

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА,
ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем

Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра

на тему: **«СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ТЕРИТОРІЇ
МИРГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ НА ОСНОВІ ДАНИХ ДЗЗ»**

Виконала: студентка 4 курсу групи ГКЗ 2022-1
спеціальності 193 Геодезія та землеустрій
ОП Геодезія, картографія та землеустрій



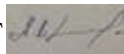
Клименко Софія Ігорівна

Керівник



Мамонов Костянтин Анатолійович

Рецензент



Воронков Олексій Олександрович

2026 року

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії
Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій
Освітня програма Геодезія, картографія та землеустрій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЗА та ГІС

проф. Мамонов К. А.

 Восстановимая подпись

X 

Подписано: f054cc53-ba06-45d3-8422-a8d59cd399bb









«25» травня 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Клименко Софії Ігорівні

1. Тема проекту (роботи): Створення цифрової моделі рельєфу території Миргородського району на основі даних ДЗЗ
керівник проекту (роботи) д.е.н., професор Мамонов Костянтин Анатолійович, затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 року № 441-03.
2. Строк подання студентом проекту (роботи): 18 червня 2026 року.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) матеріали геопросторових веб-сервісів, науково-методична література та нормативно-довідкові матеріали.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) оцінка можливостей практичного використання цифрової моделі рельєфу для геопросторового аналізу та підтримки прийняття рішень.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) карта напрямків поверхневого стоку; карта акумуляції поверхневого стоку; схеми використання цифрової моделі рельєфу.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Мамонов Костянтин Анатолійович, професор кафедри ЗА та ГІС		
2	Мамонов Костянтин Анатолійович, професор кафедри ЗА та ГІС		
3	Мамонов Костянтин Анатолійович, професор кафедри ЗА та ГІС		
4	Абракітов В. Е. доцент кафедри О.П. та БЖД		

7. Дата видачі завдання: 25 травня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Формування інформаційної бази	25.05.26	
2.	Розробка та написання першого розділу роботи	03.06.26	
3.	Розробка та написання другого розділу роботи	09.06.26	
4.	Розробка та написання третього розділу роботи	12.06.26	
5.	Розробка та написання розділу з охорони праці	15.06.26	
6.	Оформлення роботи та нормоконтроль	18.06.26	
7.	Попередній захист роботи	21.06.26	
8.	Захист дипломної роботи у ДЕК	25.06.26	

Студент



Клименко С. І.

Керівник проекту (роботи)



Мамонов К. А.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69 с., 2 табл., 27 рис., 25 джерел, 22 слайдів презентації.

ДАНІ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ, DEM, ЦИФРОВА МОДЕЛЬ ВИСОТ, QGIS, ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ГЕОПРОСТОРОВІ ДАНІ, ГПСОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ, ПОВЕРХНЕВИЙ СТІК.

Об'єктом дослідження є територія Миргородського району Полтавської області.

Мета роботи – розробка та апробація методики створення цифрової моделі рельєфу території Миргородського району із застосуванням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для забезпечення ефективного просторового аналізу території.

Предметом дослідження є процеси створення цифрових моделей рельєфу на основі даних дистанційного зондування Землі та їх використання для геопросторового аналізу території.

Удосконалено підхід до створення цифрової моделі рельєфу на основі відкритих даних дистанційного зондування Землі та програмних засобів QGIS для умов Миргородського району Полтавської області.

Практичне значення роботи полягає у створенні цифрової моделі рельєфу території Миргородського району, яка може бути використана органами державної влади та місцевого самоврядування, землепорядними організаціями, проектними установами та науковими установами для вирішення завдань територіального розвитку.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ НА ОСНОВІ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ	10
1.1 Теоретичні основи дистанційного зондування Землі та джерела даних для створення цифрових моделей рельєфу	10
1.2 Джерела даних та класифікація цифрових моделей рельєфу	14
1.3 Методологія обробки даних ДЗЗ для побудови цифрової моделі рельєфу в QGIS	19
1.4 Переваги та обмеження цифрових моделей рельєфу при геопросторовому аналізі	23
2 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ КАРТИ NDVI ТЕРИТОРІЇ ЛОЗІВСЬКОГО РАЙОНУ	28
2.1 Фізико-географічна характеристика Миргородського району Полтавської області	28
2.2 Формування вихідної бази даних ДЗЗ для створення ЦМР	33
2.3 Технологія побудови цифрової моделі рельєфу в середовищі QGIS	38
3 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ СТВОРЕНОЇ ЦМР	46
3.1 Аналіз висотної структури території Миргородського району	46
3.2 Практичне використання цифрової моделі рельєфу для геопросторового аналізу території Миргородського району.....	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
4.1 Організація безпечних умов праці під час виконання геоінформаційних робіт та обробки даних дистанційного зондування Землі.....	57
4.2 Аналіз виробничих небезпек та заходи щодо їх попередження під час створення цифрових моделей рельєфу	59
4.3 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях та забезпечення безперервності функціонування геоінформаційних систем	63
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	69

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку геоінформаційних технологій та систем дистанційного зондування Землі особливого значення набуває формування достовірних цифрових моделей територій, які забезпечують інформаційну основу для вирішення широкого спектра завдань у сфері землеустрою, містобудування, природокористування та управління територіальним розвитком. Одним із найважливіших елементів геопросторового забезпечення є цифрова модель рельєфу, яка дозволяє відображати просторові особливості земної поверхні, виконувати аналіз висотних характеристик місцевості, моделювати природні процеси та підтримувати прийняття управлінських рішень на різних рівнях.

Сучасні технології дистанційного зондування Землі забезпечують можливість отримання значних обсягів просторових даних про території різного масштабу. Використання супутникових матеріалів відкриває нові можливості для оперативного створення цифрових моделей рельєфу без необхідності проведення трудомістких польових геодезичних робіт. Завдяки цьому забезпечується підвищення оперативності, економічності та доступності процесів формування геопросторових даних для потреб державного управління, землекористування, екологічного моніторингу та просторового планування.

Особливої актуальності питання створення цифрових моделей рельєфу набуває для територій із розвиненим сільськогосподарським використанням земель, де рельєф безпосередньо впливає на процеси водного режиму, ерозії ґрунтів, організації землекористування та ефективності господарської діяльності. До таких територій належить Миргородський район Полтавської області, який характеризується значною площею сільськогосподарських угідь, розвиненою мережею населених пунктів та різноманітними формами рельєфу. Аналіз висотної структури території району є важливим завданням для забезпечення раціонального використання земельних ресурсів та підтримки сталого територіального розвитку.

Геоінформаційна система QGIS є одним із найбільш поширених програмних засобів для обробки та аналізу просторових даних. Її функціональні можливості дозволяють виконувати обробку матеріалів дистанційного зондування Землі, створювати цифрові моделі рельєфу, здійснювати просторовий аналіз висотних характеристик та формувати картографічну продукцію для різних напрямів практичного застосування. Використання відкритих супутникових даних у поєднанні з інструментами QGIS створює ефективне середовище для формування сучасних цифрових моделей територій.

Таким чином, створення цифрової моделі рельєфу території Миргородського району на основі даних дистанційного зондування Землі є актуальним і практично значущим завданням, що відповідає сучасним напрямам розвитку геоінформаційних технологій, цифровізації територіального управління та формування інфраструктури геопросторових даних.

Об'єкт дослідження – територія Миргородського району Полтавської області.

Предмет дослідження – процеси створення цифрових моделей рельєфу на основі даних дистанційного зондування Землі та їх використання для геопросторового аналізу території.

Мета дослідження – розробка та апробація методики створення цифрової моделі рельєфу території Миргородського району із застосуванням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для забезпечення ефективного просторового аналізу території.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити теоретичні основи створення цифрових моделей рельєфу на основі даних дистанційного зондування Землі;
- проаналізувати сучасні джерела геопросторових даних для формування цифрових моделей рельєфу;
- сформувати інформаційну базу даних для створення цифрової моделі рельєфу території Миргородського району;

- розробити технологію побудови цифрової моделі рельєфу в середовищі QGIS;
- виконати оцінку точності та якості отриманої цифрової моделі рельєфу;
- провести просторовий аналіз висотних характеристик території на основі створеної моделі;
- визначити напрями практичного використання цифрової моделі рельєфу для вирішення завдань територіального розвитку та управління земельними ресурсами.

Актуальність теми. Сучасні процеси цифрової трансформації управління територіями потребують створення актуальних та достовірних геопросторових даних, які забезпечують можливість комплексного аналізу природних і антропогенних процесів. Одним із базових компонентів такої інформації є дані про рельєф місцевості, що використовуються під час виконання землепорядних, містобудівних, екологічних та інженерних робіт. Традиційні методи отримання висотної інформації часто характеризуються значними часовими та фінансовими витратами, що обмежує можливість їх широкого застосування на великих територіях.

Водночас сучасні супутникові технології забезпечують регулярне отримання просторових даних високої якості, які можуть бути використані для створення цифрових моделей рельєфу різного рівня деталізації. Використання відкритих джерел даних дистанційного зондування Землі дозволяє значно підвищити ефективність процесів формування геопросторової інформації та забезпечити оперативне оновлення картографічних матеріалів.

Особливо актуальним є застосування таких підходів для територій із переважанням сільськогосподарського використання земель, де характеристики рельєфу визначають особливості господарського освоєння території, формування водозбірних басейнів, розвиток ерозійних процесів та умови територіального планування. Миргородський район Полтавської області є показовим прикладом такої території, що обумовлює доцільність створення цифрової моделі рельєфу для його комплексного геопросторового аналізу.

Практичне значення роботи полягає у створенні цифрової моделі рельєфу території Миргородського району, яка може бути використана органами державної влади та місцевого самоврядування, землепорядними організаціями, проектними установами та науковими установами для вирішення завдань територіального розвитку. Отримана цифрова модель забезпечує можливість:

- аналізу висотної структури території;
- визначення ухилів та експозицій схилів;
- оцінювання умов розвитку ерозійних процесів;
- підтримки прийняття рішень у сфері землекористування;
- виконання інженерно-геодезичних та землепорядних робіт;
- формування тематичних карт і геоінформаційних ресурсів;
- створення інформаційної основи для просторового планування територій.

У роботі удосконалено підхід до створення цифрової моделі рельєфу на основі відкритих даних дистанційного зондування Землі та програмних засобів QGIS для умов Миргородського району Полтавської області. Запропонована методика дозволяє забезпечити високу ефективність формування геопросторових даних при мінімальних витратах на програмне забезпечення та вихідну інформацію, створити цифрову основу для подальшого геоінформаційного аналізу території та розширити можливості використання даних дистанційного зондування Землі у сфері управління земельними ресурсами.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ НА ОСНОВІ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

1.1 Теоретичні основи дистанційного зондування Землі та джерела даних для створення цифрових моделей рельєфу

У сучасних умовах розвитку геоінформаційних технологій дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є одним із найважливіших джерел отримання актуальної просторової інформації про природні та антропогенні об'єкти. Використання даних дистанційного зондування дозволяє здійснювати комплексне дослідження територій, аналізувати особливості рельєфу, оцінювати стан земельних ресурсів, моделювати природні процеси та створювати цифрові моделі місцевості різного рівня деталізації. Саме тому технології ДЗЗ сьогодні широко застосовуються у геодезії, землеустрої, містобудуванні, екологічному моніторингу та територіальному плануванні.

Особливого значення набувають методи створення цифрових моделей рельєфу (Digital Elevation Model, DEM), які забезпечують можливість цифрового відображення висотних характеристик земної поверхні. На відміну від традиційних топографо-геодезичних робіт, використання супутникових даних дозволяє формувати цифрові моделі рельєфу на значних територіях у короткі терміни та з мінімальними витратами ресурсів. Сучасні супутникові системи забезпечують отримання великого обсягу даних, придатних для побудови висотних моделей, що робить їх важливим елементом геопросторового забезпечення територіального розвитку [1-7].

Дистанційне зондування Землі являє собою сукупність методів отримання інформації про об'єкти та явища на поверхні Землі без безпосереднього контакту з ними шляхом реєстрації електромагнітного випромінювання спеціальними сенсорами, розміщеними на супутниках, літальних апаратах або безпілотних системах.

Процес отримання даних дистанційного зондування включає декілька основних етапів [3]:

- реєстрацію електромагнітного випромінювання сенсорами;
- передачу отриманої інформації на наземні приймальні станції;
- попередню обробку та корекцію даних;
- формування цифрових моделей;
- геоінформаційний аналіз та інтерпретацію результатів.

У технологіях дистанційного зондування використовуються різні діапазони електромагнітного спектра, кожен із яких дозволяє отримувати інформацію про певні характеристики земної поверхні. Найбільш поширеними є [4]:

- видимий спектральний діапазон (0,4–0,7 мкм);
- ближній інфрачервоний діапазон (0,7–1,3 мкм);
- середній інфрачервоний діапазон (1,3–3,0 мкм);
- тепловий інфрачервоний діапазон (8–14 мкм);
- радіолокаційний діапазон мікрохвильового випромінювання.

Для задач побудови цифрових моделей рельєфу особливе значення мають радіолокаційні та оптичні системи дистанційного зондування, оскільки саме вони забезпечують отримання висотної інформації про поверхню Землі.

Залежно від платформи розміщення сенсорів системи дистанційного зондування поділяються на [8]:

- космічні системи (супутники);
- аерофотознімальні системи;
- безпілотні літальні апарати;
- наземні лазерні та радіолокаційні комплекси.

Для створення цифрових моделей рельєфу території Миргородського району найбільш доцільним є використання супутникових даних, оскільки вони забезпечують можливість охоплення великих площ території та формування єдиної інформаційної основи для подальшого просторового аналізу.

Основними перевагами супутникових даних є [9-11]:

- значне територіальне охоплення;
- регулярне оновлення інформації;
- доступність відкритих наборів даних;
- можливість автоматизованої обробки;
- інтеграція з геоінформаційними системами;
- висока оперативність отримання результатів.

Сьогодні для побудови цифрових моделей рельєфу широко використовуються декілька глобальних супутникових проєктів, які забезпечують доступ до висотної інформації різного рівня деталізації. Найбільш поширеними серед них є SRTM, ASTER GDEM, ALOS World 3D та Copernicus DEM (табл. 1.1) [12].

Особливе місце серед відкритих джерел висотних даних займає проєкт Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), реалізований Національним управлінням США з авіації та дослідження космічного простору (NASA) спільно з Національним агентством геопросторової розвідки США. У межах цієї місії вперше було створено практично глобальну цифрову модель рельєфу Землі на основі радіолокаційної інтерферометрії [13].

Таблиця 1.1 – Характеристика основних джерел даних для створення цифрових моделей рельєфу

Джерело даних	Просторова роздільність	Тип даних	Територіальне охоплення
SRTM	30 м	Радіолокаційні	Майже глобальне
ASTER GDEM	30 м	Стереоптичні	Глобальне
ALOS World 3D	30 м	Стереоптичні	Глобальне
Copernicus DEM	30 м	Інтегровані	Глобальне
LiDAR	0,5–5 м	Лазерне сканування	Локальне

Найбільш поширеним джерелом даних для побудови цифрових моделей рельєфу регіонального рівня залишається модель SRTM, яка характеризується

достатньою точністю та доступністю для більшості прикладних задач (табл. 1.2).

Важливим напрямом розвитку технологій створення цифрових моделей рельєфу стало використання супутників програми Sentinel. Хоча супутники Sentinel-2 безпосередньо не формують висотні дані, їхні багатоспектральні знімки активно використовуються для уточнення рельєфних характеристик, аналізу земного покриття та візуалізації результатів просторового моделювання. Супутники Sentinel-1, оснащені радіолокаційними сенсорами, застосовуються для побудови висотних моделей за допомогою методів інтерферометричного аналізу [11].

Таблиця 1.2 – Основні характеристики цифрової моделі рельєфу SRTM

Параметр	Значення
Рік отримання даних	2000
Метод отримання	Радіолокаційна інтерферометрія
Просторова роздільність	30 м
Вертикальна точність	±10–16 м
Формат даних	GeoTIFF, HGT
Система координат	WGS 84
Покриття	Близько 80 % поверхні Землі

Для виконання геопросторового аналізу території Миргородського району найбільш ефективним є використання цифрових моделей рельєфу, створених на основі відкритих супутникових даних із подальшою обробкою у середовищі QGIS. Такий підхід забезпечує можливість формування єдиної цифрової основи для аналізу висот, ухилів, експозицій схилів, водозбірних басейнів та інших морфометричних характеристик території [12].

Технології дистанційного зондування Землі є фундаментом сучасного геопросторового моделювання та створення цифрових моделей рельєфу (рис. 1.1).

Таким чином, дистанційне зондування Землі є основним джерелом просторової інформації для створення цифрових моделей рельєфу. Використання сучасних супутникових даних дозволяє формувати достовірні висотні моделі територій, забезпечувати комплексний геопросторовий аналіз та створювати інформаційну основу для вирішення широкого спектра завдань у сфері землеустрою, містобудування, природокористування та територіального розвитку.

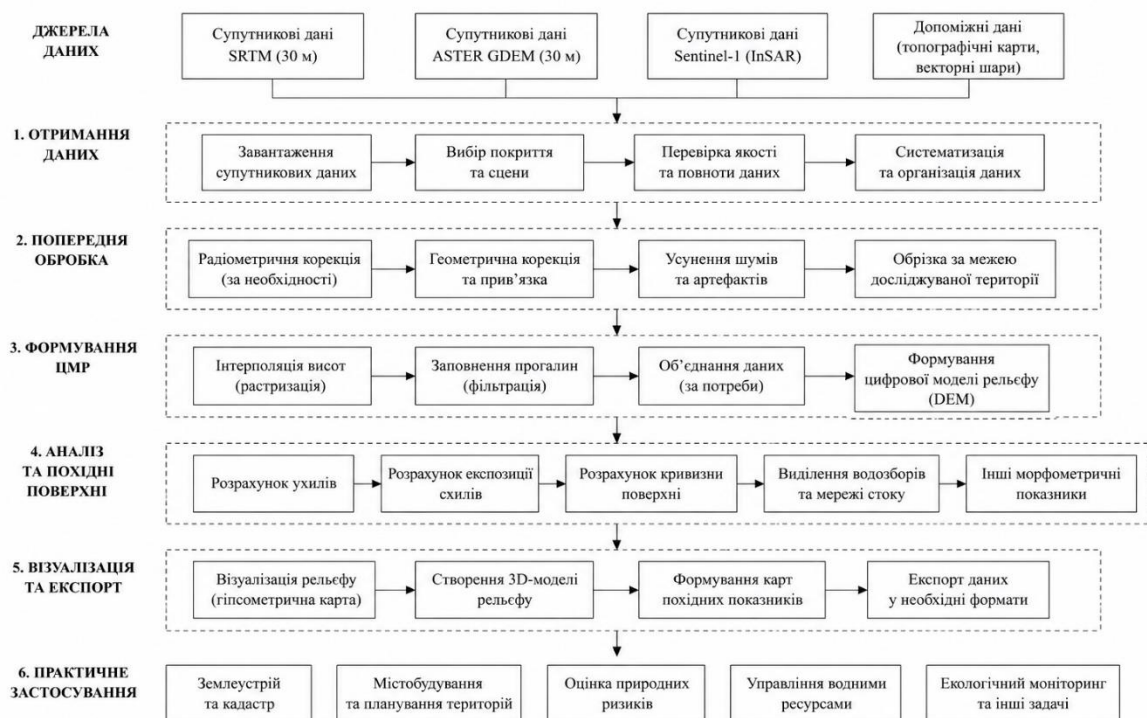


Рисунок 1.1 – Схема формування цифрової моделі рельєфу на основі даних дистанційного зондування Землі

Для території Миргородського району застосування таких технологій створює передумови для формування сучасної цифрової моделі рельєфу та подальшого використання її результатів у практичній діяльності.

1.2 Джерела даних та класифікація цифрових моделей рельєфу

Одним із ключових напрямів сучасного геоінформаційного забезпечення територій є створення цифрових моделей рельєфу, які виступають основою для виконання просторового аналізу, інженерних розрахунків, моделювання природних процесів та підтримки прийняття управлінських рішень. У системах геоінформаційного аналізу цифрові моделі рельєфу використовуються для дослідження морфологічних характеристик місцевості, визначення висотних параметрів території, аналізу водозбірних басейнів, оцінки ерозійної небезпеки земель, планування інженерної інфраструктури та вирішення широкого кола завдань у сфері землеустрою та містобудування [16-19].

Рельєф є однією з фундаментальних складових географічного середовища, яка визначає особливості формування природних ландшафтів, розподіл поверхневого стоку, характер використання земель та розвиток господарської діяльності. Саме тому створення достовірних цифрових моделей рельєфу є важливим етапом формування сучасної геопросторової інформаційної бази.

Під цифровою моделлю рельєфу розуміють математичне представлення земної поверхні у цифровому вигляді, яке дозволяє описувати просторове положення та висотні характеристики місцевості. На практиці цифрові моделі рельєфу формуються у вигляді регулярної растрової сітки або набору нерегулярно розташованих висотних точок, між якими виконується інтерполяція значень висот.

У сучасній геоінформатиці виділяють декілька основних типів цифрових моделей поверхні (табл. 1.3).

Найбільш поширеним є поняття DEM (Digital Elevation Model), що являє собою цифрове представлення висот земної поверхні. DEM використовується як узагальнена назва висотних моделей та широко застосовується в геоінформаційних системах [20].

Другим типом є DTM (Digital Terrain Model) – цифрова модель рельєфу, яка відображає безпосередньо поверхню землі без урахування будівель, дерев та інших об'єктів. Саме DTM використовується під час виконання більшості інженерно-геодезичних і землевпорядних робіт [21].

Третім типом є DSM (Digital Surface Model) – цифрова модель поверхні, що містить інформацію про всі об'єкти, розташовані на місцевості, включаючи будівлі, споруди, рослинність та інші елементи земного покриття.

Таблиця 1.3 – Основні типи цифрових висотних моделей

Тип моделі	Характеристика	Основне призначення
DEM	Узагальнена цифрова модель висот	Просторовий аналіз
DTM	Модель рельєфу без наземних об'єктів	Інженерні та землевпорядні роботи
DSM	Модель земної поверхні з усіма об'єктами	Містобудування, 3D-моделювання

Для створення цифрових моделей рельєфу використовуються різні джерела просторових даних. Традиційно висотна інформація отримувалась за результатами геодезичних вимірювань та топографічних знімів. Проте розвиток технологій дистанційного зондування Землі суттєво розширив можливості формування висотних моделей територій [22].

Сучасні джерела даних для створення цифрових моделей рельєфу можна поділити на декілька основних груп [23]:

- матеріали топографічних карт;
- геодезичні вимірювання;
- аерофотознімання;
- лазерне сканування (LiDAR);
- супутникові дані дистанційного зондування Землі;
- фотограмметричні матеріали.

Особливе значення для створення цифрових моделей рельєфу регіонального рівня мають відкриті супутникові висотні дані. Завдяки глобальному охопленню території та вільному доступу вони дозволяють

оперативно формувати цифрові моделі для великих територій без необхідності проведення додаткових польових робіт.

Серед найбільш поширених глобальних цифрових моделей рельєфу слід виділити SRTM, ASTER GDEM, ALOS World 3D та Copernicus DEM [24].

Модель SRTM була створена в результаті космічної місії NASA із застосуванням радіолокаційної інтерферометрії та сьогодні залишається одним із найбільш використовуваних джерел висотної інформації. Просторова роздільність моделі становить 30 метрів, що є достатнім для виконання регіонального аналізу територій.

ASTER GDEM формується на основі стереоскопічної обробки супутникових знімків та забезпечує глобальне покриття території Землі. Незважаючи на певні локальні похибки, ця модель широко використовується для досліджень природних ресурсів та регіонального планування [25].

ALOS World 3D створена Японським агентством аерокосмічних досліджень та характеризується підвищеною точністю висотних даних. Використання сучасних алгоритмів фотограмметричної обробки дозволило забезпечити високу якість моделі на значній частині земної поверхні.

Окрему увагу необхідно приділити Copernicus DEM, яка є одним із найсучасніших глобальних джерел висотної інформації. Модель створена в рамках європейської програми Copernicus та забезпечує високу деталізацію рельєфу для більшості територій світу.

Для території Миргородського району використання відкритих цифрових моделей рельєфу є ефективним інструментом формування геопросторової основи дослідження. Завдяки відносно рівнинному характеру рельєфу Полтавської області моделі з просторовою роздільністю 30 м забезпечують достатню точність для аналізу висотної структури території, визначення ухилів, експозицій схилів та інших морфометричних показників.

Сучасні цифрові моделі рельєфу дозволяють виконувати широкий спектр аналітичних операцій. На їх основі визначаються абсолютні та відносні висоти місцевості, розраховуються карти ухилів, будуються профілі рельєфу,

виділяються водозбірні басейни, моделюються процеси поверхневого стоку та здійснюється оцінка природних ризиків. У поєднанні з можливостями геоінформаційних систем такі моделі стають потужним інструментом дослідження територій.

Основні напрями використання цифрових моделей рельєфу наведено на рисунку 1.2.

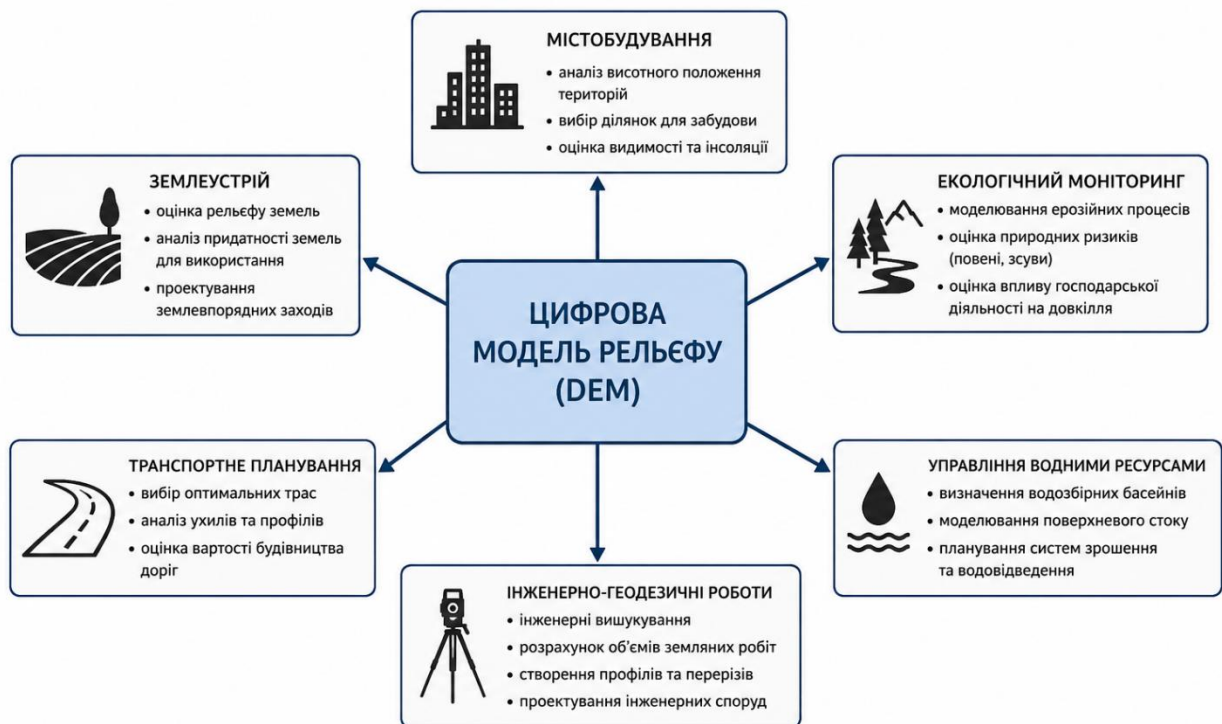


Рисунок 1.2 – Основні напрями використання цифрових моделей рельєфу в геоінформаційних системах

Доцільно відобразити блок-схему з центральним блоком «Цифрова модель рельєфу (DEM)», від якого відходять напрями: «Землеустрій», «Містобудування», «Екологічний моніторинг», «Управління водними ресурсами», «Транспортне планування», «Інженерно-геодезичні роботи».

Таким чином, цифрові моделі рельєфу є одним із базових елементів сучасних геоінформаційних систем. Розвиток технологій дистанційного зондування Землі забезпечив появу великої кількості відкритих джерел

висотних даних, що дозволяє ефективно формувати цифрові моделі територій різного масштабу. Використання таких моделей створює надійну інформаційну основу для виконання комплексного геопросторового аналізу території Миргородського району та підтримки прийняття управлінських рішень у сфері використання земельних ресурсів.

1.3 Методологія обробки даних ДЗЗ для побудови цифрової моделі рельєфу в QGIS

Сучасні геоінформаційні технології забезпечують широкі можливості для створення цифрових моделей рельєфу на основі даних дистанційного зондування Землі. Одним із найбільш поширених програмних продуктів для виконання таких завдань є геоінформаційна система QGIS, яка поєднує функціональність професійних геоінформаційних платформ із відкритим програмним кодом та можливістю роботи з різноманітними джерелами просторових даних. Використання QGIS дозволяє виконувати повний цикл обробки даних дистанційного зондування – від завантаження вихідної інформації до формування цифрової моделі рельєфу та проведення складного геопросторового аналізу.

Для створення цифрової моделі рельєфу території Миргородського району використовується послідовна технологічна схема обробки даних ДЗЗ, яка включає декілька взаємопов'язаних етапів (рис. 1.3). Кожен із них забезпечує підготовку вихідних даних до наступної стадії обробки та формування якісної цифрової моделі рельєфу.

Першим етапом є формування інформаційної бази дослідження. На цьому етапі здійснюється пошук та завантаження вихідних даних дистанційного зондування Землі. Для побудови цифрових моделей рельєфу найчастіше використовуються відкриті набори висотних даних SRTM, ASTER GDEM, ALOS World 3D або Copernicus DEM. Завантаження даних виконується через спеціалізовані геопортали та сервіси поширення геопросторової інформації.

Важливим завданням цього етапу є вибір набору даних, який забезпечує необхідну точність та відповідає масштабу дослідження.

Після отримання вихідних матеріалів виконується їх імпорт до середовища QGIS. Для роботи з цифровими моделями рельєфу використовуються растрові формати даних, зокрема GeoTIFF, які містять інформацію про висоту кожного пікселя досліджуваної території. Завдяки підтримці широкого спектра геопросторових форматів QGIS дозволяє безпосередньо працювати з більшістю відкритих висотних моделей без необхідності попереднього конвертування.

Наступним етапом є перевірка якості вихідних даних. На цьому етапі здійснюється аналіз повноти покриття території, перевірка коректності геоприв'язки, виявлення можливих помилок та аномалій висотних значень. Особлива увага приділяється наявності прогалів у даних, різких перепадів висот та інших артефактів, які можуть негативно вплинути на результати подальшого моделювання.

Після перевірки даних виконується попередня обробка цифрової моделі рельєфу. До основних операцій цього етапу належать:

- перепроєктування даних у необхідну систему координат;
- обрізка моделі за межами досліджуваної території;
- фільтрація шумів та аномальних значень;
- усунення прогалів у висотних даних;
- узгодження просторової роздільності растрових шарів.

Виконання зазначених процедур забезпечує створення єдиної просторової основи для подальшого аналізу території.

Одним із найбільш важливих етапів є безпосереднє формування цифрової моделі рельєфу. У середовищі QGIS цей процес реалізується за допомогою набору інструментів модуля Raster та інструментів GDAL. За необхідності можуть виконуватися операції об'єднання декількох растрових фрагментів, інтерполяції відсутніх значень та згладжування поверхні. Результатом є єдина

цифрова модель рельєфу, яка відображає просторовий розподіл висот на території Миргородського району.

Після створення цифрової моделі рельєфу здійснюється її морфометричний аналіз. Морфометричні характеристики є основою для вивчення просторової структури рельєфу та визначення особливостей території. У середовищі QGIS можуть бути автоматично розраховані такі показники:

- абсолютні висоти;
- відносні перевищення;
- ухили поверхні;
- експозиції схилів;
- кривизна поверхні;
- напрямки поверхневого стоку;
- водозбірні басейни.

Отримані результати дозволяють оцінити особливості рельєфу досліджуваної території та виконати подальший геопросторовий аналіз.

Для візуалізації цифрової моделі рельєфу використовуються спеціалізовані засоби картографічного оформлення. Одним із найбільш поширених методів є побудова гіпсометричних карт, де різні висоти відображаються відповідними кольорами. Додатково можуть створюватися карти ухилів, експозицій схилів та тіньового рельєфу (Hillshade), які суттєво підвищують наочність відображення просторових особливостей місцевості.

Особливу роль при роботі з цифровими моделями рельєфу відіграє модуль 3D-візуалізації QGIS. Він дозволяє створювати тривимірні моделі території та виконувати просторовий аналіз рельєфу в об'ємному представленні. Використання тривимірної візуалізації сприяє більш повному розумінню особливостей території та дозволяє ефективно представляти результати досліджень.

Наступним етапом є інтеграція цифрової моделі рельєфу з іншими просторовими даними. Для цього використовуються векторні шари адміністративних меж, дорожньої мережі, населених пунктів, земельних угідь

та інших об'єктів. Поєднання висотної інформації з тематичними геопросторовими даними дозволяє проводити комплексний аналіз території та вирішувати прикладні завдання у сфері землеустрою, містобудування та природокористування.

На завершальному етапі виконується підготовка картографічних матеріалів та експорт результатів дослідження. У QGIS для цього використовується модуль Layout Manager, який дозволяє створювати картографічні документи з необхідними елементами оформлення: легендою, масштабною лінійкою, координатною сіткою, підписами та іншими елементами картографічного дизайну.

Важливою перевагою QGIS є можливість автоматизації процесів обробки даних за допомогою інструментів Processing Modeler та програмування мовою Python. Це дозволяє створювати автоматизовані алгоритми побудови цифрових моделей рельєфу та значно скорочувати час виконання повторюваних операцій.

Загальна технологічна схема створення цифрової моделі рельєфу у середовищі QGIS наведена на рисунку 1.3.

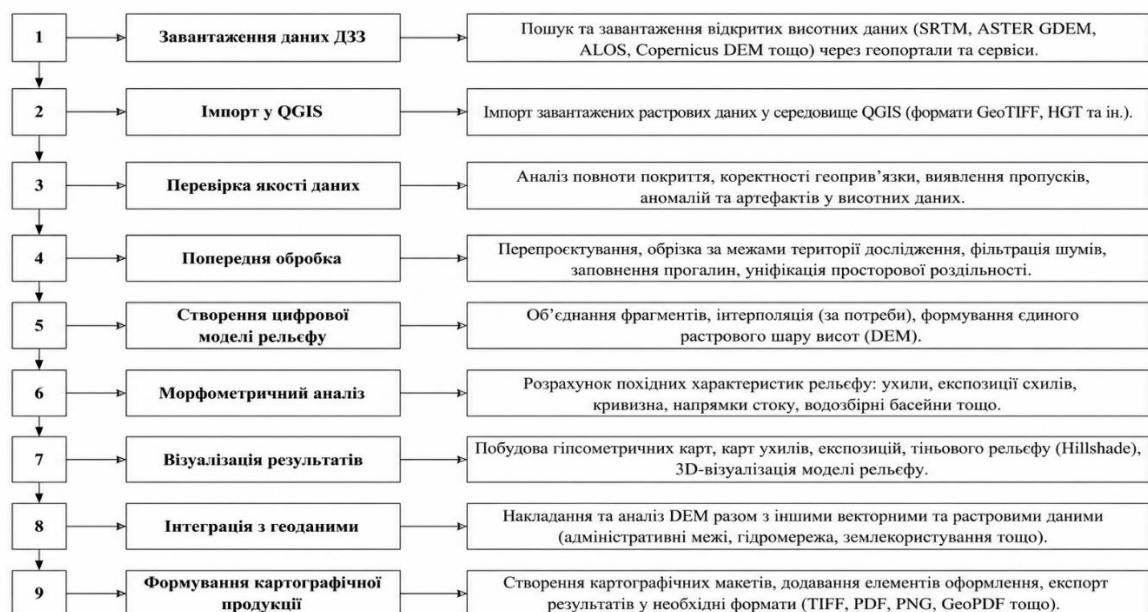


Рисунок 1.3 – Технологічна схема обробки даних дистанційного зондування Землі для створення цифрової моделі рельєфу в середовищі QGIS

Таким чином, методологія обробки даних дистанційного зондування Землі у середовищі QGIS являє собою комплексний багатоступеневий процес, який забезпечує створення достовірної цифрової моделі рельєфу та формування необхідної інформаційної бази для подальшого геопросторового аналізу території Миргородського району. Використання інструментів QGIS дозволяє ефективно реалізувати всі етапи побудови цифрової моделі рельєфу без застосування дорогого спеціалізованого програмного забезпечення та забезпечує високу якість отриманих результатів.

1.4 Переваги та обмеження цифрових моделей рельєфу при геопросторовому аналізі

Цифрові моделі рельєфу є одним із найважливіших елементів сучасних геоінформаційних систем та становлять основу для виконання широкого спектра просторових досліджень. Розвиток технологій дистанційного зондування Землі та засобів геоінформаційного аналізу значно розширив можливості використання цифрових моделей рельєфу у сферах землеустрою, містобудування, екологічного моніторингу, управління природними ресурсами та територіального планування. Сьогодні DEM-моделі виступають не лише інструментом відображення висотних характеристик місцевості, а й потужною аналітичною основою для моделювання природних і антропогенних процесів.

Однією з головних переваг цифрових моделей рельєфу є можливість детального дослідження просторової структури території. На відміну від традиційних топографічних карт, цифрові моделі дозволяють автоматизовано виконувати аналіз висотних характеристик місцевості та отримувати кількісні показники рельєфу. Це забезпечує можливість більш об'єктивного дослідження територій та підвищує ефективність прийняття управлінських рішень.

Важливою перевагою DEM є можливість автоматичного розрахунку похідних морфометричних характеристик. На основі цифрової моделі рельєфу можуть бути визначені ухили поверхні, експозиції схилів, кривизна рельєфу,

напрямки поверхневого стоку, водозбірні басейни та інші параметри, які складно або неможливо оперативно отримати традиційними методами. Саме ці характеристики є основою для аналізу природних процесів та оцінки умов використання території.

Особливої актуальності цифрові моделі рельєфу набувають у сфері землеустрою та управління земельними ресурсами. Використання DEM дозволяє виконувати оцінку придатності земель для різних видів господарської діяльності, визначати потенційно ерозійно небезпечні ділянки, аналізувати умови поверхневого стоку та здійснювати просторове планування території. Для аграрних регіонів, до яких належить Миргородський район Полтавської області, така інформація має важливе практичне значення при організації раціонального використання земельних ресурсів.

Не менш важливою перевагою є можливість застосування цифрових моделей рельєфу для екологічного моніторингу. Висотна інформація використовується для оцінки ризиків розвитку ерозійних процесів, підтоплення території, формування ярів та інших небезпечних природних явищ. На основі цифрових моделей можуть створюватися прогностичні сценарії розвитку природних процесів та здійснюватися оцінки потенційних екологічних ризиків.

У сфері містобудування цифрові моделі рельєфу забезпечують інформаційну основу для вибору територій під забудову, оцінювання інженерно-геологічних умов, планування транспортної інфраструктури та моделювання зон видимості. Врахування особливостей рельєфу під час розроблення містобудівної документації дозволяє підвищити ефективність проектних рішень та мінімізувати ризики, пов'язані з освоєнням території.

Окремої уваги заслуговує можливість тривимірної візуалізації місцевості на основі цифрових моделей рельєфу. Використання сучасних інструментів QGIS дозволяє створювати тривимірні сцени, що значно підвищує наочність представлення результатів аналізу. Тривимірні моделі широко використовуються під час презентації проектних рішень, оцінки впливу

забудови на навколишнє середовище та підготовки інформаційно-аналітичних матеріалів.

Ще однією суттєвою перевагою DEM є можливість інтеграції з іншими видами геопросторових даних. Цифрові моделі рельєфу можуть використовуватися спільно з даними дистанційного зондування Землі, кадастровою інформацією, містобудівними даними, матеріалами інженерних вишукувань та іншими наборами просторової інформації. Такий підхід забезпечує комплексний аналіз території та створює передумови для формування сучасних геоінформаційних систем підтримки прийняття рішень.

Разом із значними перевагами використання цифрових моделей рельєфу існують і певні обмеження, які необхідно враховувати під час виконання геопросторового аналізу.

Одним із головних обмежень є залежність результатів аналізу від просторової роздільності вихідних даних. Цифрові моделі рельєфу з роздільністю 30 м забезпечують якісний аналіз на регіональному рівні, проте можуть бути недостатньо точними для виконання детальних інженерно-геодезичних робіт або проектування локальних об'єктів. У таких випадках необхідно використовувати більш детальні джерела даних, зокрема результати лазерного сканування або великомасштабних топографічних знімів.

Іншим важливим обмеженням є наявність похибок висотного визначення. Джерелом таких похибок можуть бути особливості технології отримання супутникових даних, похибки інтерполяції, помилки геоприв'язки та артефакти цифрової обробки. Незважаючи на постійне удосконалення технологій дистанційного зондування, абсолютна точність глобальних моделей рельєфу залишається обмеженою.

Суттєвий вплив на якість цифрових моделей можуть мати особливості земного покриття. У лісових масивах, районах щільної забудови або на територіях зі складним рельєфом супутникові системи нерідко фіксують не безпосередньо поверхню землі, а верхню межу рослинності або будівель. Це

може призводити до виникнення систематичних відхилень у висотних даних та впливати на результати морфометричного аналізу.

Окремою проблемою є необхідність виконання попередньої обробки даних. Для забезпечення достовірності результатів часто виникає потреба у фільтрації шумів, усуненні прогалів, перепроєктуванні даних та проведенні додаткових процедур контролю якості. Такі операції потребують відповідної кваліфікації виконавця та збільшують трудомісткість робіт.

Важливим аспектом є також часовий фактор. Більшість відкритих глобальних цифрових моделей рельєфу створювалися на основі даних, отриманих у різні роки. У результаті окремі елементи сучасного рельєфу можуть бути відсутніми або не повністю відповідати поточному стану території. Особливо це стосується територій активного будівництва або регіонів зі значними антропогенними змінами ландшафту.

Незважаючи на зазначені обмеження, цифрові моделі рельєфу залишаються одним із найбільш ефективних інструментів геопросторового аналізу та широко застосовуються в сучасних геоінформаційних дослідженнях. Їх використання дозволяє отримувати комплексну інформацію про територію та забезпечувати науково обґрунтовану підтримку прийняття рішень у різних галузях діяльності.

Узагальнені переваги та обмеження використання цифрових моделей рельєфу при геопросторовому аналізі наведено на рисунку 1.4.

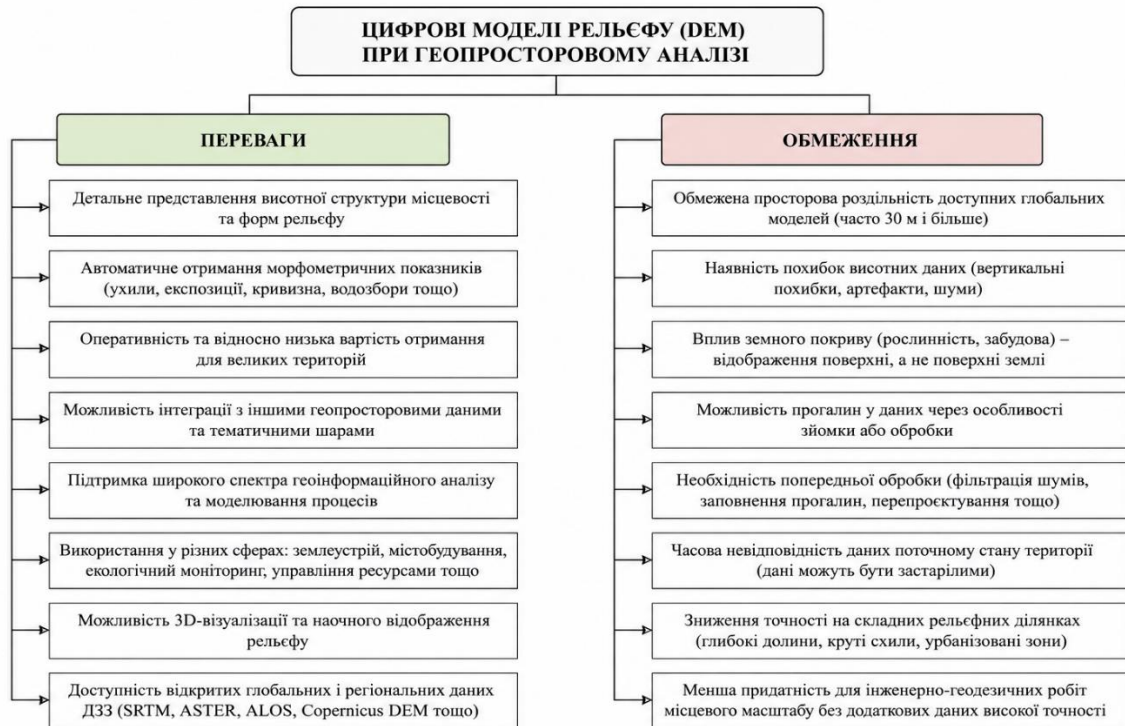


Рисунок 1.4 – Переваги та обмеження використання цифрових моделей рельєфу при геопросторовому аналізі

Таким чином, цифрові моделі рельєфу є важливим елементом сучасної геоінформаційної інфраструктури та забезпечують широкі можливості для аналізу природних і антропогенних процесів. Водночас ефективність їх використання безпосередньо залежить від якості вихідних даних, правильності обробки та врахування існуючих обмежень. Для території Миргородського району застосування цифрових моделей рельєфу створює надійну основу для виконання комплексного геопросторового аналізу та подальшого використання результатів у сфері землеустрою, містобудування й управління земельними ресурсами.

2 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ КАРТИ NDVI ТЕРИТОРІЇ МИРГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ

2.1 Фізико-географічна характеристика Миргородського району Полтавської області

Миргородський район Полтавської області є одним із найбільших адміністративних районів центральної частини України, що характеризується значним природно-ресурсним потенціалом та сприятливими умовами для сільськогосподарського освоєння території. Особливості рельєфу, геологічної будови, гідрографічної мережі та структури землекористування визначають актуальність дослідження території району з використанням сучасних геоінформаційних технологій і даних дистанційного зондування Землі. Для побудови цифрової моделі рельєфу важливим є врахування фізико-географічних особливостей території, оскільки саме вони формують просторову структуру висотних характеристик місцевості та визначають особливості подальшого геопросторового аналізу.

Миргородський район розташований у центральній частині Полтавської області та займає площу понад 6200 км². Сучасні межі району сформовані внаслідок адміністративно-територіальної реформи 2020 року, у результаті якої до його складу було включено території кількох колишніх районів області. Район межує з Лубенським, Полтавським та Кременчуцьким районами Полтавської області, а також із Сумською та Черкаською областями. Географічне положення району забезпечує сприятливі умови для розвитку сільського господарства та формування розвиненої транспортної мережі (рис. 2.1).

Територія району знаходиться в межах Лівобережної Придніпровської низовини та характеризується переважно рівнинним рельєфом із поступовим чергуванням вододільних просторів і річкових долин. Незважаючи на загалом

рівнинний характер території, окремі ділянки мають добре виражені ерозійні форми рельєфу, представлені балками, ярами та схилами різної крутизни.

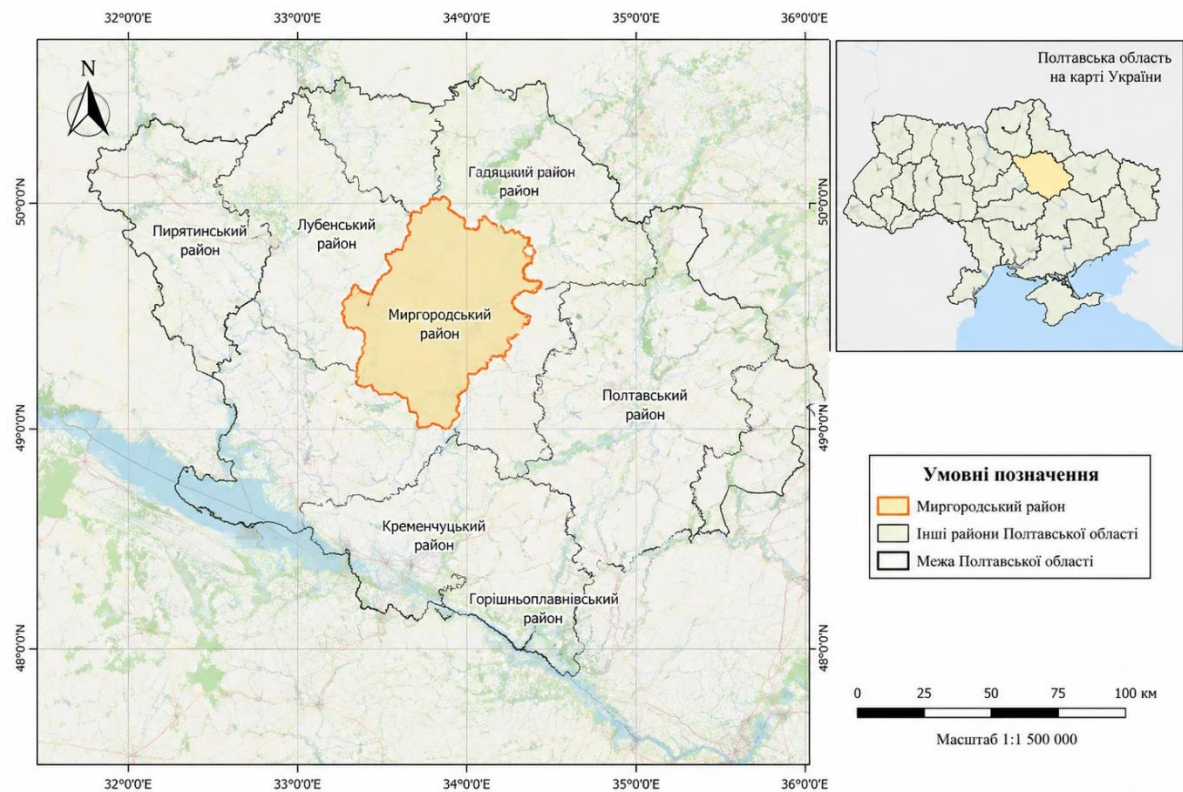


Рисунок 2.1 – Розташування Миргородського району в межах Полтавської області

Абсолютні висоти місцевості коливаються переважно в межах від 80 до 190 метрів над рівнем моря. Найнижчі відмітки приурочені до долин річок Псел і Хорол, тоді як підвищені ділянки розташовані на вододільних територіях центральної та північної частин району. Таке різноманіття висотних характеристик створює передумови для використання цифрових моделей рельєфу з метою детального аналізу просторової структури території.

Клімат Миргородського району є помірно континентальним із теплим літом та помірно м'якою зимою. Середньорічна температура повітря становить близько +8,0...+9,0 °С. Найтеплішим місяцем є липень із середньою температурою +20...+22 °С, а найхолоднішим — січень із середніми температурами -5...-7 °С. Річна кількість атмосферних опадів коливається від

500 до 600 мм. Кліматичні умови сприяють інтенсивному розвитку аграрного виробництва та значною мірою впливають на процеси формування рельєфу, поверхневого стоку та ерозійної діяльності.

Геоморфологічна будова району сформувалася під впливом тривалих тектонічних і денудаційних процесів. Сучасний рельєф характеризується хвилястими вододілами, широкими долинами річок та добре розвиненою балково-яружною мережею. Найбільш поширеними формами рельєфу є:

- вододільні рівнини;
- схили різної експозиції;
- річкові долини;
- балки та яри;
- заплавні території.

Саме ці форми рельєфу є основними об'єктами аналізу під час створення цифрової моделі місцевості.

Гідрографічна мережа Миргородського району представлена басейном річки Дніпро та його притоками (рис. 2.2). Найбільшими водотоками є річки Псел, Хорол, Удай та їхні численні притоки. Річкові долини формують характерні пониження рельєфу та значною мірою впливають на морфологію території.

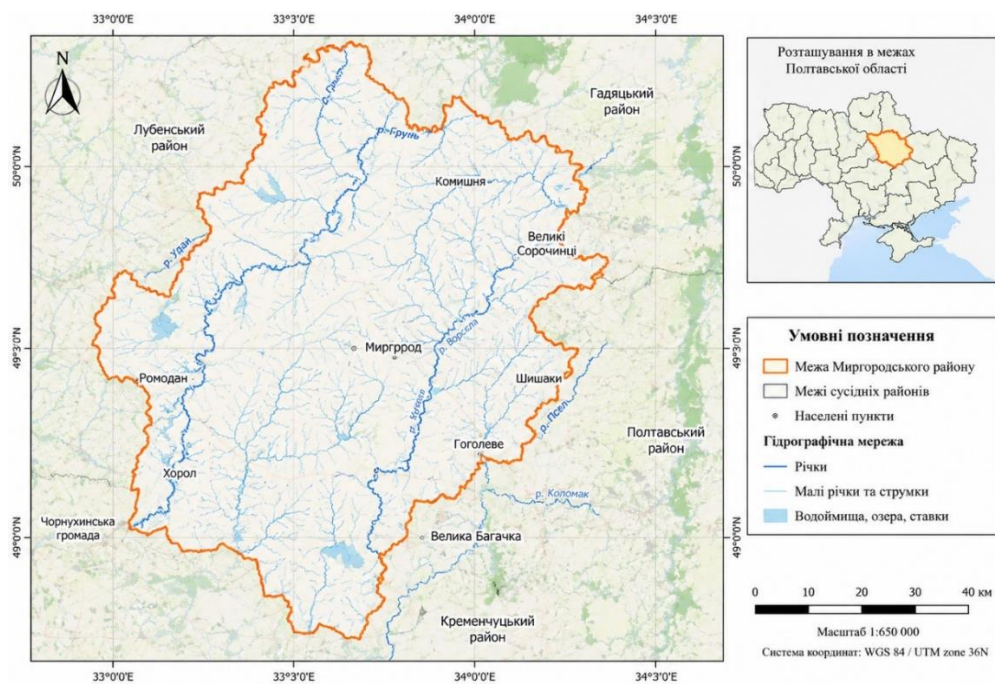


Рисунок 2.2 – Гідрографічна мережа Миргородського району

Наявність розгалуженої річкової системи обумовлює формування різноманітних процесів поверхневого стоку, що робить актуальним використання цифрових моделей рельєфу для аналізу водозбірних басейнів та оцінювання гідрологічних характеристик території.

Ґрунтовий покрив району представлений переважно чорноземами типовими та чорноземами опідзоленими, які характеризуються високою природною родючістю. Також поширені лучні та лучно-чорноземні ґрунти, приурочені до долин річок і заплавної території. Ґрунтові умови тісно пов'язані з особливостями рельєфу та процесами поверхневого стоку, що додатково підвищує значення цифрових моделей рельєфу під час дослідження території.

Сучасна структура землекористування району характеризується домінуванням сільськогосподарських угідь. Понад 70 % площі займають орні землі, значні площі припадають на пасовища, сіножаті та багаторічні насадження. Лісові масиви займають відносно невелику частку території та зосереджені переважно вздовж річкових долин і балкових систем.

Важливою особливістю Миргородського району є наявність значної кількості ерозійно небезпечних земель. Інтенсивне використання сільськогосподарських угідь у поєднанні з природними особливостями рельєфу сприяє розвитку водної ерозії, що обумовлює необхідність використання сучасних методів геопросторового аналізу для оцінювання стану території та розроблення природоохоронних заходів.

Для створення цифрової моделі рельєфу Миргородський район є надзвичайно показовим об'єктом дослідження. Поєднання рівнинних вододільних територій, розгалуженої гідрографічної мережі та ерозійних форм рельєфу дозволяє продемонструвати широкі можливості використання даних дистанційного зондування Землі для моделювання висотної структури місцевості.

Загальні природно-географічні чинники, що визначають особливості рельєфу Миргородського району, наведено на рисунку 2.3.

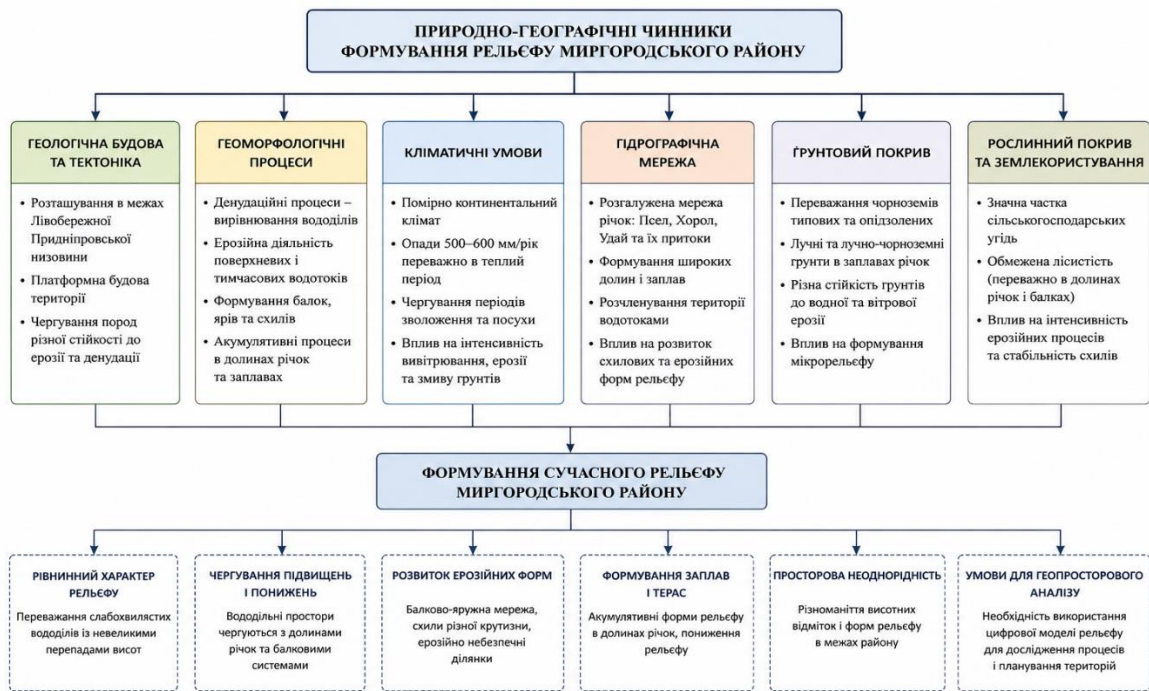


Рисунок 2.3 – Основні природно-географічні чинники формування рельєфу
Миргородського району

Таким чином, Миргородський район характеризується різноманітними природними умовами та складною просторовою структурою рельєфу, що створює сприятливі передумови для застосування сучасних методів дистанційного зондування Землі та геоінформаційного моделювання. Побудова цифрової моделі рельєфу дозволить детально дослідити висотну структуру території, оцінити її морфометричні характеристики та сформувати інформаційну основу для подальшого геопросторового аналізу.

2.2 Формування вихідної бази даних ДЗЗ для створення ЦМР

Ефективність створення цифрової моделі рельєфу значною мірою залежить від якості, повноти та просторової узгодженості вихідних геопросторових даних. У межах даної дипломної роботи формування цифрової моделі рельєфу території Миргородського району здійснювалося на основі

даних дистанційного зондування Землі, відкритих висотних моделей та допоміжних векторних шарів. Такий підхід дозволив створити єдину інформаційну основу для подальшого морфометричного аналізу території, побудови похідних карт та оцінювання особливостей рельєфу.

На першому етапі було визначено склад вихідних даних, необхідних для побудови цифрової моделі рельєфу (рис. 2.4). До них належать растрові висотні дані, адміністративні межі Миргородського району, гідрографічна мережа, населені пункти, транспортна мережа та допоміжні картографічні шари. Поєднання цих даних у середовищі QGIS забезпечує можливість не лише побудувати цифрову модель рельєфу, а й провести її подальшу просторову інтерпретацію.

Для формування базової висотної моделі були використані відкриті цифрові дані рельєфу, зокрема SRTM, ASTER GDEM або Copernicus DEM. Ці набори даних є придатними для регіонального аналізу, оскільки мають достатню просторову роздільність і забезпечують повне покриття території дослідження. Для території Миргородського району доцільним є використання моделі з просторовою роздільністю 30 м, що дозволяє виконувати аналіз висотної структури, ухилів, експозицій схилів та водозбірних особливостей місцевості.

Важливим критерієм вибору вихідної моделі рельєфу була її придатність для аналізу рівнинних і слабохвилястих територій. Миргородський район характеризується переважно рівнинним рельєфом із поступовими перепадами висот, тому надмірно узагальнені моделі можуть недостатньо точно відображати локальні форми рельєфу. У зв'язку з цим під час підбору даних особлива увага приділялася просторовій роздільності, наявності прогалін, коректності геоприв'язки та можливості подальшої обробки у середовищі QGIS.

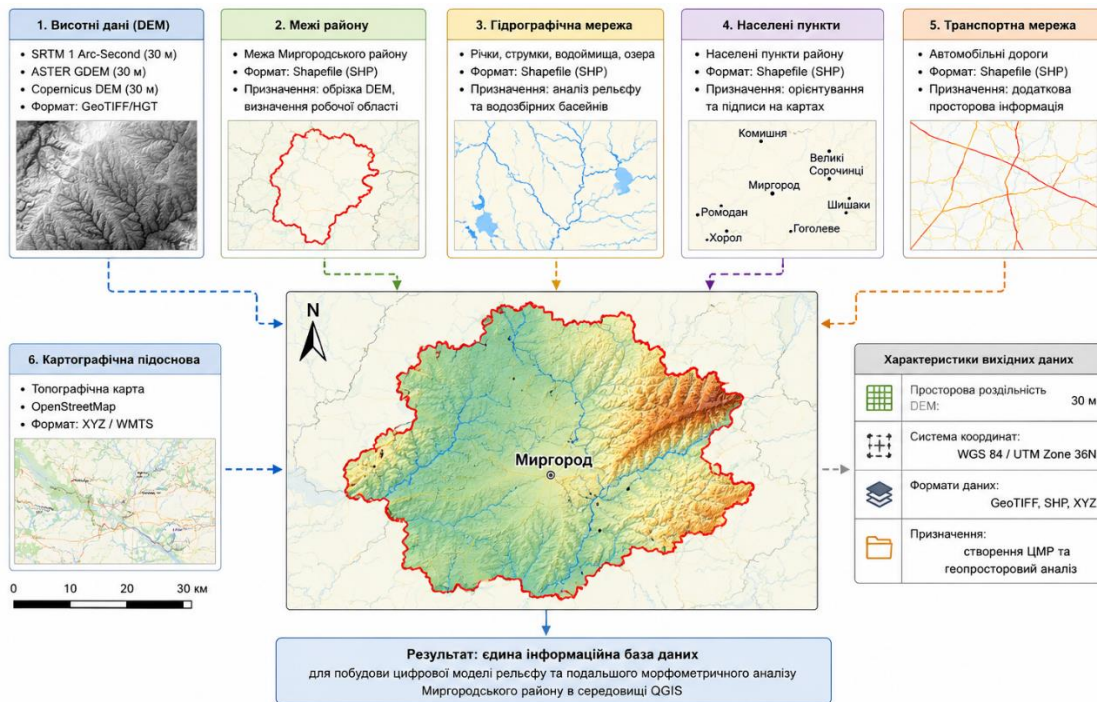


Рисунок 2.4 – Вихідні дані для створення цифрової моделі рельєфу Миргородського району в середовищі QGIS

Завантаження вихідних висотних даних здійснювалося у форматі GeoTIFF або HGT, які є стандартними форматами для зберігання растрових моделей рельєфу. Їхньою перевагою є наявність просторової прив'язки, що дозволяє безпосередньо використовувати дані у геоінформаційних системах без додаткового ручного налаштування координат. Після завантаження дані були імпортовані до проєкту QGIS та перевірені на відповідність території дослідження (рис. 2.5).

Окрему роль у формуванні інформаційної бази відіграли векторні дані меж Миргородського району. Межа району використовувалася для обрізки цифрової моделі рельєфу та формування робочої області дослідження. Це дозволило вилючити зайві ділянки за межами об'єкта дослідження та зосередити подальший аналіз саме на території Миргородського району.

Крім адміністративних меж, до проєкту було додано шар населених пунктів. Він необхідний для просторової орієнтації, підписування основних населених пунктів на картах та подальшого аналізу зв'язку рельєфу з

розселенням. Особливу увагу було приділено м. Миргород, смт Ромодан, Великим Сорочинцям, Комишні, Гоголевому та іншим населеним пунктам, які є важливими просторовими орієнтирами в межах району.

Важливим компонентом вихідної бази стала гідрографічна мережа. Для дослідження рельєфу гідромережа має особливе значення, оскільки річкові долини є природними пониженнями місцевості та значною мірою визначають просторову структуру висот. До складу гідрографічного шару були включені основні річки, малі водотоки, ставки, озера та інші водні об'єкти. Наявність цих даних дозволяє аналізувати взаємозв'язок між рельєфом і напрямками поверхневого стоку.

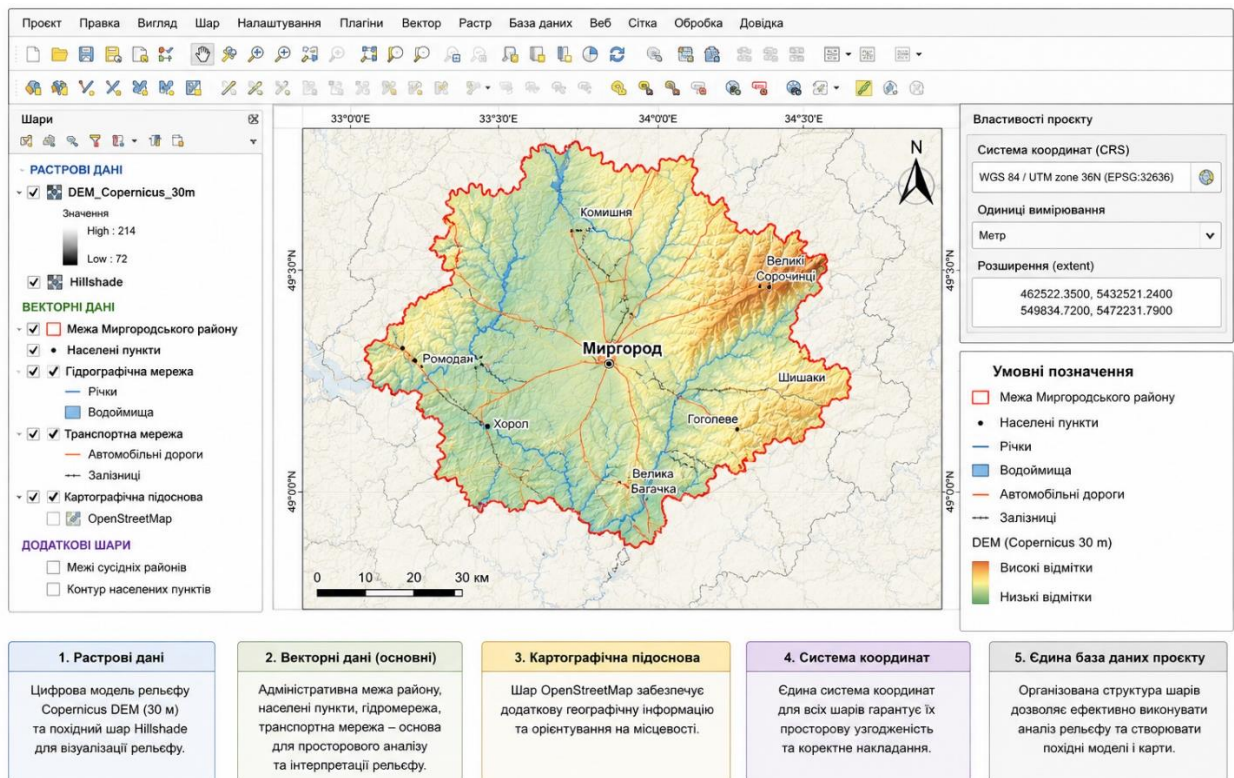


Рисунок 2.5 – Організація вихідних растрових і векторних даних у проєкті QGIS

Після завантаження всіх необхідних шарів була проведена перевірка їхньої просторової узгодженості. Особлива увага приділялася системі координат, масштабу відображення, коректності накладання шарів та

відповідності межі району фактичному розташуванню об'єкта дослідження. Для забезпечення єдності просторової основи всі дані було приведено до єдиної системи координат.

Наступним етапом стала підготовка растрової моделі до подальшої обробки. Для цього було виконано обрізку DEM за контуром Миргородського району. Обрізка дозволяє зменшити обсяг оброблюваних даних, підвищити швидкість розрахунків та отримати модель, що повністю відповідає межах досліджуваної території.

Після обрізки моделі було здійснено попередню перевірку висотних значень. На цьому етапі аналізувалися мінімальні та максимальні висоти, наявність аномальних значень, різких перепадів і можливих помилок у растровому шарі. Така перевірка є необхідною умовою для забезпечення достовірності подальших розрахунків ухилів, експозицій схилів та інших морфометричних характеристик.

Для покращення якості вихідної моделі за потреби можуть застосовуватися процедури фільтрації, заповнення прогалів та згладжування поверхні. У межах регіонального аналізу такі операції дозволяють зменшити вплив випадкових шумів та артефактів цифрової моделі, не порушуючи загальної структури рельєфу.

Остаточна сформована інформаційна база включала цифрову модель рельєфу, межу Миргородського району, гідрографічну мережу, населені пункти, транспортні шляхи та картографічну підоснову. Така структура проекту забезпечує можливість виконання комплексного аналізу рельєфу та створення серії тематичних карт.

Узагальнена схема формування вихідної бази даних для створення цифрової моделі рельєфу наведена на рисунку 2.6.

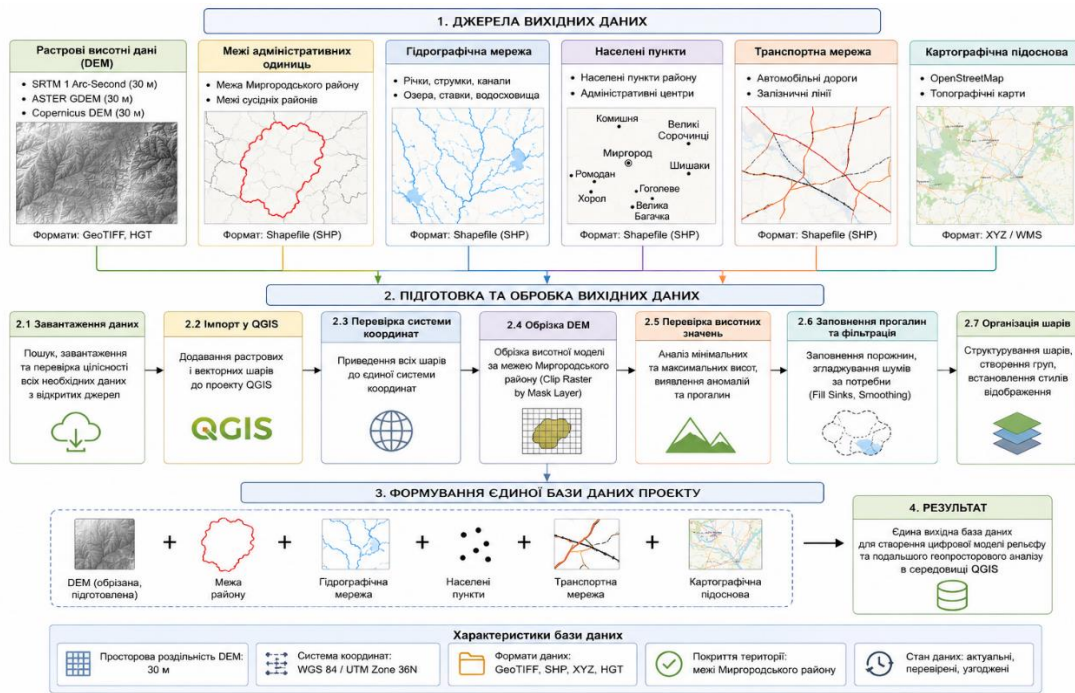


Рисунок 2.6 – Схема формування вихідної бази даних для створення цифрової моделі рельєфу Миргородського району

Таким чином, формування вихідної бази даних є важливим етапом створення цифрової моделі рельєфу. Саме на цьому етапі забезпечується якість, повнота та просторове узгодження всіх необхідних матеріалів. Використання відкритих даних дистанційного зондування Землі у поєднанні з векторними шарами меж, гідрографії та населених пунктів дозволило створити надійну основу для подальшого моделювання рельєфу Миргородського району в середовищі QGIS.

2.3 Технологія побудови цифрової моделі рельєфу в середовищі QGIS

Створення цифрової моделі рельєфу є одним із ключових етапів геоінформаційного аналізу території, оскільки саме рельєф визначає особливості розвитку природних процесів, структуру землекористування, характер поверхневого стоку та умови господарського освоєння території. У межах даної дипломної роботи побудова цифрової моделі рельєфу Миргородського району виконувалася із використанням відкритих даних

дистанційного зондування Землі та інструментів геоінформаційної системи QGIS. Реалізована технологія охоплювала повний цикл обробки висотних даних – від завантаження растрової моделі до створення тематичних карт морфометричних характеристик території (рис. 2.7).

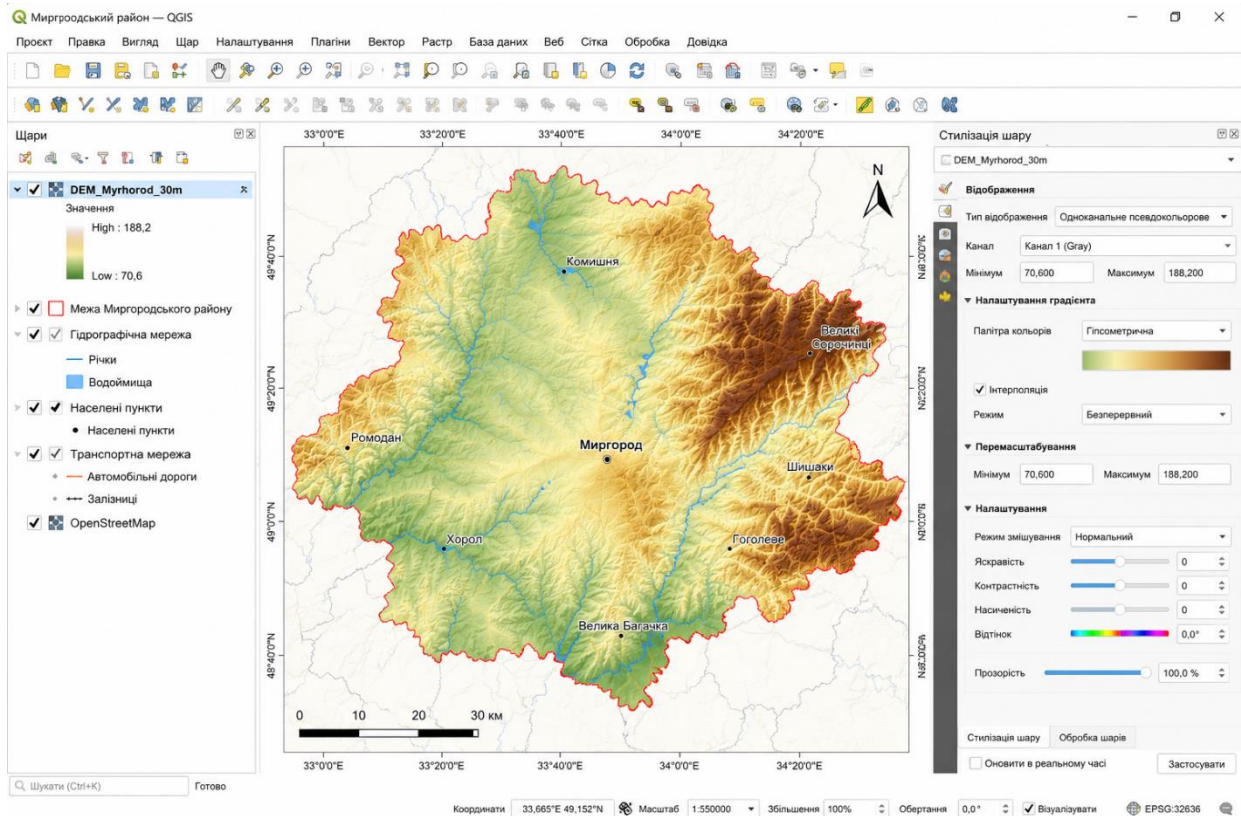


Рисунок 2.7 – Завантаження та відображення цифрової моделі рельєфу Миргородського району у середовищі QGIS

Після завершення формування вихідної бази даних було створено робочий проєкт у середовищі QGIS. До складу проєкту були додані растрові висотні дані, адміністративні межі Миргородського району, гідрографічна мережа та інші допоміжні векторні шари. Особливу увагу було приділено коректності систем координат усіх шарів, що забезпечило точність подальшого аналізу та просторової прив'язки результатів.

Наступним етапом стало формування базової цифрової моделі рельєфу. Для цього виконувалася обрізка вихідної висотної моделі відповідно до меж Миргородського району. Використання інструменту Clip Raster by Mask Layer

дозволило отримати цифрову модель, яка повністю відповідає території дослідження та не містить надлишкових даних за межами району.

Після обрізки растрової моделі було проведено аналіз висотних характеристик території. Для цього використовувалися стандартні інструменти QGIS та бібліотеки GDAL. Результатом стала базова цифрова модель рельєфу, яка містить інформацію про абсолютні висоти кожного пікселя території. Візуалізація моделі виконувалася за допомогою гіпсометричного забарвлення, що забезпечує наочне відображення просторового розподілу висот (рис. 2.8).

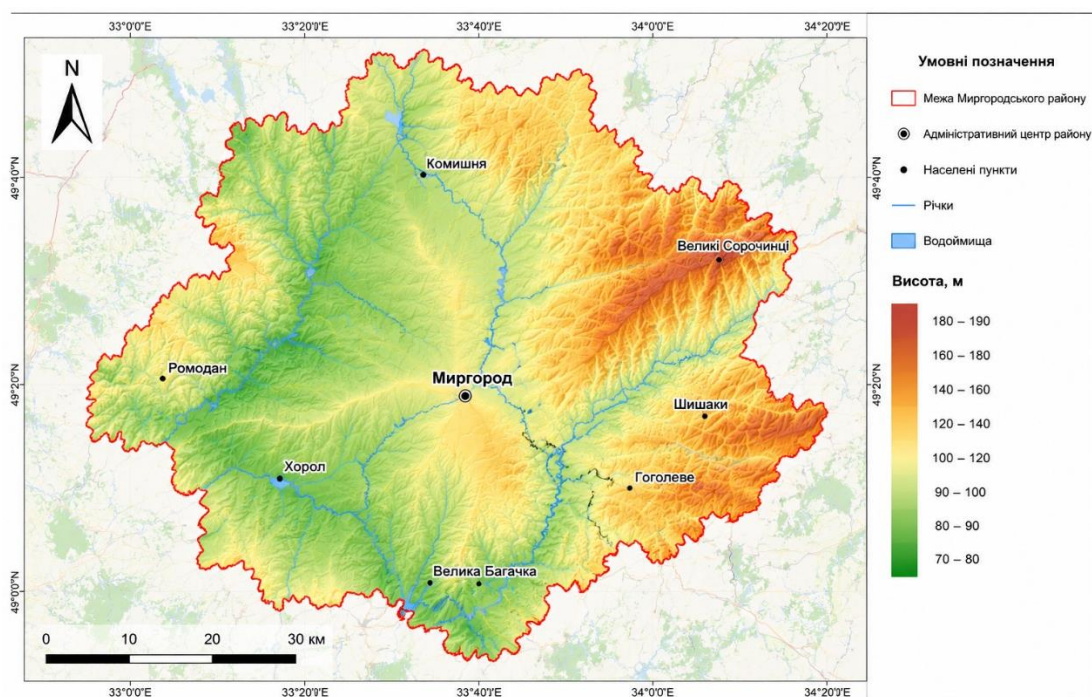


Рисунок 2.8 – Гіпсометрична модель рельєфу Миргородського району

Однією з важливих переваг цифрових моделей рельєфу є можливість автоматичного розрахунку похідних морфометричних характеристик. Для детального аналізу особливостей рельєфу території Миргородського району було виконано побудову карти ухилів поверхні. Розрахунок здійснювався за допомогою інструменту Slope, який входить до складу модулів обробки растрових даних QGIS.

Карта ухилів дозволяє визначити ступінь розчленованості території та виділити ділянки, потенційно схильні до розвитку ерозійних процесів. Для

аграрних територій така інформація є важливою під час планування заходів із раціонального використання земель та протиерозійного захисту (рис. 2.9).

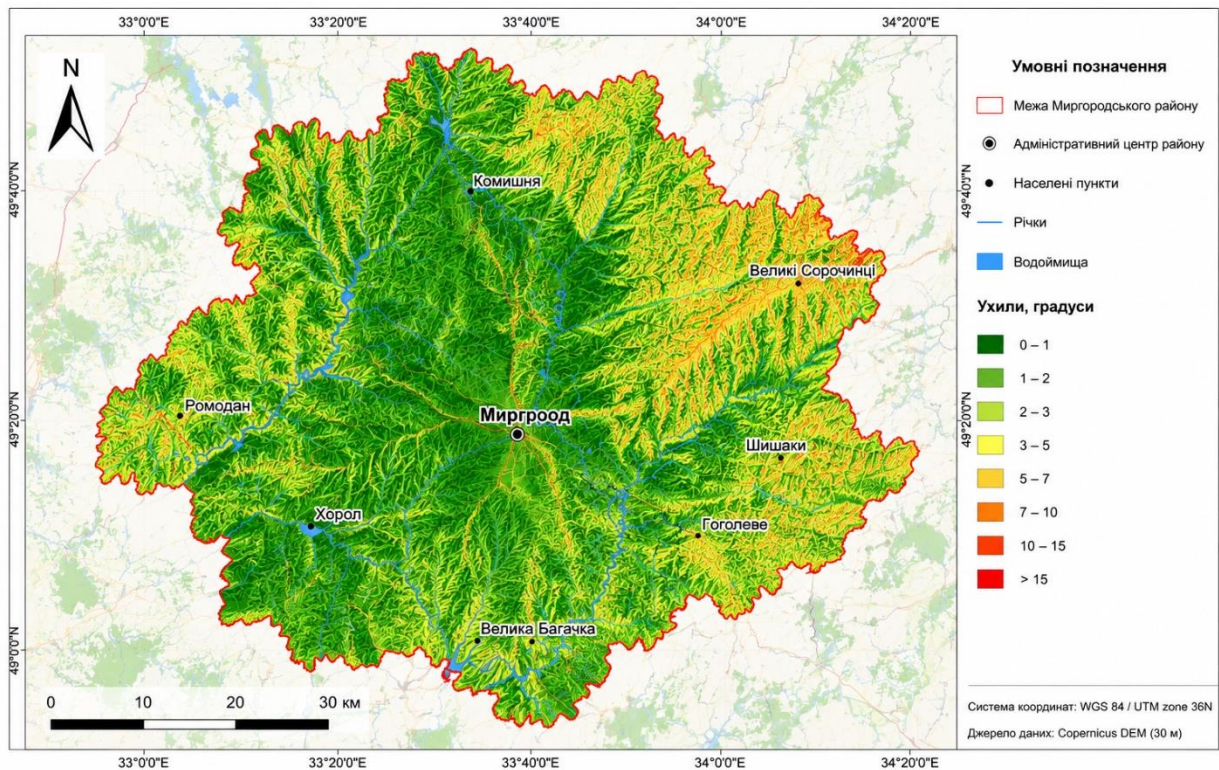


Рисунок 2.9 – Карта ухилів території Миргородського району

Наступним етапом стало створення карти експозицій схилів. Експозиція визначає орієнтацію схилу відносно сторін горизонту та безпосередньо впливає на умови зволоження, прогрівання поверхні й розвиток рослинності. Розрахунок експозицій здійснювався автоматизовано за допомогою інструменту Aspect.

Отримані результати дозволили визначити переважаючі напрями схилів та оцінити просторові закономірності розподілу рельєфу в межах району. Такі дані можуть бути використані під час аналізу природних процесів, планування землекористування та оцінювання умов ведення сільського господарства (рис. 2.10).

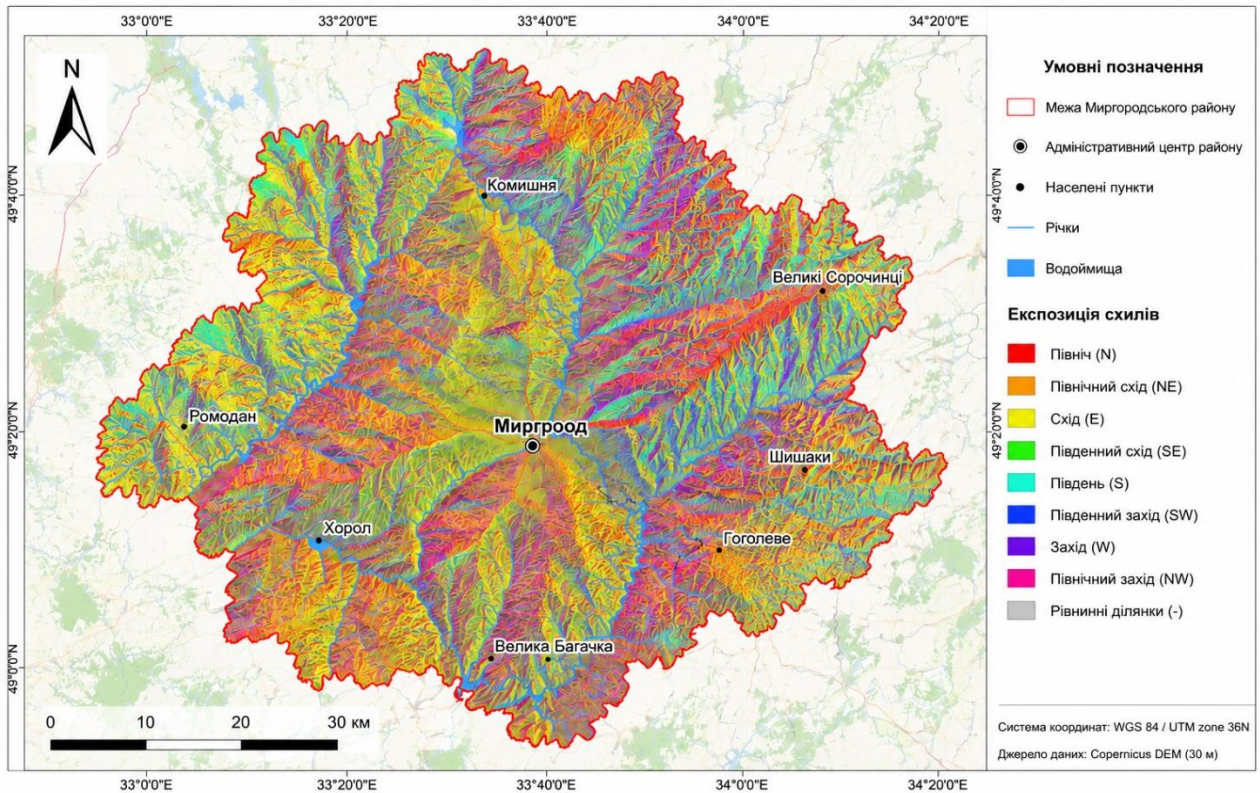


Рисунок 2.10 – Карта експозицій схилів Миргородського району

Для покращення сприйняття рельєфу було створено модель тіньового рельєфу (Hillshade). Цей метод візуалізації базується на моделюванні умов освітлення поверхні та дозволяє підкреслити особливості просторової структури місцевості. Тіньовий рельєф широко використовується під час створення картографічної продукції та підготовки матеріалів для геопросторового аналізу.

Застосування Hillshade дозволило більш детально відобразити балково-яружну мережу, долини річок та інші форми рельєфу, характерні для території Миргородського району (рис. 2.11).

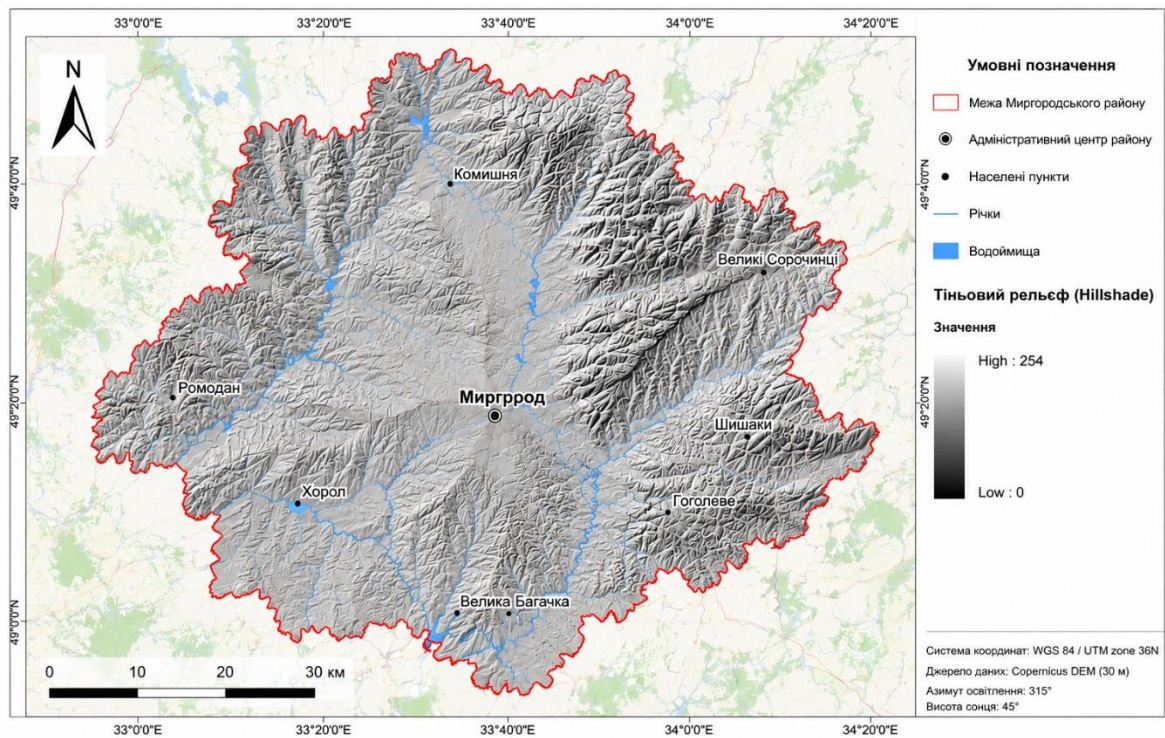


Рисунок 2.11 – Модель тіньового рельєфу (Hillshade) території
Миргородського району

Важливим етапом роботи стала інтеграція цифрової моделі рельєфу з іншими геопросторовими даними. До проєкту були додані шари гідрографічної мережі, населених пунктів, транспортної інфраструктури та адміністративних меж. Поєднання висотної інформації з тематичними шарами дозволило виконати комплексний аналіз території та оцінити взаємозв'язок рельєфу з іншими просторовими об'єктами.

Особливу увагу було приділено аналізу взаємозв'язку між рельєфом і гідрографічною мережею. Встановлено, що основні річкові долини чітко відповідають пониженням формам рельєфу, а напрямки поверхневого стоку узгоджуються із загальною структурою місцевості. Отримані результати підтвердили коректність сформованої цифрової моделі рельєфу та її придатність для подальших досліджень.

Після завершення аналітичних процедур було виконано оформлення картографічних матеріалів. Для цього використовувався модуль Layout Manager, який дозволяє створювати професійно оформлені карти із легендами,

масштабними лінійками, координатними сітками та іншими елементами картографічного дизайну. Особливу увагу було приділено забезпеченню наочності відображення результатів та їх відповідності вимогам до оформлення геопросторової документації.

Фінальна цифрова модель рельєфу та похідні тематичні карти були збережені у форматах GeoTIFF, GeoPackage та Shapefile, що забезпечує можливість їх подальшого використання в інших геоінформаційних системах та проєктах.

Узагальнена технологічна схема побудови цифрової моделі рельєфу в середовищі QGIS наведена на рисунку 2.12.

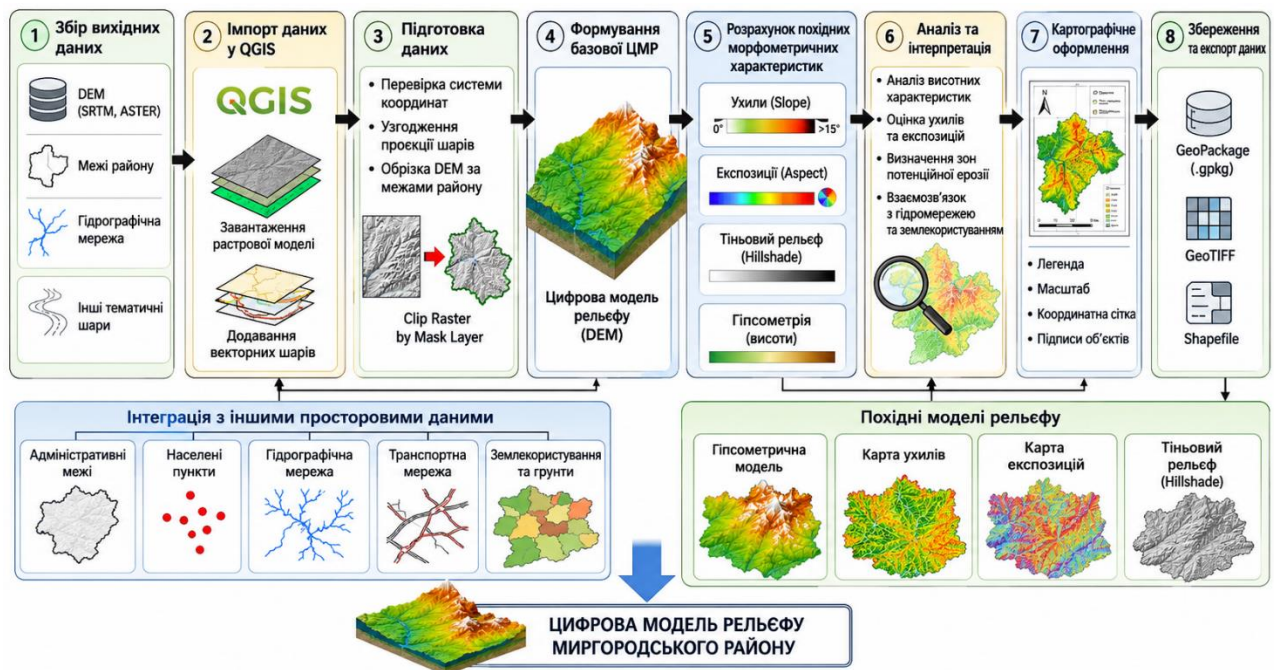


Рисунок 2.12 – Узагальнена схема побудови цифрової моделі рельєфу в середовищі QGIS

Таким чином, реалізована технологія побудови цифрової моделі рельєфу дозволила сформувати якісну геопросторову основу для дослідження території Миргородського району. Інтеграція відкритих даних дистанційного зондування Землі та інструментів QGIS забезпечила ефективне виконання всіх етапів обробки інформації – від формування вихідної моделі до створення тематичних

карт морфометричних характеристик території. Отримані результати можуть бути використані для подальшого геопросторового аналізу, оцінювання природних процесів, планування землекористування та підтримки прийняття управлінських рішень.

3 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ СТВОРЕНОЇ ЦМР

3.1 Аналіз висотної структури території Миргородського району

Аналіз висотної структури території є одним із базових напрямів дослідження цифрових моделей рельєфу, оскільки дозволяє визначити просторові закономірності розподілу абсолютних висот, виявити особливості геоморфологічної будови місцевості та сформувавши інформаційну основу для подальшого морфометричного аналізу. Використання цифрової моделі рельєфу, створеної на основі даних дистанційного зондування Землі, забезпечує можливість комплексного дослідження висотних характеристик Миргородського району та оцінювання впливу рельєфу на природні й господарські процеси.

Побудована цифрова модель рельєфу дозволила отримати детальну інформацію про просторовий розподіл абсолютних висот у межах Миргородського району. Аналіз результатів показав, що територія району характеризується переважно рівнинним та слабохвилястим рельєфом із поступовими перепадами висот. Загалом висотна структура сформована під впливом тривалих геологічних та геоморфологічних процесів, які визначили сучасний вигляд Лівобережної Придніпровської низовини.

На основі цифрової моделі рельєфу було сформовано гіпсометричну карту території Миргородського району, яка відображає закономірності просторового розподілу висотних відміток (рис. 3.1). Аналіз карти показує, що найнижчі абсолютні висоти приурочені до долин основних річок району, насамперед Псла та Хоролу. Саме ці території формують головні пониження рельєфу та характеризуються відносно рівною поверхнею.

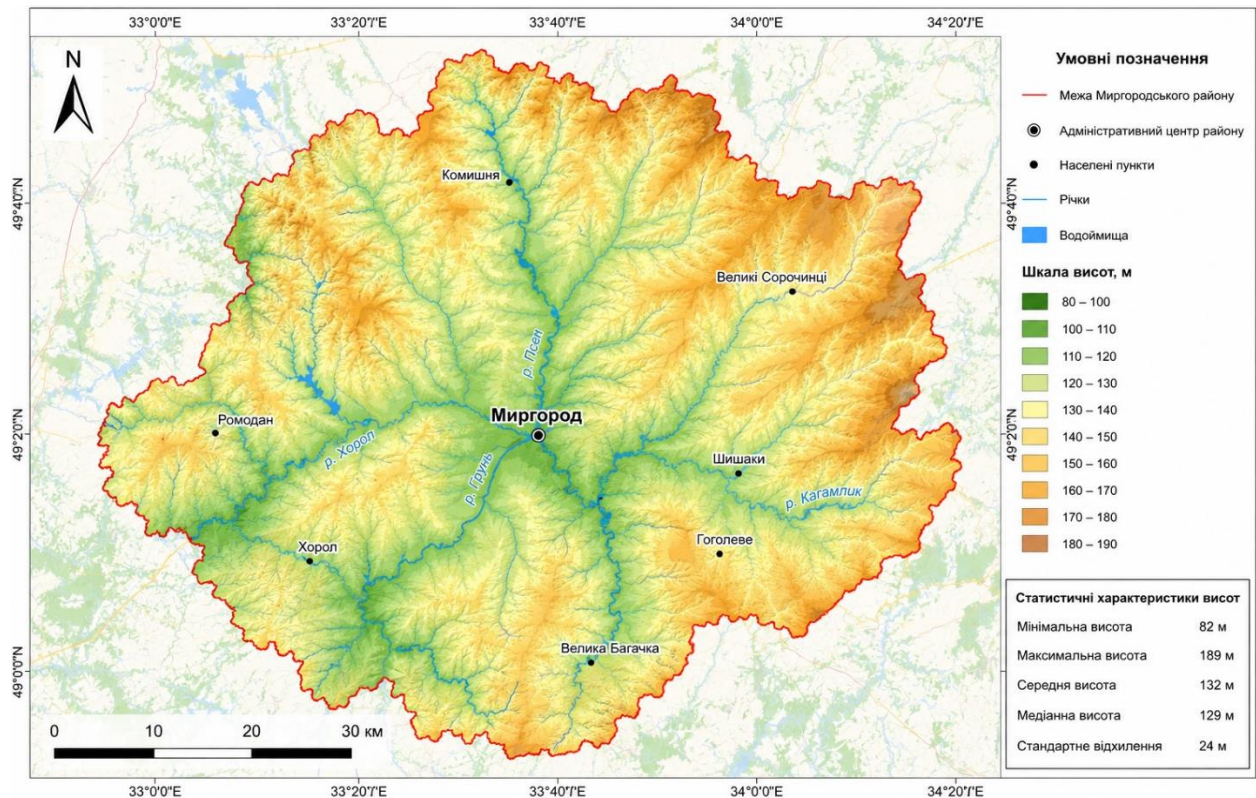


Рисунок 3.1 – Гіпсометрична карта території Миргородського району

Встановлено, що мінімальні абсолютні висоти в межах району знаходяться в інтервалі приблизно 80–90 м над рівнем моря та локалізуються переважно в заплавах частинах річкових долин. Ці території характеризуються підвищеним рівнем зволоження, наявністю лучних та заплачних ландшафтів і мають важливе значення для формування місцевої гідрографічної мережі.

Підвищені ділянки рельєфу розташовані переважно на вододільних просторах центральної, північної та східної частин Миргородського району. Тут абсолютні висоти досягають 170–190 м над рівнем моря. Незважаючи на відносно невеликі перепади висот, такі території відіграють важливу роль у формуванні напрямків поверхневого стоку та просторовій організації природних ландшафтів.

Для більш детального дослідження висотної структури було виконано класифікацію території за інтервалами абсолютних висот. Результати класифікації дозволили виділити декілька висотних зон, кожна з яких

характеризується певними особливостями природних умов та землекористування (рис. 3.2).

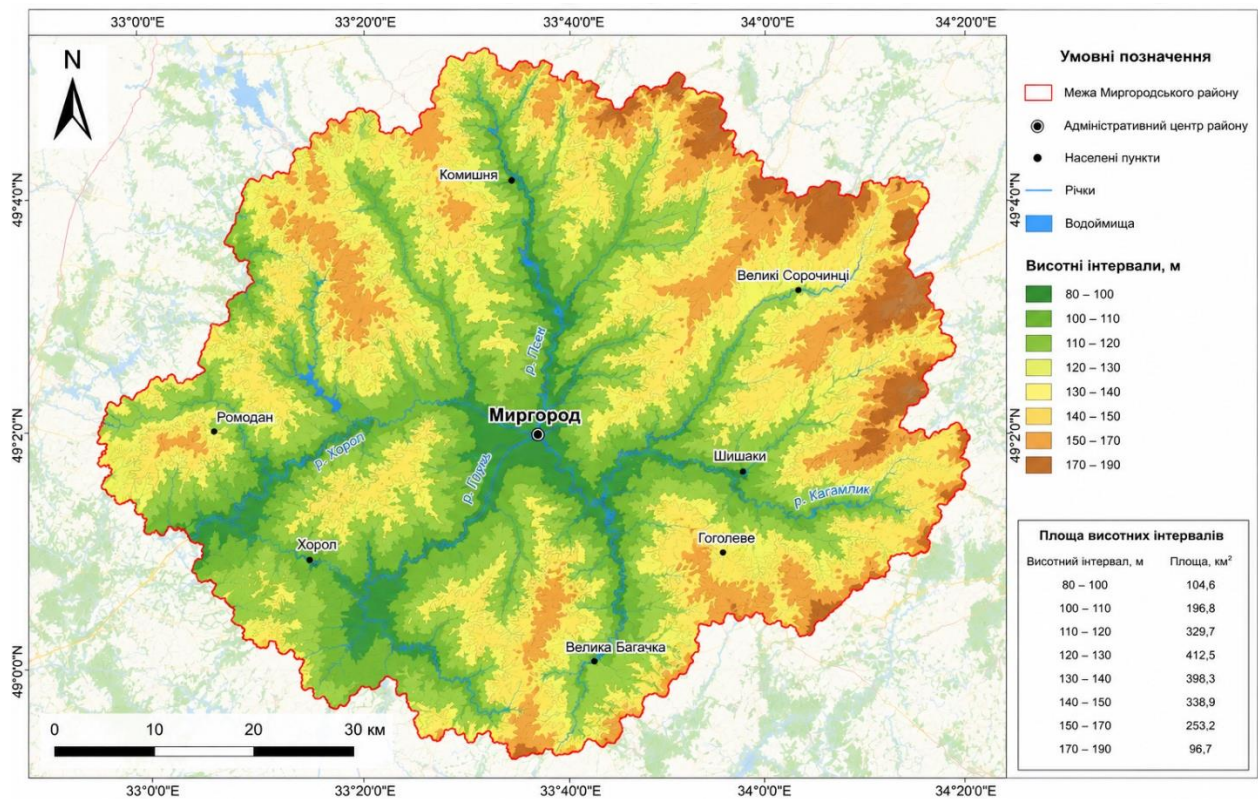


Рисунок 3.2 – Класифікація території Миргородського району за висотними інтервалами

Аналіз отриманих результатів показав, що найбільшу площу займають території з висотами від 110 до 150 м над рівнем моря. Саме ці ділянки формують основну частину сільськогосподарських угідь району та характеризуються найбільш сприятливими умовами для ведення господарської діяльності.

Важливим етапом дослідження стало визначення статистичних характеристик висотної структури території. За результатами аналізу цифрової моделі рельєфу були розраховані мінімальні, максимальні та середні значення висот, а також показники варіації рельєфу. Отримані результати свідчать про відносно невисокий ступінь вертикальної розчленованості території, що є характерною ознакою рівнинних регіонів центральної частини України.

Для наочного представлення розподілу висот було побудовано гістограму висотних значень цифрової моделі рельєфу (рис. 3.3). Отриманий розподіл має близьку до нормальної форму із незначним зміщенням у бік середніх висотних значень, що підтверджує переважання рівнинних ділянок у межах району.

Кількість пікселів цифрової моделі рельєфу за висотними інтервалами.

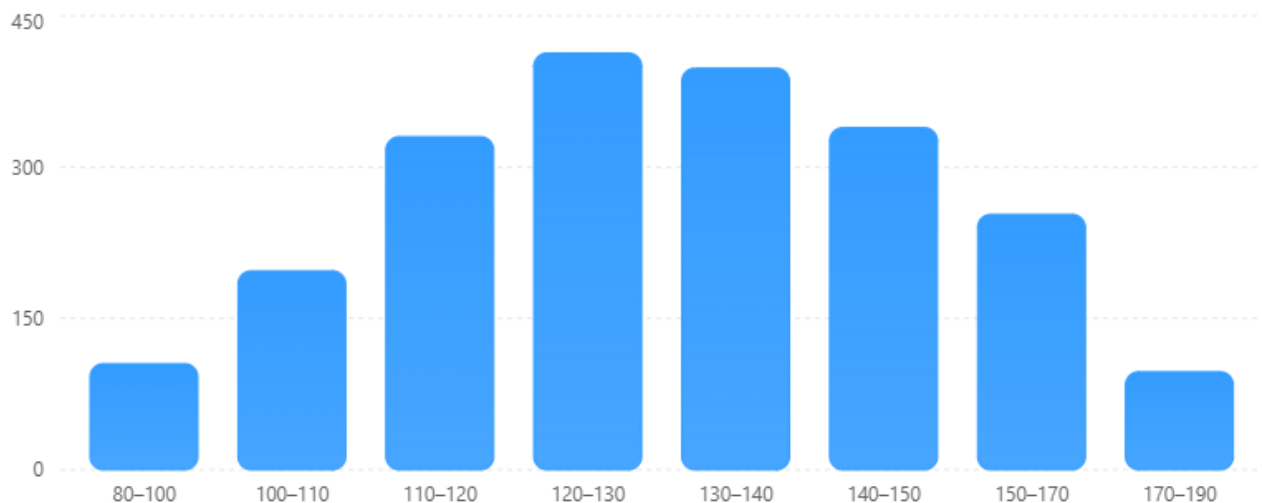


Рисунок 3.3 – Гістограма розподілу абсолютних висот території Миргородського району

Додатково було проведено аналіз просторової структури висот відносно основних елементів природного середовища. Встановлено, що найбільш виражені перепади висот спостерігаються у районах річкових долин та балково-яружних систем. Саме тут відбувається концентрація процесів поверхневого стоку та формування ерозійних процесів.

Для оцінювання просторових закономірностей зміни висот було побудовано профілі рельєфу вздовж характерних напрямків території Миргородського району. Аналіз профілів показав наявність чергування слабо підвищених вододільних поверхонь і понижених річкових долин, що є типовою ознакою геоморфологічної структури району (рис. 3.4).

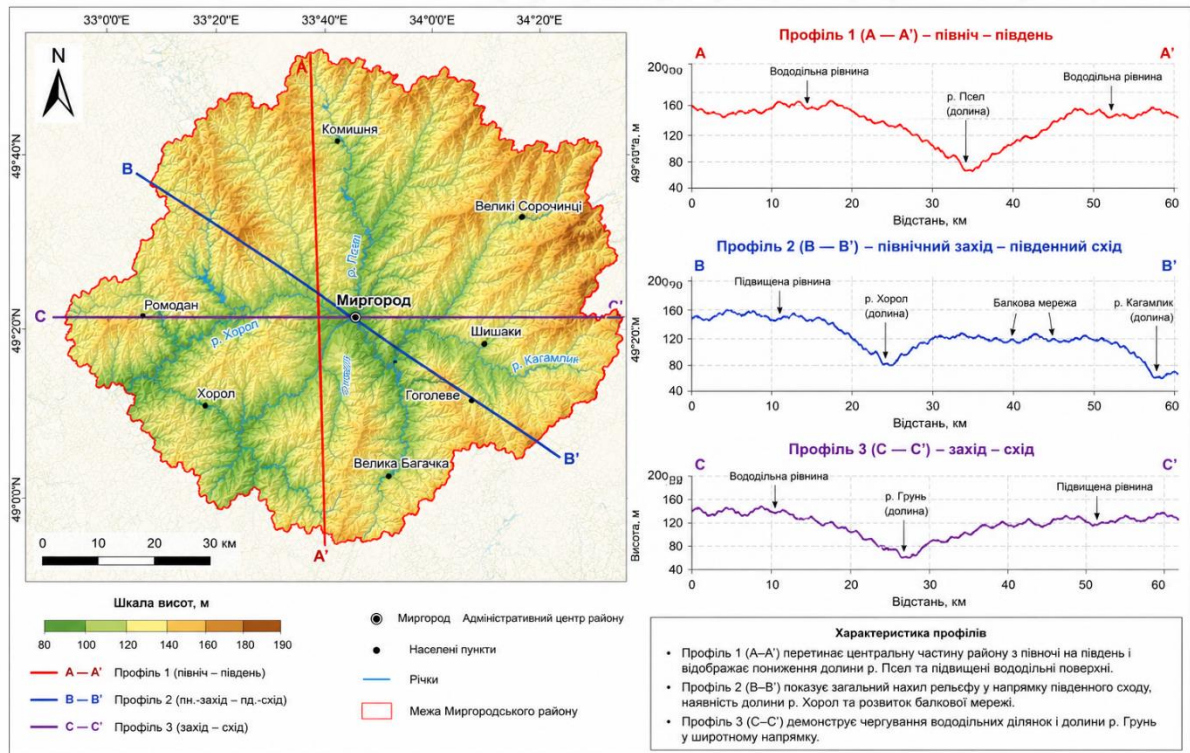


Рисунок 3.4 – Поздовжні профілі рельєфу території Миргородського району

Особливу увагу було приділено аналізу взаємозв'язку між висотною структурою та сучасним використанням земель. Встановлено, що переважна частина населених пунктів розташована на відносно рівних територіях із помірними висотними відмітками. Сільськогосподарські угіддя зосереджені переважно на вододільних рівнинах і пологих схилах, тоді як лісові насадження частіше приурочені до схилів балок та долин річок.

Результати аналізу дозволили також виділити території, що потенційно можуть характеризуватися підвищеним ризиком розвитку ерозійних процесів. Такі ділянки переважно локалізуються в межах схилів річкових долин та балково-яружних комплексів і потребують додаткового дослідження на наступних етапах роботи.

Для узагальнення результатів було сформовано карту просторової диференціації висотної структури території Миргородського району, яка відображає основні закономірності розподілу абсолютних висот та їх зв'язок із природними умовами території (рис. 3.5).

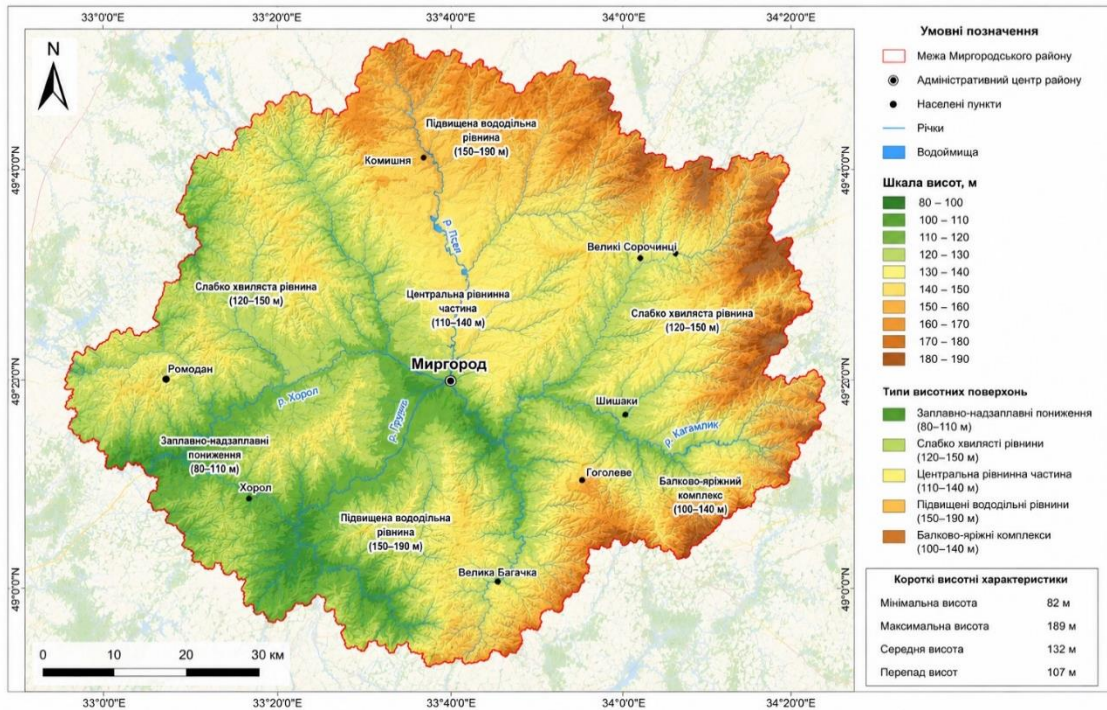


Рисунок 3.5 – Просторова диференціація висотної структури
Миргородського району

Таким чином, проведений аналіз висотної структури території Миргородського району підтвердив переважання рівнинного характеру рельєфу із поступовими змінами абсолютних висот. Водночас на території району чітко виділяються річкові долини, вододільні простори та ерозійні форми рельєфу, які суттєво впливають на формування природних ландшафтів і структуру землекористування. Отримані результати створюють необхідну інформаційну основу для подальшого аналізу морфометричних характеристик рельєфу та оцінювання його впливу на природні й господарські процеси.

3.2 Практичне використання цифрової моделі рельєфу для геопросторового аналізу території Миргородського району

Цифрові моделі рельєфу є одним із найбільш універсальних інструментів сучасного геопросторового аналізу. На відміну від традиційних топографічних карт, цифрова модель рельєфу забезпечує можливість виконання

автоматизованих розрахунків, просторового моделювання та прогнозування природних процесів. У межах даної роботи створена цифрова модель рельєфу Миргородського району стала основою для проведення низки прикладних досліджень, спрямованих на оцінювання особливостей території та можливостей її подальшого використання.

Одним із найважливіших напрямів застосування цифрової моделі рельєфу є оцінка ерозійної небезпеки території. Відомо, що розвиток водної ерозії безпосередньо залежить від крутизни схилів, їх протяжності та особливостей поверхневого стоку. На основі побудованої карти ухилів було виконано просторове виділення територій із різним рівнем потенційної ерозійної небезпеки (рис. 3.6). Аналіз показав, що найбільш вразливими є схили річкових долин, балки та яружно-балкові комплекси, які поширені переважно у південній та східній частинах району. Отримані результати можуть бути використані під час планування протиерозійних заходів та організації раціонального використання земельних ресурсів.

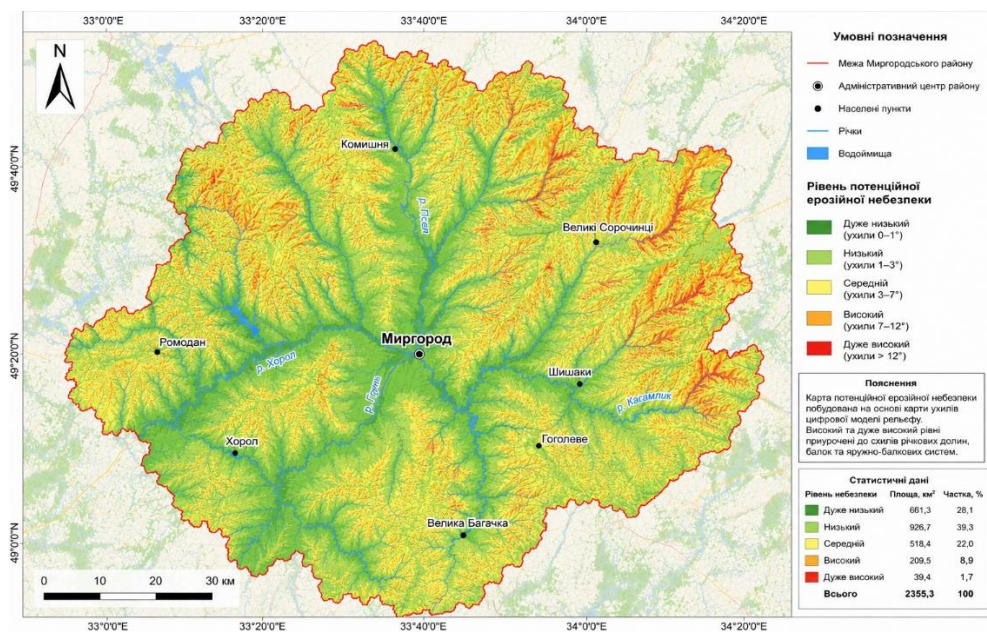


Рисунок 3.6 – Карта потенційної ерозійної небезпеки території Миргородського району

Наступним напрямом використання цифрової моделі рельєфу є

модельовання поверхневого стоку. За допомогою інструментів гідрологічного аналізу середовища QGIS було визначено основні напрямки переміщення поверхневих вод. Отримані результати дозволили виявити закономірності формування водозбірних площ та підтвердили тісний взаємозв'язок між рельєфом і сучасною гідрографічною мережею району. Аналіз напрямків стоку має важливе значення для прогнозування підтоплень, оцінювання ризиків ерозії та планування природоохоронних заходів (рис. 3.7).

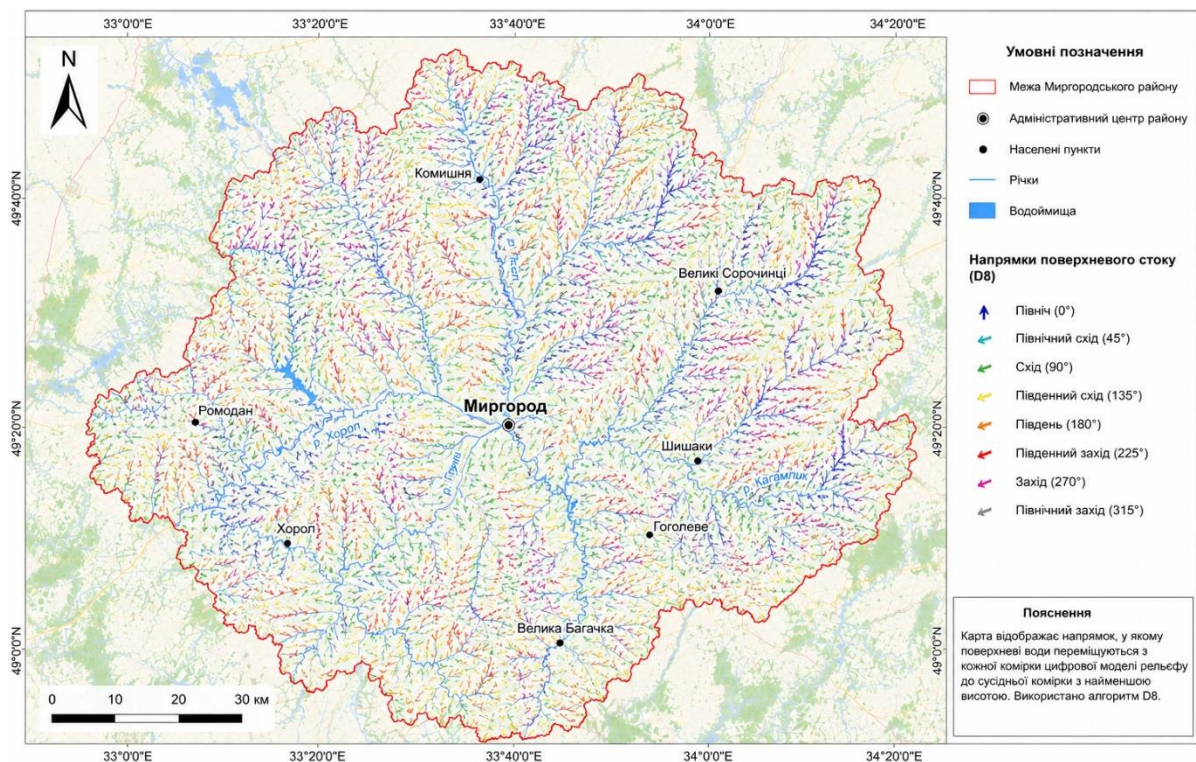


Рисунок 3.7 – Карта напрямків поверхневого стоку території Миргородського району

На основі цифрової моделі рельєфу також було виконано розрахунок акумуляції поверхневого стоку (рис. 3.8). Карта акумуляції дозволяє визначити території концентрації водних потоків, які є потенційними зонами розвитку ерозійних процесів та формування тимчасових водотоків. Отримані результати показали, що найбільші значення акумуляції характерні для долин річок Псел, Хорол та їхніх приток. Такі дані можуть використовуватися під час проектування гідротехнічних споруд, оцінювання паводкових ризиків та

планування систем водовідведення.

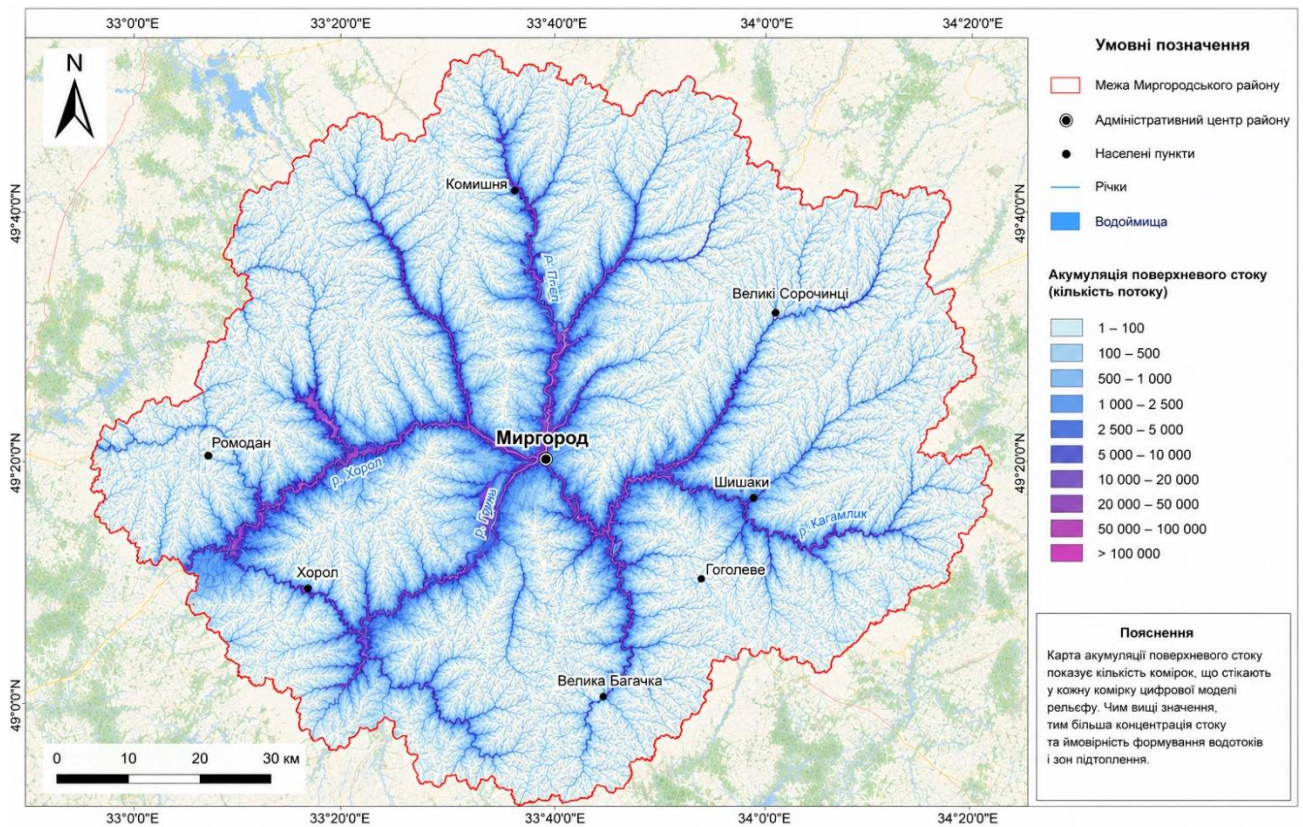


Рисунок 3.8 – Карта акумуляції поверхневого стоку території Миргородського району

Важливим напрямом застосування цифрової моделі рельєфу є підтримка прийняття рішень у сфері землеустрою та територіального планування. Інформація про висотну структуру місцевості, ухили та експозицію схилів дозволяє обґрунтовано визначати найбільш придатні території для сільськогосподарського використання, будівництва інженерної інфраструктури та розвитку населених пунктів. Особливого значення така інформація набуває в умовах необхідності забезпечення сталого використання земельних ресурсів та мінімізації негативного впливу природних процесів.

Створена цифрова модель рельєфу також може бути інтегрована до складу муніципальних, регіональних та земельно-кадастрових геоінформаційних систем. Використання єдиної цифрової висотної основи дозволяє підвищити якість просторового аналізу, забезпечити узгодженість

даних та покращити інформаційне забезпечення управлінських процесів.

Основні напрями практичного використання цифрової моделі рельєфу наведено на рисунку 3.9.

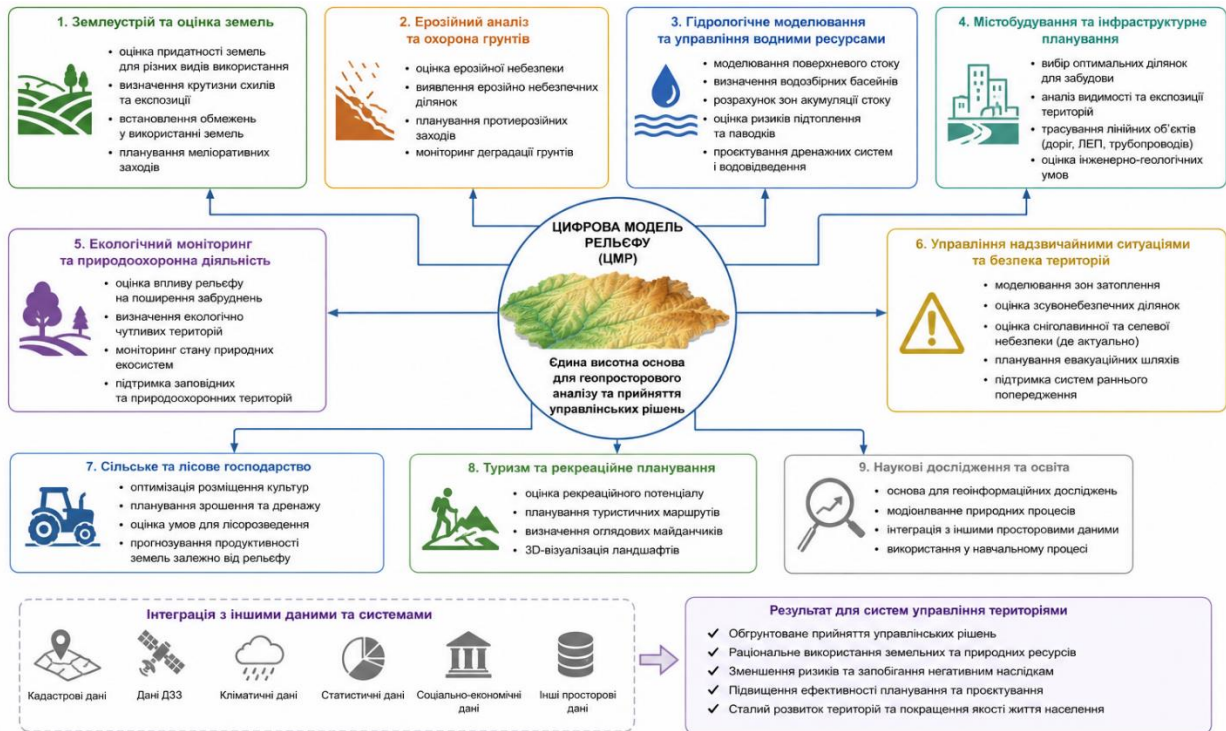


Рисунок 3.9 – Схема можливих напрямів використання цифрової моделі рельєфу в системах управління територіями

Узагальнення результатів дослідження показує, що цифрова модель рельєфу виступає не лише картографічним продуктом, а й ефективним інструментом підтримки прийняття рішень. Її використання дозволяє комплексно оцінювати природні умови території, прогнозувати розвиток природних процесів та підвищувати ефективність управління земельними ресурсами.

Інтегрована схема застосування цифрової моделі рельєфу для вирішення прикладних завдань наведена на рисунку 3.10.

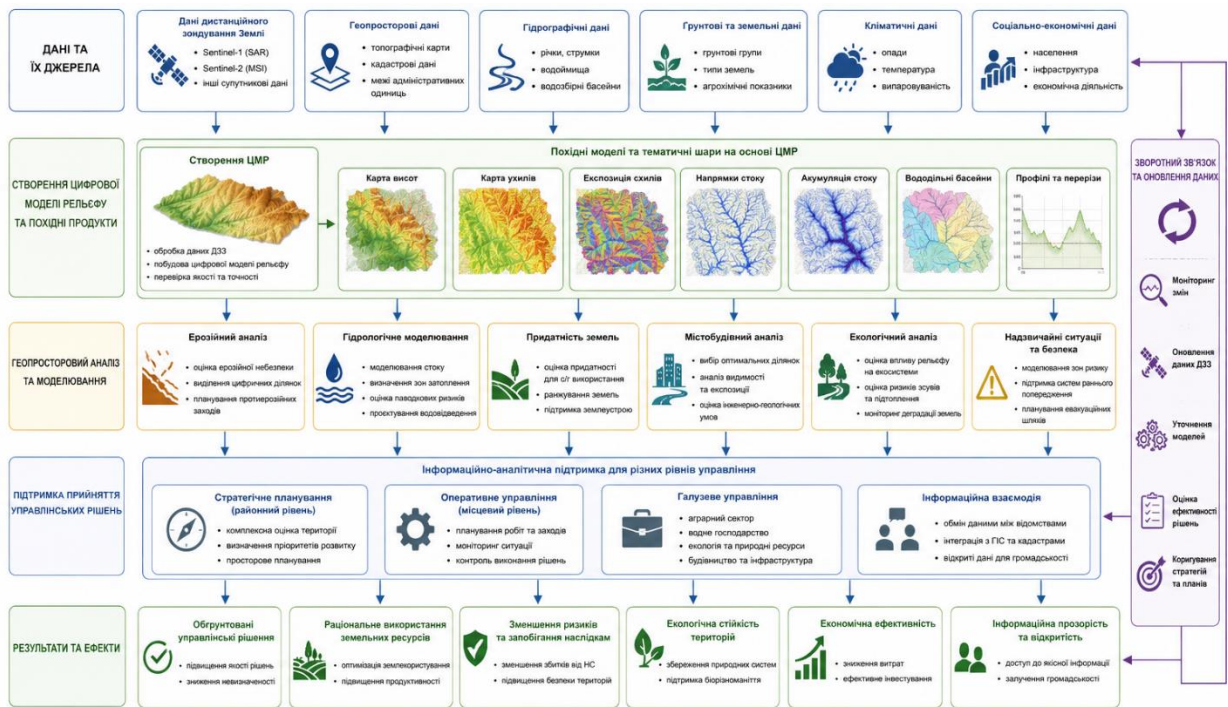


Рисунок 3.10 – Інтегрована схема застосування цифрової моделі рельєфу для підтримки прийняття управлінських рішень

Таким чином, створена цифрова модель рельєфу Миргородського району має значний практичний потенціал та може використовуватися для вирішення широкого спектра завдань у сфері землеустрою, екологічного моніторингу, територіального планування, управління природними ресурсами та розвитку геоінформаційних систем. Отримані результати підтверджують ефективність використання даних дистанційного зондування Землі та програмного середовища QGIS для формування сучасної геопросторової основи аналізу територій.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Організація безпечних умов праці під час виконання геоінформаційних робіт та обробки даних дистанційного зондування Землі

Сучасний розвиток геоінформаційних технологій суттєво розширив можливості виконання досліджень у сфері геодезії, землеустрою та дистанційного зондування Землі. Значна частина робіт, пов'язаних зі створенням цифрових моделей рельєфу, виконується із застосуванням комп'ютерної техніки та спеціалізованого програмного забезпечення, зокрема геоінформаційних систем. Тому важливого значення набуває забезпечення безпечних і комфортних умов праці працівників, діяльність яких пов'язана з тривалим використанням персональних комп'ютерів та обробкою значних обсягів геопросторової інформації.

Під час виконання робіт зі створення цифрової моделі рельєфу території Миргородського району основна частина виробничих операцій здійснювалася в умовах офісного середовища з використанням персонального комп'ютера, геоінформаційної системи QGIS, програм обробки растрових даних та мережевих ресурсів для завантаження інформації дистанційного зондування Землі. У зв'язку з цим організація робочого місця повинна відповідати вимогам чинного законодавства України у сфері охорони праці та санітарно-гігієнічним нормам.

Одним із головних чинників забезпечення безпечної праці є правильна організація робочого місця користувача персонального комп'ютера. Робоче місце повинно забезпечувати зручне розташування обладнання та можливість підтримання фізіологічно правильного положення тіла працівника протягом робочого дня. Конструкція робочого столу має забезпечувати достатню площу для розміщення монітора, клавіатури, маніпулятора типу «миша», документів та інших допоміжних засобів роботи.

Висота робочого столу повинна становити приблизно 720–750 мм від

рівня підлоги. Робоче крісло повинно бути регульованим за висотою сидіння, кутом нахилу спинки та відстанню до столу. Конструкція крісла має забезпечувати підтримку поперекового відділу хребта та зменшувати статичне навантаження на опорно-руховий апарат.

Особливу увагу необхідно приділяти розташуванню монітора. Відстань від очей користувача до екрана повинна становити від 50 до 70 см залежно від діагоналі дисплея. Верхня межа екрана має знаходитися приблизно на рівні очей або дещо нижче. Таке розташування дозволяє зменшити напруження шийного відділу хребта та органів зору.

Під час виконання геоінформаційних робіт значне навантаження припадає на зоровий аналізатор. Це пов'язано з необхідністю тривалого аналізу картографічних матеріалів, цифрових моделей рельєфу, тематичних карт та супутникових зображень. Для зниження негативного впливу на органи зору необхідно забезпечити раціональне освітлення робочого місця.

Освітлення приміщення повинно бути комбінованим і включати природне та штучне освітлення. Рівень освітленості робочої поверхні під час роботи з комп'ютерною технікою повинен становити не менше 300–500 лк. Розташування світильників має виключати появу відблисків на екрані монітора та засліплення працівника.

Важливим чинником комфортної роботи є параметри мікроклімату приміщення. Відповідно до санітарних норм температура повітря в холодний період року повинна перебувати в межах 20–24 °С, а в теплий період – 22–25 °С. Відносна вологість повітря повинна становити 40–60 %, а швидкість руху повітря не перевищувати 0,1–0,2 м/с. Дотримання зазначених параметрів сприяє підтриманню працездатності та зменшенню рівня втоми працівника.

Під час роботи з геоінформаційними системами значне значення має режим праці та відпочинку. Створення цифрової моделі рельєфу супроводжується тривалим аналізом великої кількості просторових даних, що може призводити до розвитку зорового та психоемоційного перевантаження. Для профілактики професійної втоми рекомендується організувати

регламентовані перерви. При роботі з персональним комп'ютером протягом восьмигодинного робочого дня доцільно здійснювати короткі перерви тривалістю 10–15 хвилин через кожні 2 години роботи.

Під час виконання робіт необхідно також враховувати вимоги електробезпеки. Усе комп'ютерне обладнання повинно бути справним, мати заводське заземлення та відповідати вимогам чинних стандартів безпеки. Забороняється експлуатація пошкоджених електричних кабелів, розеток або мережевого обладнання. У приміщенні повинні бути передбачені засоби аварійного відключення електроживлення.

Окремої уваги потребує забезпечення пожежної безпеки. Робоче приміщення повинно бути обладнане первинними засобами пожежогасіння, зокрема порошковими або вуглекислотними вогнегасниками. Шляхи евакуації мають бути вільними та позначеними відповідними знаками безпеки. Працівники повинні бути ознайомлені з інструкціями щодо дій у разі виникнення пожежі чи іншої надзвичайної ситуації.

В умовах сучасної цифровізації особливого значення набуває інформаційна безпека результатів геоінформаційних досліджень. Під час створення цифрової моделі рельєфу використовуються значні обсяги просторових даних, втрата яких може призвести до суттєвих матеріальних і часових витрат. Для забезпечення надійності зберігання інформації рекомендується використовувати системи резервного копіювання, хмарні сховища даних та антивірусний захист.

4.2 Аналіз виробничих небезпек та заходи щодо їх попередження під час створення цифрових моделей рельєфу

Під час виконання робіт зі створення цифрових моделей рельєфу значна частина виробничих процесів пов'язана з використанням комп'ютерної техніки, спеціалізованого програмного забезпечення, засобів обробки геопросторових даних та інформаційно-комунікаційних мереж. Незважаючи на відсутність

важких фізичних навантажень, діяльність фахівця у сфері геодезії, землеустрою та геоінформаційних технологій супроводжується впливом низки небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно впливати на стан здоров'я працівника, його працездатність та якість виконання професійних обов'язків. Тому важливим завданням охорони праці є своєчасне виявлення таких факторів та розроблення ефективних заходів щодо їх попередження.

Під час створення цифрової моделі рельєфу території Миргородського району основним робочим інструментом виступав персональний комп'ютер із встановленим програмним забезпеченням для обробки геопросторових даних. У зв'язку з цим одним із найбільш поширених виробничих факторів є тривале статичне навантаження на опорно-руховий апарат. Багатогадинна робота у сидячому положенні може призводити до виникнення захворювань хребта, порушення постави, розвитку остеохондрозу та інших функціональних розладів опорно-рухової системи.

Для мінімізації зазначених ризиків необхідно забезпечувати правильну організацію робочого місця, використовувати ергономічні меблі та дотримуватися регламентованих режимів праці й відпочинку. Особливо важливим є виконання виробничої гімнастики та періодична зміна положення тіла під час роботи.

Одним із суттєвих факторів виробничого середовища є навантаження на органи зору. У процесі роботи з цифровими моделями рельєфу оператор постійно аналізує великі обсяги графічної інформації, карти, растрові зображення, профілі рельєфу та результати просторових розрахунків. Тривала концентрація уваги на екрані монітора може призводити до розвитку комп'ютерного зорового синдрому, який супроводжується втомою очей, зниженням гостроти зору, сухістю слизової оболонки та головним болем.

З метою профілактики негативного впливу на органи зору необхідно підтримувати оптимальний рівень освітлення робочого місця, використовувати монітори з високою роздільною здатністю, дотримуватися рекомендованої відстані до екрана та періодично виконувати вправи для очей. Важливим

профілактичним заходом є дотримання правила «20–20–20», відповідно до якого через кожні 20 хвилин роботи необхідно переводити погляд на об'єкт, розташований на відстані близько 20 футів (6 метрів), протягом не менше 20 секунд.

Важливим виробничим фактором є психоемоційне навантаження. Робота з геопросторовими даними вимагає високого рівня концентрації уваги, аналітичного мислення та відповідальності за правильність отриманих результатів. Помилки під час побудови цифрової моделі рельєфу можуть призвести до викривлення результатів подальших розрахунків та прийняття неправильних управлінських рішень. Унаслідок цього у працівника можуть виникати нервово-емоційне напруження, стресові стани та підвищена втомлюваність.

Зниженню психоемоційного навантаження сприяє раціональна організація робочого процесу, планування послідовності виконання завдань, автоматизація рутинних операцій та використання сучасного програмного забезпечення для обробки геоданих. Важливим також є підтримання сприятливого психологічного клімату в колективі та забезпечення оптимального режиму праці.

Під час роботи комп'ютерної техніки працівник піддається впливу електромагнітних полів низької інтенсивності. Хоча сучасне обладнання відповідає міжнародним стандартам безпеки та рівень випромінювання є мінімальним, тривалий вплив електромагнітних полів потребує врахування при організації робочого місця. Для зниження потенційного впливу рекомендується використовувати сертифіковане обладнання, дотримуватися нормативних відстаней між робочими місцями та забезпечувати належне технічне обслуговування комп'ютерної техніки.

Окрему групу виробничих небезпек становлять ризики, пов'язані з електробезпекою. Персональні комп'ютери, монітори, мережеве обладнання та периферійні пристрої працюють від електричної мережі, тому порушення правил експлуатації може стати причиною ураження електричним струмом або

виникнення пожежі. Основними причинами виникнення таких небезпек є пошкодження ізоляції проводів, перевантаження електромережі, використання несправного обладнання та недотримання правил технічної експлуатації.

Для запобігання нещасним випадкам необхідно забезпечувати справність електромережі, використовувати обладнання із захисним заземленням, проводити регулярний технічний огляд електрообладнання та не допускати самостійного ремонту пристроїв працівниками, які не мають відповідної кваліфікації.

Суттєвого значення під час виконання геоінформаційних робіт набувають ризики втрати або пошкодження цифрових даних. Створення цифрової моделі рельєфу супроводжується накопиченням значних обсягів інформації, що включає растрові дані, векторні шари, результати розрахунків та картографічні матеріали. Причинами втрати інформації можуть бути програмні помилки, збої електроживлення, пошкодження носіїв інформації або кібератаки.

Для забезпечення інформаційної безпеки необхідно застосовувати системи резервного копіювання, використовувати джерела безперебійного живлення, здійснювати регулярне оновлення програмного забезпечення та використовувати антивірусний захист. Особливо актуальним в умовах сучасних інформаційних загроз є зберігання резервних копій у хмарних сервісах або на окремих зовнішніх носіях.

Під час виконання робіт із цифрового моделювання рельєфу необхідно також враховувати вимоги пожежної безпеки. Джерелами займання можуть бути короткі замикання електромережі, перегрів обладнання або несправність електричних приладів. Для запобігання виникненню пожеж необхідно забезпечувати справний стан електропроводки, не допускати перевантаження мережі та підтримувати належний протипожежний режим у приміщенні.

4.3 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях та забезпечення безперервності функціонування геоінформаційних систем

У сучасних умовах важливим складником забезпечення безпечної професійної діяльності є готовність до дій у надзвичайних ситуаціях та забезпечення стійкості функціонування інформаційних систем. Для фахівців у сфері геодезії, землеустрою та геоінформаційних технологій це питання набуває особливого значення, оскільки значна частина результатів роботи представлена у цифровій формі та залежить від функціонування комп'ютерної техніки, електронних комунікацій і мережевої інфраструктури. Під час виконання робіт зі створення цифрової моделі рельєфу території Миргородського району особливу увагу необхідно приділяти питанням безпеки в надзвичайних ситуаціях, збереженню геопросторових даних та підтриманню працездатності геоінформаційних систем.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України надзвичайною ситуацією вважається обстановка на окремій території або об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення та може призвести до людських втрат, матеріальних збитків або негативного впливу на навколишнє середовище. Для офісних приміщень, у яких здійснюється обробка геопросторових даних, найбільш характерними є надзвичайні ситуації техногенного, природного та воєнного характеру.

Однією з найбільш поширених надзвичайних ситуацій є пожежа. Основними причинами виникнення пожеж у приміщеннях із комп'ютерною технікою можуть бути короткі замикання електромережі, несправність електрообладнання, перевантаження мережі або порушення правил пожежної безпеки. Під час виникнення пожежі першочерговими діями персоналу є негайне повідомлення екстрених служб, відключення електроживлення, організація евакуації працівників та використання первинних засобів пожежогасіння у разі відсутності загрози життю.

Особливе значення для приміщень із комп'ютерною технікою мають вуглекислотні та порошкові вогнегасники, які дозволяють ліквідувати загоряння електрообладнання без пошкодження електричних систем. Усі працівники повинні бути ознайомлені зі схемами евакуації, місцями розташування засобів пожежогасіння та порядком дій у разі виникнення пожежі.

Суттєву загрозу для функціонування геоінформаційних систем становлять аварійні відключення електроенергії. У процесі створення цифрових моделей рельєфу використовуються великі масиви геопросторових даних, обробка яких може тривати протягом значного часу. Раптове припинення електроживлення здатне призвести до втрати результатів розрахунків, пошкодження файлів проєкту та порушення функціонування програмного забезпечення.

Для мінімізації таких ризиків рекомендується використовувати джерела безперебійного живлення (UPS), які забезпечують підтримання роботи комп'ютерної техніки протягом часу, достатнього для коректного завершення роботи та збереження результатів. Для організацій, що постійно працюють із геопросторовими даними, доцільним є також використання резервних генераторів електроенергії.

Важливим напрямом забезпечення безпеки є захист геопросторових даних від втрати або пошкодження. Цифрові моделі рельєфу, растрові дані дистанційного зондування Землі, векторні шари та результати геопросторового аналізу становлять значну інформаційну цінність. Їх втрата може призвести до необхідності повторного виконання трудомістких робіт та значних матеріальних витрат.

Для забезпечення надійного збереження інформації необхідно впроваджувати багаторівневу систему резервного копіювання. Рекомендується здійснювати зберігання копій даних одночасно на локальних носіях, мережевих серверах та хмарних платформах. Такий підхід дозволяє забезпечити швидке відновлення інформації навіть у разі пошкодження основних інформаційних ресурсів.

Особливої актуальності питання безпеки набули в умовах воєнного стану в Україні. Сучасні загрози можуть включати пошкодження об'єктів інфраструктури, перебої електропостачання, порушення роботи мереж зв'язку та необхідність оперативної евакуації персоналу. У таких умовах важливим завданням стає забезпечення безперервності функціонування геоінформаційних систем та збереження результатів досліджень.

Для підвищення стійкості роботи геоінформаційних систем доцільно використовувати хмарні сервіси зберігання даних, технології віддаленого доступу та розподілені системи резервування інформації. Це дозволяє продовжувати виконання робіт навіть за умови часткової втрати локальної інфраструктури.

Важливою складовою безпеки є також кіберзахист інформаційних ресурсів. Геопросторові дані можуть бути об'єктом несанкціонованого доступу, вірусних атак або спроб модифікації інформації. Для запобігання таким загрозам необхідно використовувати ліцензійне програмне забезпечення, сучасні антивірусні системи, засоби шифрування даних та багаторівневу систему авторизації користувачів.

Окремим напрямом застосування цифрових моделей рельєфу є підтримка заходів цивільного захисту населення. Створені цифрові моделі можуть використовуватися для прогнозування зон можливого підтоплення, аналізу поширення поверхневого стоку, визначення безпечних маршрутів евакуації та оцінювання потенційних наслідків природних і техногенних надзвичайних ситуацій. Таким чином, цифрові моделі рельєфу виступають не лише результатом геоінформаційного аналізу, а й важливим інструментом забезпечення безпеки територій.

У межах Миргородського району створена цифрова модель рельєфу може бути використана для оцінювання територій потенційного підтоплення у долинах річок Псел та Хорол, аналізу зон концентрації поверхневого стоку, планування заходів із запобігання ерозійним процесам та підтримки діяльності органів місцевого самоврядування у сфері цивільного захисту.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано створення цифрової моделі рельєфу території Миргородського району Полтавської області на основі даних дистанційного зондування Землі із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій. Реалізовано комплексний підхід до формування цифрової висотної моделі, її обробки, аналізу та практичного використання для вирішення завдань геопросторового аналізу території.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що сучасні технології дистанційного зондування Землі та відкриті геопросторові дані забезпечують ефективну основу для створення цифрових моделей рельєфу регіонального рівня. Використання відкритих наборів висотних даних у поєднанні з функціональними можливостями геоінформаційної системи QGIS дозволяє виконувати повний цикл обробки інформації – від формування вихідної бази даних до отримання готових тематичних карт та аналітичних матеріалів.

У теоретичній частині роботи досліджено основні підходи до використання даних дистанційного зондування Землі для побудови цифрових моделей рельєфу. Визначено особливості формування цифрових моделей місцевості, охарактеризовано основні джерела висотної інформації та проаналізовано можливості використання геоінформаційних систем для обробки й аналізу цифрових моделей рельєфу. Розглянуто переваги та обмеження застосування цифрових моделей рельєфу у геопросторовому аналізі територій.

У процесі виконання практичної частини роботи сформовано вихідну базу геопросторових даних для території Миргородського району. Здійснено підготовку та інтеграцію растрових і векторних даних, проведено їх просторову узгодженість та організовано структуру проєкту у середовищі QGIS. На основі отриманих даних створено цифрову модель рельєфу території району, яка стала базою для подальших аналітичних досліджень.

Реалізовано технологію побудови цифрової моделі рельєфу в середовищі QGIS із використанням сучасних інструментів геообробки. Виконано формування гіпсометричної моделі території, побудовано карти ухилів та експозицій схилів, створено модель тіньового рельєфу, що дозволило отримати комплексне уявлення про особливості просторової структури місцевості.

Проведене оцінювання якості цифрової моделі рельєфу підтвердило її високу просторову узгодженість та придатність для виконання геопросторового аналізу. Результати перевірки показали відповідність моделі реальним природним умовам території, відсутність суттєвих артефактів та коректність відображення основних форм рельєфу Миргородського району.

У межах аналітичного етапу дослідження виконано аналіз висотної структури території Миргородського району. Встановлено, що рельєф району має переважно рівнинний характер із поступовими перепадами абсолютних висот. Найнижчі ділянки приурочені до долин річок Псел, Хорол та їхніх приток, тоді як найбільші висоти спостерігаються на вододільних просторах центральної та північної частин району. Отримані результати дозволили охарактеризувати особливості просторової організації рельєфу та визначити основні закономірності його формування.

На основі створеної цифрової моделі рельєфу виконано низку прикладних досліджень, зокрема побудовано карти потенційної ерозійної небезпеки, напрямків поверхневого стоку та акумуляції поверхневого стоку. Отримані результати продемонстрували значний потенціал використання цифрових моделей рельєфу для аналізу природних процесів, оцінювання ризиків розвитку ерозії, моделювання гідрологічних процесів та підтримки прийняття управлінських рішень.

Практичне значення виконаної роботи полягає у створенні цифрової моделі рельєфу Миргородського району та комплексу тематичних карт, які можуть використовуватися органами місцевого самоврядування, земельпорядними організаціями, природоохоронними установами, проєктними організаціями та науковими установами. Отримані матеріали можуть бути

використані для планування землекористування, проведення екологічного моніторингу, оцінювання ерозійної небезпеки територій, аналізу поверхневого стоку та розвитку геоінформаційних систем регіонального рівня.

Таким чином, поставлена мета дипломної роботи досягнута, а всі визначені завдання виконані в повному обсязі. Результати дослідження підтверджують ефективність використання даних дистанційного зондування Землі та програмного середовища QGIS для створення цифрових моделей рельєфу та їх подальшого застосування у вирішенні широкого спектра завдань геопросторового аналізу територій. Перспективним напрямом подальших досліджень є використання більш детальних джерел висотної інформації, зокрема матеріалів аерофотознімання та лазерного сканування, що дозволить підвищити точність цифрових моделей рельєфу та розширити можливості їх практичного використання.

Значна увага була приділена питанням з охорони праці.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Берлянт О. М. Геоінформаційне картографування : навч. посіб. Київ : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2019. 320 с.
2. Бурачек В. Г., Железняк О. О., Шевченко Л. В. Основи дистанційного зондування Землі : навч. посіб. Київ : НУБіП України, 2020. 512 с.
3. Войтенко С. П. Інженерна геодезія : підручник. Київ : Знання, 2021. 574 с.
4. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / за ред. В. В. Путренка. Київ : Наукова думка, 2021. 398 с.
5. Закон України «Про Національну інфраструктуру геопросторових даних». Відомості Верховної Ради України. 2020. № 37. Ст. 277.
6. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність». Відомості Верховної Ради України. 1999. № 5–6. Ст. 46.
7. Закон України «Про землеустрій». Відомості Верховної Ради України. 2003. № 36. Ст. 282.
8. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності». Відомості Верховної Ради України. 2011. № 34. Ст. 343.
9. Костриков С. В. Геоінформаційне моделювання природних процесів і систем : монографія. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2018. 484 с.
10. Лященко А. А., Путренко В. В. Геоінформаційні системи : принципи і технології. Київ : Наукова думка, 2020. 340 с.
11. Основи геоінформаційних систем : навч. посіб. / О. І. Ляшенко та ін. Київ : Кондор, 2021. 280 с.
12. Burrough P. A., McDonnell R. A., Lloyd C. D. Principles of Geographical Information Systems. 4th ed. Oxford : Oxford University Press, 2015. 398 p.
13. Chang K.-T. Introduction to Geographic Information Systems. 10th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2023. 448 p.
14. Farr T. G. et al. The Shuttle Radar Topography Mission. Reviews of Geophysics. 2007. Vol. 45. No. 2. RG2004. DOI: 10.1029/2005RG000183.

15. Florinsky I. V. Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology. 2nd ed. London : Academic Press, 2016. 486 p.
16. Li Z., Zhu Q., Gold C. Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology. Boca Raton : CRC Press, 2020. 340 p.
17. QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. URL: <https://qgis.org> (дата звернення: 14.06.2026).
18. Reuter H. I., Nelson A., Jarvis A. An evaluation of void-filling interpolation methods for SRTM data. International Journal of Geographical Information Science. 2007. Vol. 21. No. 9. P. 983–1008. DOI: 10.1080/13658810601169899.
19. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) User Guide. NASA Jet Propulsion Laboratory. URL: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm> (дата звернення: 14.06.2026).
20. Tarboton D. G. A New Method for the Determination of Flow Directions and Upslope Areas in Grid Digital Elevation Models. Water Resources Research. 1997. Vol. 33. No. 2. P. 309–319. DOI: 10.1029/96WR03137.
21. USGS EarthExplorer. United States Geological Survey. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата звернення: 14.06.2026).
22. Wilson J. P., Gallant J. C. Terrain Analysis: Principles and Applications. New York : John Wiley & Sons, 2000. 479 p.
23. WorldDEM™ and Digital Elevation Models. Airbus Defence and Space. URL: <https://www.intelligence-airbusds.com> (дата звернення: 14.06.2026).
24. Copernicus DEM Product Handbook. European Space Agency. URL: <https://spacedata.copernicus.eu> (дата звернення: 14.06.2026).
25. Zhao W., Li A., Bian J. Terrain Analysis and Digital Elevation Model Applications in Geographic Information Systems. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2021. Vol. 10. No. 4. 241. DOI: 10.3390/ijgi10040241.