова, побудована на основі ЦМР.

Традиційним рішенням для відведення поверхневих стічних вод з міської території є система інженерних споруд зливової каналізації (ІСЗК), яка за умов зміни природного стоку може дати збій, тому що система ІСЗК міста Харкова проектувалась та будувалась без урахування подібних змін.

Причиною модифікації природного стоку є зміна клімату, і, як наслідок, режим і кількість опадів (збільшення повторюваності інтенсивних опадів, злив, швидке танення снігового покриву та інші фактори). Зміст забруднюючих речовин у складі міських поверхневих стічних вод постійно збільшується у зв'язку зі зростанням автомобілізації та широким застосуванням хімічних засобів для літнього та зимового утримання доріг.

Роль систем ІСЗК у місті дуже важлива для підтримки екологічної рівноваги, збереження якості довкілля, створення комфортних та естетично привабливих умов проживання. При цьому в місті в умовах щільної забудови та високої ціни на землю надзвичайно складно створити чи зберегти значні за розмірами природні екосистеми. У цьому випадку стійкі системи дренажу мають значний потенціал для озеленення, підтримки екосистемних послуг та якості міського середовища.

Для оцінки системи ІСЗК міста Харкова та забезпеченості території міста системою дренажу та зливовою каналізацією, побудовано щільність ліній каналізації, що припадають на 1 га міської території (мал.3.24, 3.25).

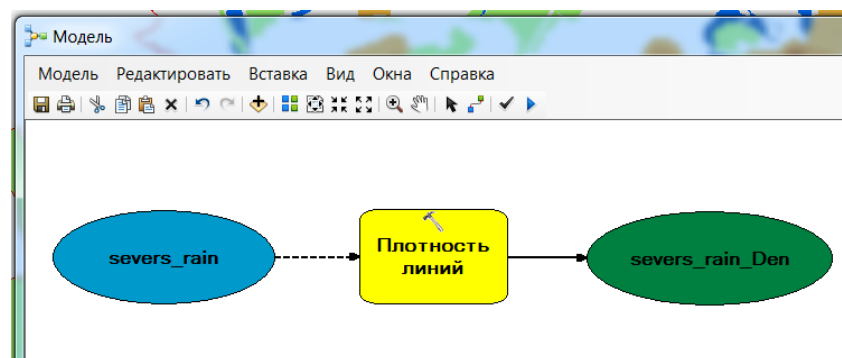


Рис. 3.24 Модель побудови щільності ліній каналізації, що припадають на 1 га міської території

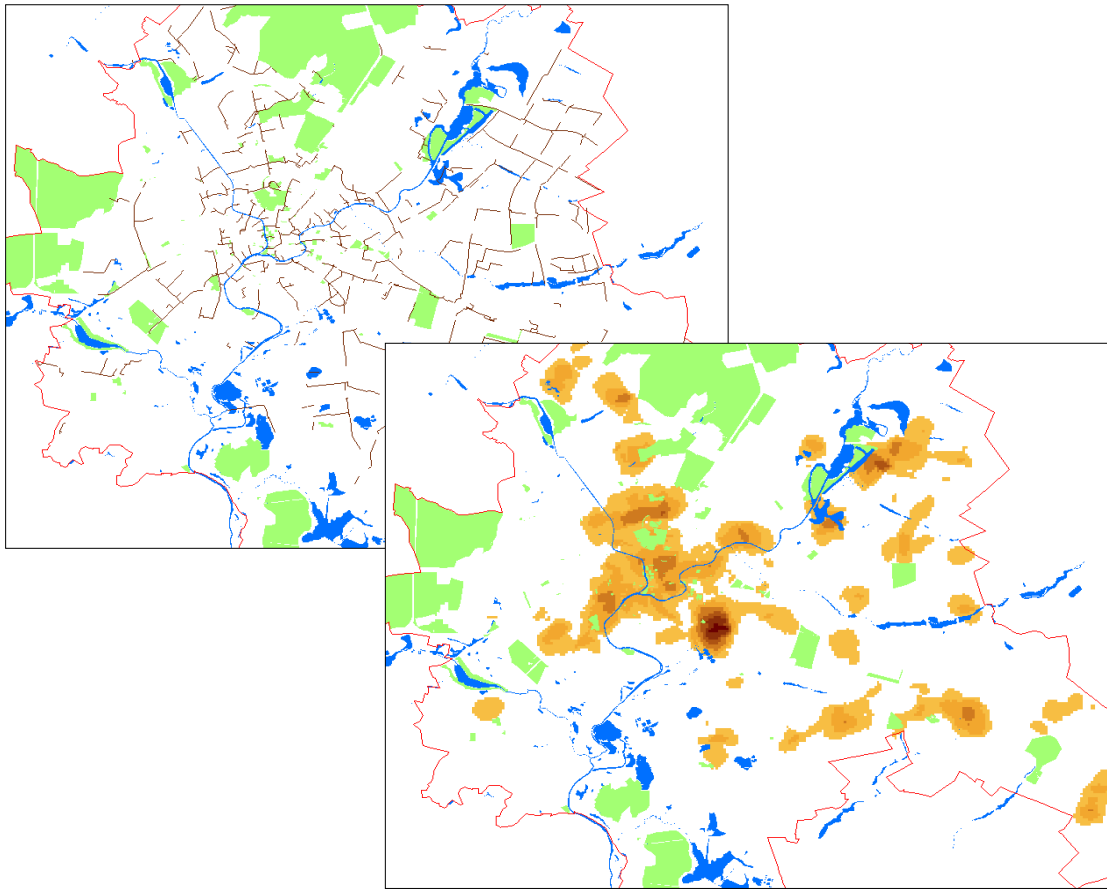


Рис. 3.25 Побудова геопросторової моделі щільності мережі дренажної системи водовідведення міста Харків

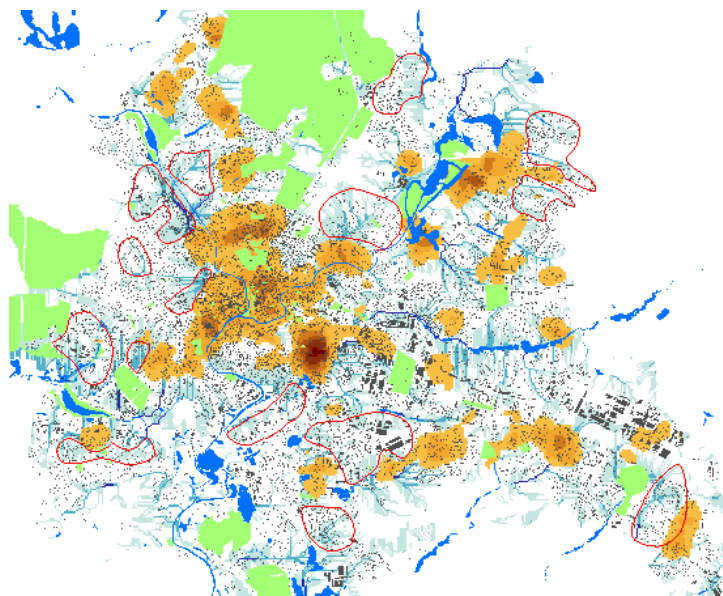


Рис. 3.26. Побудована узагальнена геопросторова модель забезпеченості території міста з виділенням проблемних територій

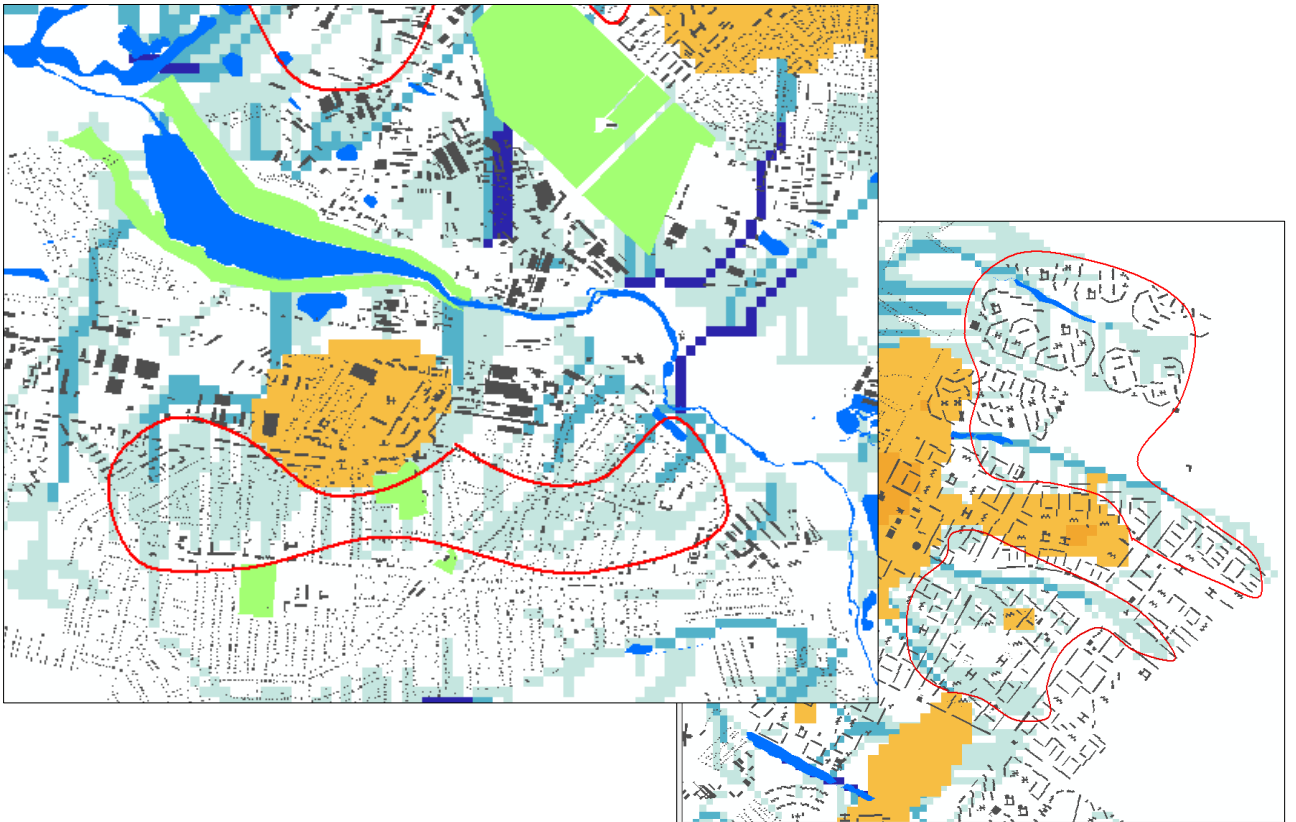


Рис. 3.27. Приклад територій а) приватної та б) багатоповерхової забудови міста Харкова, які знаходяться в межах поверхневих стоків.

Результати аналізу застосування геоінформаційних гідрологічних моделей

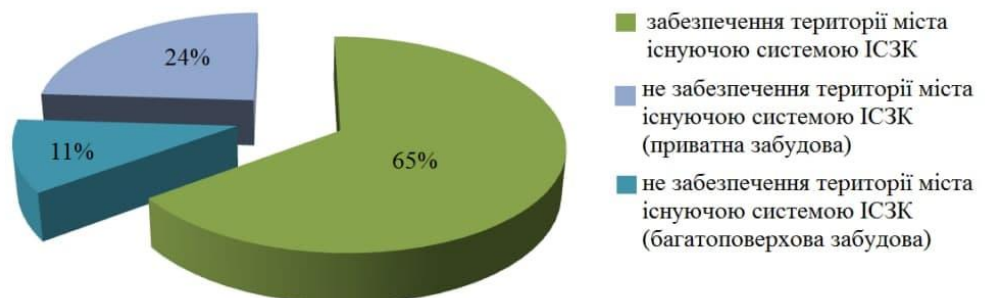


Рис. 3.28 Результати аналізу застосування геоінформаційних гідрологічних моделей

3.4. Висновки по третьому розділу.

В третьому розділі проведено дослідження природничих та міських потокових систем на території міста Харкова з застосуванням інструментарію гідрологічного моделювання додаткового модуля ArcGIS Spatial Analyst .

Використані методи геопросторового аналізу дозволяють ідентифікувати стоки водного потоку на території міста, визначити напрямки водного потоку та визначити мережу водотоків на досліджуваній території.

В ході виконання третього розділу виконано та побудовано:

1) побудовано ЦМР місцевості міста Харкова, на основі якої проведено гідрологічний аналіз території;

2) на основі розробленої ЦМР місцевості побудовано за допомогою інструмента «Напрямок стоку» ([Flow Direction](#)) геоінформаційну модель напрямів стоку, яка надає можливість отримати основні напрями, за якими вода витікає з кожного чарунку побудованого растру;

3) побудована геоінформаційна модель напрямів стоку дозволяє на основі застосування інструменту «Сумарний стік» (Flow Accumulation) виконати обчислення кількості чарунків, які забезпечують підсумковий водний потік відповідно до особливостей рельєфу місцевості;

4) низка розроблених геоінформаційних моделей дозволяє побудувати та отримати узагальнену геопросторову растрову модель поверхневих стоків на території міста Харкова, яка спирається на ЦМР місцевості, та визначити території міста, які не забезпечені системою інженерних споруд зливової каналізації.

Проведений аналіз на основі застосування низки геоінформаційних гідрологічних моделей показав, що існуюча система інженерних споруд зливової каналізації забезпечує 65% території міста, з них 45% території відноситься до приватної забудови.

Подальший розвиток міських дренажних систем міста Харкова сприятиме забезпеченню сталого розвитку та покращенню довкілля у місті. Удосконалення системи інженерних споруд зливової каналізації міста забезпечить вирішення таких проблем, як підтоплення житлової забудови, покращить якість води та можливості щодо відпочинку населення.

ВИСНОВКИ

В першому розділі проведено аналіз існуючих технологій стійкого міського дренажу. Визначено методи та прийоми, які імітують процеси у природних екосистемах при відведенні поверхневих стічних (зливових) вод. Визначено, що основною метою системи є збір дощової води та уповільнення швидкості водного потоку, щоб дати воді можливість випаровуватися та вбиратися у ґрунт, одночасно очищаючи воду від забруднення.

В другому розділі розроблені геоінформаційні моделі бази геопросторових даних для проведення гідрологічного дослідження поверхневих вод території міста Харкова. Розроблено концептуальну та логічну модель геопросторової бази

Практична цінність розроблених геоінформаційних моделей бази геопросторових даних для проведення гідрологічного дослідження поверхневих вод території міста Харкова полягає в забезпеченні інтегрування, уніфікації та інтероперабельності даних, отриманих з різних джерел; можливості застосування геоінформаційного аналізу та моделювання для забезпечення оперативного прийняття управлінських рішень на підставі їх результатів.

В третьому розділі проведено дослідження природничих та міських потокових систем на території міста Харкова з застосуванням інструментарію гідрологічного моделювання додаткового модуля ArcGIS Spatial Analyst .

Використані методи геопросторового аналізу дозволяють ідентифікувати стоки водного потоку на території міста, визначити напрямки водного потоку та визначити мережу водотоків на досліджуваній території.

В ході виконання третього розділу виконано та побудовано:

1) побудовано ЦМР місцевості міста Харкова, на основі якої проведено гідрологічний аналіз території;

2) на основі розробленої ЦМР місцевості побудовано за допомогою інструмента «Напрямок стоку» (Flow Direction) геоінформаційну модель напрямів стоку, яка надає можливість отримати основні напрями, за якими вода витікає з кожного чарунку побудованого растру;

3) побудована геоінформаційна модель напрямів стоку дозволяє на основі застосування інструменту «Сумарний стік» (Flow Accumulation) виконати обчислення кількості чарунків, які забезпечують підсумковий водний потік відповідно до особливостей рельєфу місцевості;

4) низка розроблених геоінформаційних моделей дозволяє побудувати та отримати узагальнену геопросторову растрову модель поверхневих стоків на території міста Харкова, яка спирається на ЦМР місцевості, та визначити території міста, які не забезпечені системою інженерних споруд зливової каналізації.

Проведений аналіз на основі застосування низки геоінформаційних гідрологічних моделей показав, що існуюча система інженерних споруд зливової каналізації забезпечує 65% території міста, з них 45% території відноситься до приватної забудови.

Подальший розвиток міських дренажних систем міста Харкова сприятиме забезпеченню сталого розвитку та покращенню довкілля у місті. Удосконалення системи інженерних споруд зливової каналізації міста забезпечить вирішення таких проблем, як підтоплення житлової забудови, покращить якість води та можливості щодо відпочинку населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Айлікова Г. В.* Структура та принципи побудови каталогу класів об'єктів профільних наборів геопросторових даних містобудівної документації / Г. В. Айлікова, В. В. Янчук, Д. В. Горковчук, Ю. В. Кравченко, О. І. Сингаївська // Містобудування та територіальне планування. — 2013. — Вип. 47. — С. 27-36.
2. *Державний класифікатор будівель та споруд (ДК 018-2000).* Затверджено і введено в дію наказом Держстандарту України від 17.08.2000 № 507.
3. *ДСТУ ISO 19109:2017 (ISO 19109:2015, IDT):* Географічна інформація. Правила для прикладної схеми. — Чинні від 2010-10-01.
4. *ДСТУ ISO 19110:2017 (ISO 19110:2016, IDT):* Географічна інформація. Методологія каталогізації об'єктів. — Чинні від 2010-10-01.
5. *Карпінський Ю.О.* Склад та принципи розроблення національного профілю стандартів з географічної інформації / Ю. О. Карпінський, А.А. Лященко, Ясуюкі Окада // Інженерна геодезія. — 2016. — Вип. 63. — С. 110-121.
6. *Лазоренко-Гевель Н. Ю.* Геоінформаційне забезпечення моніторингу природних комплексів / Н. Ю. Лазоренко-Гевель // Містобудування та територіальне планування. — 2012. — Вип. 44. — С. 291-299.
7. *Проміжні результати пілотного проекту зі створення прототипу національної інфраструктури геопросторових даних.* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://land.gov.ua/derzhheokadastr-presentuvav-promizhni-rezultaty-pilotnoho-proektu-zi-stvorennia-prototypu-natsionalnoi-infrastruktury-heoprostorovykh-danykh>.
8. *D2.8.III.2 INSPIRE Data Specification on Buildings — Technical Guidelines.* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/bu>.
9. *ELF Data Specification for topographic and administrative reference data at all levels of detail.* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://elfproject.eu/sites/default/files/ELF_DataSpecification_v0.12_20160328.pdf.

10. *Types of geodatabases* — ArcGIS Help. [Електронний ресурс]. — Режим доступу:
<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/types-of-geodatabases.htm>.
11. *What is ModelBuilder?* [Електронний ресурс]. — Режим доступу:
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm>.
12. Дишлюк С.С., Ромашова Л.А., Николаева О.Н. Про використання екологічних карт в побудові компонентів БГД // Геодезія і картографія. – 2016. – № 4. – С. 20–27.
13. Інтеграція геопросторових даних на основі тривимірного моделювання для екологічної оцінки міських територій / Л.К. Трубіна, Т.А. Хлебнікова, О.М. Ніколаєва, Є.М. Кулик // Изв. вузів. Геодезія та аерофотозйомка. - 2013. - № 4/с. - С. 83-86.
14. Гаврилов Ю.В., Ніколаєва О.М., Ромашова Л.А. Про досвід та результати системного картографування екологічної ситуації Новосибірська // Изв. вузів. Геодезія та аерофотозйомка. - 2011. - № 3. - С. 91-94.
15. Ніколаєва О.М., Ромашова Л.А., Волкова О.А. Застосування екологічних карток у моніторингу стану навколишнього середовища // Інтерекспо Гео-Сибір 2013. Новосибірськ, 2013. – Т. 1. – № 2. – С. 9–13.
16. Бешенцев О.М. Геоінформаційні ресурси: особливості, класифікація, розміщення// Інформаційні ресурси Росії. - 2015. - № 4. - С. 21-26.
17. Степанов І.М. Теорія пластики рельєфу та нові тематичні карти. - М.: Наука, 2006. - 230 с.
18. Степанов І.М. Простір та час у науці про ґрунти. Недолік чайвське ґрунтознавство. - М.: Наука, 2003. - 184 с.

19. Методика державної кадастрової оцінки земель поселень. - М.: Державний комітет Російської Федерації із земельної політики, 2000. - 14 с
20. Облік екологічних чинників у кадастрі нерухомості з метою управління сталим розвитком урбанізованих територій / О.В. Шепелева, В.В. Вовк, С.М. Максимов, Т.О. Алієв, Т.А. Заболотська// Матеріали Міжнародної конференції «ІнтерКарто/ІнтерГІС». - Мельбурн, 2016. - Т. 22. - № 2. - С. 244-255.
21. Панов Д.В. Аналіз методик обліку екологічної компоненти у кадастрі міських земель // Матеріали Міжнародного наукового конгресу Інтерекспо Гео-Сибір – Смоленськ, 2012. – Т. 2. – № 3. – С. 173–176.
22. Кочетова В.А. Кадастрова оцінка міських земель з урахуванням обліку екологічних чинників // Science Time. - 2015. - № 12 (24). - С. 422-425.
23. Креймер М.А., Трубіна Л.К. Деякі аспекти інтеграції кадастру та геоєкології в управлінні землекористуванням // Ізв. Геодезія та аерофотозйомка. – 2009. – № 5. – С. 26–29
24. Кравець О.О. Аналіз повноти та достовірності інформації про забруднення навколишнього середовища // Геодезія та картографія. - 2006. - № 6. - С. 45-51.
25. Кравець О.О. Картографічна логіка (аналіз питань стану та охорони навколишнього середовища). - М.: МПГАіК, 2010. - 157 с
26. Кошкар'ов А.В., Тікунов В.С. Геоінформатика / за ред. Д.В. Лисицького. - М.: Картгеоцентр Геоздат, 1993. - 213 с
27. Наказ Державний комітет України із земельних ресурсів «Про затвердження Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками» № 376

від 18.05.2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:
<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0391-10>

28. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробка методичних рекомендацій по визначенню площ великих територій при розробці індексних карт та проектів землеустрою» / [Ю. А. Карпінський, М. О. Трюхан, В. Д. Барановський та ін.]. – Київ: НДІГК, 2006. – 80 с.

29. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. ред. О.О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.

30. СОУ База топографічних даних. Загальні вимоги. // К. : Мінагрополітики України. 2014. URL: <http://nsdi.land.gov.ua/files/legislation/b691cae0-0a8b-11e8-a9c9-d16a7205336d.pdf>

31. Постанова Кабінету Міністрів України «Порядок загальнодержавного топографічного і тематичного картографування» № 661 від 4 вересня 2013 року. URL: <http://www.city.kharkov.ua/assets/files/docs/zakon/strategy2411.pdf>