

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКАЛАД
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА ТА ГОСПОДАРСТВА

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В БУДІВНИЦТВІ:
методичні вказівки для виконання лабораторних робіт

Ужгород – 2025

УДК 528.4:004.9:69

Роман В.І., Потайчук Ю.І., Геоінформаційні системи в будівництві: методичні вказівки для виконання лабораторних робіт – Ужгород: Видавництво УжНУ "Говерла", 2025. – 92 с.

Укладачі: викладач кафедри лісівництва ДВНЗ «УжНУ», Роман В.І.
асистент кафедри міського будівництва та господарства ДВНЗ «УжНУ»,
Потайчук Ю.І.

Методичні вказівки призначені для забезпечення належного виконання лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в будівництві». Розраховані для підготовки фахівців освітнього рівня «Бакалавр» із спеціальності G19 «Міське будівництво та господарство». Лабораторні роботи охоплюють основні аспекти містобудівної галузі і забезпечують оволодіння здобувачами базових навичок роботи із програмним забезпеченням ГІС, а також розв'язання інженерних задач з використанням цієї технології.

Рецензент:

Кандидат географічних наук, доцент кафедри географії та суспільних дисциплін ДВНЗ «Мукачівський державний університет», Лета В.В.

*Рекомендовано до друку науково-методичною комісією
інженерно-технічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
протокол № 3 від 26 грудня 2025 року*

*ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
© Роман В.І., Потайчук Ю.І.*

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота №1: Тема: Створення бази геоданих містобудівного кадастру	5
Лабораторна робота №2: Оформлення графічних документів містобудівної документації.....	33
Лабораторна робота №3: Базовий просторовий аналіз	40
Лабораторна робота №4: Робота із цифровою моделлю рельєфу (поверхні)	53
Лабораторна робота №5: Створення та оформлення топографічної карти	70
Лабораторна робота №6: Просторове моделювання.....	84
Список використаної літератури	91

Вступ

Використання ГІС-технологій у будівельній галузі дозволяє вирішувати широкий спектр інженерних та управлінських завдань: від оцінки рельєфу території під будівництво до керування інфраструктурою міста. Отримані навички роботи з ГІС для майбутніх фахівців спеціальності G19 «Міське будівництво та господарство» стануть у нагоді при аналізі територій, проектуванні, плануванні та моніторингу об'єктів будівництва та міської інфраструктури з урахуванням інженерних, містобудівних, екологічних і нормативних вимог.

Представлені лабораторні роботи охоплюють основні аспекти містобудівної галузі і забезпечують оволодіння здобувачами базових навичок роботи із програмним забезпеченням ГІС, а також розв'язання інженерних задач з використанням цієї технології.

Порядок виконання лабораторних робіт містить детальний текстовий коментар із відповідним графічним супроводом. Зокрема, у першій лабораторній роботі розглядається порядок створення бази геоданих на основі вже готових картографічних матеріалів. У цій роботі здобувачі набувають навичок із географічної прив'язки картографічних матеріалів та оцифрування об'єктів на них. Окремо приділена увага роботі із атрибутивними даними, під час та після процесу оцифрування. У другій та п'ятій лабораторній роботі здобувачі ознайомлюються із основними умовними знаками, які використовуються для виготовлення графічних документів містобудівної документації та топографічних карт. Опановують специфіку роботи із символікою в ГІС та принципам побудови карт. У третій роботі розглядаються основні методи просторового аналізу, зокрема – векторного. Четверта та шоста лабораторні роботи містять завдання щодо роботи із цифровою моделлю рельєфу (ЦМР). Для початку завдання виконується на основі готових глобальних ЦМР - SRTM, а в останній роботі - акцентується робота щодо створення власної якісної ЦМР для території досліджень та вирішенні деяких важливих проблем містобудування.

Лабораторна робота №1

Тема: Створення бази геоданих містобудівного кадастру.

Мета: ознайомитися із особливостями представлення просторових об'єктів за різними моделями даних та навчитись отримувати геодані шляхом оцифрування картографічних матеріалів; освоїти основні принципи організації геоданих у базі геоданих ГІС.

Програмне забезпечення: QGIS.

Матеріали: топографічні карти та генеральні плани міст доступні за посиланням:

https://drive.google.com/drive/folders/1Vlz74Hs_UQZmHolxfToC-Uec87zsOshG?usp=sharing

Завдання:

- 1) Виконайте географічну прив'язку генерального плану міста
- 2) Виконайте оцифрування (створення векторних шарів) елементів генплану міста для відповідної зони
- 3) Створіть та наповніть основні атрибутивні (в т.ч. класифікаційні) таблиці елементів генплану та об'єднайте їх із векторними шарами

Короткі теоретичні відомості

ГІС – сучасні комп'ютерні технології для картографування й аналізу об'єктів реального світу, подій і явищ, що відбуваються та будуть відбуватись у прогнозованому періоді. ГІС – це інформаційна система, яка забезпечує збір, збереження, обробку, доступ, відображення та поширення геопросторових даних [1]. Геопросторові дані – це дані, які ідентифікують географічне місце розташування та властивості природних або штучно створених об'єктів, а також їх межі на Землі. Ця інформація може отримуватися за допомогою GPS, дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), картографування й різноманітних видів знімань тощо.

Існуючі джерела геоданих для ГІС – численні та різноманітні, як за якістю, так і за точністю. Основними джерелами даних для ГІС можуть виступати:

- картографічні джерела (карти, плани);
- дані дистанційного зондування (ДДЗ) і фотографічні дані;
- дані польових вишукувань (геодезичні вимірювання);
- дані різноманітних кадастрів;
- мережа інтернет;
- дані гідрометеорологічних досліджень;
- літературні (текстові) дані;
- статистичні дані.

Зазвичай у ГІС найчастіше використовується декілька видів даних, найчастіше при створенні ГІС використовуються різноманітні дані про досліджувану територію, які також отримують із різних джерел та за різними способами.

Загалом за способом отримання даних (геоданих) розрізняють: **первинні** та **вторинні** дані.

Первинні дані – це дані, які отримують шляхом безпосередніх вимірювань або спостережень. До таких даних відносять: геодезичні вимірювання, тахеометричне знімання території, GPS/GNSS координати, аерофотознімання, дані Дистанційного зондування Землі.

Вторинні дані – це дані отримані при обробці первинних даних, або на основі вже існуючих моделей даних. До цього типу відносять дані отримані шляхом оцифрування паперових карт.

Відмінності між первинними та вторинними даними при в ГІС середовищі фактично немає. Єдине, що має відчутний вплив це похибки, які можуть виникати при оцифруванні паперових карт. Тому який вид даних використовувати залежить від поставлених задач.

Усі ГІС створюються на основі формальних моделей даних, які описують розміщення об'єктів (процесів, явищ) у просторі. Формальна модель є узагальненою та чіткою системою понять, яка може бути застосована для опису й моделювання об'єктів (процесів, явищ), що відбуваються на певній території. Вибір моделі організації даних (способу цифрового опису геооб'єктів) у ГІС є важливим етапом, і зумовлене тим, що модель даних безпосередньо визначає більшість функціональних можливостей ГІС і можливість застосування тих або інших технологій введення даних. Від моделі залежить як просторова точність подання візуальної частини інформації, так і можливість одержання якісного картографічного матеріалу й організація контролю цифрових карт. Від способу організації даних в ГІС суттєво залежить продуктивність системи.

Загалом варто виділи такі основні типи моделей просторових даних:

- векторна модель даних;
- растрова модель даних;
- трикутна нерегулярна мережа (TIN);
- модель об'єктивно-орієнтованих даних;
- тривимірні моделі даних;
- багатомодельні моделі.

Але здебільшого обговоримо векторну та растрову моделі просторових даних. Основна відмінність між векторною та растровою моделями просторових даних полягає у способі опису просторових об'єктів, це найкраще демонструє Рис. 1.1.

Растрова модель даних (Raster Geographic Data Model) історично є першою моделлю даних геоінформатики, де дискретизація безперервного простору здійснюється найпростішим способом – увесь об'єкт (досліджувана територія) розбивається на просторові комірки, які утворюють регулярну сітку або матрицю (набір дискретних об'єктів).

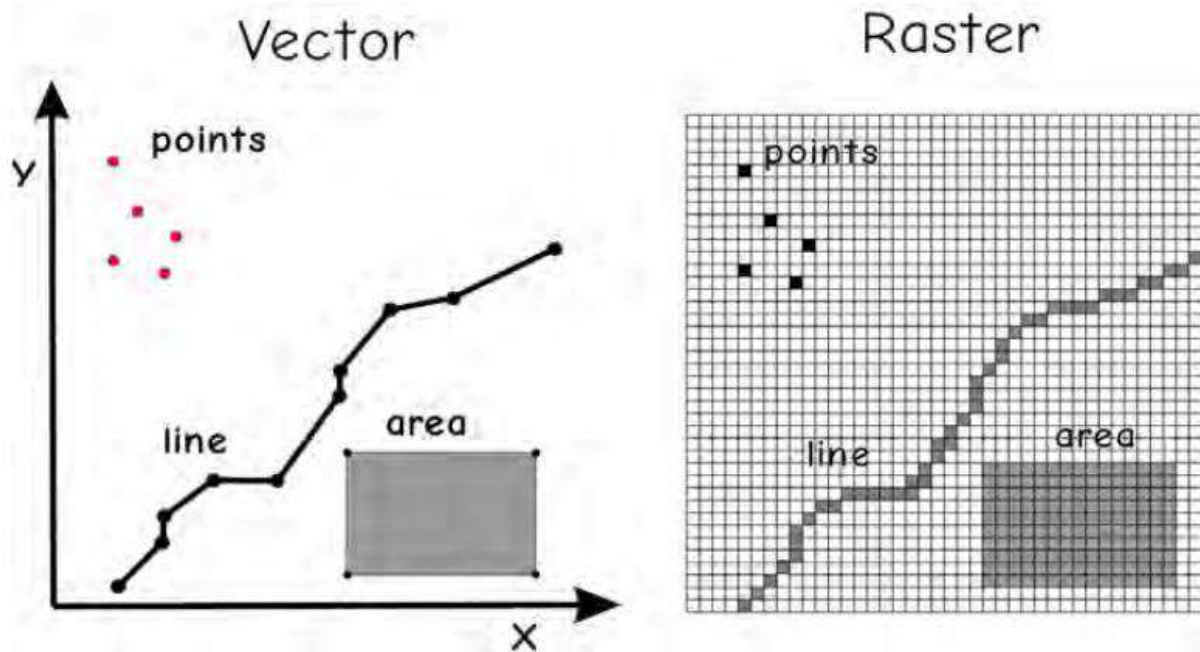


Рис. 1.1. Векторна та растрова модель просторових даних

Найменший неподільний елемент растрової моделі, залежно від способу завдання, називають пікселем або коміркою.

Піксель (англ. Pixel – picture element) – найменший елемент поверхні візуалізації, що отримують у результаті дискретизації – розбивки на неподільні елементи – дискрети (комірки або точки растру), завдяки якому можуть бути незалежним чином визначені колір, інтенсивність та інші характеристики об'єкта дослідження.

Комірка (cell) – одиниця інформації про географічний простір.

Упорядкована сукупність комірок утворює растр, який є моделлю карти або геооб'єкта. Растр (raster, tessellation) – набір даних, що мають географічний характер, значення яких організовані в прямокутний масив об'єктів. Растр утворений пікселями, представляє собою зображення (image).

Відмінність між растровою моделлю та зображенням полягає в тому, що комірка першого зберігає фактично код об'єкта (процесу, явища), а другого – величину яскравості.

Растрова модель даних (raster data model) – цифрове подання даних у вигляді сукупностей комірок растру (пікселів) з привласненням їм значень класу об'єкта.

Растрова модель складається з рядів комірок і колонок (стовпців). Кожна комірка растрової моделі має ширину dx (розмір по осі X) та висоту dy (розмір по осі Y). Комірки одного растру мають однакові розміри. Положення кожної комірки можна описати координатами X (колонка), Y (рядок), іноді зі значенням координати висоти Z (**Рис. 1.2a**).

Тематично кожна комірка растру (елемент зображення, піксель) може описувати певну властивість або ознаку відповідної їй географічної області, наприклад, крутизну схилу або висоту над рівнем моря, тип рослинності або ґрунту тощо (**Рис. 1.2b**).

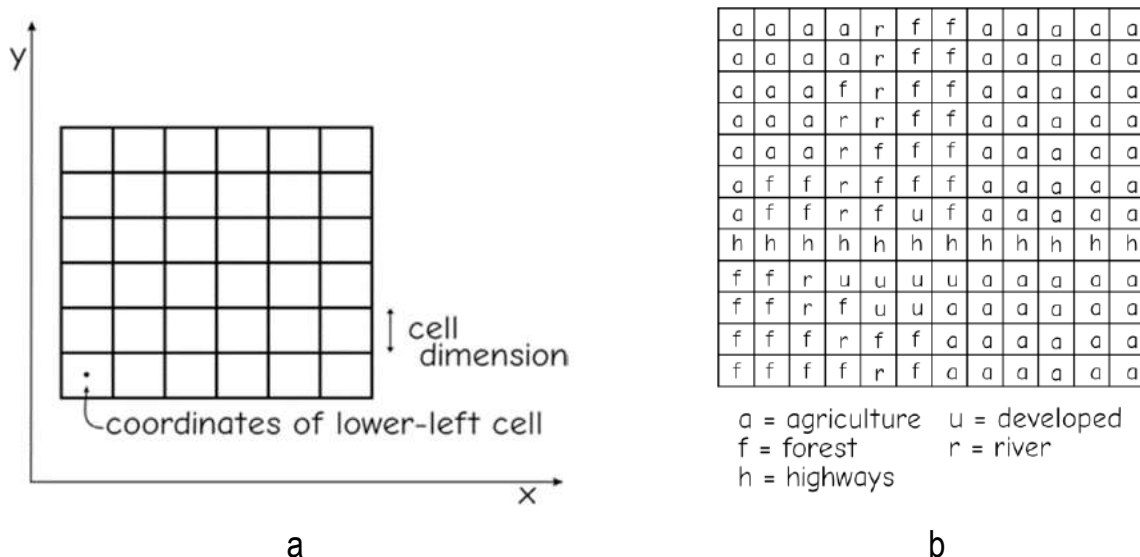


Рис. 1.2. Растрове подання просторових об'єктів

Растрове подання просторових об'єктів передбачає позиціонування точкових, лінійних і площинних об'єктів вказівкою їх положення в прямокутній матриці.

Точкові об'єкти подаються окремими комірками, що мають номер, координати й атрибути (Рис. 1.3а). Лінійні об'єкти (Рис. 1.3б) мають порядковий номер, набір (серію) координат, що формують лінію й атрибути. Полігональні об'єкти (ареали, площі) подаються номером, групи координат, що формують площинний об'єкт і атрибути (Рис. 1.3с).

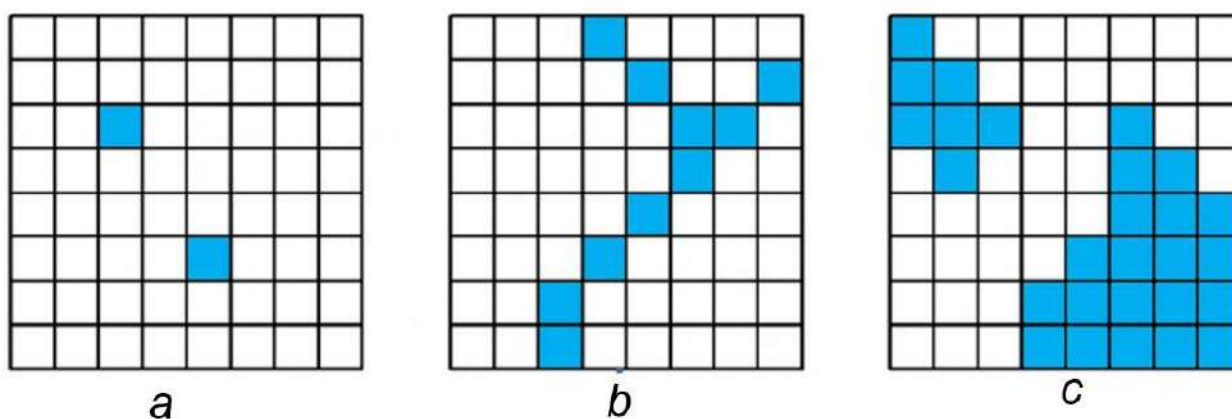
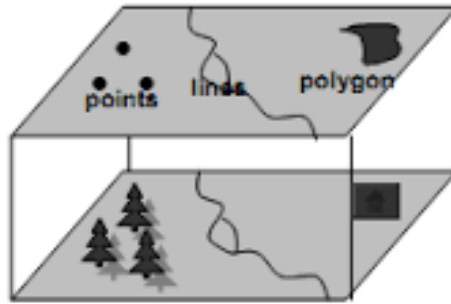


Рис. 1.3. Подання географічних об'єктів растровими моделями:

а – точкові об'єкти; б – лінійні об'єкти; в – полігональні об'єкти (області)

Оскільки геооб'єкти у растровій моделі мають сідчастий вигляд вони не забезпечують точної інформації про місце розташування, оскільки географічний простір поділений на дискретні осередки кінцевого розміру. Замість точних координат точок ми оперуємо з окремими комірками растру, до яких потрапляють ці точки.

Векторним способом подання просторових даних (векторною моделлю) називають спосіб формалізації просторових координованих даних, що ґрунтується на використанні набору геометричних примітивів (точок, ліній, дуг, полігонів).



Vector Data model

Рис. 1.4. Векторна модель просторових даних

Основу векторного методу формалізації просторових даних (побудови векторної моделі) складає точка (point) – місце розташування первинного графічного елемента, координати (x, y) якої апріорно відомі з певною точністю.

Форма або образ просторового об'єкта подаються точками, поміщеними в місця, де ця форма змінюється.

Дві точки з координатами (x_1, y_1) і (x_2, y_2) формують другий графічний примітив – лінію (line), відрізок прямої, що з'єднує ці точки, а замкнена послідовність ліній формує полігон (polygon) – третій елементарний графічний примітив.

Реальні ГІС мають справу не з абстрактними лініями та точками, а з об'єктами, які включають лінії й ареали, що займають певне просторове положення і мають доволі складні взаємозв'язки. Тому повнофункціональна векторна модель даних ГІС повинна відображати просторові об'єкти як сукупність:

- геометричних (метричних) об'єктів, поданих у вигляді точок, ліній і полігонів;
- атрибутів;
- зв'язків між об'єктами

Кожному об'єкту векторного зображення може відповідати запис у базі даних, чим досягається прив'язка інформації до місцевості. За наявності двох або більше географічних об'єктів кожному з них присвоюється ідентифікаційний (порядковий) номер.

Приклади опису векторних просторових об'єктів різних типів геометрії наведено у **табл. 1.1**.

Таблиця 1.1. опису векторних просторових об'єктів різних типів геометрії

Номер географічного об'єкта	Координатні пари
Точкові об'єкти	
1	X_1, Y_1
2	X_2, Y_2
3	X_3, Y_3
Лінійні об'єкти	
Номер географічного об'єкта	Координатні пари
1	$X_{11}, Y_{11}, X_{12}, Y_{12}, X_{13}, Y_{13}$
2	$X_{21}, Y_{21}, X_{22}, Y_{22}, X_{23}, Y_{23}, X_{24}, Y_{24}, X_{25}, Y_{25}$
Полігональні об'єкти	
Номер географічного об'єкта	Координатні пари
1	$X_{11}, Y_{11}, X_{12}, Y_{12}, X_{13}, Y_{13}, X_{11}, Y_{11}$
2	$X_{21}, Y_{21}, X_{22}, Y_{22}, X_{23}, Y_{23}, X_{24}, Y_{24}, X_{25}, Y_{25}, X_{21}, Y_{21}$

Для прив'язки до об'єкта певної тематичної (атрибутивної) інформації, яка може міститись в одній чи декількох внутрішніх або зовнішніх базах даних використовується **ідентифікатор (ключ)** – унікальна характеристика просторового об'єкта, що присвоюється конкретному об'єкту користувачем або інформаційною системою і яка використовується для фіксації координатних та адресних даних просторових об'єктів.

Найкращим прикладом використання ГІС в будівельній галузі є функціонування Банку містобудівних даних. Банк містобудівних даних – це спеціалізована автоматизована система обробки даних із містобудування, яка містить комплекс організаційних, технічних, програмних засобів, здатних своєчасно та ефективно забезпечувати необхідною достовірною інформацією завдання різних стадій містобудувального проектування та управління містом.

Структура містобудівного банку складається з різних підсистем. Але основою інформаційного забезпечення містобудівного банку є – містобудівний кадастр.

Містобудівний кадастр – це автоматизована інформаційна система, яка містить дані про міську територію та об'єкти міського середовища. Найчастіше ці об'єкти описані у вигляді геоданих. Результатом роботи містобудівного кадастру є графічні документи містобудівної документації, наприклад генеральний план міста, або окремих земельних ділянок. Виконання цих матеріалів здійснюється за допомогою ГІС.

Хід роботи

Завдання 1: Географічну прив'язку генерального плану міста

Геоприв'язка із використанням відомих координат (за наявності координатної сітки).

Для виконання роботи завантажте одну із топографічних карт за таким посиланням https://drive.google.com/drive/folders/1Vlz74Hs_UQZmHolxfToC-Uec87zsOshG?usp=sharing. Далі запустіть «QGIS Desktop». Після запуску програми натисніть кнопку «Створити проект» (Рис. 1.5).

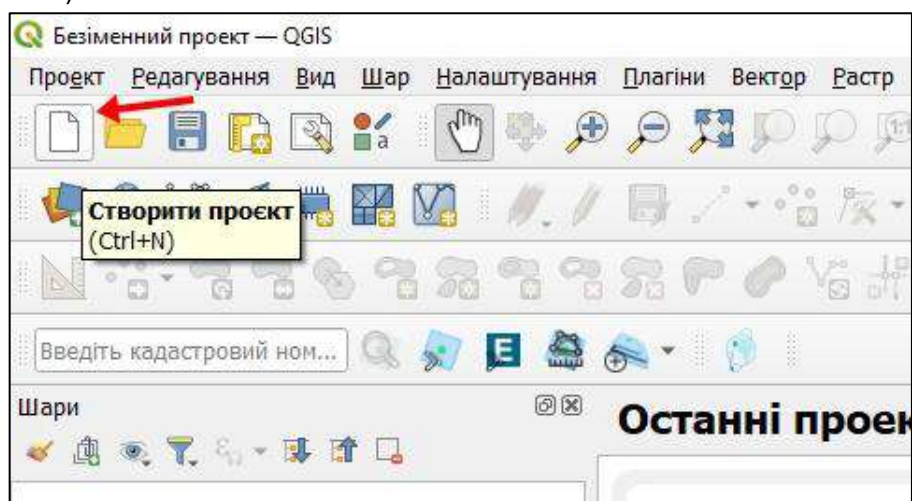


Рис. 1.5. Створення нового проекту ГІС

Щоб виконати геоприв'язку – перейдіть на вкладку «Шар» та виберіть в меню (переліку) функції «Прив'язка растрів» (Georeference) (Рис. 1.6).

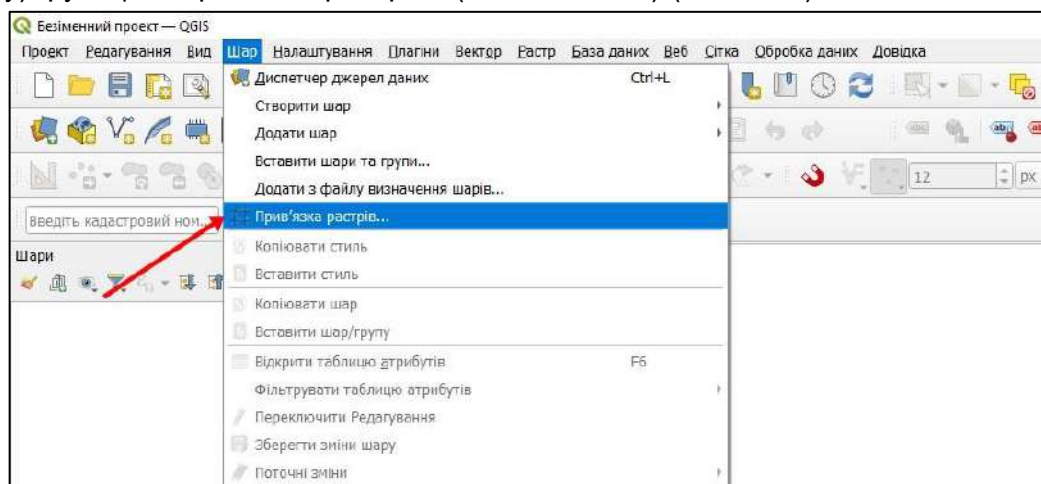
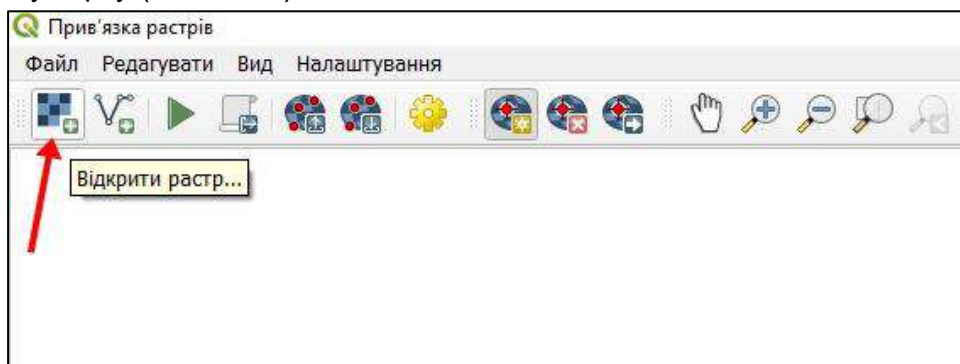
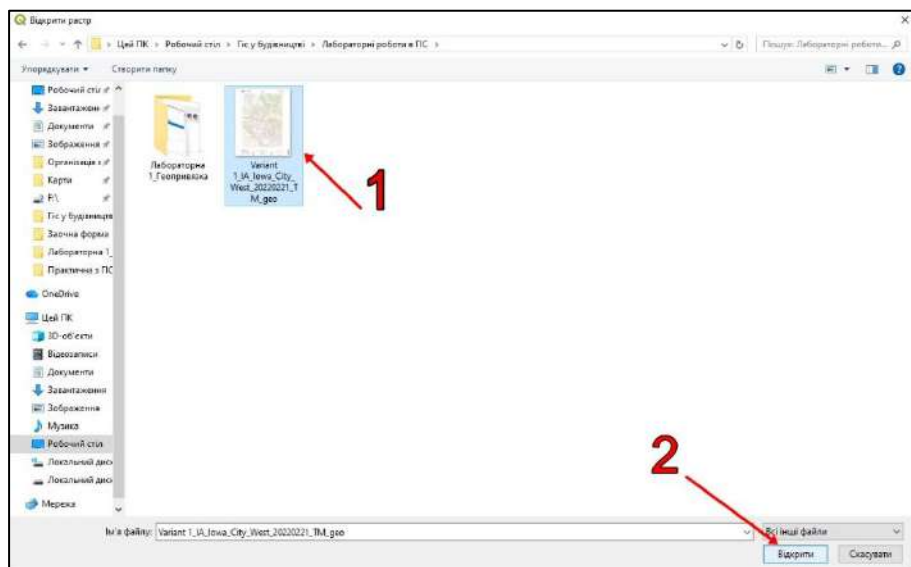


Рис. 1.6. Запуск інструмента «Прив'язка растрів»

Далі натисніть кнопку «Відкрити растр» (Рис. 1.7a) та виберіть попередньо завантажену карту (Рис. 1.7b).



a)



b)

Рис. 1.7. Завантаження карти

Після завантаження потрібної карти в модулі «Прив'язка растрів» активується режим «Додавання точок». На цьому етапі для виконання географічної прив'язки слід «Додати» точки на карті та вказати відповідні координати цієї точки. Координатами точок при прив'язці топокарт можуть бути географічні або прямокутні координати. Прямокутні координати можна проставити

Град + (мин. / 60) + (сек. / 3600).

Якщо все виконано правильно, у «Таблиці контрольних точок» повинен з'явитись запис про додану точку, а у місці прив'язки точка повинна відобразитись червоним кольором (Рис. 1.10.).

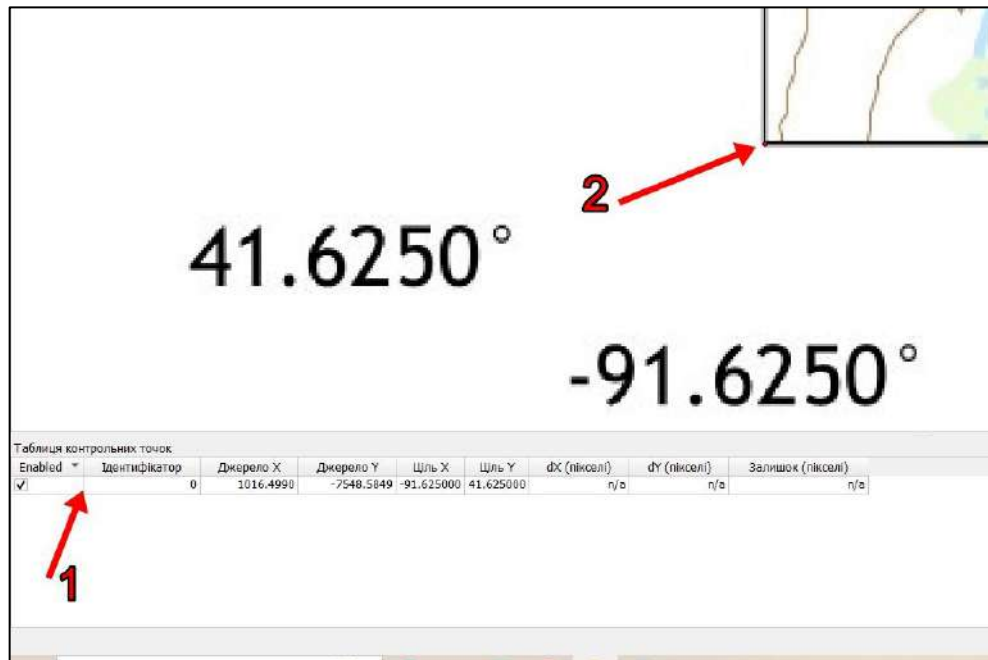


Рис. 1.10. Завершення додавання точки прив'язки

Аналогічні дії виконуєте для проставлення решти точок (проставляєте 4 точки на кутах рамки).

Наступний крок – налаштування процесу перетворення растру, зокрема вказання типу перетворення та методу інтерполяції. Найбільш оптимальним методом інтерполяції вважається «Найближчий сусід» (Nearest Neighbour), а тип перетворення «Лінійний» або «Поліном 1-го порядку». Лінійний тип перетворення є достатнім при прив'язці карти, на якій представлений простий рівнинний рельєф, де нерівності земної поверхні мінімальні. Також при виборі методу впливає стан відсканованої карти (ступінь зім'ятості). Поліном 1-го порядку придатний для території із складним рельєфом. Якщо використовується Лінійна функція при перетворенні, вибірка із точок прив'язки повинна становити мінімум 3 точки, а при поліному 1-го порядку – мінімум 4. Оптимальна кількість точок – це індивідуальне явище, оскільки надмірна кількість точок може сильно спотворити вихідний растр при перетворенні, а мінімальна – неякісна прив'язка. Тому важливим при виконанні геоприв'язки не кількість місць для прив'язки, а врахування специфіки території, яка зображена на карті.

У нашому випадку, оптимальним типом перетворення може бути як «Лінійна ф-я» так і ф-я «Поліному 1-го порядку». У кращому випадку можна виконати геоприв'язку із використання обох функцій, а в кінцевому результаті залишити найбільш придатний результат.

Отже, для даної геоприв'язки використовуємо такі параметри: тип перетворення: Поліноміальна 1, метод інтерполяції: Nearest Neighbour; Цільова СК: WGS 84 EPSG:4326. Решту параметрів залишаємо без змін (Рис. 1.11). Вихідний файл за замовчуванням зберігається у місці розташування вхідного растру.

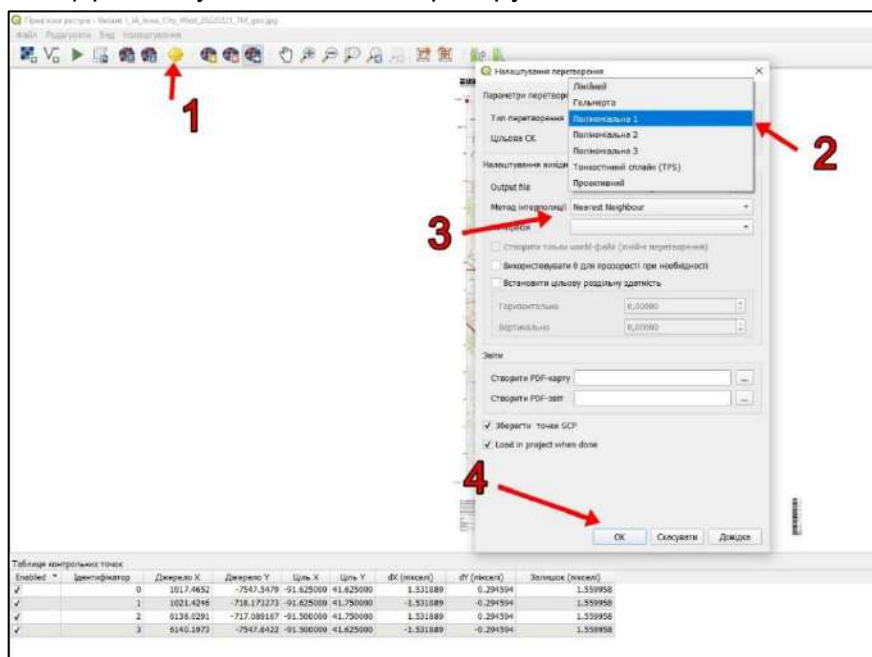


Рис. 1.11. Налаштування параметрів прив'язки

Для початку процесу геоприв'язки натискаєте кнопку «Почати прив'язку» та зачекайте поки відбудеться перерахунок комірок вхідного растру (Рис. 1.12).

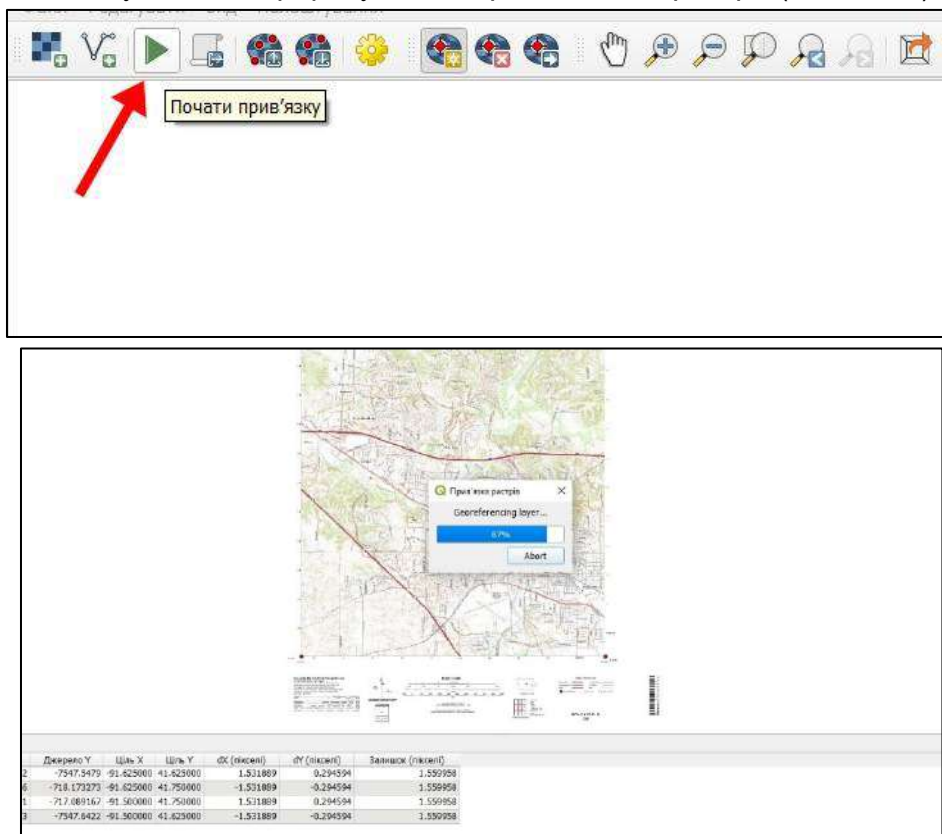
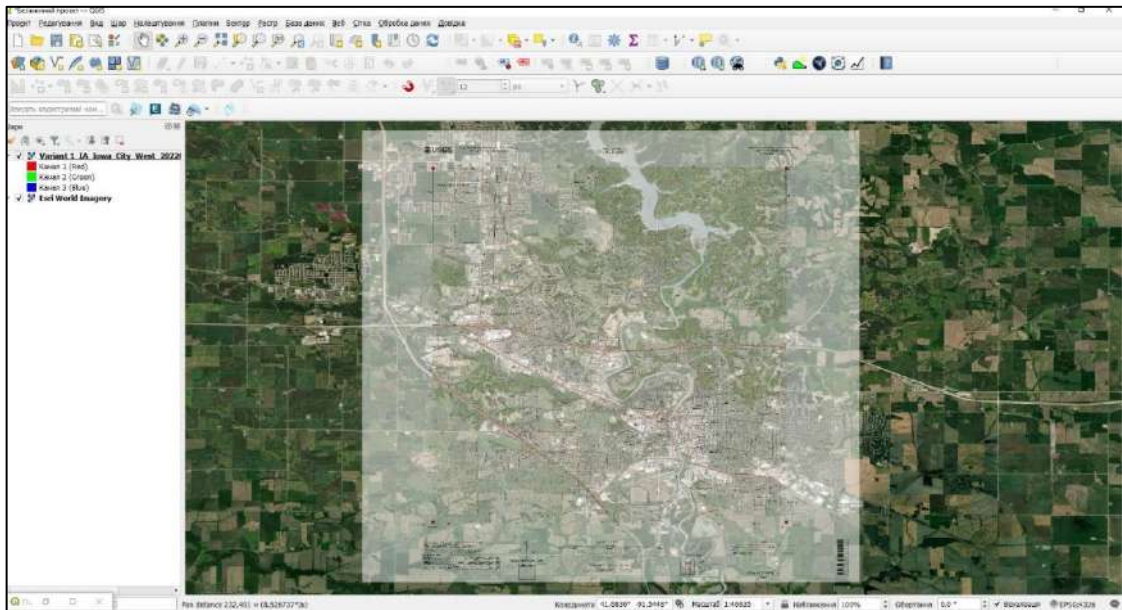


Рис. 1.12. Виконання геоприв'язки

При порівнянні результату прив'язки із супутниковим зображенням (Рис. 1.13.), бачимо, що результат прив'язки є задовільним і карта придатна до використання.



a)



b)

Рис. 1.13. Оцінювання результатів геоприв'язки карти: а) результат прив'язки; б) порівняння картографічного зображення геоприв'язаної карти із супутниковим зображенням.

Геоприв'язка карти/плану без координатної сітки

Для роботи завантажте один із генеральних планів. В якості прикладу, розглянемо геоприв'язку генерального плану м. Ужгород використовуючи спосіб, коли нам невідома система координат, а на картографічному матеріалі відсутні координатна сітка. У цьому випадку, для геоприв'язки використовується вже геоприв'язана карта, яка буде слугувати джерелом координат для вхідного растра. Загальний принцип полягає у знаходженні

спільних місць між обидвома картографічними матеріалами, які будуть слугувати точками прив'язки, при цьому координати зчитуються автоматично.

Для прив'язки картографічних матеріалів населених пунктів найбільш підходящими будуть дані OSM, GoogleMaps, EsriToro і т.д. Ці дані можна отримати безпосередньо у програмному середовищі QGIS. Для цього необхідно встановити відповідний плагін – QuikMapService (QMS).

Щоб встановити даний плагін, перейдіть на вкладку «Плагіни» і натисніть «Управління плагінами» (Рис. 1.14а). У полі пошуку вводите «QMS», вибираєте потрібний плагін і тиснете «Встановити плагін» (Рис. 1.14b).

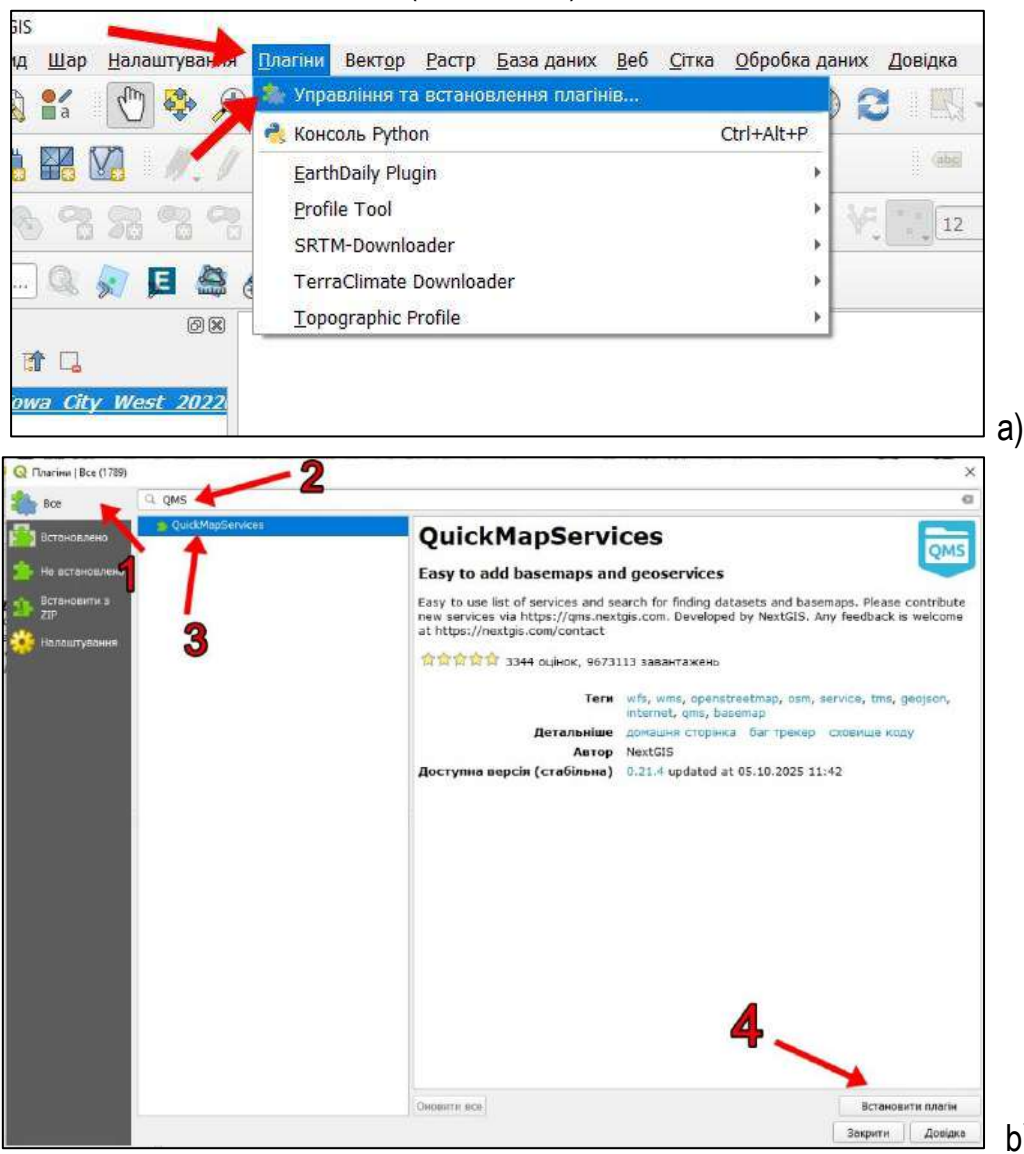
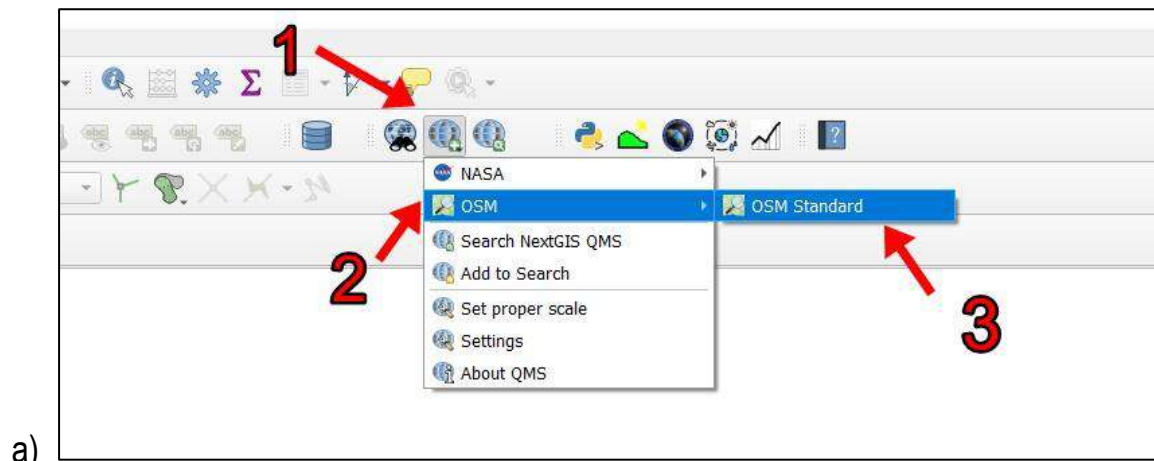
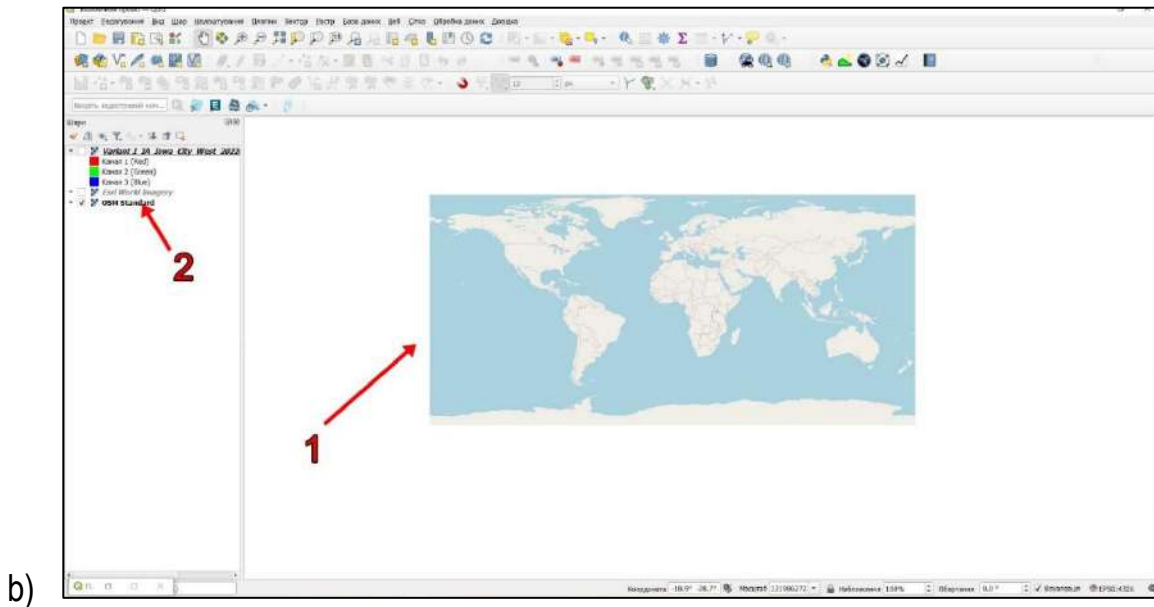


Рис. 1.14. Встановлення плагіна QMS

Після встановлення, плагін повинен з'явитись на панелі інструментів. Щоб завантажити карти OSM або інші відкриті дані, надведіться на значок цього плагіна і виберіть OSM (Рис. 1.15а).



a)



b)

Рис. 1.15. Завантаження даних OSM

Після виконаних дій у робочій області з'явиться карта Землі у загальному огляді, а відповідний шар – у вікні шарів (Рис. 1.15b). Шукаєте на цій карті необхідну область, яка буде використовуватись як основа прив'язки, у нашому випадку це м. Ужгород (Рис. 1.16).

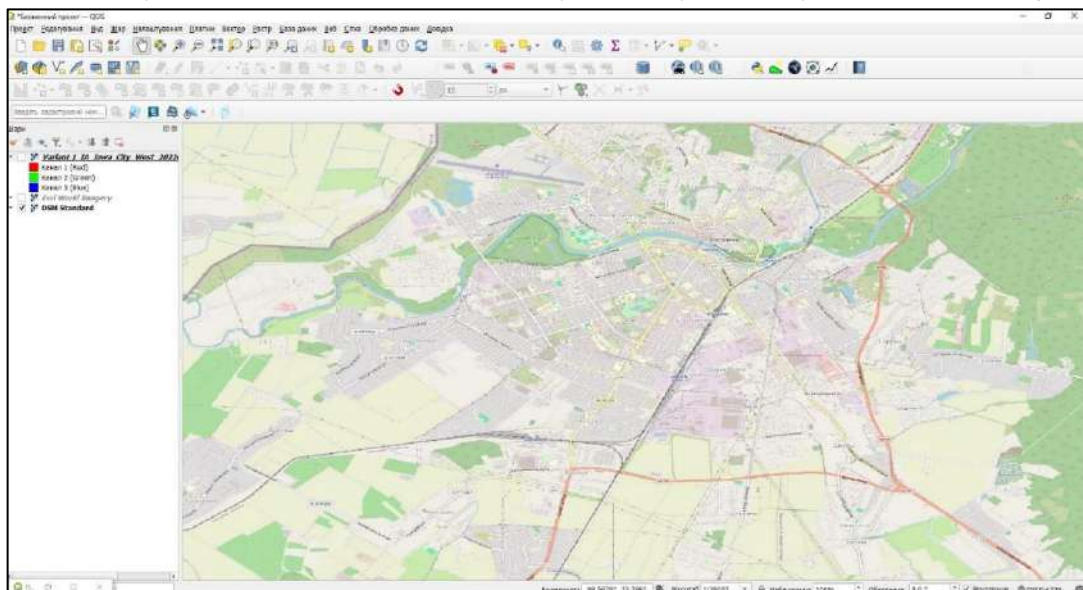


Рис. 1.16. Зображення м. Ужгород на картах OSM

Далі можемо переходити безпосередньо до прив'язки. Порядок завантаження растрового зображення та як додавати точки ми розглянули раніше. Єдине, що змінюється це підхід до введення координат.

Щоб виконати прив'язку генплану необхідно знайти на карті OSM (основа прив'язки) місце або об'єкт, який відповідає місцю/об'єкту на генеральному плані. Для карт та планів населених пунктів, як місця прив'язки, найкраще використовувати такі елементи: перехрестя вулиць, межі лісопарків, водні об'єкти і т.д (Рис. 1.17).

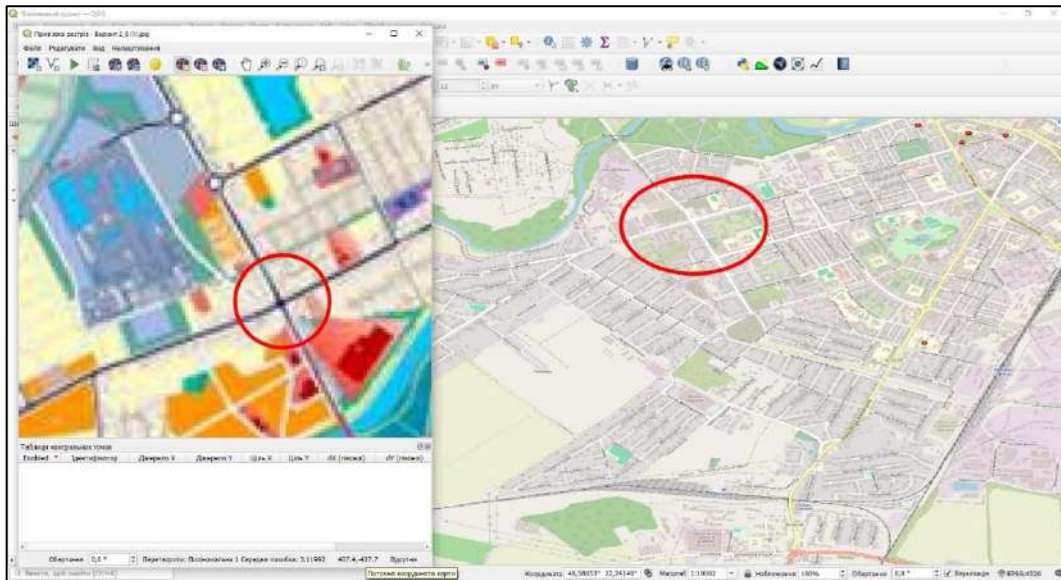


Рис. 1.17. Вибір місця для додавання точки прив'язки

Після вибору потрібного місця для обидвох карт, додаєте точку і у вікні введення координат тиснете кнопку «З карти» (Рис. 1.18).

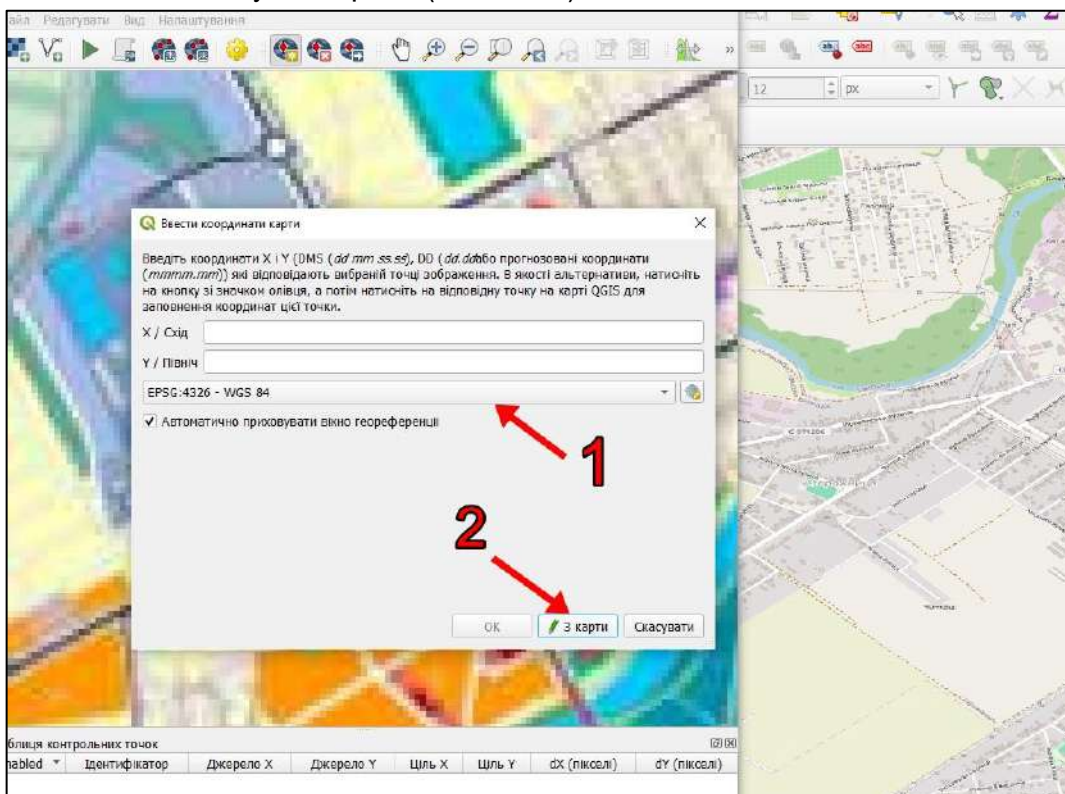


Рис. 1.18. Вибір проекції та додавання точки прив'язки

Після цього тиснете мишею на те ж місце на основі прив'язки, для автоматичного введення координат. Після цієї дії поля з координатами автоматично заповнені. Далі тиснете «ОК» для додавання точки (Рис. 1.19).

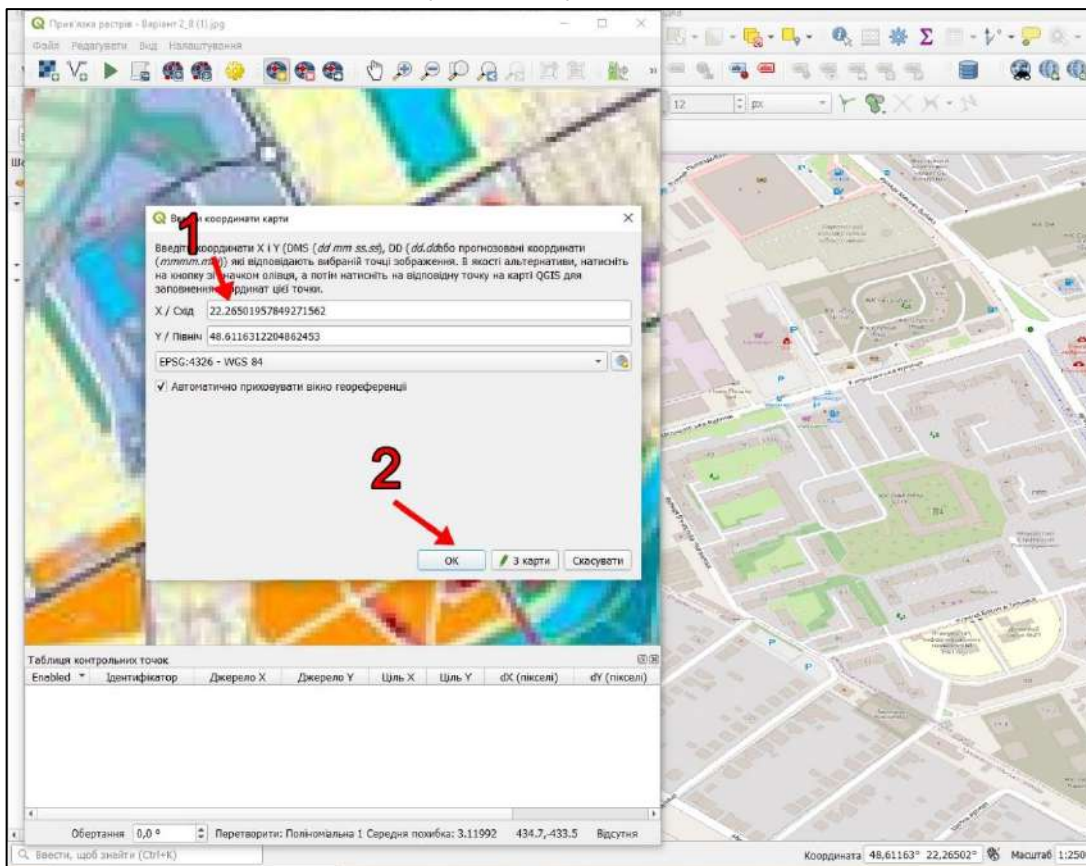


Рис. 1.19. Додавання точки прив'язки

Виконуєте аналогічні операції доки не набереться необхідна кількість точок прив'язки для виконання перетворення. Також, при підборі набору точок прив'язки, необхідно забезпечити мінімальну середню похибку (Рис. 1.20).



Рис. 1.20. Перевірка та контроль середньої похибки прив'язки

Після проставлення необхідної кількості контрольних точок, виконайте геоприв'язку і оцініть результат.

Завдання 2.: Оцифрування елементів генерального плану

Створіть новий проект. Збережіть новий проект у підготовлену папку (Рис. 1.21).

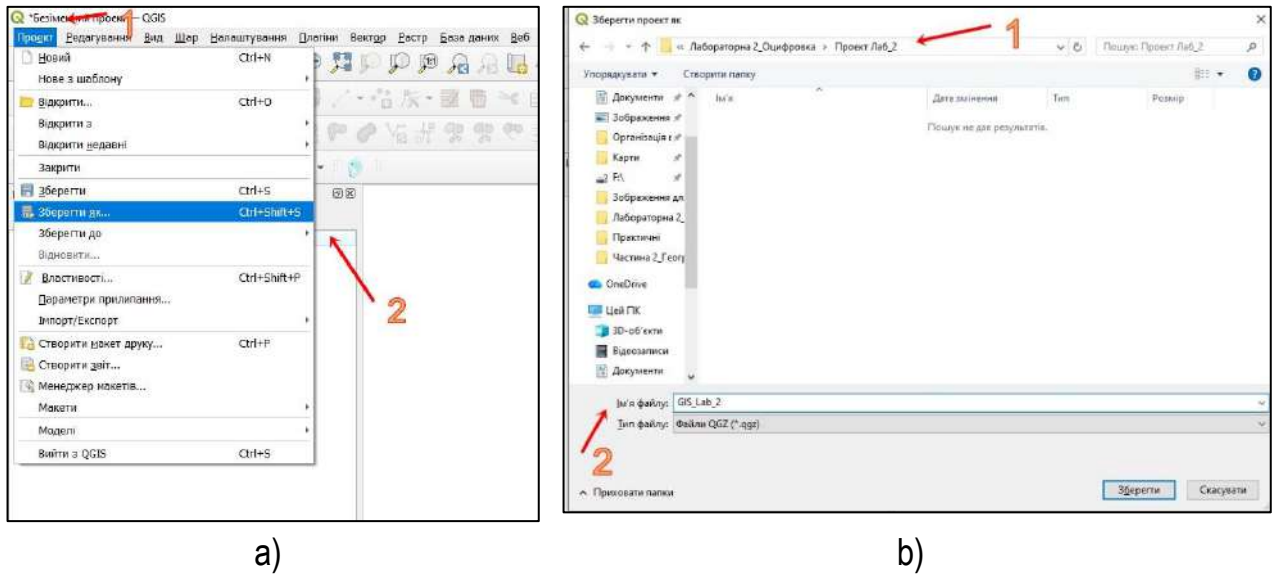
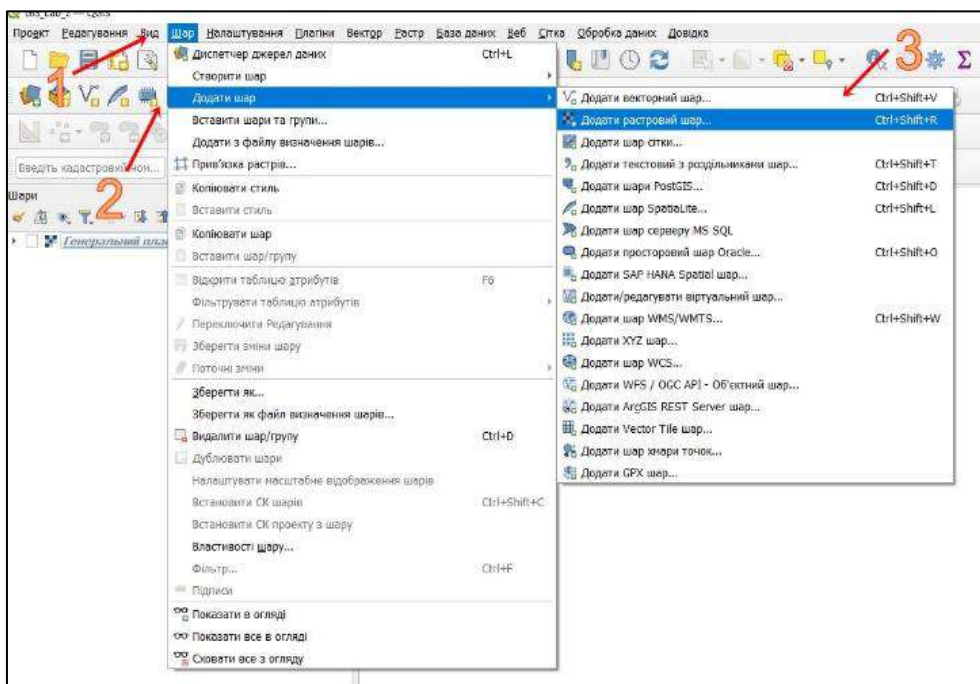


Рис. 1.21. Створення робочого проекту ГІС

Завантажте та додайте геоприв'язаний картографічний матеріал. **Картографічні матеріали** завантажте за цим посиланням – https://drive.google.com/drive/folders/1Vlz74Hs_UQZmHolxfToC-Uec87zsOshG?usp=sharing. Прим.: завантажуєте файл із префіксом ***modified***.

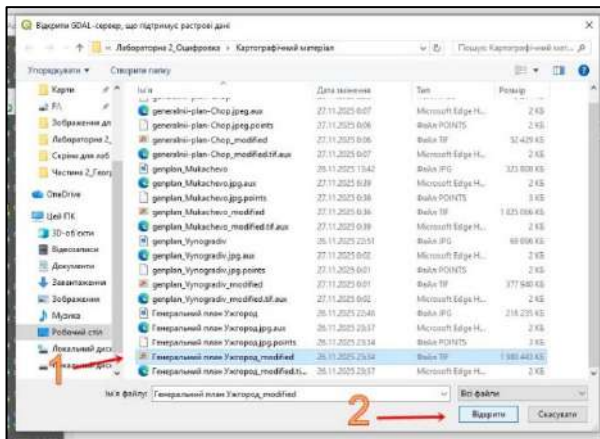
Щоб додати геоприв'язаний шар до робочого проекту, перейдіть на вкладку «Шар», виберіть «Додати шар» та натисніть «Додати растровий шар» (Рис. 1.22:a,b). Далі вкажете шлях де знаходиться завантажений геоприв'язаний растр і тиснете «Ок» (Рис. 1.22:c,d).



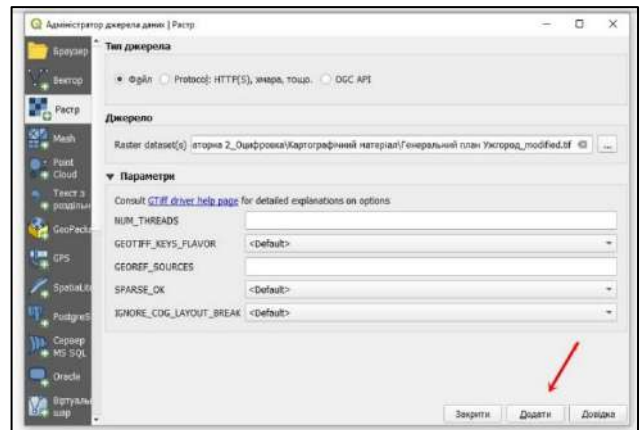
a



b



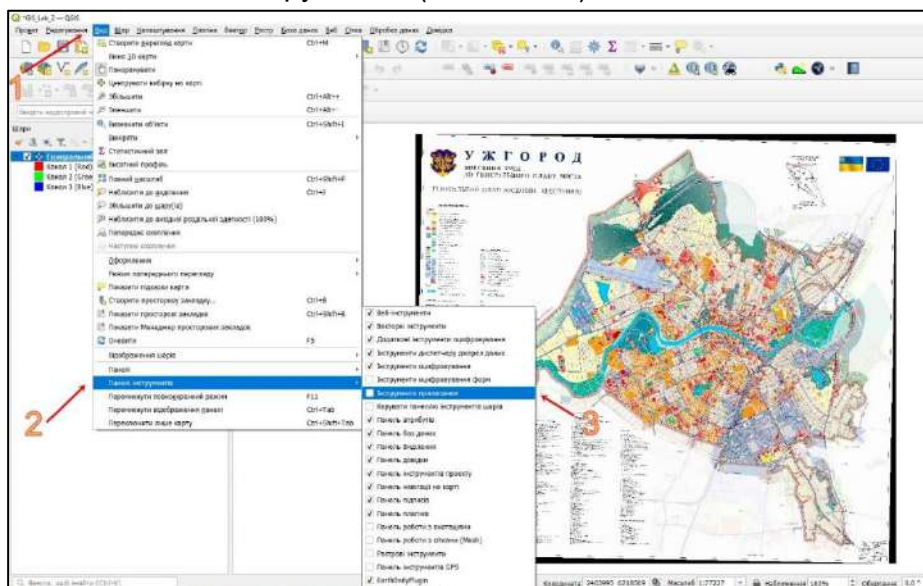
с



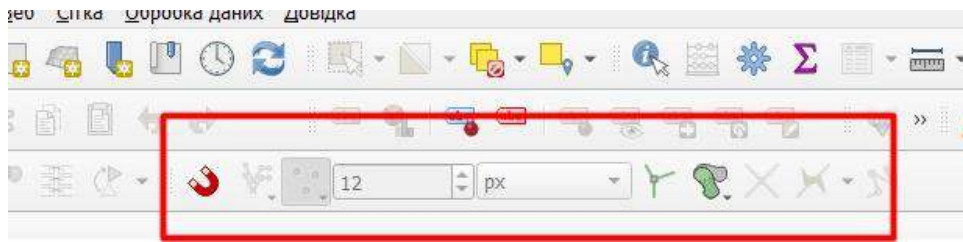
d

Рис. 1.22. Додавання геоприв'язаного растра в робочий ГІС проект

Для виконання якісного ручного оцифрування необхідним є використання «Інструментів прилипання». По замовчуванню ці інструменти приховані з основної панелі інструментів. Щоб їх відобразити, вибираєте вкладку «Вид», «Панель інструментів» і ставите галочку на «Інструменти прилипання» (Рис. 1.23а). Після цього інструменти з'являються на панелі інструментів (Рис. 1.23б).



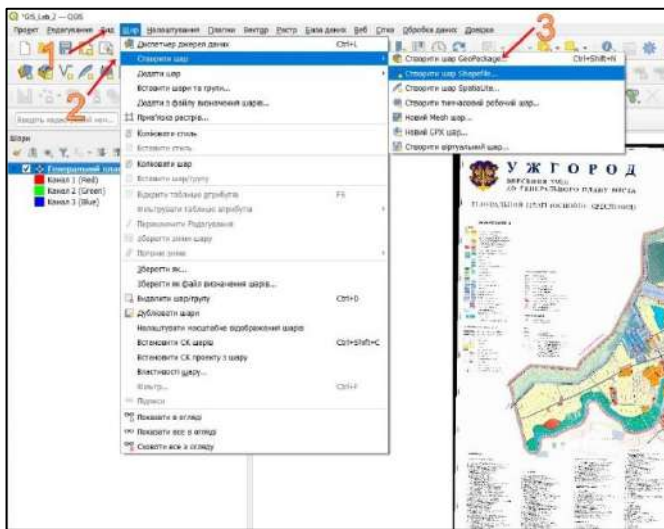
a



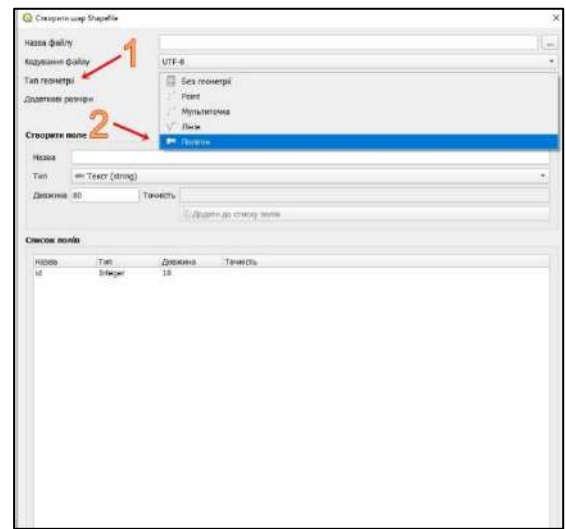
b

Рис. 1.23. Порядок активування «інструментів прилипання»

Щоб створити новий шейп-файл перейдіть на вкладку «Шар», виберіть «Створити шар Sharfile» (Рис. 1.24а). Вибираєте тип геометрії, тобто за допомогою якого геометричного примітиву будуть описані об'єкти із генплану (Рис. 1.24б). Зокрема, для земельних ділянок, будівель – полігон, для доріг – лінія, для висотних відміток, пам'яток архітектури – точка.



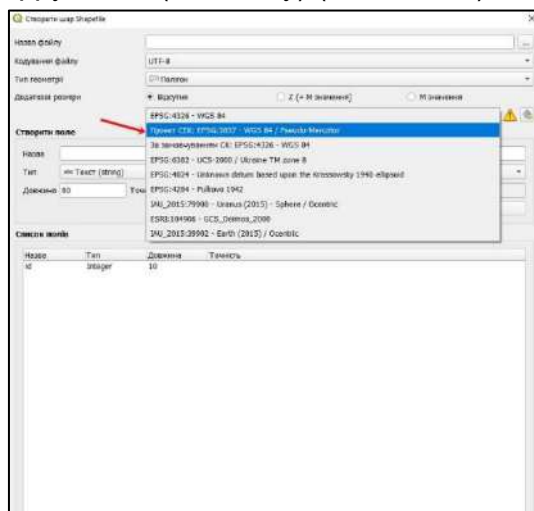
a



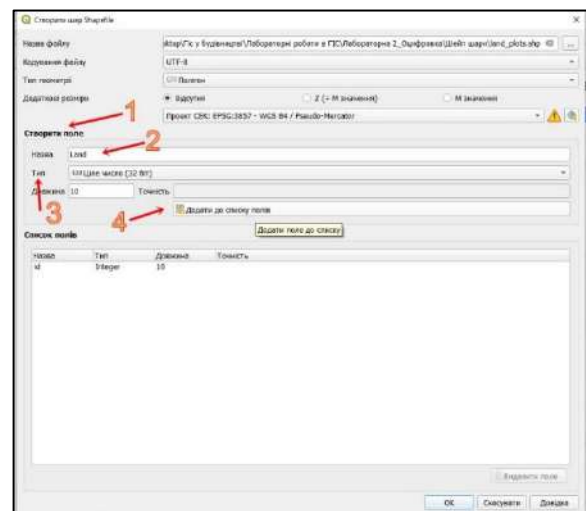
b

Рис. 1.24. Створення векторного шару (Sharfile)

В полі «проекція» слід вибрати ту проекцію яка відповідає проекції об'єкту оцифрування (генплану) (Рис. 1.25а).



a



b

Рис. 1.25. Налаштування для створюваного векторного шару (земельні ділянки)

Наступна дія – визначення структури таблиці атрибутів, тобто які поля буде містити атрибутивна таблиця векторного шару. На цьому етапі додаєте стовпці, які на ваш розсуд доцільно використати у процесі безпосередньої оцифровки. Зокрема це стосується тих даних, які варто відразу вносити в атрибутивну таблицю під час оцифрування об'єктів із генплану. Наприклад, атрибут класу земельної ділянки (житлова забудова, промислові підприємства і т.д.), який може бути інтерпретований у вигляді числового значення (закодований). Тому, рекомендується перед процесом оцифровки створити як мінімум одне додаткове поле, яке буде містити атрибут класу об'єкта. Щоб додати таке поле, спочатку вкажіть ім'я цього поля (2); далі виберіть тип даних (рекомендується для цього поля вказати «ціле число» (3)); довжина – кількість символів у полі. Після вказання необхідних параметрів, тиснете «Додати до списку полів» щоб створити нове поле (4). Зауважимо, що перелік полів даного векторного шару не обмежений, тому рішення щодо кількості полів залишається за Вами. Приклад створеного переліку полів наведено на **Рис. 1.26**.

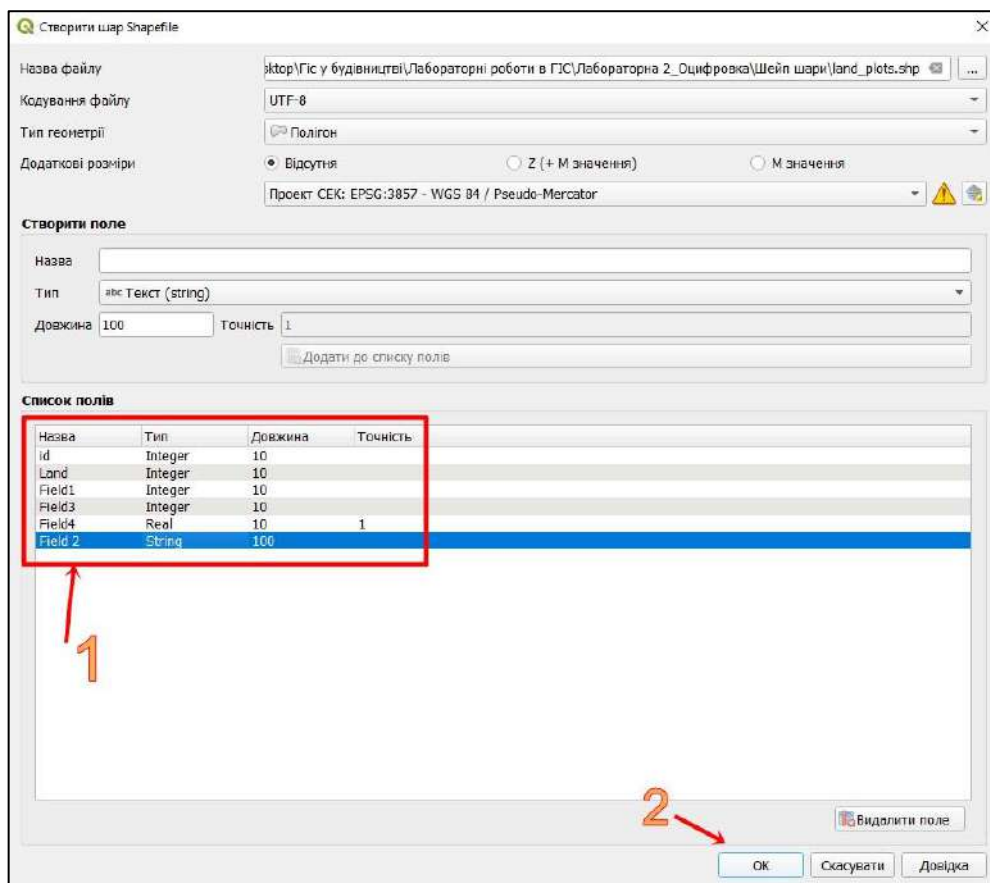


Рис. 1.26. Базовий перелік полів таблиці атрибутів для векторного шару (земельні ділянки)

Після виконання всіх операцій із налаштування векторного шару, залишається вказати його назву та місце збереження (**Рис. 1.27**). Найкраще, шлях для збереження вказати папку де зберігається Робочий ГІС проект.

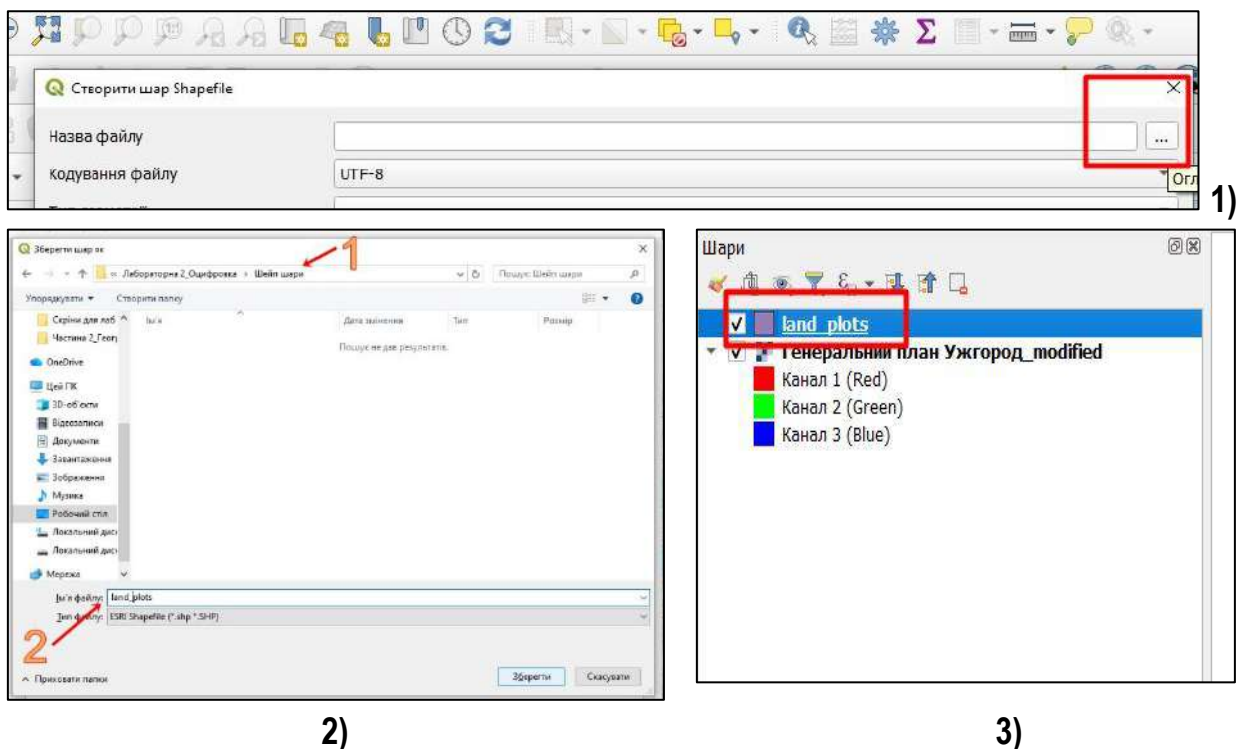


Рис. 1.27. Збереження створюваного векторного шару

Щоб почати процес оцифрування виберіть потрібний шар із переліку шарів і натисніть «Включити редагування» (Рис. 1.28).

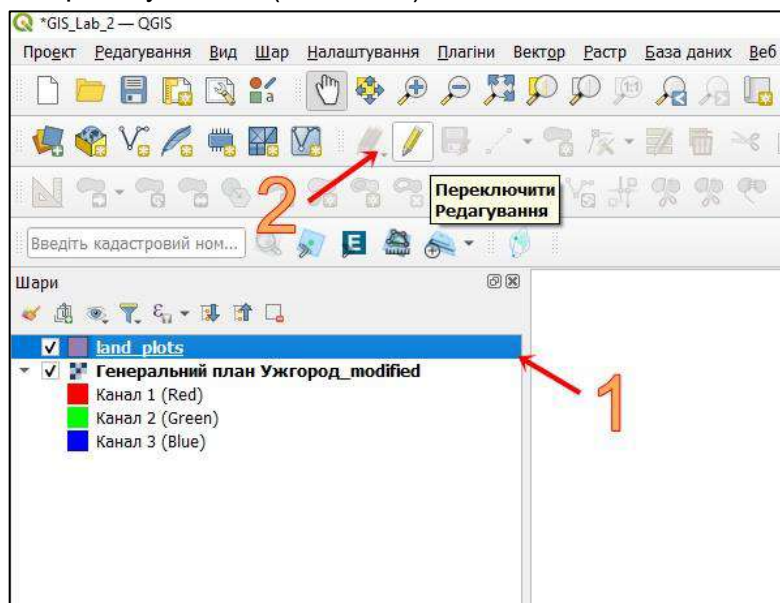


Рис. 1.28. Активування режиму редагування

Перед початком оцифровки потрібно визначитись із правилами кодування атрибутів об'єктів. Зокрема це стосується умовних позначень генерального плану. Найкраще при кодуванні використовувати цілі числа, а систему кодування, тобто якому конкретному числу відповідає конкретний умовний знак визначає самостійно. Приклад кодування наведено на Рис. 1.29.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

1 ТЕРИТОРІЇ:		2	
існуючі	проектні		
1	1	БІЛІ	БАГАТОКВАРТИРНОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ ¹
2	ЖОВТІ	САДИБНОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ	
3	ЖОВТІ	ІСНУЮЧІ ВІДВЕДЕНІ ЗЕМЕЛЬНІ ДІЛЯНКИ САДИБНОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ ВІДПОВІДНО ДЗК (незавершене будівництво)	
4	ЖОВТІ	БАГАТОКВАРТИРНОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ (освоєння можливе при дотриманні умов зазначених у пояснювальній записці)	
5	ЖОВТІ	САДИБНОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ (освоєння можливе при дотриманні умов зазначених у пояснювальній записці)	
6	КРАСНІ	УСТАНОВ І ПІДПРИЄМСТВ ОБСЛУГОВУВАННЯ	
І Т.Д.	КРАСНІ	РЕКОНСТРУКЦІЇ КВАРТАЛІВ САДИБНОЇ ЗАБУДОВИ	
	ЗЕЛЕНІ	ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ ²	
	ЗЕЛЕНІ	БОТАНІЧНИХ САДІВ	
	ЗЕЛЕНІ	ЛУГОПАРКІВ	
	ЗЕЛЕНІ	МЕМОРИАЛЬНИХ ПАРКІВ	

Рис. 1.29. Принцип кодування атрибутів земельних ділянок: Функціональне призначення/використання – 1,2,3...; існуючі території – 1, проектні – 2.

Щоб додати новий векторний об'єкт (полігон) натисніть на «Додати полігональний об'єкт» на панелі інструментів (Рис. 1.30)

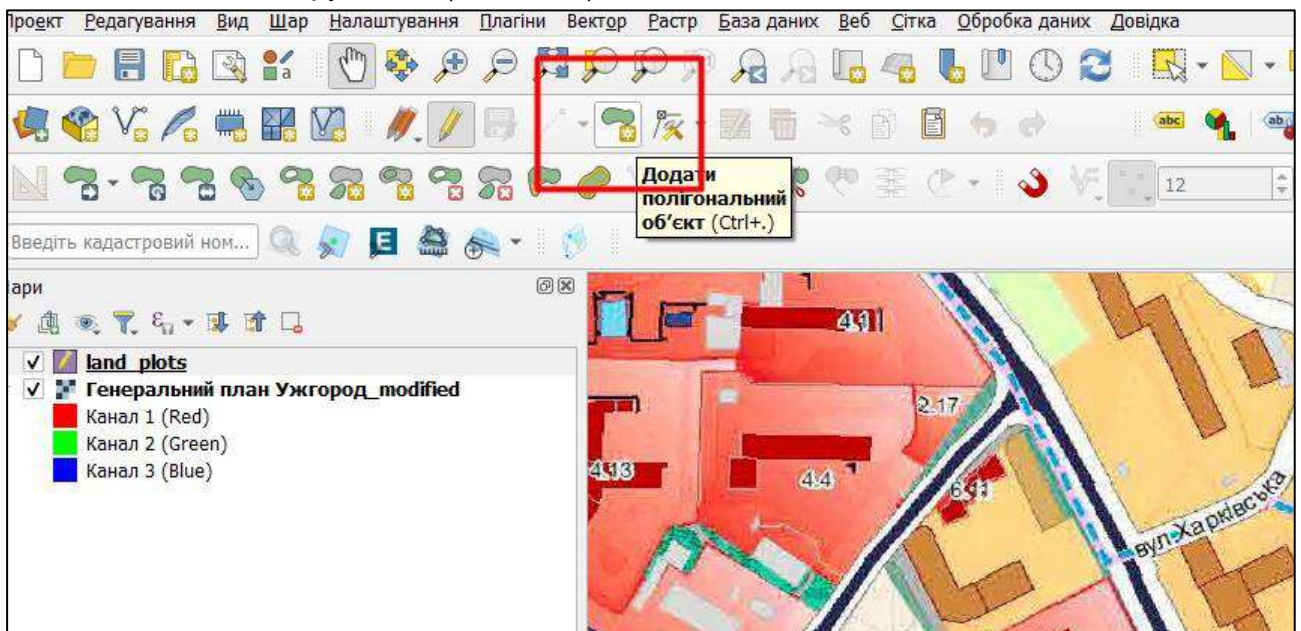
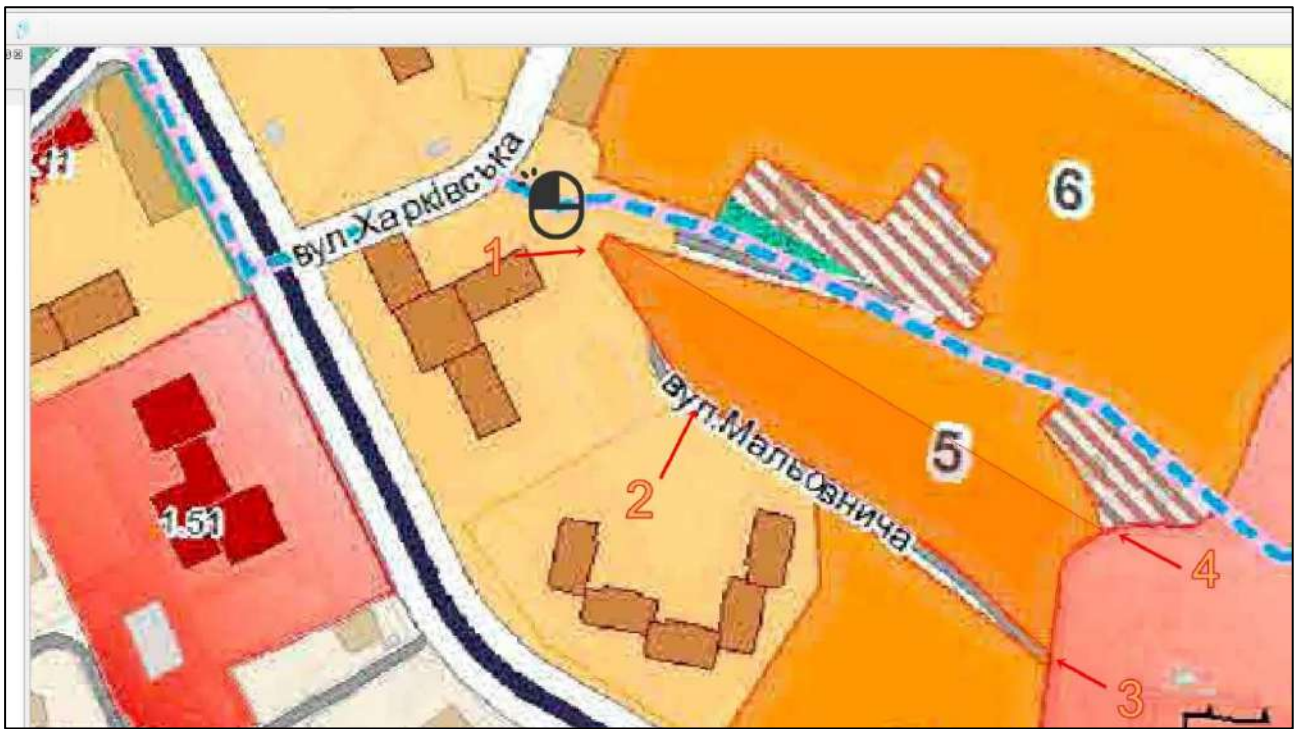
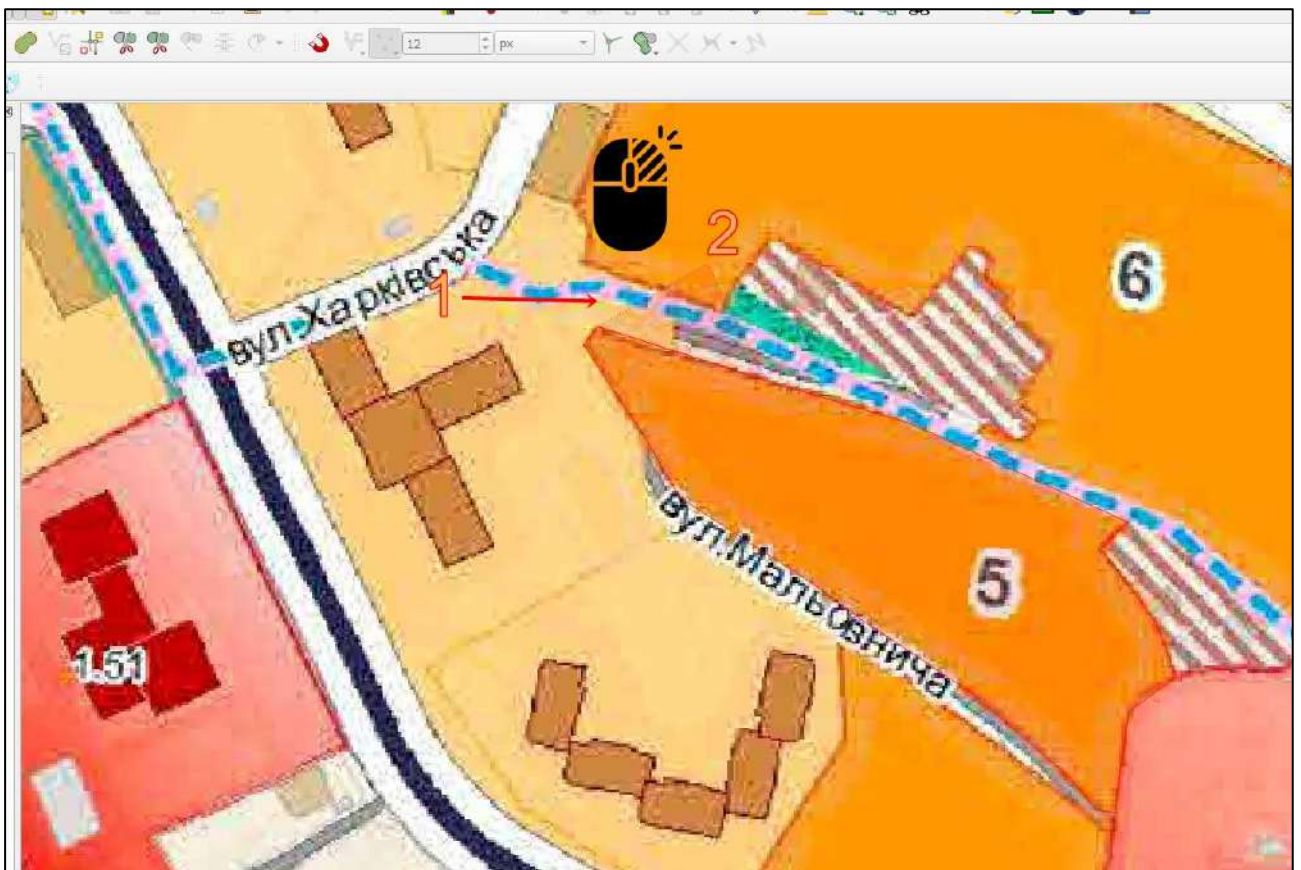


Рис. 1.30. Додавання полігонального об'єкта

Далі виконуються дії щодо додавання точок (вершин) полігону, безпосередньо на генплані. Виглядає це як обведення контурів об'єкта на генплані, при цьому із використанням точок та ліній (Рис. 1.31). Щоб додати точку, натискаєте ліву кнопку миші, а за допомогою прокручування ролика миші – змінюєте масштаб відображення генплану, натискання на ролик – дозволяє вільне переміщення картографічного зображення.



а



б

Рис. 1.31. Процес створення полігону: а) додавання точок (обведення), б) завершення створення полігону

Для завершення процесу оцифрування (обведення) об'єкта – натискаєте праву кнопку миші (Рис. 1.31б).

Після цього, з'являється вікно для введення атрибутивних даних (Рис. 1.32). В цьому вікні у відповідні поля вносите дані про об'єкт, зокрема id об'єкта – порядковий номер; land – відповідний код земель (див. Рис.1.29); поле «Field1» використовуємо для кодування стану об'єктів: 1 – існуючі; 2- проектні.

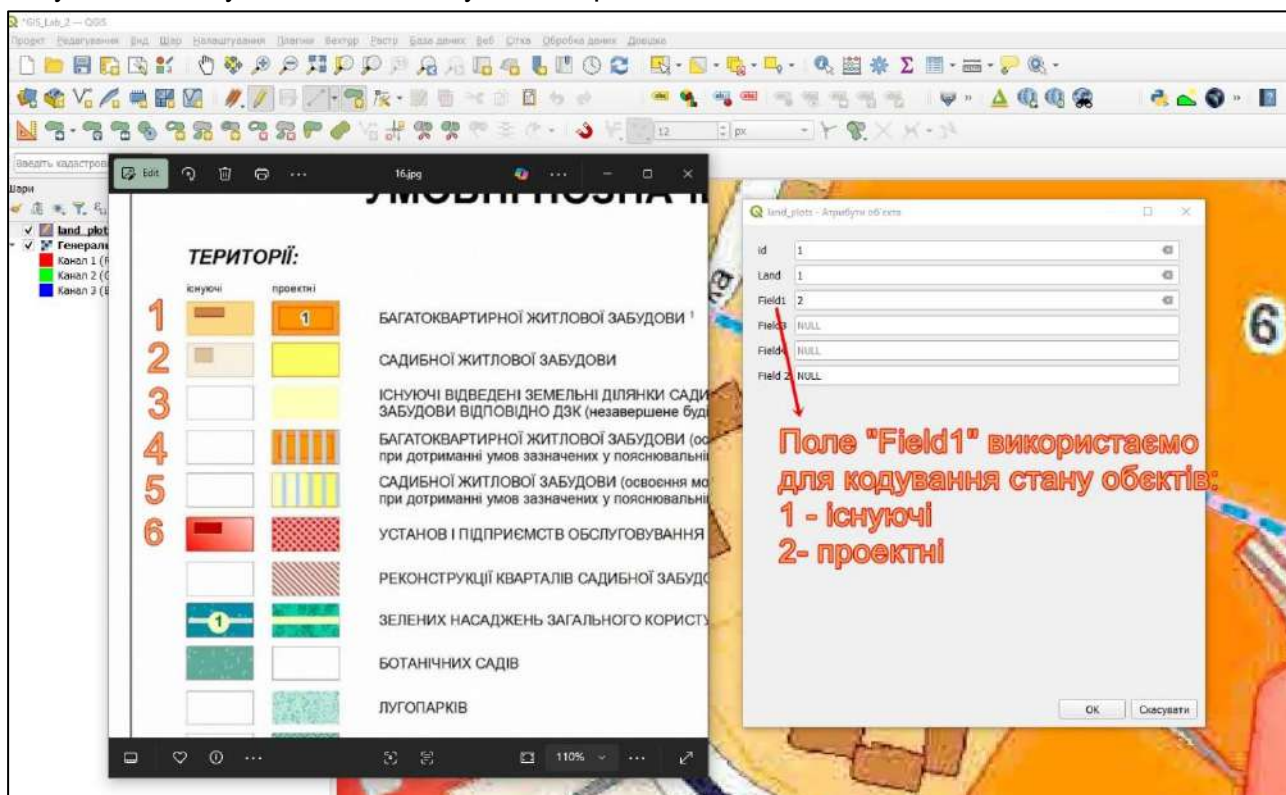


Рис. 1.32. Внесення атрибутивних даних

Зверніть увагу:

- 1 – Якщо на певному етапі оцифрування об'єкта була додана зайва точка, для її видалення натисніть кнопку «Delete» на клавіатурі.
- 2 – Для редагування вже оцифрованого об'єкту використайте функції «Vertex tool – Current layer» (Рис. 1.33).

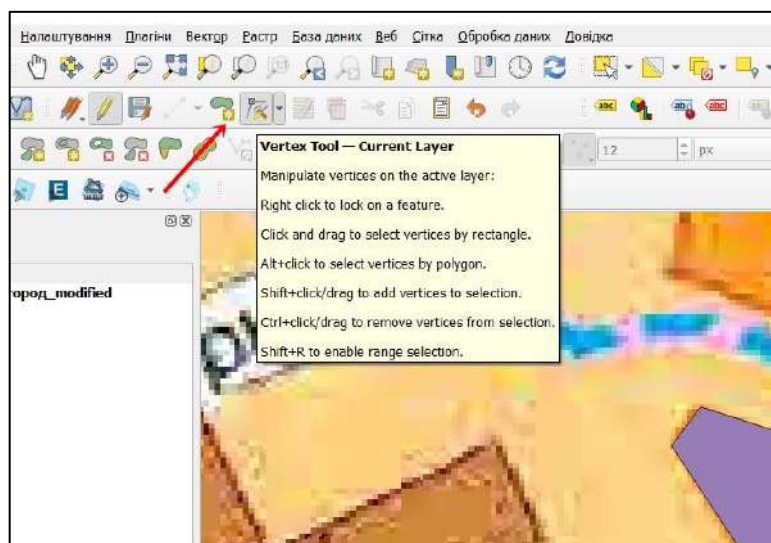


Рис. 1.33. Використання інструменту «Vertex tool для редагування шарів

За допомогою цього інструменту можна виправити полігон шляхом зміни положення вершин полігону (а), або додавання нової вершини полігону (b) (Рис. 1.34).

Для зміни положення точки полігону, в режимі «Vertex tool» наведіться мишею на одну з вершин і натисніть ліву кнопку миші, після чого змінюєте положення точки на бажане (а). Щоб додати нову вершину для полігону, наведіться на одну із його ліній; після цього по середині відрізка з'явиться відмітка для створення нової вершини. Натисніть ліву кнопку миші в цьому місці і вкажіть потрібне положення точки (b).

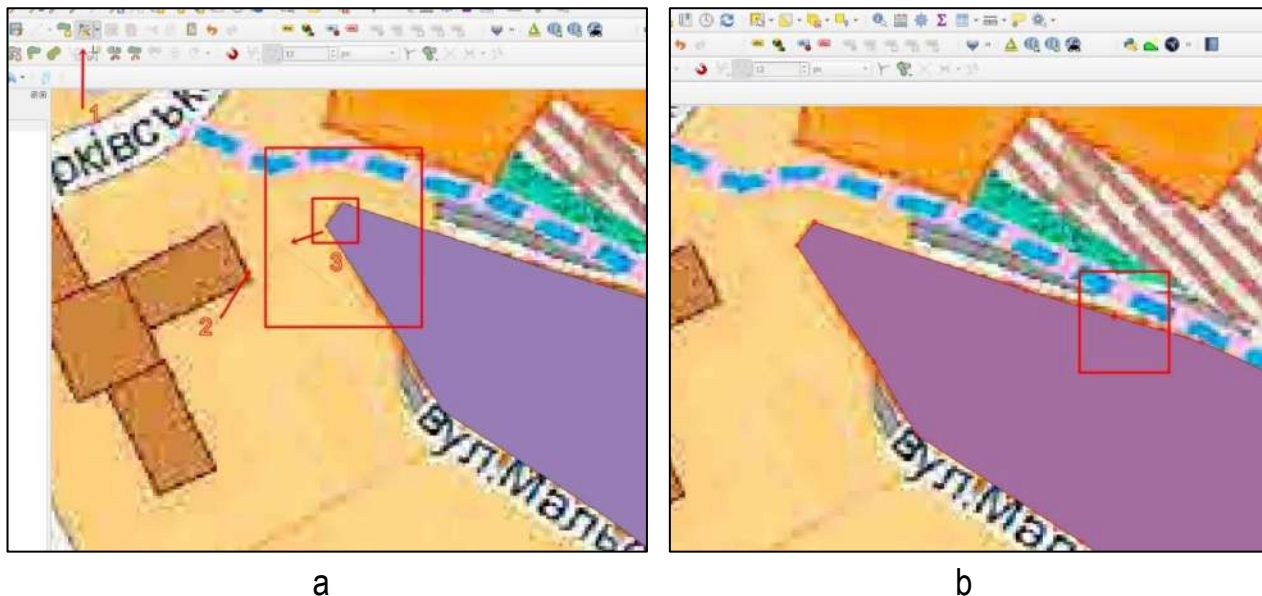


Рис. 1.34. Редагування векторного шару: а – зміна положення однієї з вершин полігону; б – додавання нової вершини полігону

При оцифруванні об'єкта, який має спільну сторону (ребро) з іншим об'єктом, для забезпечення точного прилягання їх сторін використовуєте «Інструменти прилипання» (Рис. 1.35).

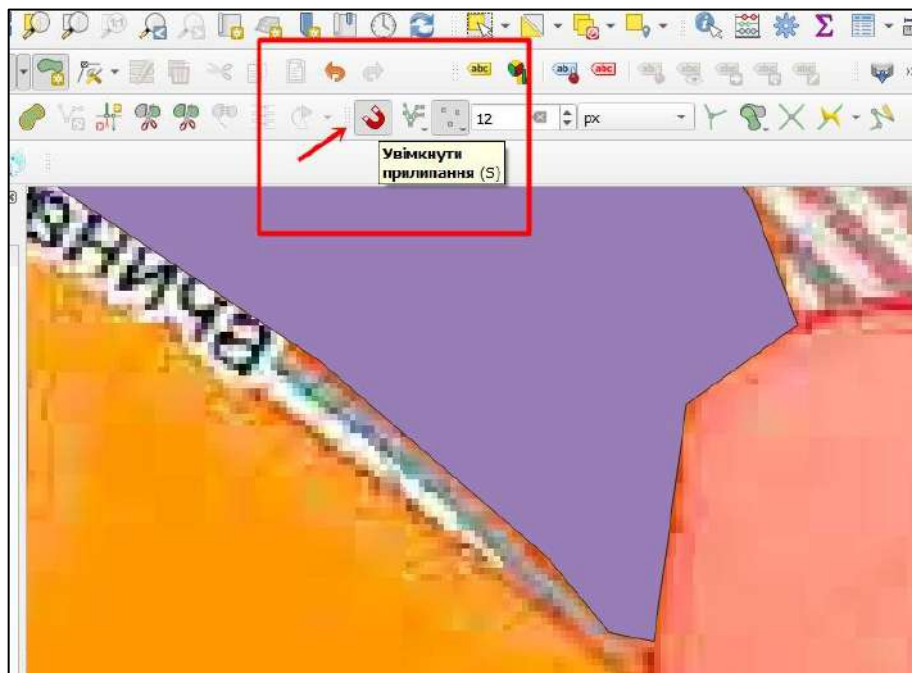


Рис. 1.35. Активування інструментів прилипання

Суть використання цього інструменту полягає у автоматичному донаведенні (2) при проставлянні точок до вершини сусіднього полігону (**Рис. 1.36**).

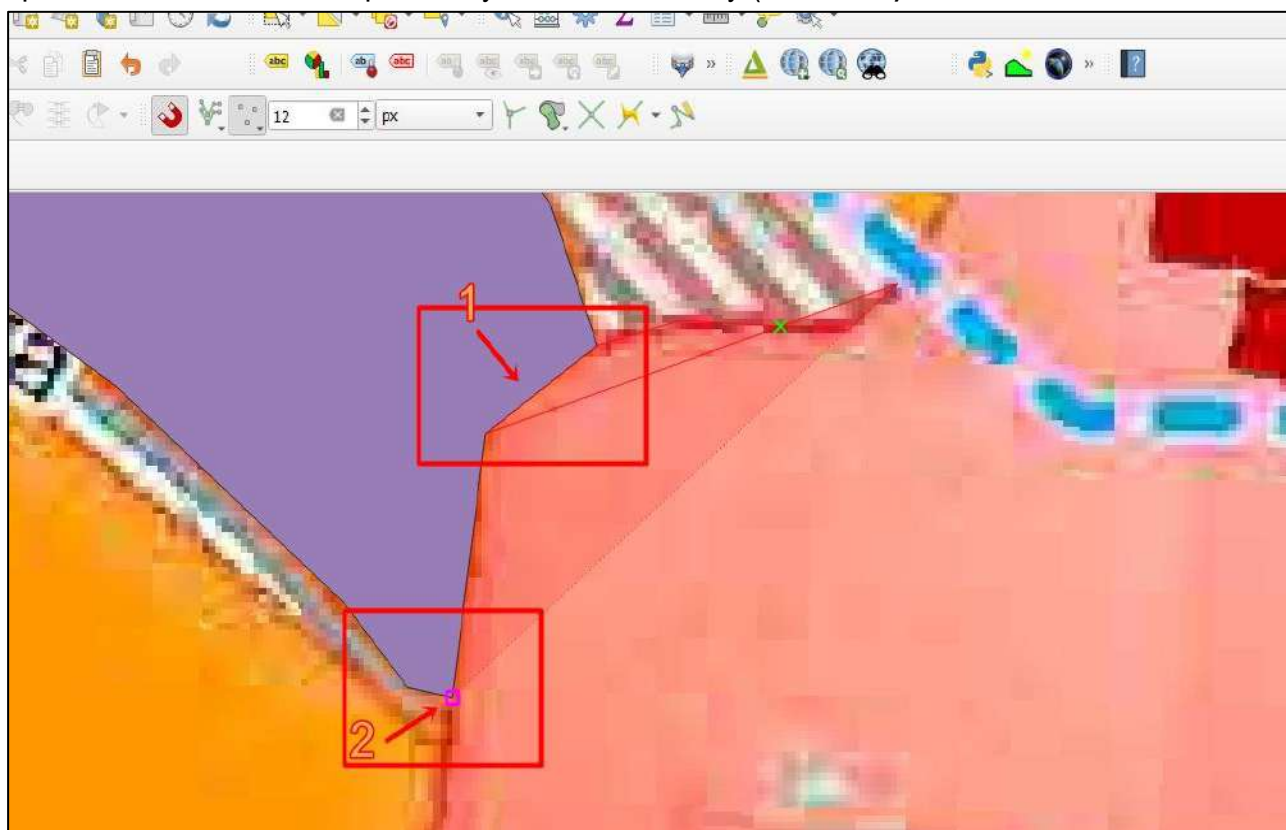


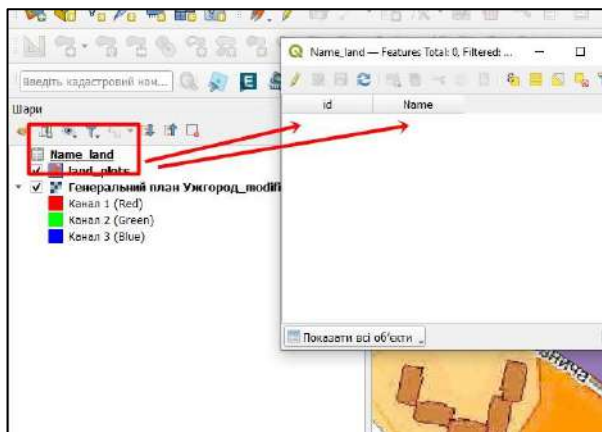
Рис. 1.36. Використання інструментів прилипання при створенні полігону:
1 – результат використання «прилипання»; 2 – вигляд донаведення.

Виконайте оцифрування решти об'єктів генплану, і врахуйте, що для різних об'єктів міського середовища перелік атрибутів також різниться.

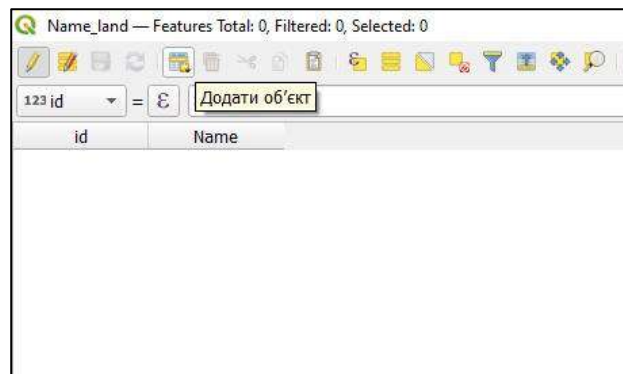
Завдання 3: Створення та об'єднання атрибутивних таблиць

Розглянемо процес об'єднання атрибутивних таблиць на прикладі розшифрування функціонального призначення земельних ділянок для попередньо створеного векторного шару. Для виконання цього завдання використовуються реляційні операції, що полягає у створенні зв'язку таблиці атрибутів векторного об'єкту (основна таблиця) із таблицею (підлеглою), де міститься інформація про кодування умовних позначень.

Для цього створіть новий shaperefile (див. **Рис. 1.25**) без геометрії. Таким чином буде створено окремий шар, який немає просторових даних, натомість містить виключно атрибутивні дані. Обов'язковими полями для цієї таблиці повинні бути код умовного позначення (id) та назва класу земель (Name) – розшифровку (**Рис. 1.37a**). Щоб додати новий запис натисніть кнопку «Додати об'єкт» (**Рис. 1.37b**).



a



b

Рис. 1.37. Додавання записів до таблиці

Після цього вносите відповідні відомості у відповідні комірки, і тиснете «Зберегти зміни» (Рис. 1.38).

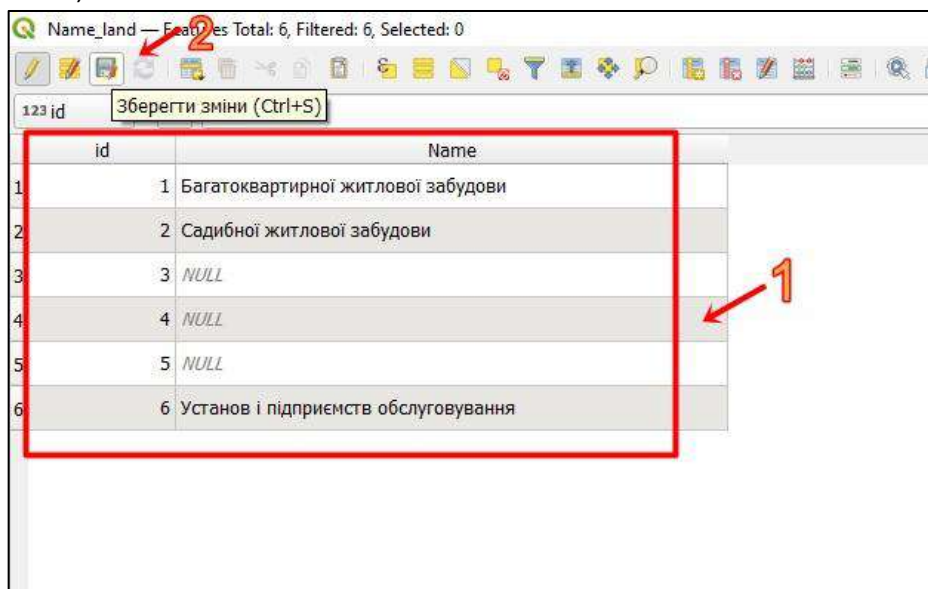


Рис. 1.38. Внесення даних до таблиці

Щоб приєднати підлеглу таблицю до таблиці атрибутів векторного шару, тиснете на «Властивості» цього шару (а) (Рис. 1.39) і виконайте дії наведені на Рис. 1.40.

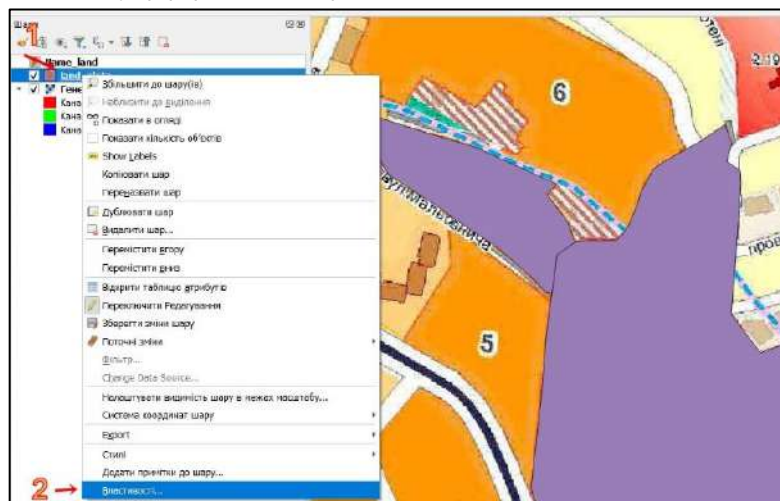


Рис. 1.39. Порядок об'єднання таблиць

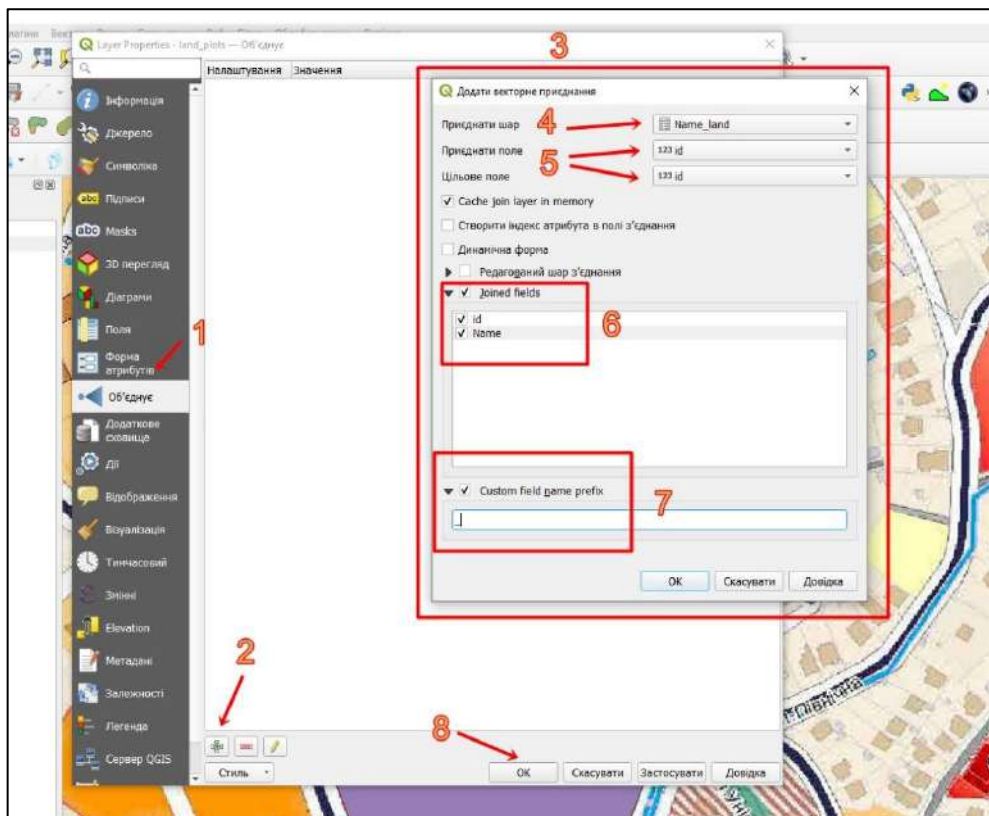


Рис. 1.40. Об'єднання атрибутивних таблиць

Створення зв'язку між таблицями (Рис. 1.36): переходите на вкладку «Об'єднує» (1), і тиснете «Додати новий зв'язок» (2). Після цього з'являється діалогове вікно щодо налаштувань зв'язку (3) (Додати векторне приєднання). Вибираєте таблицю (шар) яку потрібно приєднати (4) та вказати ключові поля для з'єднання (5). Поле приєднання – це поле таблиці, яка приєднується (підлегла), а цільове поле – поле таблиці атрибутів векторного шару (головна таблиця). 6 – тут вказуєте, які поля слід приєднати до основної таблиці та як будуть позначені поля підлеглої таблиці (7). Якщо всі параметри відповідають поставленим вимогам, тиснете «ОК» для виконати приєднання (8).

Якщо все виконано правильно, Ваш результат повинен бути схожий на той, який наведений на Рис. 1.41.

id	Land	Field1	Field3	Field4	Field 2	_id	_Name
1	1	2	NULL	NULL	NULL	1	Багатоквартирної житлової забудови
2	2	6	1	NULL	NULL	6	Установ і підприємств обслуговування

Рис. 1.41. Результат приєднання таблиць

Як бачимо на Рис. 1.41 для оцифрованих земельних ділянок стали відомі відомості щодо їх функціонального призначення.

Контрольні питання

1. Поняття геоданих. Які дані можна вважати геоданими?
2. Яким чином об'єкти описані в ГІС?
3. Які основні типи моделей даних використовуються в ГІС?
4. Що таке векторна модель даних?
5. Що таке растрова модель даних?
6. Якими є переваги та недоліки векторних та растрових моделей даних?
7. Які є основні джерела геоданих?
8. Що таке первинні та вторинні дані (геодані).
9. Що таке геокодування?
10. Якою є базова процедура отримання геоданих?
11. Що таке растрова модель даних. Визначення понять растр, піксель, комірка.
12. Яким чином описані об'єкти за допомогою растрової моделі в ГІС?
13. Основні характеристики растрової моделі даних: просторова розрізненість, орієнтація, кодування, геометрія, топологія та визначення координат.
14. Що таке векторна модель даних. Як описують об'єкти за допомогою цієї моделі даних?
15. Яка основна особливість векторних моделей даних?
16. В чому принципова відмінність векторної моделі від растрової?

Лабораторна робота №2

Тема: Оформлення графічних документів містобудівної документації

Мета: ознайомитися із основними умовними знаками графічних документів містобудівної документації, та оволодіти навичками роботи із символікою в ГІС.

Програмне забезпечення: QGIS.

Матеріали: векторні (оцифровані) шари генеральних планів доступні за посиланням: https://drive.google.com/drive/folders/1G01ueOR1CPsN0j9Ki_V1g67tyqUzKal1?usp=sharing

Завдання: Оформіть векторні шари генерального плану згідно існуючих вимог, які ставляться до графічних матеріалів містобудівної документації.

Короткі теоретичні відомості

Містобудівна документація – це затверджені текстові та графічні матеріали з питань регулювання планування, забудови та іншого використання територій. Регулюються згідно Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» №34 від 2011 року. Містобудівна документація складається на регіональному і місцевому рівнях.

Нижче наводиться перелік основних видів містобудівної документації:

Генеральна схема планування території України – містобудівна документація, що визначає концептуальні рішення планування та використання території України. Генеральний план населеного пункту – одночасно містобудівна документація на місцевому рівні та землевпорядна документація, що визначає принципові рішення розвитку, планування, забудови та іншого використання території населеного пункту.

Детальний план території – одночасно містобудівна документація на місцевому рівні та землевпорядна документація, що визначає планувальну організацію та розвиток території.

Схеми планування території на регіональному рівні – планувальна документація, яка розробляється у розвиток Генеральної схеми планування території України та визначає принципові рішення розвитку, планування, забудови, використання територій адміністративно-територіальних одиниць та їх окремих частин.

План зонування території (зонінг) – документація, що є складовою комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади або генерального плану населеного пункту і визначає умови та обмеження використання території у межах визначених функціональних зон.

Кожен із перелічених видів документації містить графічну частин, зокрема картографічну, яка оформляється згідно ДСТУ ББ.1.1-17:2013 «Умовні позначення графічних документів містобудівної документації». В залежності від масштабу використовуються різні види умовних знаків. Приклад умовних знаків графічних документів містобудівної документації наведено на Рис. 2.1.


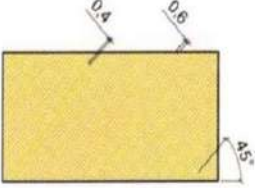

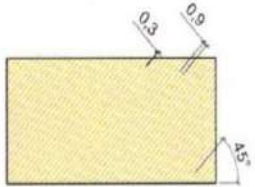

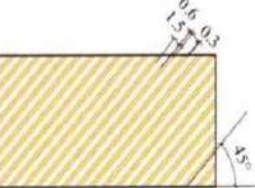
Ч.ч	Найменування	Умовні позначення		Копір	
		зображення	розміри		
1	2	3	4	5	
1	Територія житлової садибної забудови, садового товариства існуюча			R	203
				G	177
				B	72
2	Територія житлової садибної забудови, садового товариства проектна			R	203
				G	177
				B	72
3	Територія житлової блокової забудови існуюча			R	210
				G	151
				B	50

Рис. 2.1. Деякі умовні знаки графічних документів містобудівної документації

При створенні графічних (картографічних) матеріалів містобудівної документації в ГІС для позначення елементів міського середовища використовуються спеціальна символіка ГІС. У базових версіях ПО QGIS відсутні стандартизовані символи позначень умовних знаків. Для оформлення різноманітних карт окремо завантажують пакети символіки і встановлюються до «Менеджера стилів» QGIS. Порядок завантаження, встановлення та використання відповідної символіки при оформленні графічних документів містобудівної документації наведено в Ході роботи.

Хід роботи

Для виконання даної роботи створіть новий робочий проект ГІС, завантажте векторні шари земельних ділянок (Land), будівель (building), доріг (roads) за таким посиланням – https://drive.google.com/drive/folders/1G01ueOR1CPsN0j9Ki_V1q67tyqUzKal1?usp=sharing; та додайте завантажені шари до робочого проекту ГІС.

Для подальшої роботи із умовними знаками містобудівної документації, слід завантажити пакет відповідної символіки. Цей пакет необхідно встановити за допомогою спеціального плагіна «QGIS Hub Plugin». Тому, перейдіть до панелі «Управління та встановлення плагінів», знайдіть «QGIS Hub Plugin» і натисніть «Встановити плагін» (Рис. 2.2).

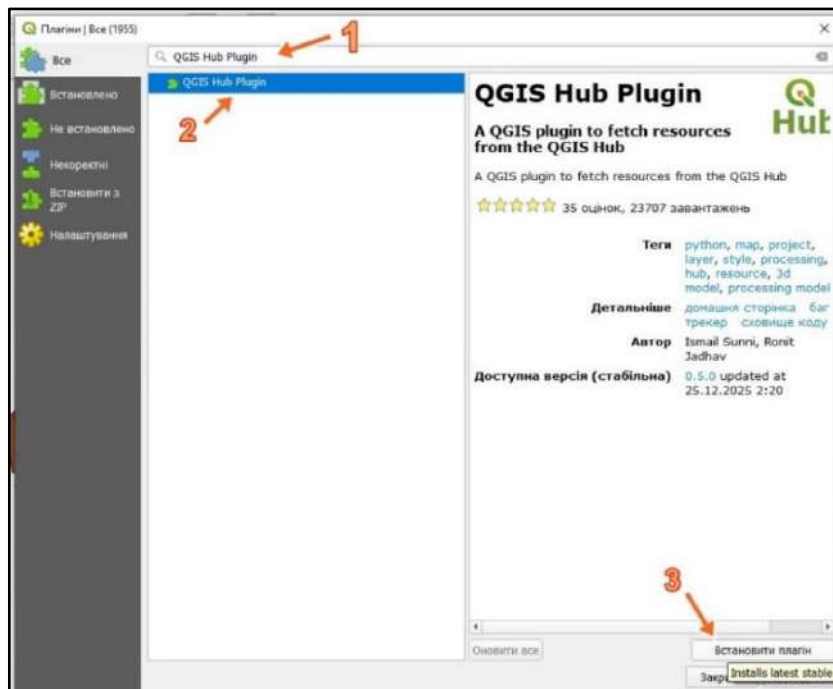
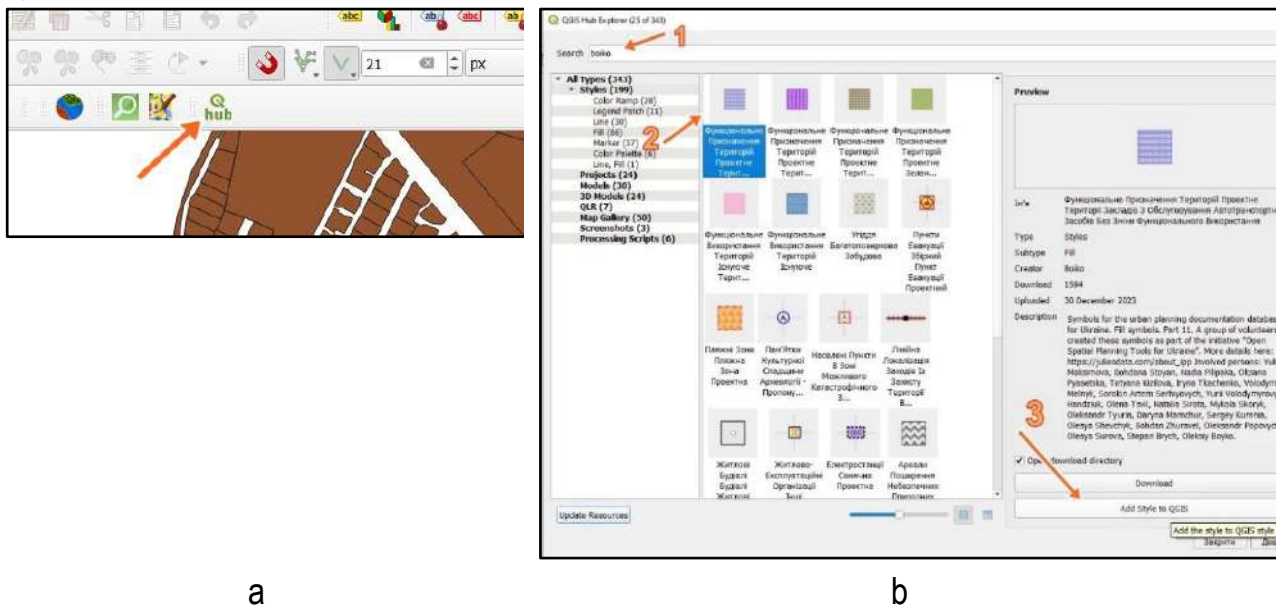


Рис. 2.2. Встановлення плагіна «QGIS Hub Plugin»

Відкрийте плагін «QGIS Hub Plugin» (Рис. 2.3а). У полі пошуку введіть «Boiko» і додайте до каталогу стилів QGIS всі наведені пакети символів цього автора (25 найменувань) (Рис. 2.3б). Щоб додати пакет, виберіть потрібний пакет і натисніть «Add Style to QGIS».



а

б

Рис. 2.3. Завантаження пакету умовних знаків містобудівної документації

Наступний крок – виконання класифікації векторного шару. Для цього перейдіть у властивості шару Land, натисніть на вкладку «Символіка» і зі списку відображення виберіть «На основі правил» (Рис. 2.4).

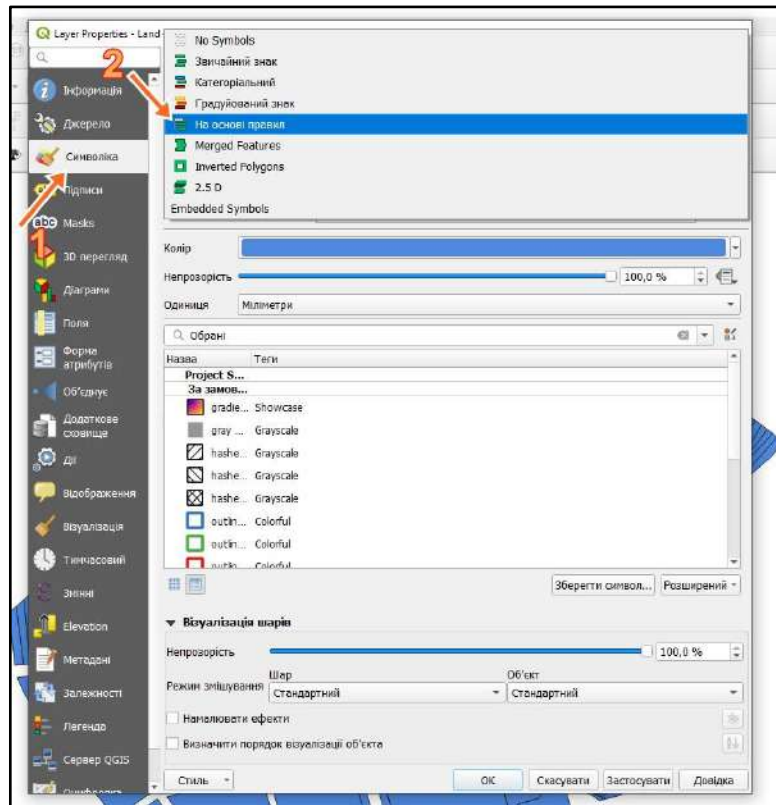
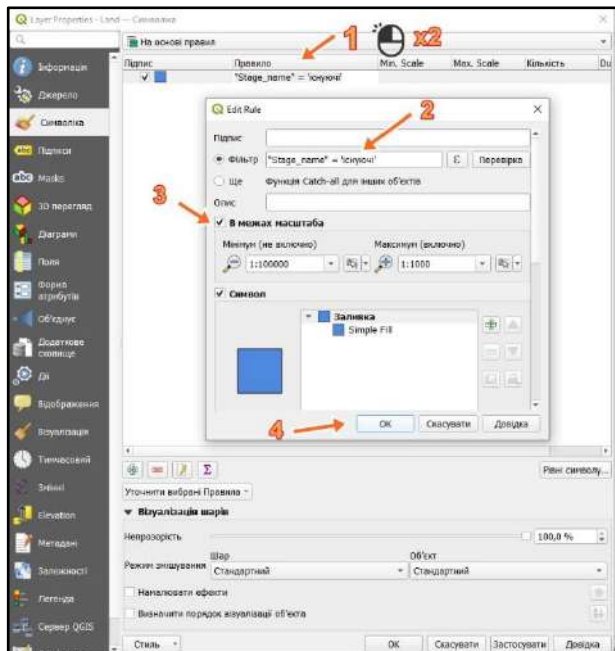
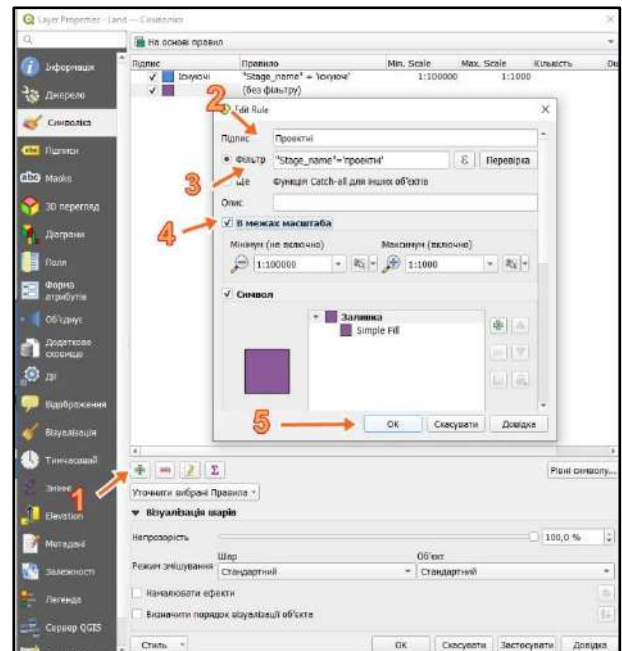


Рис. 2.4. Налаштування символіки шару

Клацніть двічі по стовпцю «Правило» і у виринаючому вікні вкажіть необхідні налаштування, зокрема поставте галочку на «В межах масштабу», у полі підпис вкажіть: «Існуючі» та у полі «Фільтр»: "Stage_name" = ' існуючі ' і натисніть ОК.



а



б

Рис. 2.5. Створення правил для символіки шару

Потім натисніть «Додати правило», і вкажіть налаштування які наведені на Рис. 2.5б.

Щоб виконати класифікацію для даних категорій земель, виділіть обидва правила, натисніть на «Уточнити вибрані Правила» і зі списку виберіть «Додати категорії до

Правил» (Рис. 2.6). У виринаючому вікні, у полі «Значення» вибираєте поле «Class_name», потім – «Класифікувати». Після цього з'явиться перелік всіх унікальних значень поля «Class_name» (категорії земельних ділянок). Для встановлення цих правил натисніть ОК.

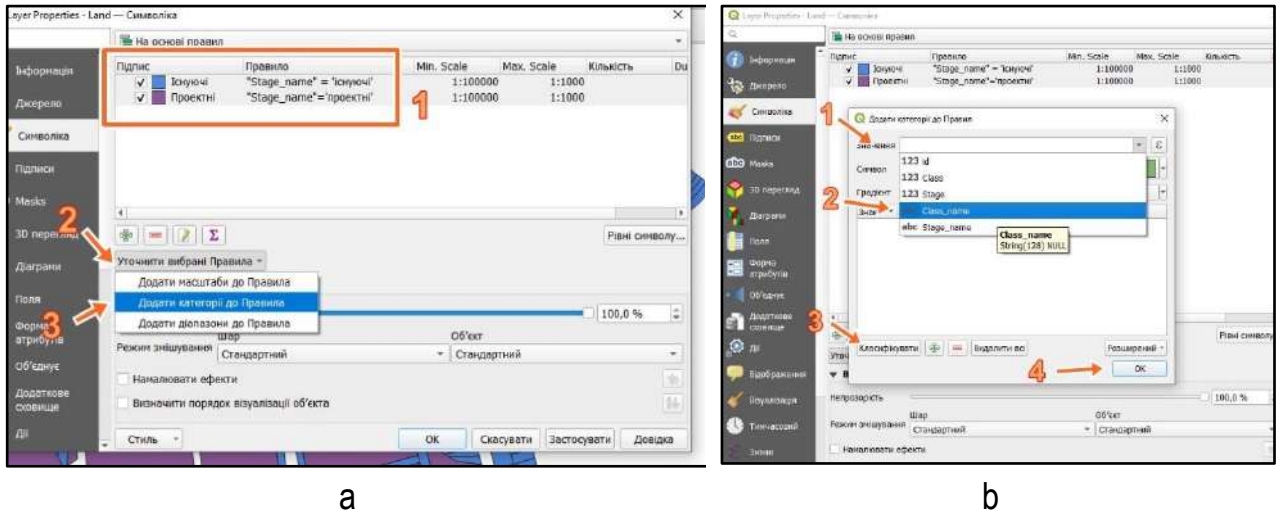


Рис. 2.6. Виконання класифікації для шару за категоріями земельних ділянок

Щоб зміни для даного шару вступили в силу натисніть ОК/Застосувати (Рис. 2.7).

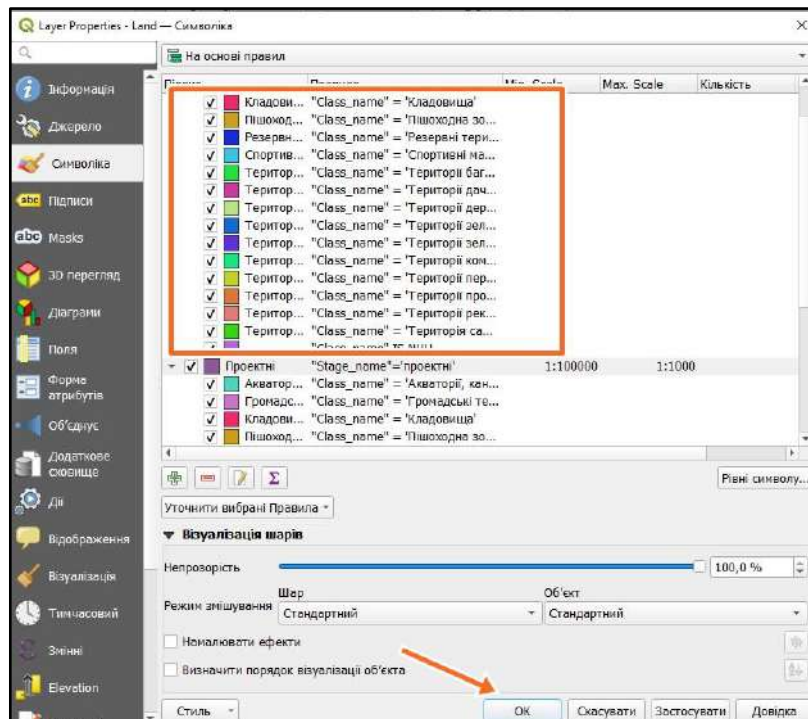
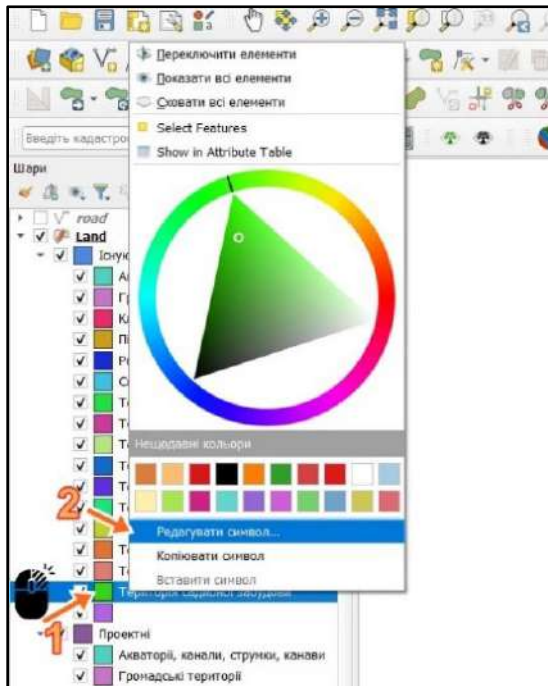


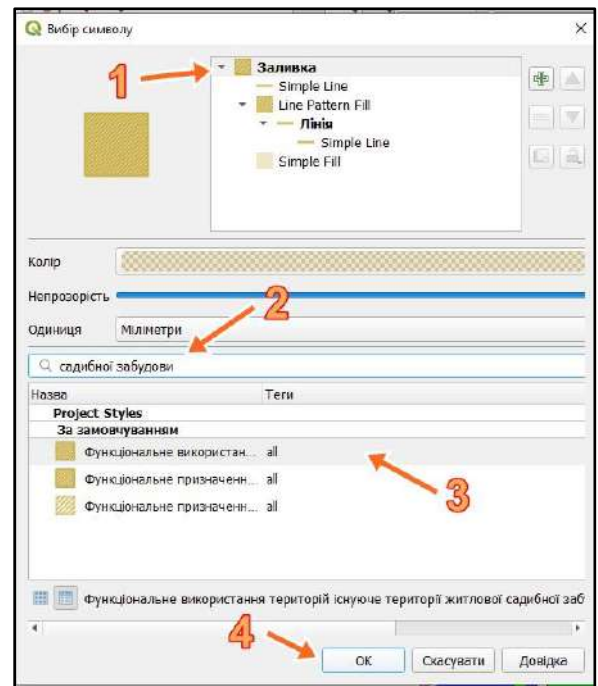
Рис. 2.7. Застосування налаштувань для шару

Заключний етап роботи, полягає у налаштуванні символів (умовного знаку) для кожної категорії земель (земельних ділянок) згідно чинних стандартів, які застосовуються до графічних матеріалів містобудівної документації, зокрема ДСТУ ББ.1.1-17:2013 «Умовні позначення графічних документів містобудівної документації».

Щоб змінити символ окремого класу земель, наведіться на потрібний клас і викличте контекстне меню у якому виберіть «Редагувати символ» (або подвійний клік миші на потрібний клас об'єктів) (Рис. 2.8a).



a



b

Рис. 2.8. Редагування символіки класів об'єктів

У вікні «Вибір символів», у полі пошуку за ключовими словами шукаєте потрібний символ, вибираєте його і тиснете ОК (Рис. 2.8b). Повторюєте цю операцію для всіх класів об'єктів шару Land (Рис. 2.9).

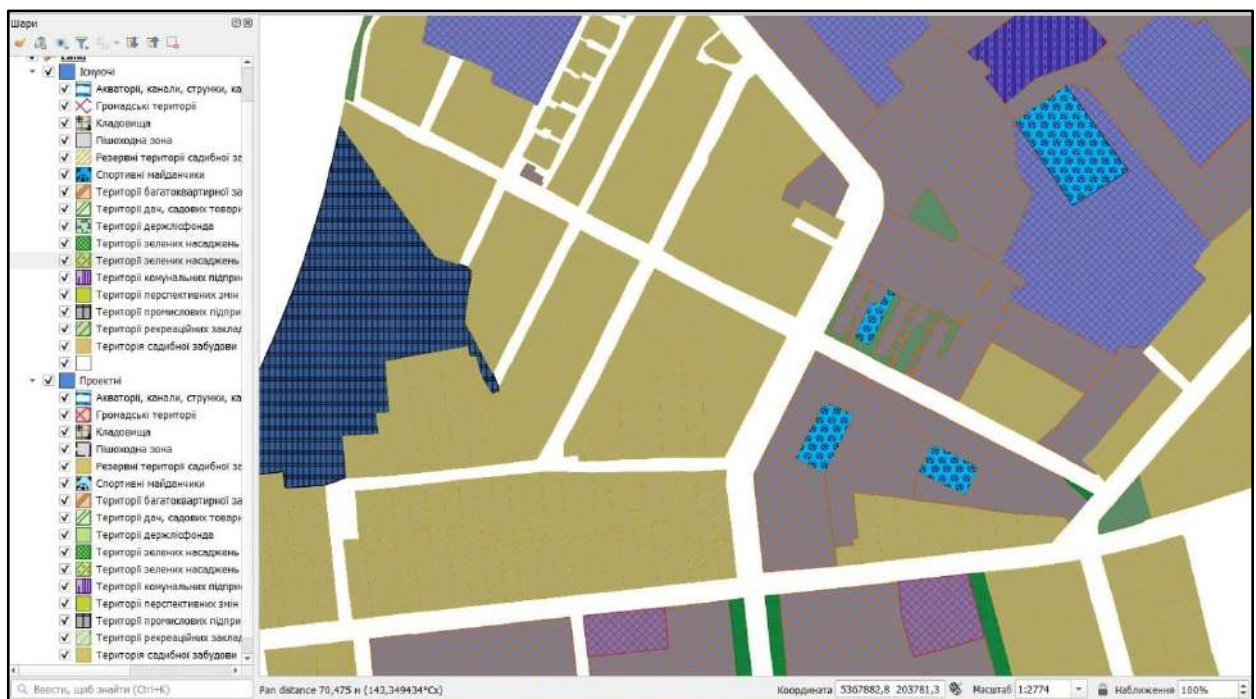


Рис. 2.9. Змінена символіка для шару Land

Аналогічні дії виконуєте для шарів будівель (building), доріг (roads). Створення (компонування) картографічних матеріалів розглядається у Лабораторній роботі №5.

Контрольні питання

1. Що таке містобудівна документація?
2. Перелічіть графічні документи містобудівної документації
3. Чим регулюється питання містобудівної документації
4. Що таке символіка в ГІС?
5. Що розуміють під терміном «класифікація» в ГІС?
6. Поясніть, як змінити / призначити символіку шару в QGIS?

Лабораторна робота №3

Тема: Базовий просторовий аналіз

Мета: оволодіти базовими навичками із виконання просторового аналізу; освоїти основні просторові операції просторового аналізу: накладання, буферизація, класифікація, аналіз мереж (геокодування)

Програмне забезпечення: QGIS.

Матеріали: векторні шари дерев, будівель та доріг доступні за таким посиланням: https://drive.google.com/drive/folders/1fEcyUJaJWztSyT3bCCcP8hT_Spe7KN1?usp=sharing

Завдання:

- 1) Використовуючи просторову операцію буферизація визначити зони потенційної загрози міським забудовам від падіння дерев.
- 2) Використовуючи просторову операцію «накладання» та «класифікація» створіть тематичний шар «будівель із ризиком».
- 3) Проаналізуйте спроможність реагування служб із надзвичайних ситуацій (ДСНС), використовуючи просторові операції аналізу мереж.

Короткі теоретичні відомості

Аналіз просторових даних — це застосування операцій до просторових та непросторових (атрибутивних) даних, з метою вирішення поточних проблем (наприклад, для створення переліку ділянок доріг, які потребують ремонту). У просторовому аналізі використовуються сотні просторових операцій або просторових функцій, і всі вони передбачають обчислення з використанням координат або атрибутів. Терміни «просторові операції» та «просторові функції» часто вживаються як синоніми. Деякі фахівці наполягають, що операція не обов'язково дає якийсь результат, на відміну від функції. Відповідно до багатьох попередніх робіт, ми будемо використовувати терміни «просторова функція» і «операція» як взаємозамінні. Просторові операції можуть застосовуватися послідовно для вирішення різних проблем. Часто застосовується ланцюжок просторових операцій, причому результат кожної просторової операції служить вхідними даними для наступної. Частина завдання просторового аналізу полягає у виборі відповідних просторових операцій та їх застосуванні у відповідному порядку. Наприклад: для створення генерального плану – виконується операція із вибору потрібних ділянок – отримуємо вихідний шар – далі виконується, реляційна операція із атрибутами – отримуємо вихідний шар земельних ділянок із певними значеннями.

Багато операцій включають як атрибутивні, так і координатні дані, і атрибути повинні бути додатково відібрані та модифіковані в ході просторового аналізу. Тому, наприклад, виконання запиту за атрибутом, також може розцінюватись як просторова операція.

Аналіз просторових даних зазвичай передбачає використання даних з одного або декількох шарів для створення результату (**Рис. 3.1**). Аналіз може складатися з однієї операції, застосованої до шару даних, або з багатьох операцій, які інтегрують вхідні дані з

багатьох шарів для створення бажаного результату. Багато операцій вимагають одного шару даних як вхідних і генерують один шар вихідних даних. Існують також операції, які генерують кілька шарів вихідних даних з одного вхідного. Функції аналізу рельєфу можуть приймати растрову сітку висот як шар вхідних даних і генерувати як нахил (наскільки крута кожна комірка), так і експозицію (напрямок нахилу). У цьому випадку для кожного вхідного набору даних висот генеруються два вихідні набори. Операції також можуть вимагати декількох вхідних шарів для створення одного вихідного шару. Наприклад, річна кількість опадів може бути визначена шляхом підсумовування 12 місячних растрових шарів опадів, в результаті чого отримується один вихідний шар даних. Існують деякі просторові операції, які вимагають багатьох вхідних шарів і створюють багато вихідних шарів.

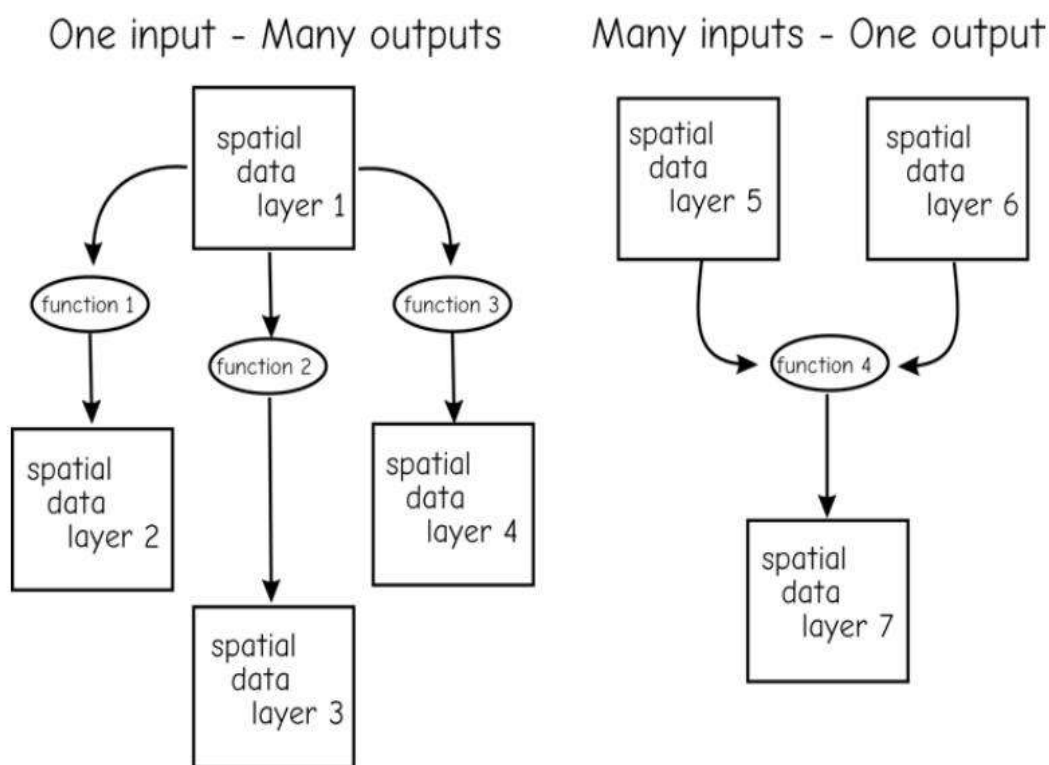


Рис. 3.1. Приклад просторового аналізу при якому: а) із одного вхідного шару отримують декілька; б) із декількох шарів отримують один вихідний

Загалом, просторові операції можна розділити на такі основні групи та види:

1. Просторовий запит (вибірка) та класифікація:

1.1. Алгебра множин;

1.2. Булева алгебра;

1.3. Операції просторового відбору;

1.4. Classification. Перекодування;

2. Операції розчинення (dissolve):

3. Функції близькості та буферизація:

3.1. Функція буферу;

3.2. Растрові буфери;

3.3. Векторні буфери;

4. Операції накладання (Overlay):

- 4.1. Растрове накладання;
 - 4.2. Векторне накладання;
 - 4.3. Обрізка, перетин і різниця;
5. Аналіз мереж.

Сукупно в ГІС доступно безліч просторових операцій крім перелічених вище. Ці операції окремо згруповані за особливістю їх застосування, зокрема: інструменти аналізу, геометрії, досліджень, обробки та управління даних.

Оскільки, багато прикладних проблем вимагають накладання тематично різних даних, основним методом, який використовується в просторовому аналізі – операції накладання (Overlap). Операції накладання є потужними інструментами просторового аналізу і є основною рушійною силою розвитку технологій ГІС. Накладання передбачає об'єднання просторових та атрибутивних даних з двох або більше просторових шарів. Наприклад, ми можемо дізнатися, де знаходяться будинки на слабо стійких ґрунтах, порівнявши шаром ґрунтів, які піддаються ерозії із шаром розміщення будинків. Накладення цих шарів один на одного є основним засобом забезпечення вирішення цього завдання. Приклад просторової операції накладання наведено на **Рис. 3.2**.

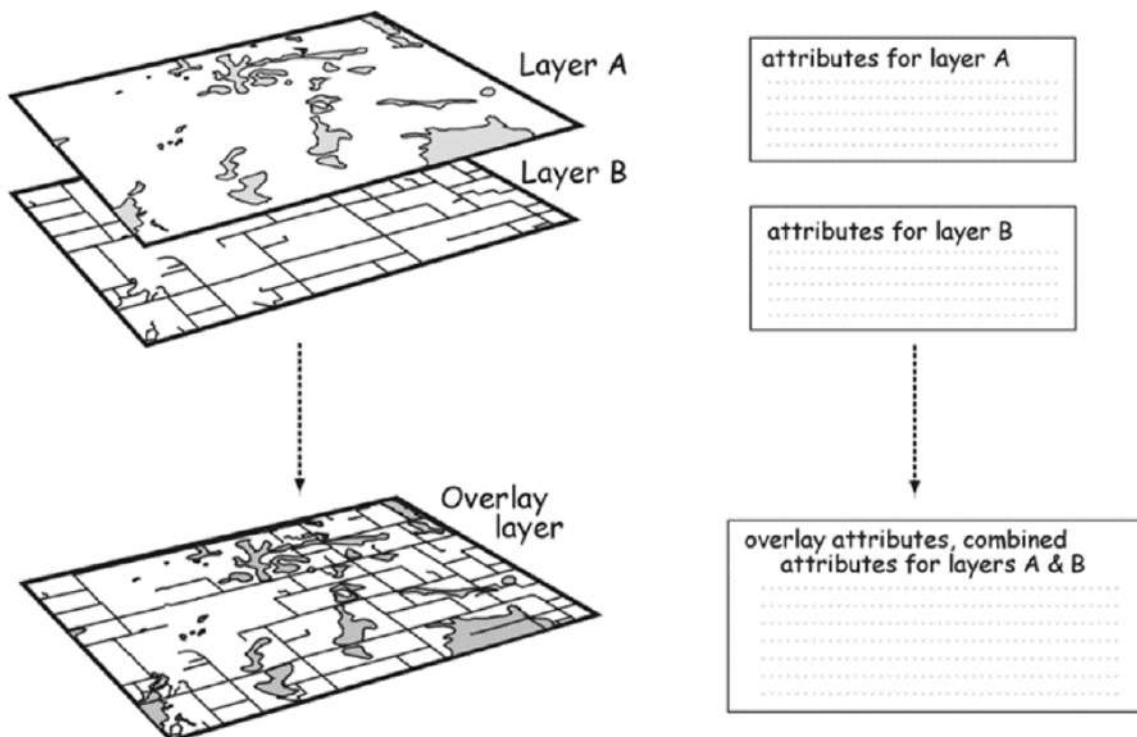


Рис. 3.2. Операції накладання (Overlay)

Елементи кожного шару даних розміщуються один «поверх» іншого, а точки, лінії або межі елементів площі об'єднуються в єдиний шар даних. Атрибутивні дані також об'єднуються, так що новий шар даних включає інформацію, що міститься в кожному шарі вхідних даних.

Хід роботи

Для виконання даної роботи створіть новий робочий проект ГІС, завантажте векторні шари за таким посиланням https://drive.google.com/drive/folders/1G01ueOR1CPsN0j9Ki_V1g67tyqUzKal1?usp=sharing; та додайте їх до робочого проекту ГІС.

Завдання 1: Виконання просторової операції буферизація

Виконання просторової операції буферизація необхідно виконати для шару Trees. Щоб виконати операцію перейдіть на вкладку «Вектор», натисніть на «Обробка даних» і виберіть «Буфер» (Рис. 3.3)

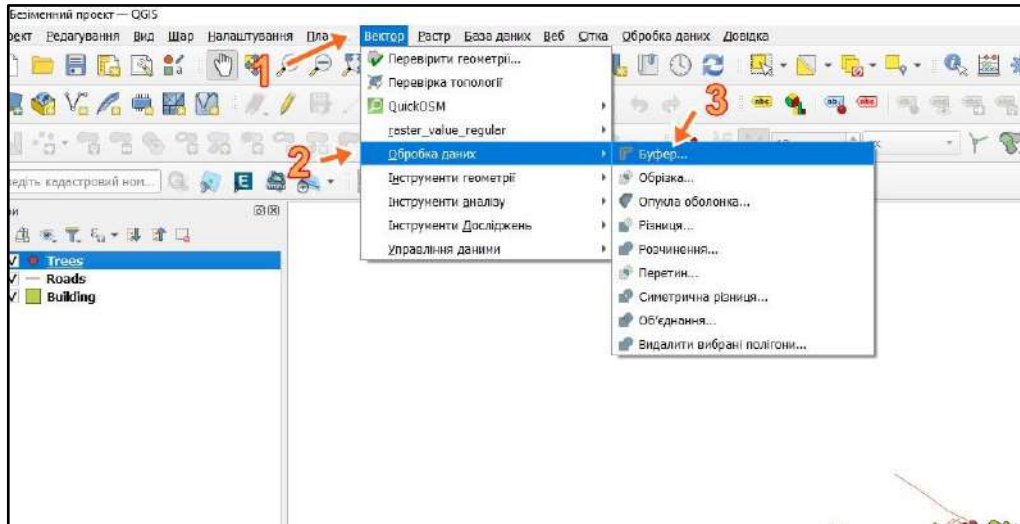


Рис. 3.3. Виконання операції буферизація

У вікні, яке з'явиться виставляєте такі параметри: Вхідний шар – Trees, параметр відстані (розмір буфера) встановлюєте як поле Висота шару Trees і тиснете Запустити (Рис. 3.4)

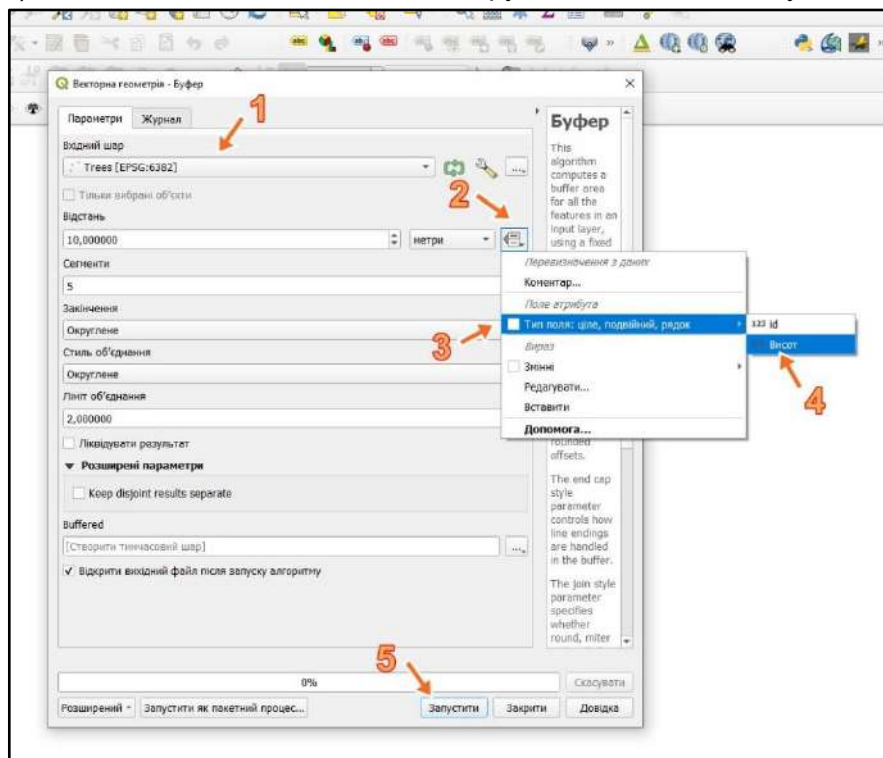


Рис. 3.4. Налаштування для просторової операції буферизація

Після виконання операції буферизація Ви повинні такий результат:



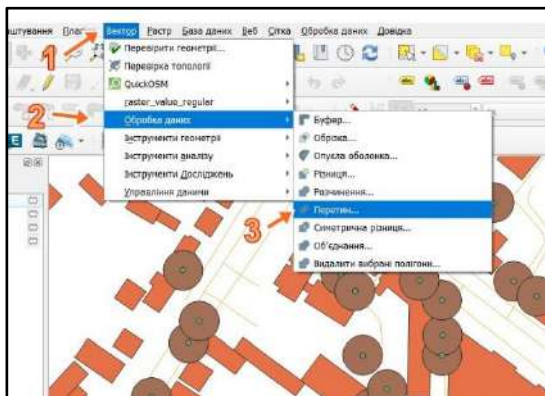
Рис. 3.5. Створені буферні зони для дерев на основі їх висоти

Завдання 2: Визначити дерева, які несуть потенційну загрозу міським забудовам та транспортній мережі.

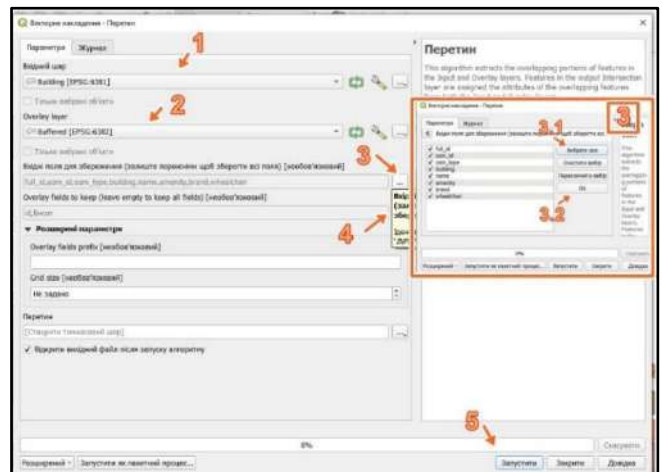
Для виконання цього завдання необхідно порівняти отриманий шар із буферними зонами (Buffering) та шар із будинками (Building)/або дорогами (Roads) використовуючи метод «Накладання» (Overlap). Виконати це завдання можна за чотирьома способами: 1) використання просторової операції «Перетин»; 2) використання просторової операції «Обрізка»; 3) Виконання просторової вибірки за «Місцем розташування»; 4) Використання операції «Приєднати атрибут за місцем розташування». Розглянемо кожен з наведених способів окремо.

Спосіб 1: Використання просторової операції «Перетин»

Перейдіть до вкладки «Вектор», зі списку виберіть «Обробка даних» і натисніть «Перетин» (Рис. 3.6а). У вікні, що з'явиться виконайте такі налаштування: Вхідний шар обираєте «Building», а шар накладання (Overlap layer) – Buffering. У налаштуваннях приєднання атрибутів (крок 3-4), вибираєте всі поля з обидвох шарів (Рис. 3.6b). Тиснете Запустити щоб виконати операцію.



а



б

Рис. 3.6. Виконання операції перетин

У результаті буде отримано вихідний векторний шар, який містить об'єкти (частини шару Building), які перетинаються з шаром «Buffering» (Рис. 3.7) та атрибутивні дані обидвох шарів.

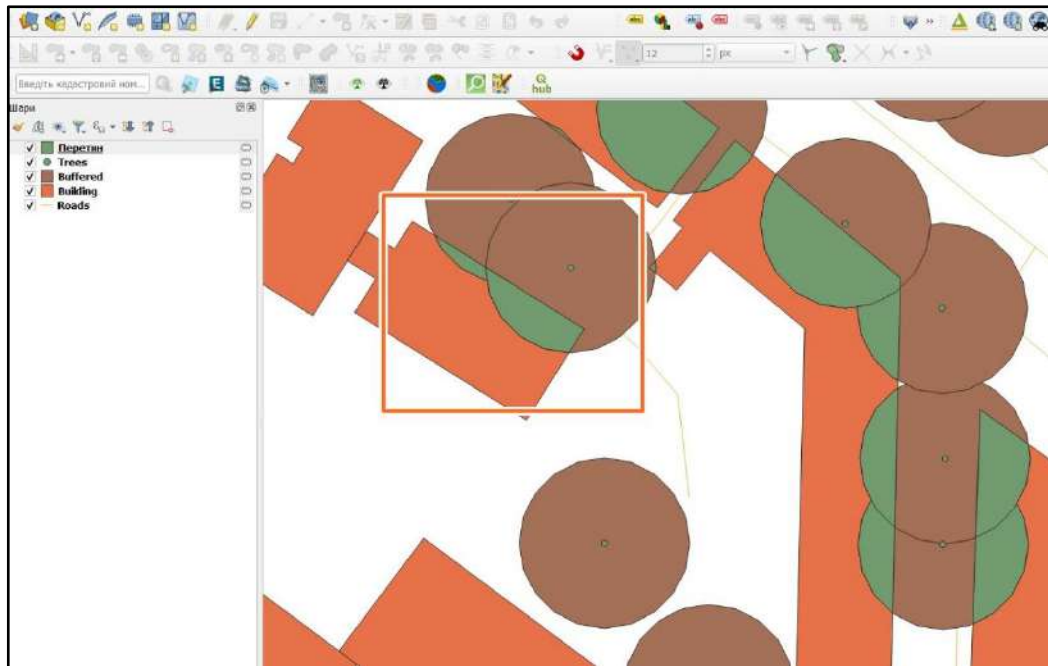
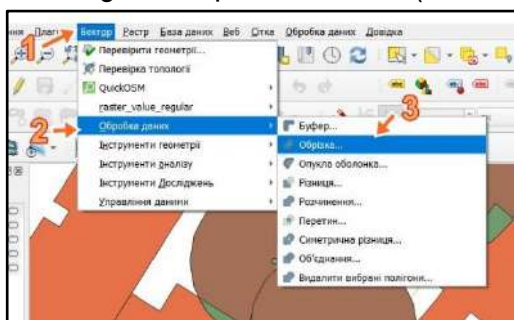


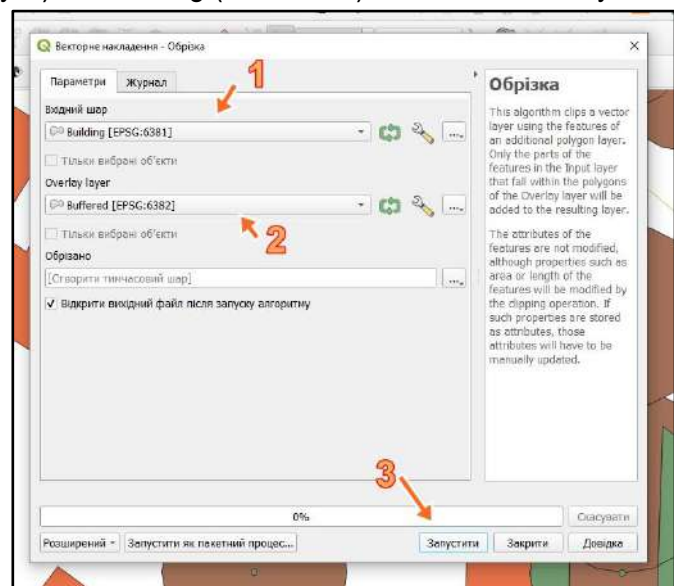
Рис. 3.7. Вихідний шар просторової операції «Перетин»

Спосіб 2: Визначення об'єктів за допомогою просторової операції «Обрізка»

Просторова операція «Обрізка» за своїм принципом тотожна із операцією «Перетин». Відмінність між ними полягає в тому, що в результаті «Обрізки» вихідний шар не зберігає атрибутивних даних шару накладання (маска). Для виконання цієї операції перейдіть до вкладки «Вектор», зі списку виберіть «Обробка даних» і натисніть «Обрізка» (Рис. 3.8a). У вікні, що з'явиться виконайте такі налаштування: Вхідний шар обираєте «Building», а шар накладання (Overlap layer) – Buffering (Рис. 3.8b) і натисніть «Запустити».



a



b

Рис. 3.8. Виконання операції «Обрізка»

У результаті операції «Обрізка», ми отримаємо вихідний векторний шар, який містить частини об'єктів шару Building, які перетинаються з шаром «Buffering» але без його атрибутів (Рис. 3.9).

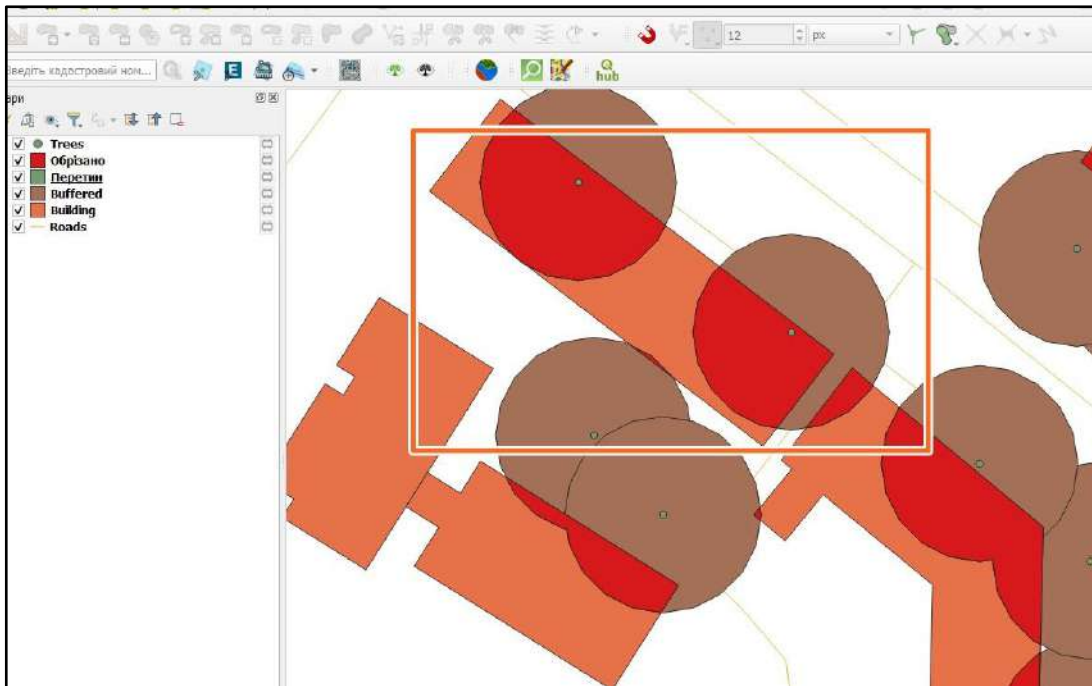


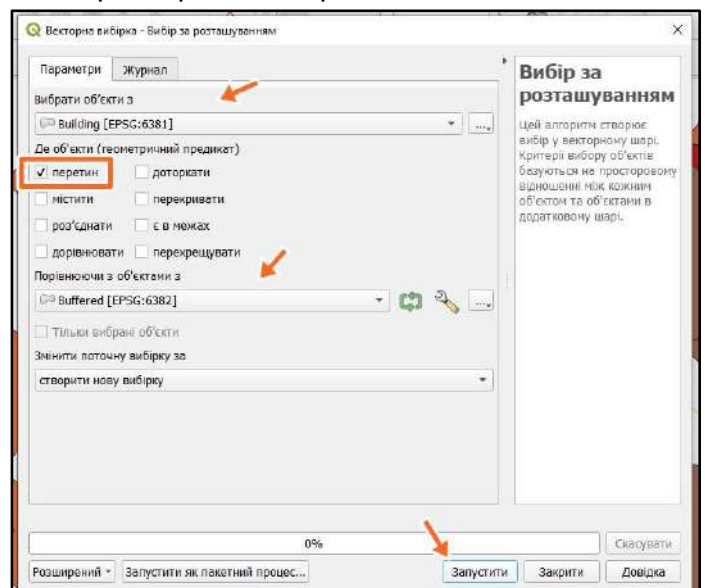
Рис. 3.9. Вихідний шар просторової операції «Обрізка»

Спосіб 3: Визначення об'єктів за допомогою «Вибірки за місцем розташування»

Суть методу полягає у виконанні просторової операції «Вибірки» тих об'єктів із шару Building, які перетинаються із шаром Buffering. Основна ціль цієї операції – знайти потрібні об'єкти. Далі виділені об'єкти можна зберегти як окремий векторний шар, або присвоїти визначеним об'єктам певне значення атрибута, яке буде позначати об'єкти, які перетинаються із шаром Buffering. Виконання просторової вибірки показано на Рис. 3.10.



a



b

Рис. 3.10. Виконання операції просторової вибірки «За місцем розташування»

Щоб виконати просторову вибірку натисніть на «Вибір за розташуванням», далі як вхідний шар («Вибрати об'єкти з») вказуєте Building, а шар накладання (Порівнюючи з об'єктами) – Buffering. Натисніть «Запустити», щоб виконати просторову вибірку.

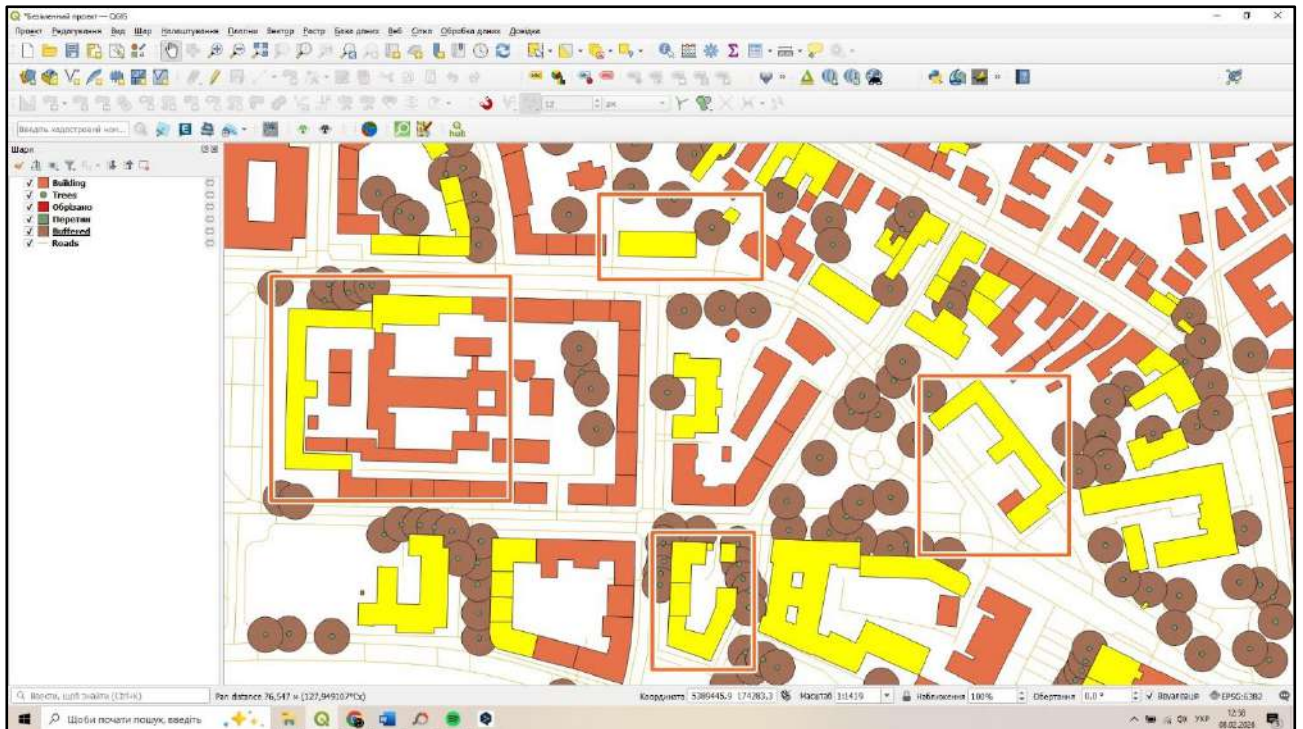


Рис. 3.11. Вибрані об'єкти, що перетинаються із шаром Buffering

Як бачимо з **Рис. 3.11** у результаті операції були вибрані (позначені жовтим) всі об'єкти, які перетинаються із шаром Buffering.

Далі ці об'єкти можна зберегти як окремий векторний шар або присвоїти їм відповідний атрибут. Щоб зберегти ці об'єкти окремо, включіть режим редагування для шару Building, потім – натисніть «Інвертувати виділення об'єктів» та натисніть «Видалити обране». Таким чином, залишаться лише об'єкти, які перетинають шар Buffering.

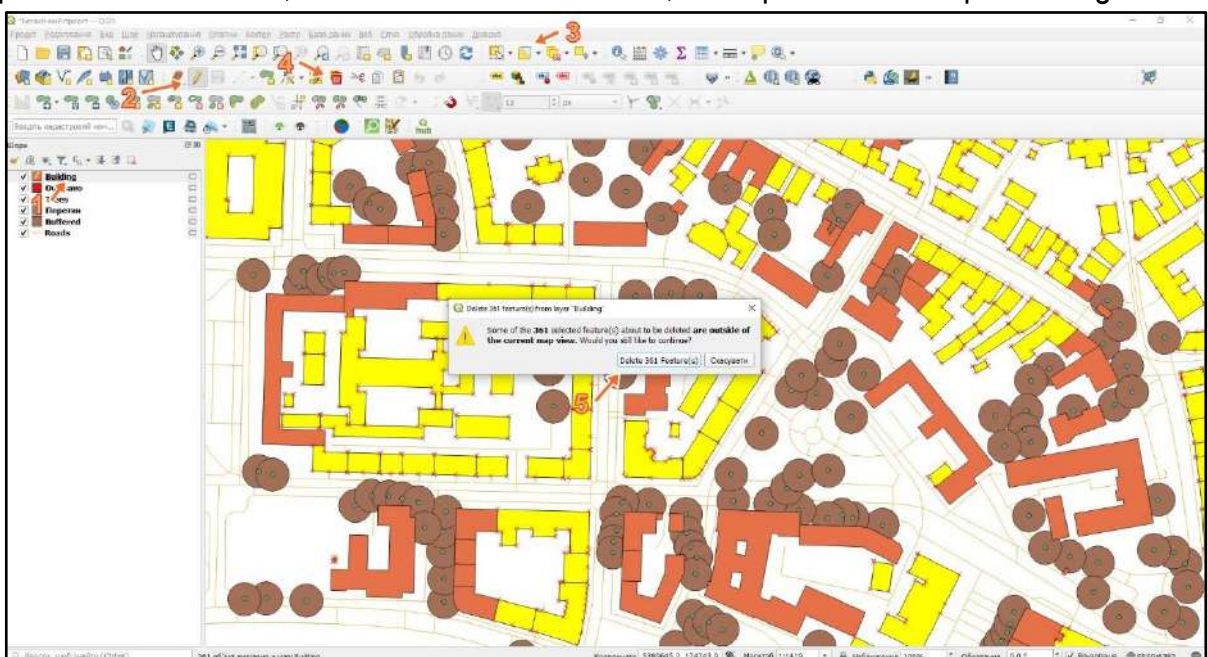


Рис. 3.12. Вилучення всіх об'єктів, які не відповідають вибірці (інвертована вибірка)

Перезбережіть шар Building, а потім скасуйте зміни до нього (Рис. 3.13).

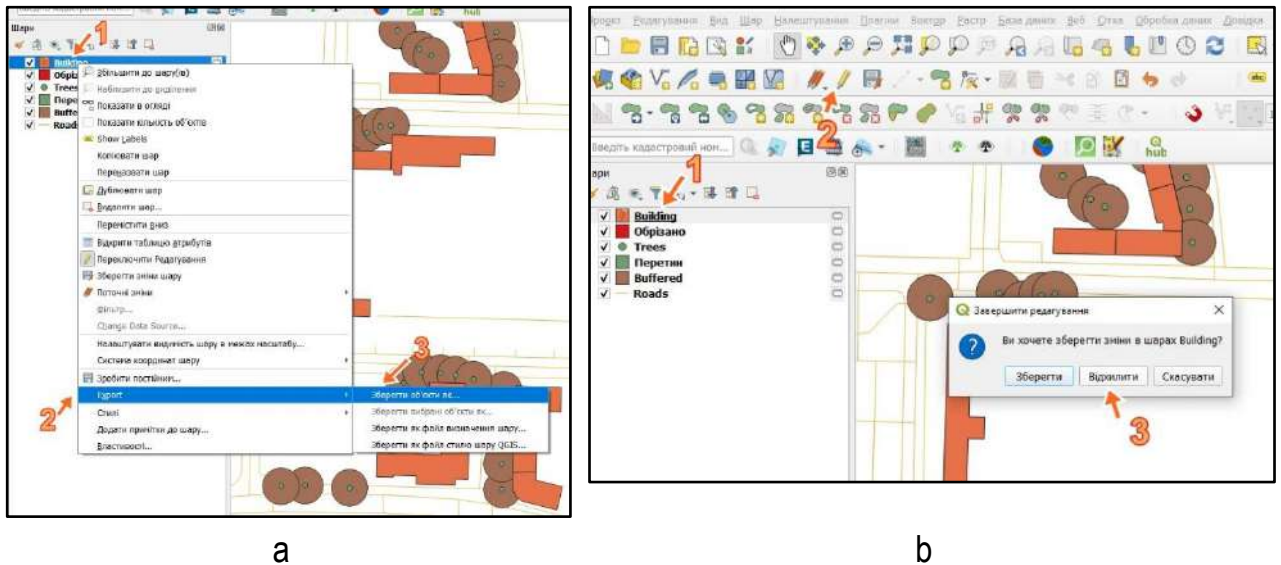


Рис. 3.13. Збереження окремого шару із об'єктами, які перетинаються

Щоб присвоїти певне значення атрибута для об'єктів, які перетинаються, необхідно для шару Building створити нове поле «Overlap» (тип даних: Integer) (Рис. 3.14).

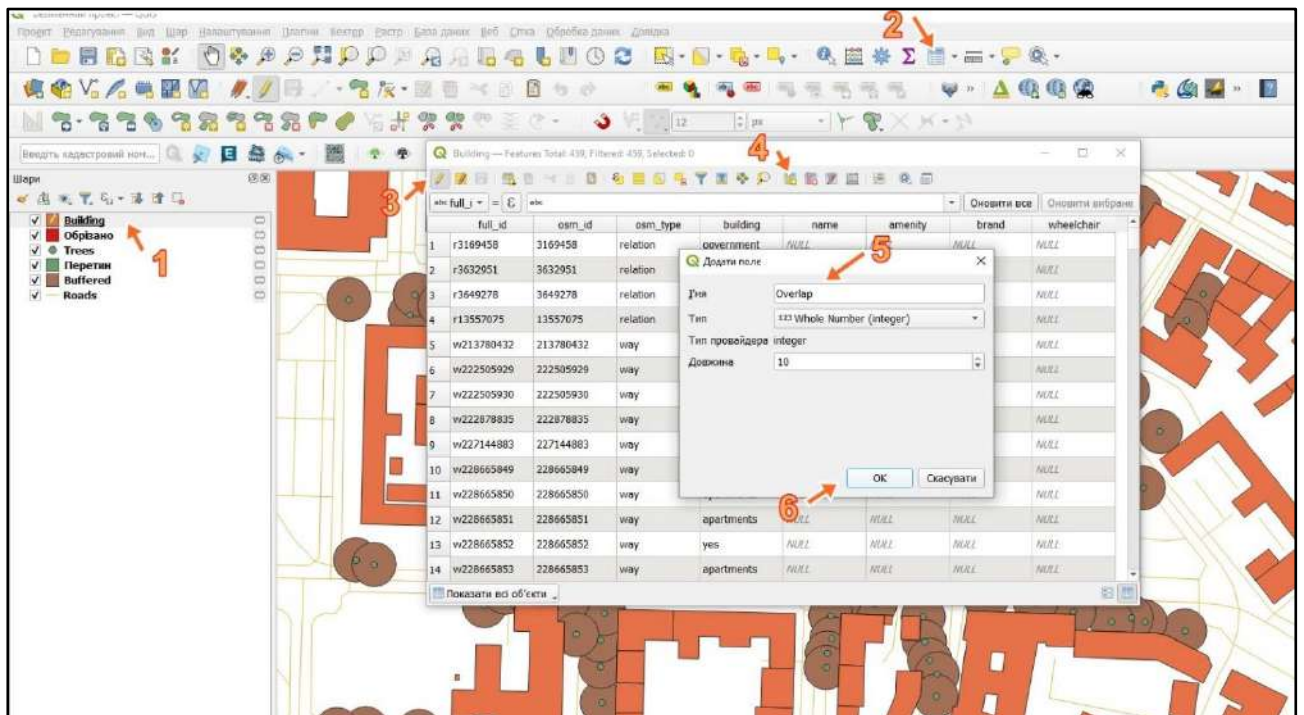


Рис. 3.14. Додавання нового атрибуту (поля)

Повторіть операцію просторової вибірки, натисніть «Змінити атрибут усіх одночасно вибраних об'єктів» і у новоствореному полі вкажіть «1» (тобто 1 – перетинає; 0 – не перетинає) (Рис. 3.15).

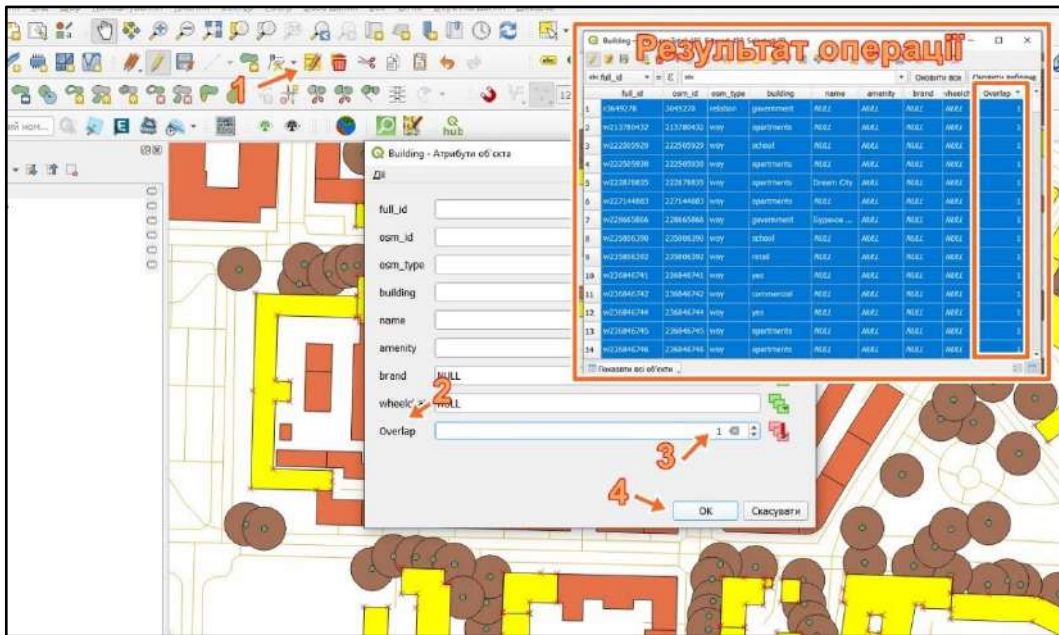
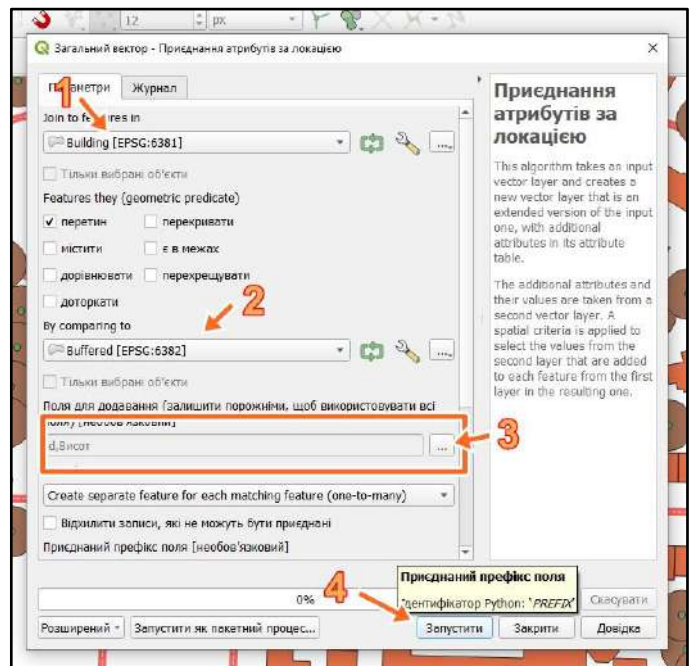
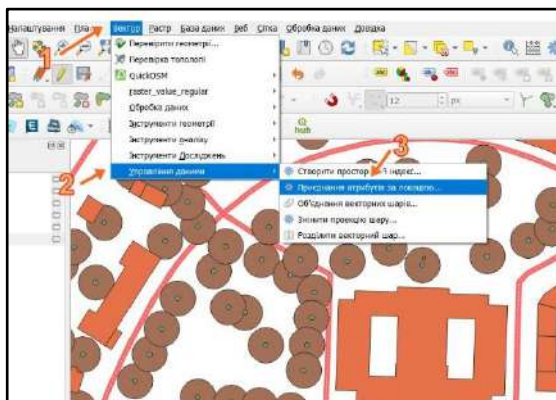


Рис. 3.15. Присвоєння атрибуту для об'єктів що перетинаються

Спосіб 4: Використання операції «Приєднати атрибут за місцем розташування»

Для виконання цієї просторової операції перейдіть на вкладку «Вектор», натисніть на «Управління даними» і виберіть «Буфер» (Рис. 3.16a).



a

b

Рис. 3.16. Виконання просторової операції «Приєднання атрибуту за місцем розташування»

У вікні що з'явиться, у полі до якої буде приєднано атрибути вкажіть шар Building, у наступному полі – шар Buffering. У полях для додавання вказуєте всі наявні поля шару Buffering і тиснете «Запустити» (Рис. 3.16). Результат операції наведений на Рис. 3.17., де показано таблицю атрибутів шару Building із записами про об'єкти, які перетинають шар Buffering.

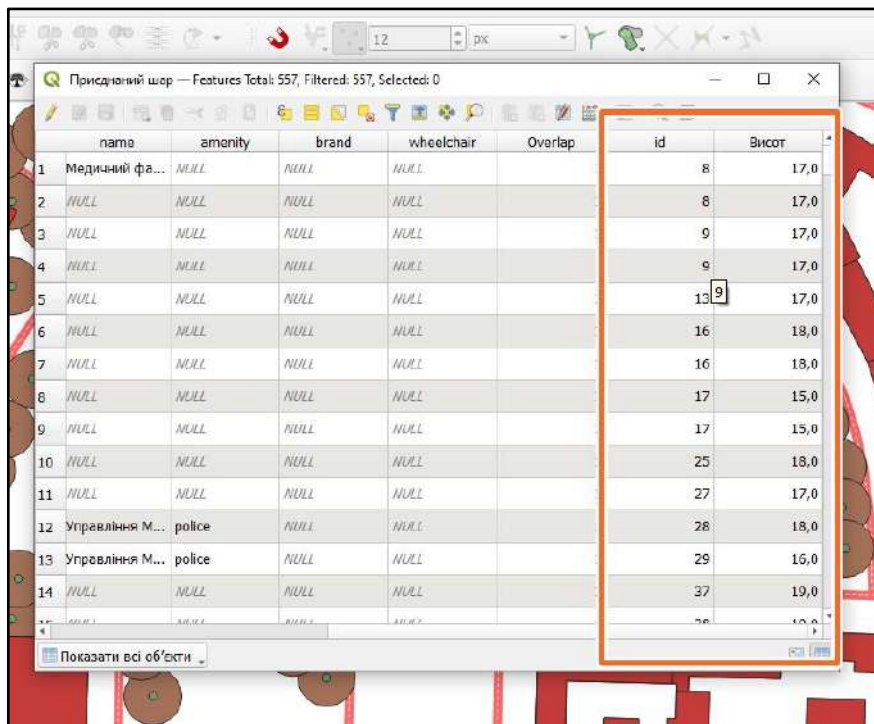


Рис. 3.17. Результат просторової операції «Приєднання атрибута за місцем розташування»

Завдання 3: Аналіз спроможності реагування служб із надзвичайних ситуацій (ДСНС), використовуючи просторові операції аналізу мереж

У якості прикладу, визначимо найкоротший маршрут реагування служб ДСНС до місця надзвичайної ситуації. Для цього скористаємося алгоритмом аналізу мереж, зокрема «Найкоротший шлях з точки до точки». Координати початкової (розташування ДСНС) та кінцевої точки (Місце надзвичайної ситуації) виберемо двільні. У якості мережі використаємо шар дорожньої мережі «Roads».

Для визначення найкоротшого шляху перейдіть до «Панель інструментів Обробки даних» і у вкладці «Аналіз мереж» виберіть «Найкоротший шлях (з точки до точки)»

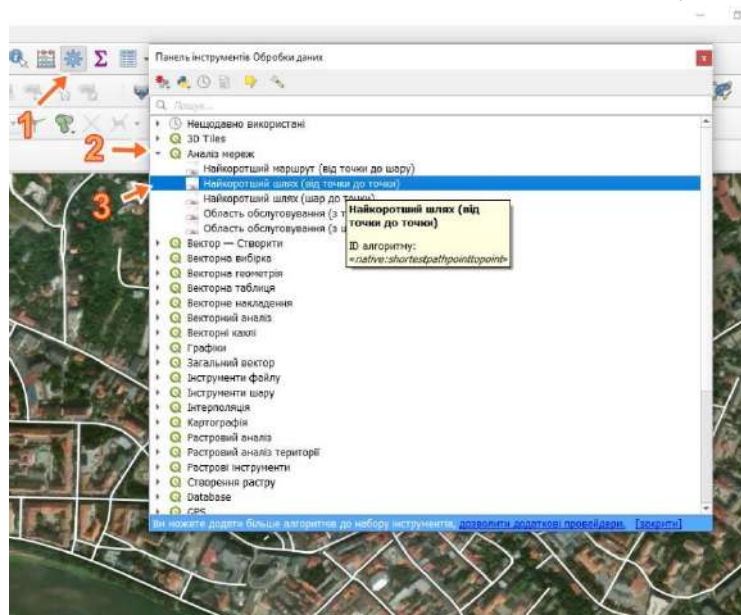


Рис. 3.18. Виконання операції аналізу мереж

Далі вказуєте такі параметри: Векторний шар (мережа): Roads, Тип шляху для розрахунку: найкоротший; Стартову та кінцеву точку: вибираєте довільні місця на карті; Швидкість та решту параметрів – залишаєте без змін і тиснете «Запустити» (Рис. 3.19).

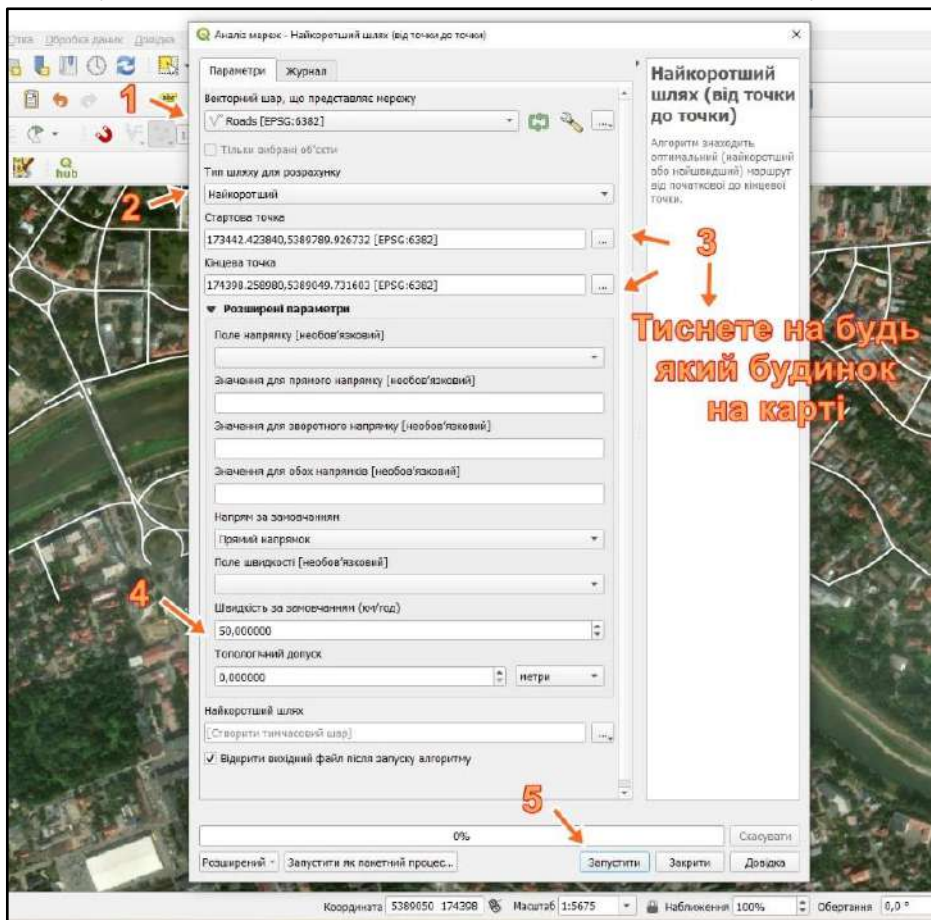


Рис. 3.19. Налаштування параметрів операції аналізу мережі



Рис. 3.20. Прокладений найкоротший маршрут до місця «надзвичайної ситуації»

Як бачимо на **Рис. 3.20** Нами було отримано найкоротший шлях від місця реагування до місця «надзвичайної ситуації».

Контрольні питання

1. Що таке просторовий аналіз? З яких складових утворений цей процес?
2. Що таке просторовий запит (вибірка)?
3. Операції із просторової вибірки: вибір об'єктів за місцем розташування (містить, доторкається, перетинає і т.д.).
4. Операції із класифікації (кодування/перекодування)
5. Що таке буфер? Яке їх практичне застосування?
6. Особливість створення буферу для різних типів геометрії: точка, лінія, полігон?
7. Операції накладання. Оверлейний аналіз.
8. Просторові функції: обрізка, перетин, різниця. В чому їх суть та чим відрізняються дані операції?

Лабораторна робота №4

Тема: Робота із цифровою моделлю рельєфу (поверхні). Інтерполяція та створення ізоліній (горизонталей)

Мета: набути навичок роботи із цифровою моделлю рельєфу, зокрема створення та оформлення шару з горизонталями.

Програмне забезпечення: QGIS.

Матеріали: відкриті джерела геоданих.

Завдання: на основі растрового шару висот (ЦМР) створіть шар горизонталей (ізоліній) із відповідним їх оформленням.

Короткі теоретичні відомості

Рельєф місцевості – найважливіший елемент топографічних карт. Точності відображення земної поверхні на топографічній карті для проектування і будівництва різних видів споруд надають особливого значення. На топографічному плані рельєф зображують написами відміток окремих характерних точок, умовними знаками (промоїна, обрив і т. п. – *рис. 4.2*) і горизонталями (*Рис. 4.1*). **Горизонталь** – це крива лінія, яка з'єднує точки з однаковими висотами.

Віддаль по прямовисній лінії між сусідніми горизонтальними площинами, якими перерізають поверхню Землі, називають висотою перерізу рельєфу і позначають буквою *h*. Висоту перерізу рельєфу вказують на топографічних картах під лінійним масштабом, наприклад, «Суцільні горизонталі проведені через 5 метрів». Віддалі між горизонталями на плані (карті) вздовж вибраного напрямку називають закладенням горизонталей (*d*).

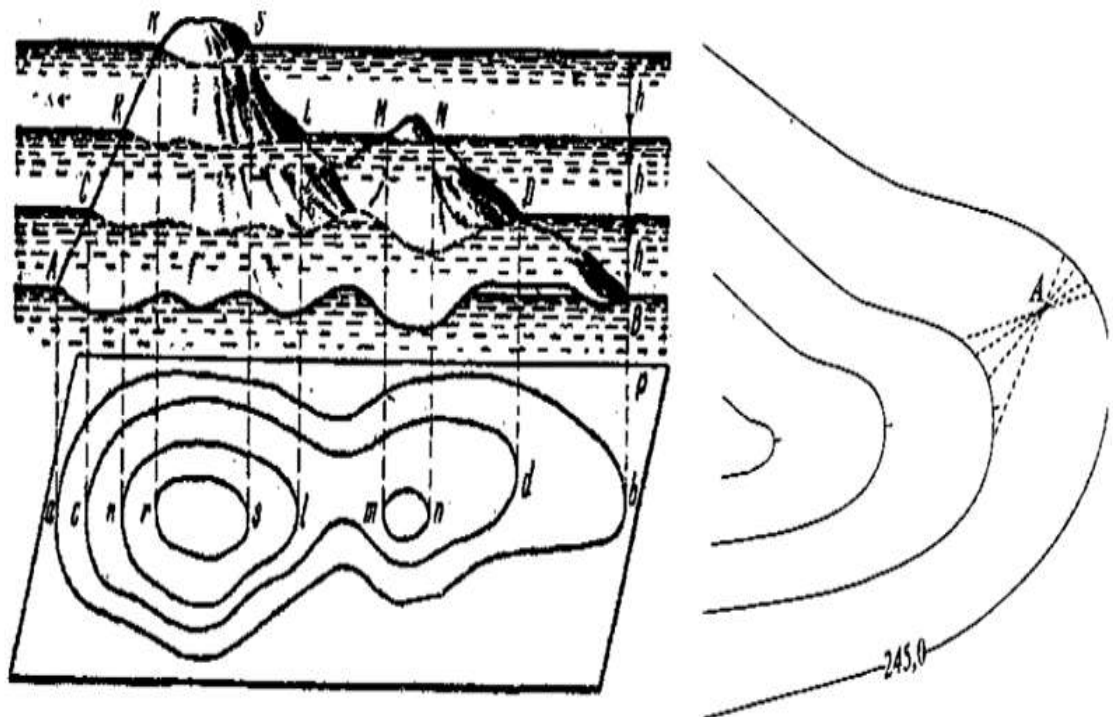


Рис. 4.1. Зображення рельєфу горизонталями

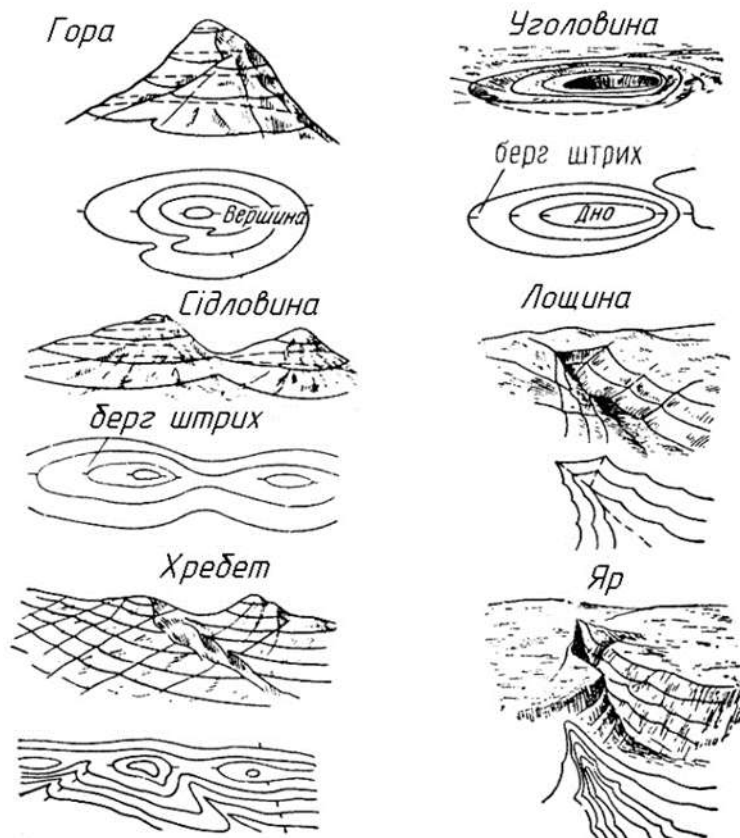


Рис. 4.2. Зображення основних форм рельєфу горизонталями

Для визначення напрямку схилу за горизонталями на них показують бергштрихи – короткі штрихи, перпендикулярні до горизонталей і направлені за схилом вниз. Основні горизонталі мають висоти, кратні висоті перерізу рельєфу h . Для вираження характерних особливостей рельєфу, а також на рівнинних територіях, рекомендується проводити напівгоризонталі – вони проводяться штриховими лініями через половину перерізу рельєфу на окремих ділянках карти (де відстань між основними горизонталями є дуже великою). Кожну п'яту основну горизонталь при $h = 1, 2, 5, 10$ м і кожну четверту при $h = 0,5$ і $2,5$ м зображають потовщеною і підписують, орієнтуючи основи цифр униз за схилом.

Для роботи із рельєфом місцевості в ГІС використовується цифрова модель рельєфу. Під **цифровою моделлю** будь-якого геооб'єкта розуміють певну форму подання вихідних даних і спосіб їх структурного опису, що дозволяє обчислити (відновити) об'єкт шляхом інтерполяції, апроксимації або екстраполяції.

Найчастіше цифрове подання поверхні землі виконується у вигляді растрового шару висот (вхідний шар), де кожне значення комірки растра містить відомості абсолютної висоти точки поверхні. В залежності від способу отримання абсолютних висот точок земної поверхні ці растрові дані поділяють на два види: Цифрова модель рельєфу (ЦМР), або Digital Elevation Model (DEM) та Цифрова модель місцевості / поверхні (ЦММ / ЦМП) або Digital Terrain/Surface Model (DTS / DSM).

DSM (Digital Surface Model) – висота видимої поверхні (цифрова модель місцевості (ЦММ), що відображає природний рельєф місцевості з рослинністю та різноманітними

штучними перешкодами (будинками, деревами тощо), також відредаговані на моделі водні об'єкти, присвоєні їм однакові значення висоти)

DEM (Digital Elevation Model) – висота рельєфу (цифрова модель рельєфу (ЦМР), що відображає природний рельєф місцевості).

Найкраще різницю між цими двома визначеннями показано на **Рис 4.3**.



Рис. 4.3. Основні види цифрового представлення земної поверхні в ГІС.

На практиці, для відображення земної поверхні, використовують оброблений вхідний шар DEM/DTM, зокрема це представлення у вигляді ізоліній (горизонталей), з використанням тіней або 3D представлення (**Рис. 4.4**).

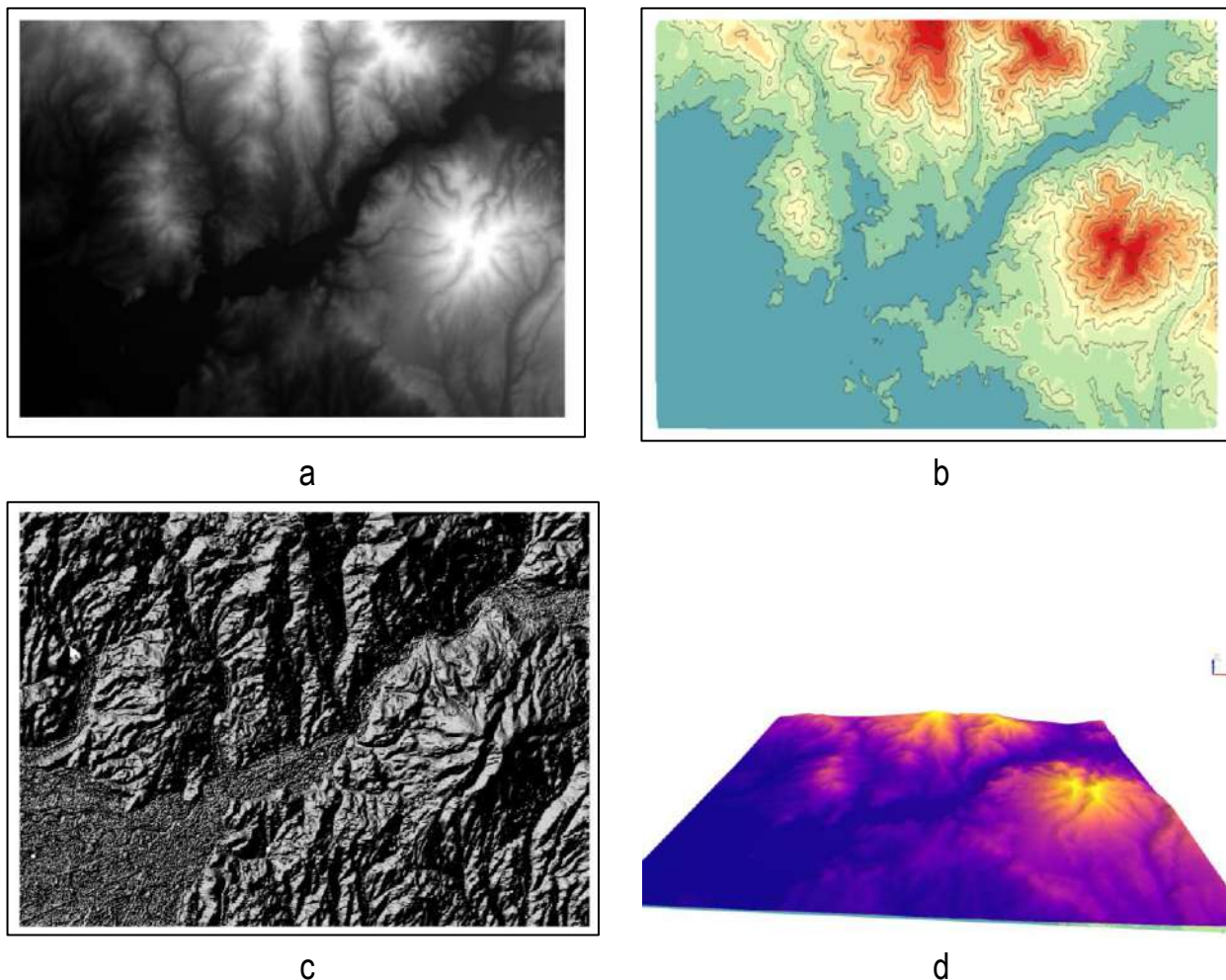
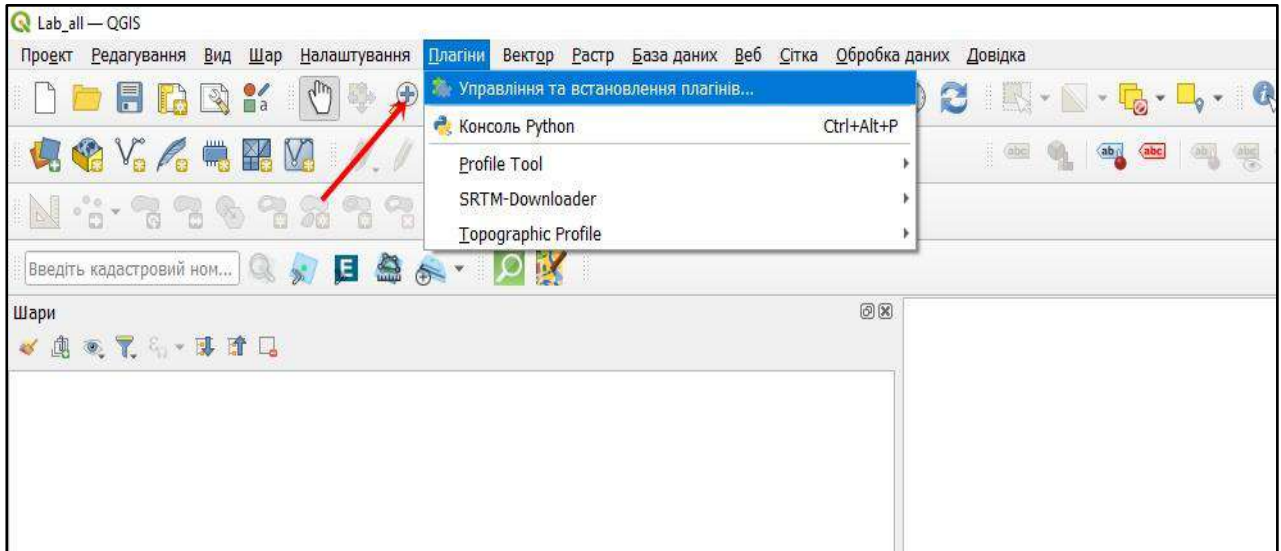


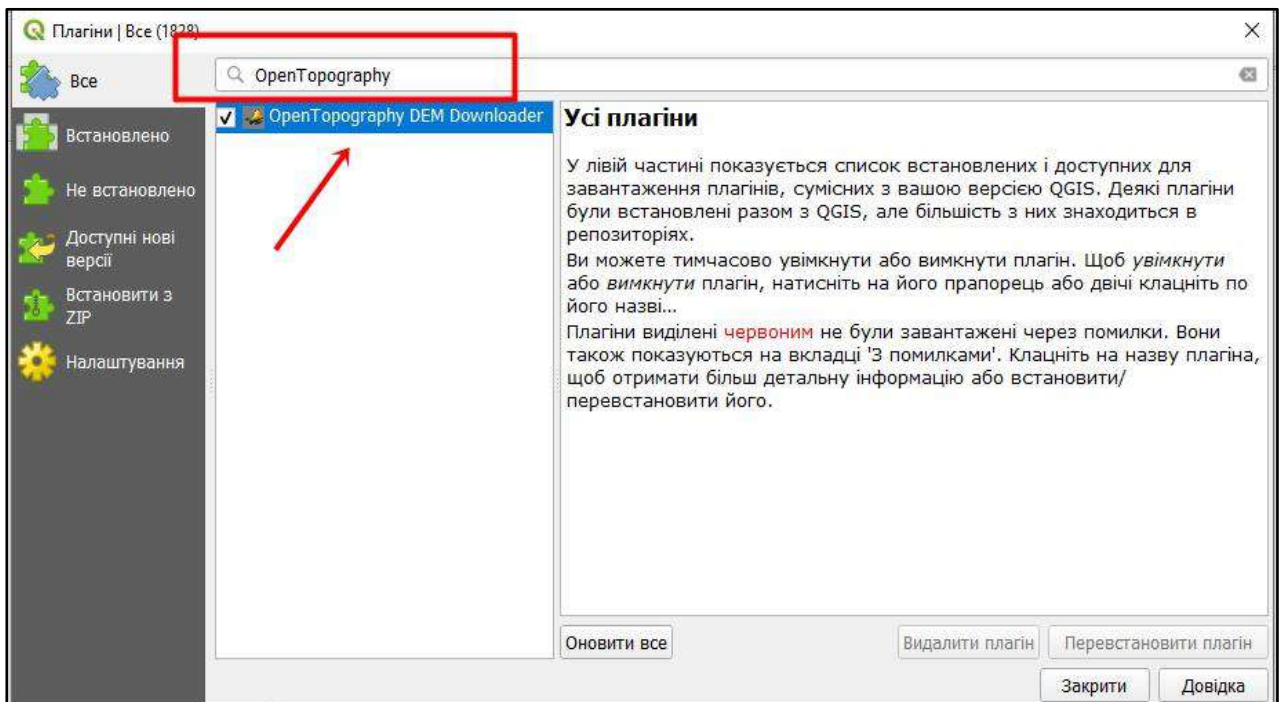
Рис. 4.4. Подання земної поверхні різними способами: а) вхідний шар DEM; б) у вигляді ізоліній; с) із застосуванням «відмивки» д) 3D модель

Хід роботи

Для виконання даної роботи будемо використовувати глобальні набори даних ЦМР, зокрема SRTM. Для отримання даних ЦМР встановіть плагін «OpenTopography DEM Downloader». Зайдіть в меню «Управління та встановлення плагінів» (Рис. 4.5а). В полі пошук введіть «OpenTopography» і встановіть плагін (Рис. 4.5b)



а



б

Рис. 4.5. Встановлення плагіну «OpenTopography DEM Downloader»

Для отримання даних із наведеного ресурсу необхідно створити обліковий запис на платформі OpenTopography, щоб отримати ключ API (Рис. 4.6) і мати змогу завантажити дані ЦМР.

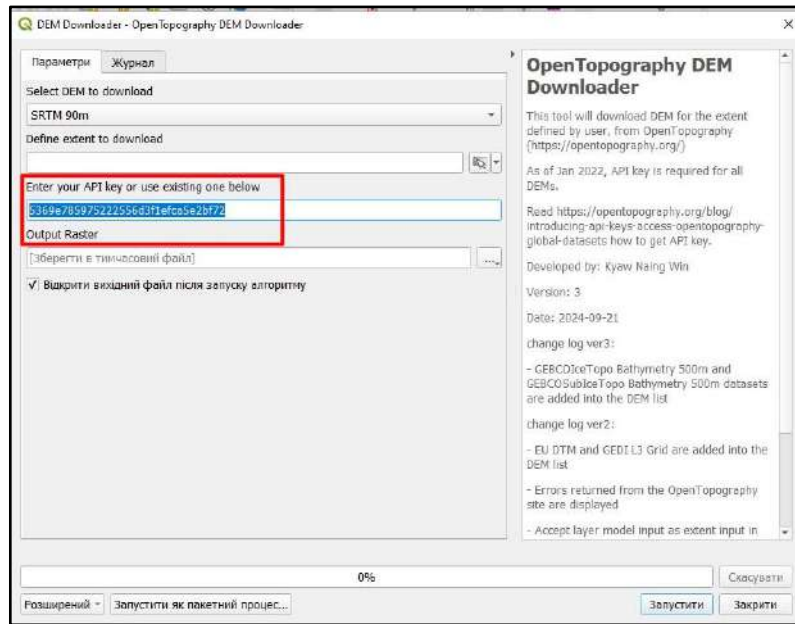


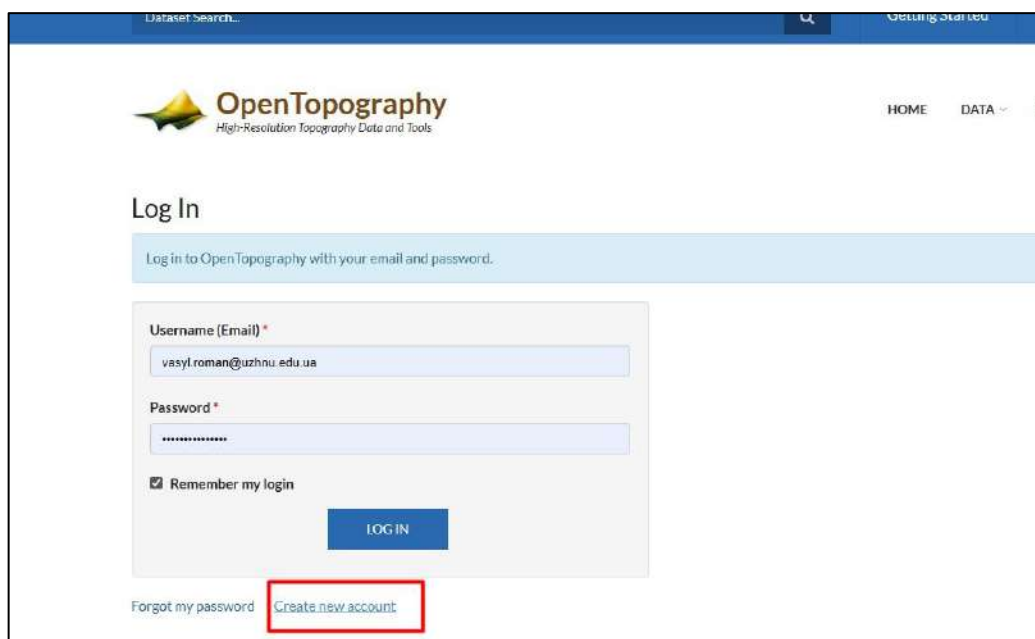
Рис. 4.6. Вигляд ключа API

Для створення облікового запису перейдіть на сайт OpenTopography for Developers (<https://opentopography.org/developers>) і натисніть на «My Account» щоб зареєструватися.



Рис. 4.7. Створення облікового запису

Натисніть «Create new account» (Рис. 4.8) і заповніть відповідні відомості для створення облікового запису.



a

OpenTopography HOME DATA LEARN ABOUT

Register New Account

Please fill out your user information and an e-mail will be sent to you with activation details.

UserID (email): vasyLroman@uzhnu.edu.ua

Organization: Uzhhorod National University
If you are not affiliated with any organization, please indicate 'None'.

First Name: VasyL

Last Name: Roman

ORCID: <https://orcid.org/>
0000-0000-0000-0000

Affiliation: Academia

Password: [Empty field]
Password must be 8 or more characters with a mix of at least 2 of the 4 of the following: Lowercase letters, uppercase letters, numbers, and special characters (@, #, \$, %, etc.).

Confirm password: [Empty field]

Would you like to subscribe to the OpenTopography mailing list?

I accept the **Terms of Use**

Having problems creating an account?

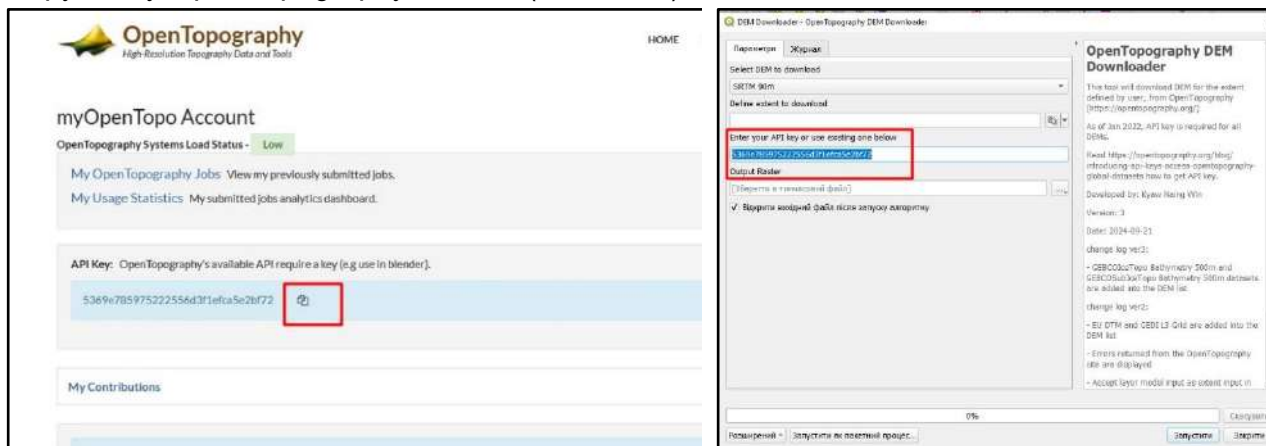
SUBMIT

Login Forgot my password

b

Рис. 4.8. Порядок створення облікового запису

Завершіть процедуру реєстрації підтвердженням через електронну пошту. Після цього стає доступний ключ API скопіюйте його (Рис. 4.9а) і вставте у відповідне поле інструменту OpenTopography в QGIS (Рис. 4.9b).



a

b

Рис. 4.9. Додавання ключа API

Якщо виникли проблеми зі створення облікового запису, можете використати цей ключ – **5369e785975222556d3f1efca5e2bf72**.

За допомогою QMS (використайте дані OSM Standard) визначте область для досліджень. Якщо відсутній плагін QMS – встановіть його (як це зробити показано у попередніх лабораторних).

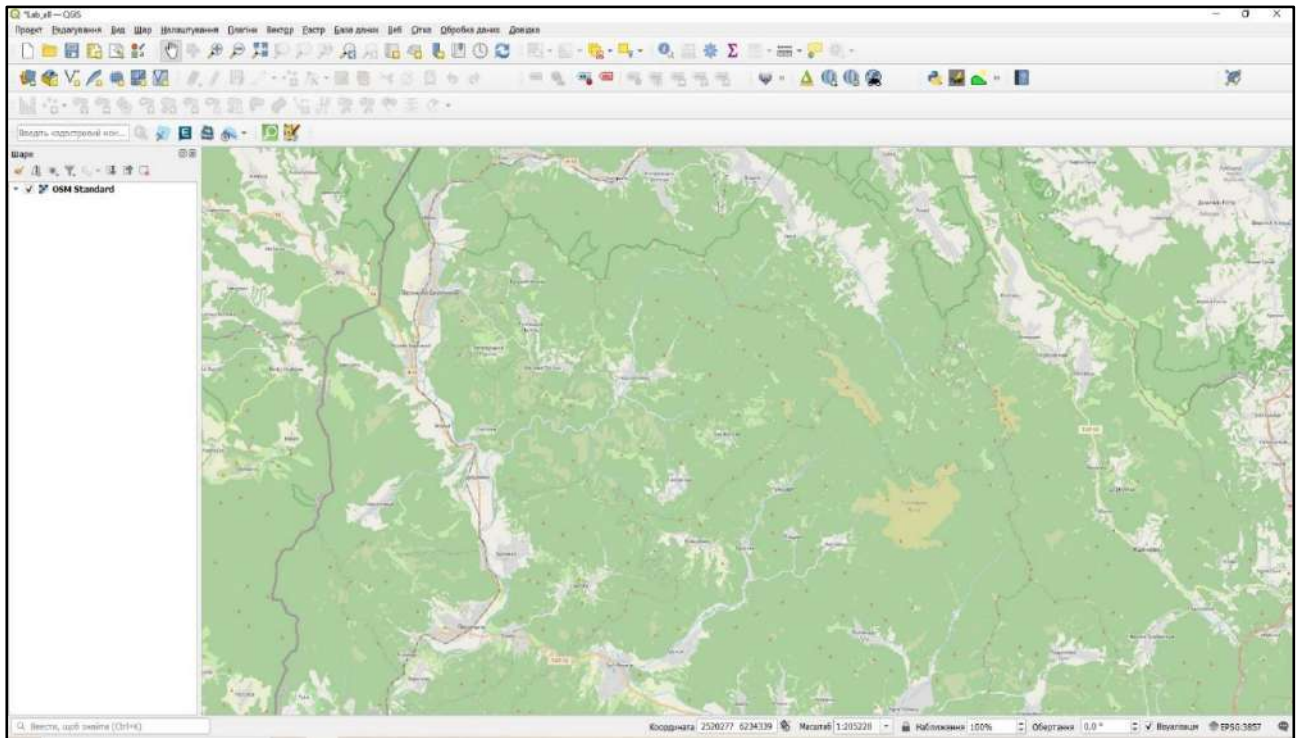


Рис. 4.10. Область досліджень (басейн верхньої течії р. Уж, Закарпатська область)

Для завантаження ЦМР відкрийте OpenTopography DEM... (Рис. 4.11) та виставте параметри, що наведені на рисунках нижче (Рис. 4.12а, б).

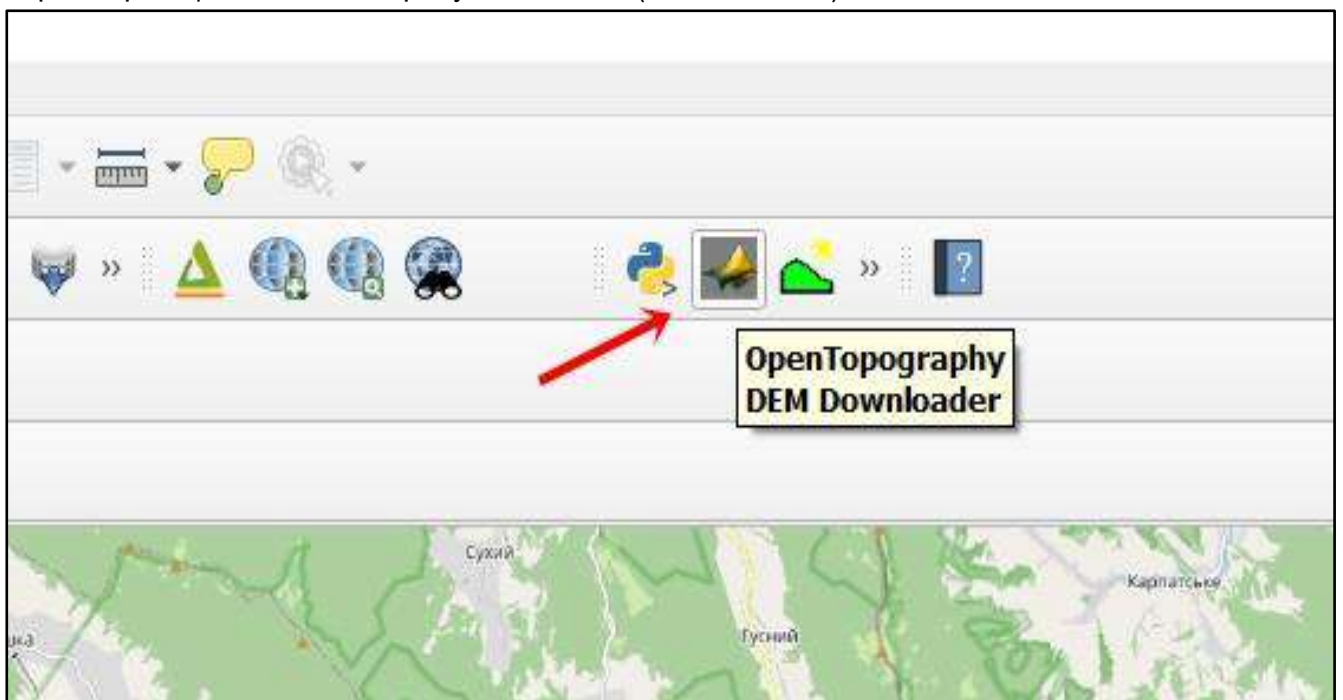
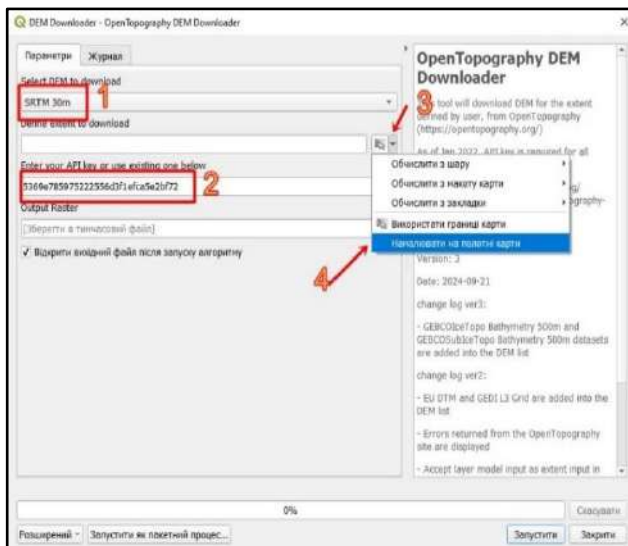
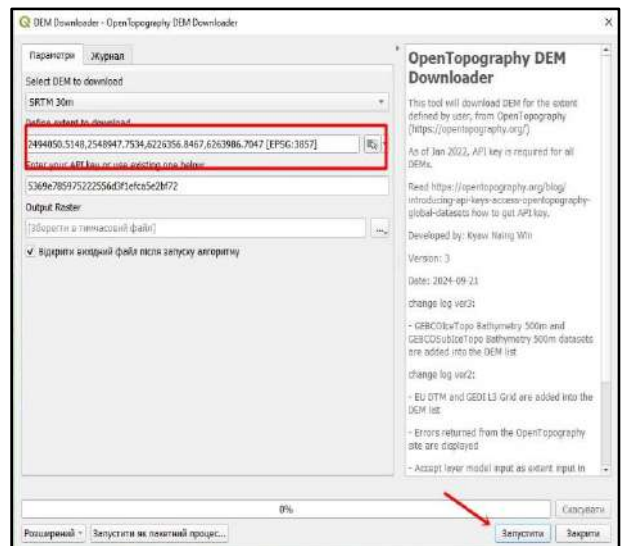


Рис. 4.11. Запуск плагіну OpenTopography DEM

Виберіть область (extent) для досліджень за допомогою інструменту «Намалювати на полотні карти» (Рис. 12а) .



a



b

Рис. 4.12. Завантаження даних ЦМР – SRTM 30m

Після цього, у полі «Define extent to download» заявляться координати бажаної області. Щоб завантажити дані – натисніть «Запустити».

Виконання обрізки отриманого растра висот (необов'язковий крок).

Щоб виконати обрізку растра, перейдіть на вкладку «Растр», виберіть «Вилучення» та «Вирізати область із растру» (Рис. 4.13).

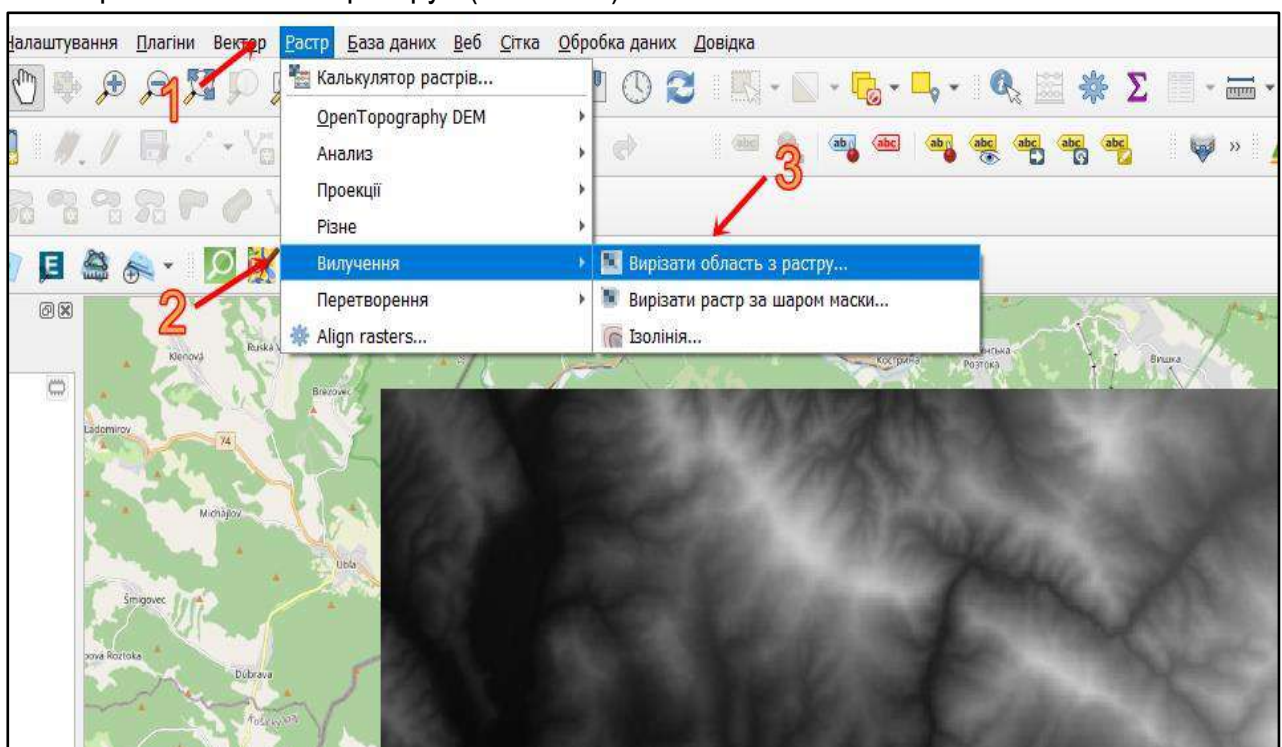


Рис. 4.13. Виконання обрізки растрового шару

Для визначення потрібної області обрізки, використайте інструмент «Намалювати на полотні карти» і виділіть потрібну область. Щоб виконати обрізку растра – тиснете «Запустити» (Рис. 4.14).

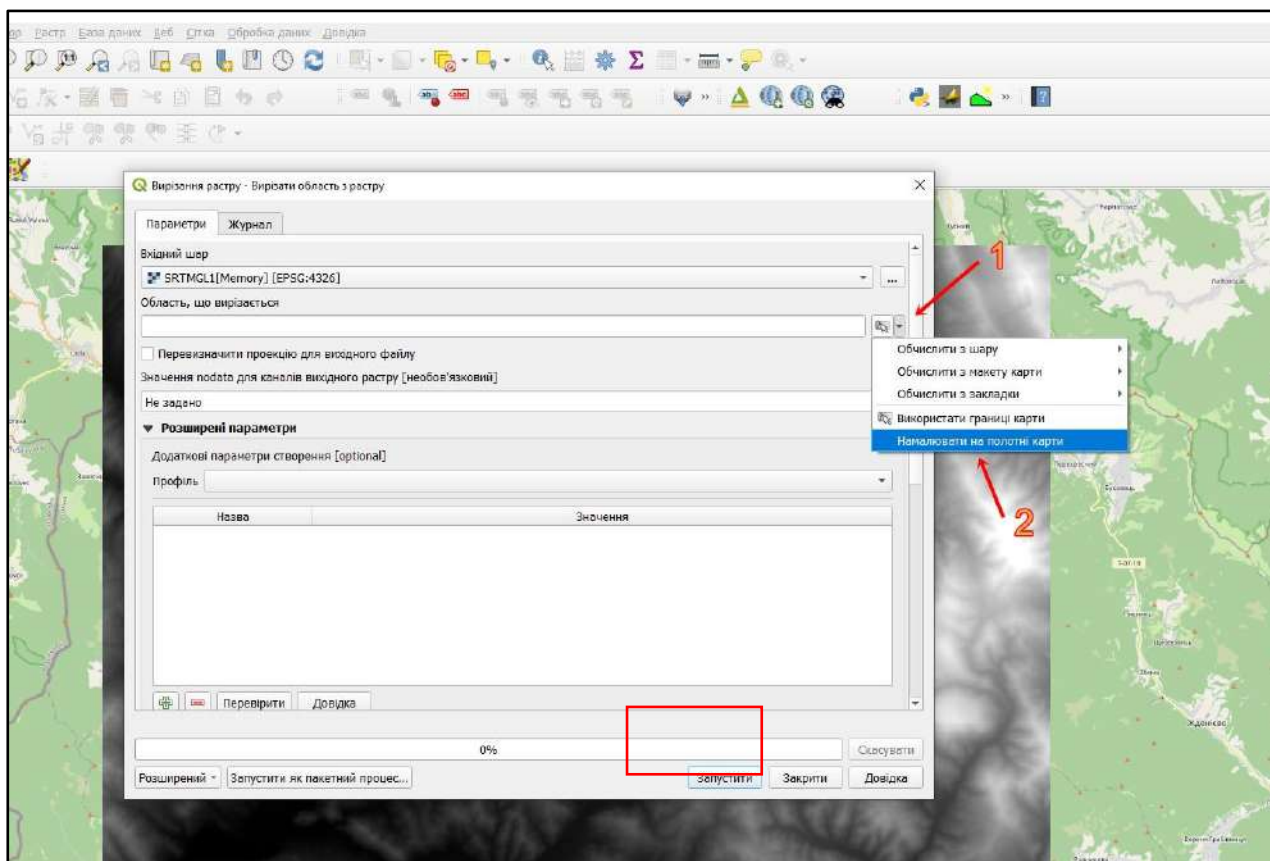


Рис. 4.14. Виконання обрізки растрового шару бажаної області

Щоб створити ізолінії (горизонталі) із ЦМР, перейдіть на вкладку «Растр», виберіть «Вилучення» і натисніть «Ізолінія» (Рис. 4.15).

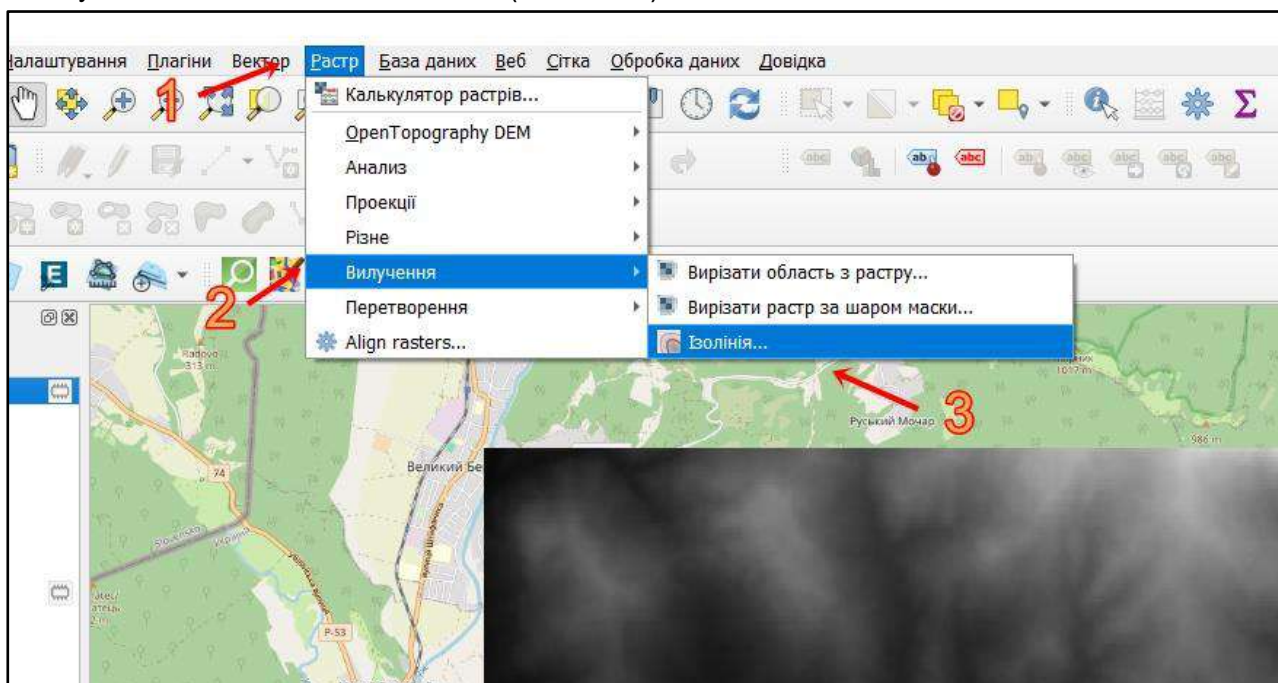


Рис. 4.15. Створення ізоліній (горизонталей)

Виконайте налаштування для ізоліній (горизонталей) як показано на Рис. 4.16.

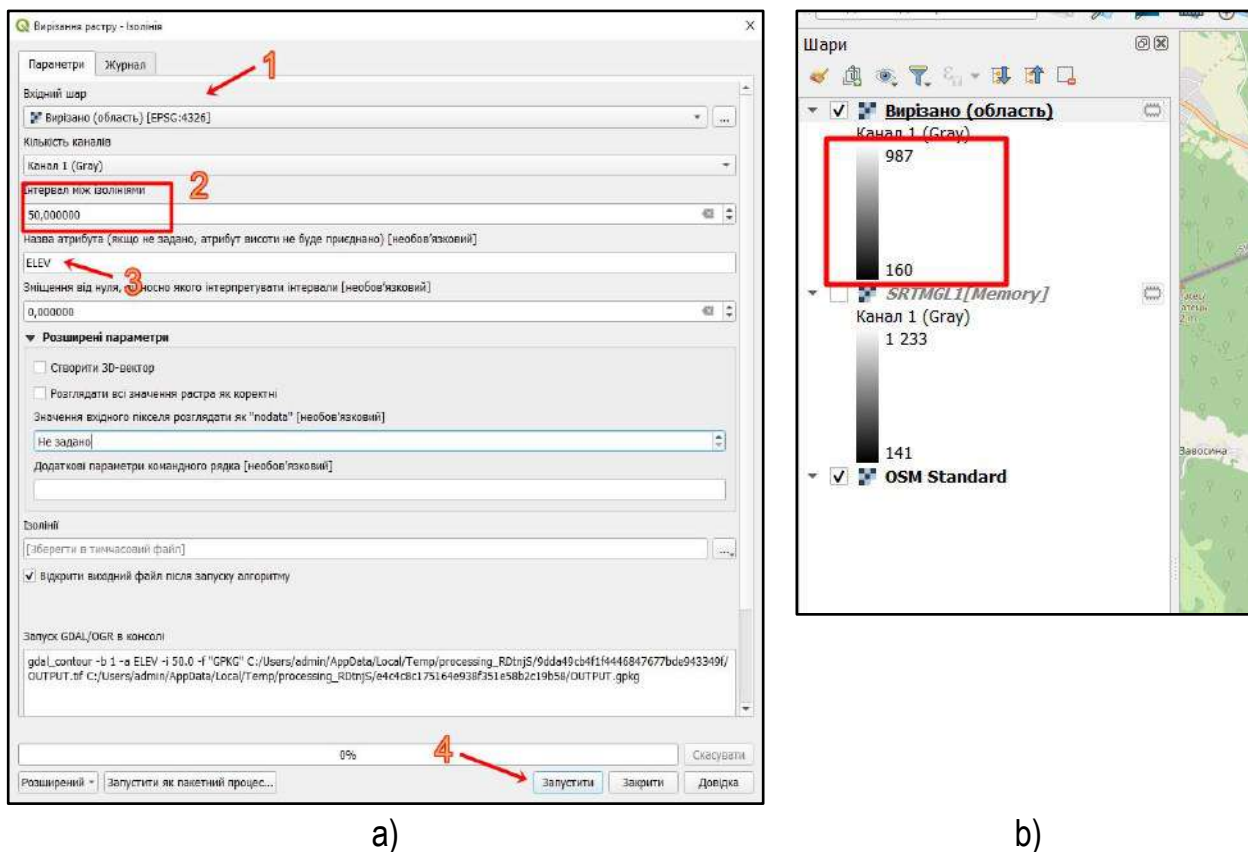


Рис. 4.16. Налаштування ізоліній:

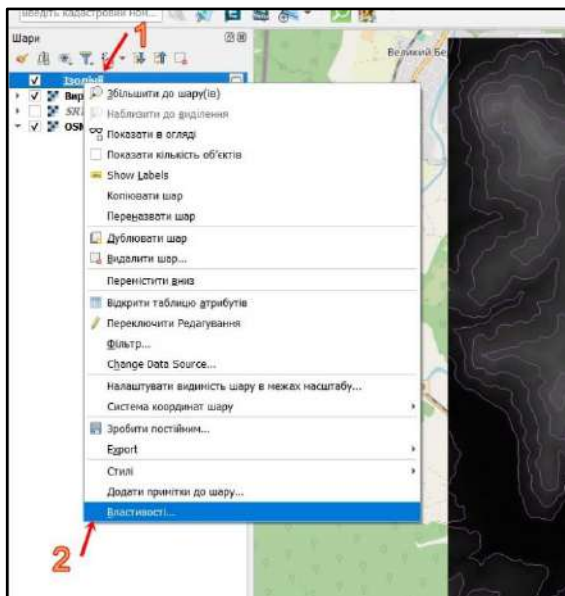
1 – вказуєте на основі якого растру будуть створені ізолінії (у нашому випадку це вирізана область із вхідного растру).

2 – вказуєте через які інтервали висот будуть побудовані ізолінії (тобто, якою буде висота перерізу рельєфу). Це значення залежить від розмаху висот досліджуваної території (Рис. 16b) та масштабу майбутньої карти, тобто чим більший діапазон – більший інтервал. Потрібно це, щоб коректно відобразити ізолінії на карті, по причині високої роздільної здатності східчастої структури вхідного растру висот, що притаманно растровій моделі.

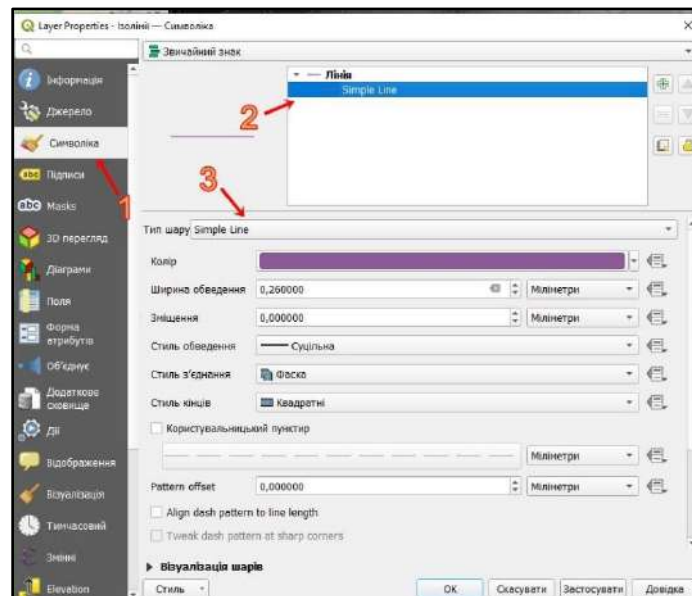
3 – це назва атрибута (поля) у таблиці атрибутів горизонталей, де буде вказано значення висот.

Наступний крок – оформлення відображення горизонталей згідно прийнятих вимог, зокрема: необхідно відобразити потовщені горизонталі, додати підписи відміток висот горизонталей, а також згладити геометрію горизонталей та прибрати занадто короткі (дрібні) горизонталі (для горбів, виїмок..).

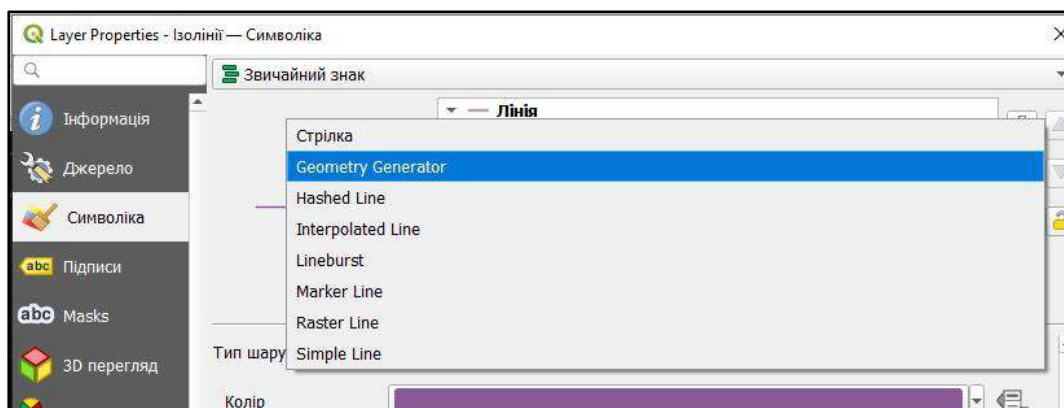
Щоб виконати згладжування ліній та вилучення дрібних горизонталей, перейдіть до «Властивостей» шару «ізолінії» (Рис. 4.17.a), виберіть вкладку «Символіка», перейдіть до «Simple Line» і натисніть на меню «Тип шару» (Рис. 4.17b). У спадному списку виберіть «Geometry Generator» (Рис. 4.17c).



a

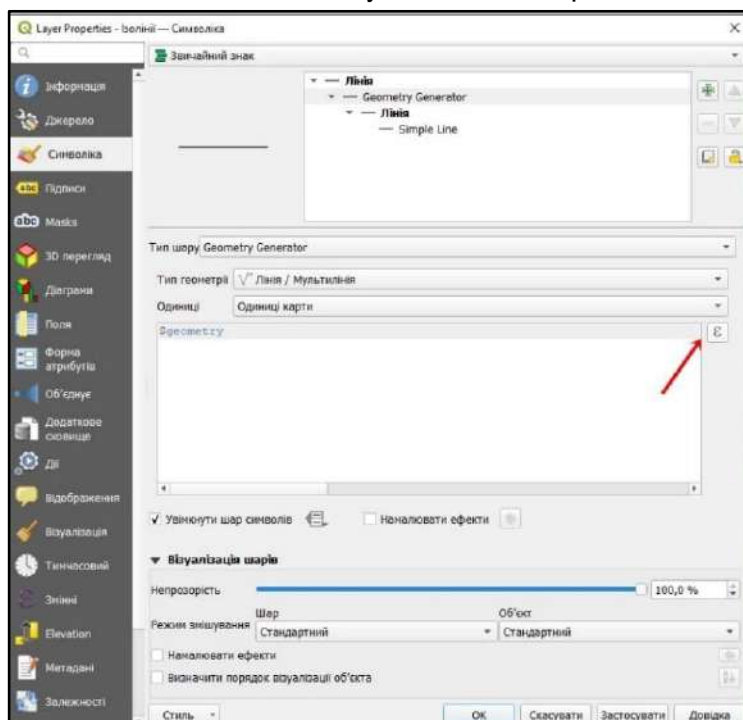


b

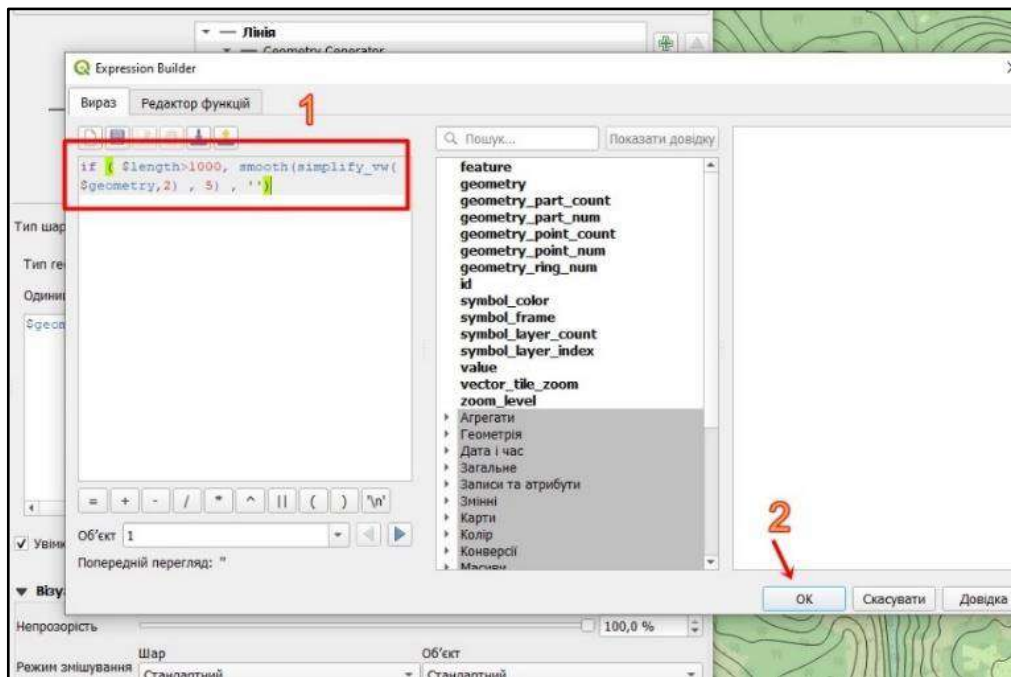


c

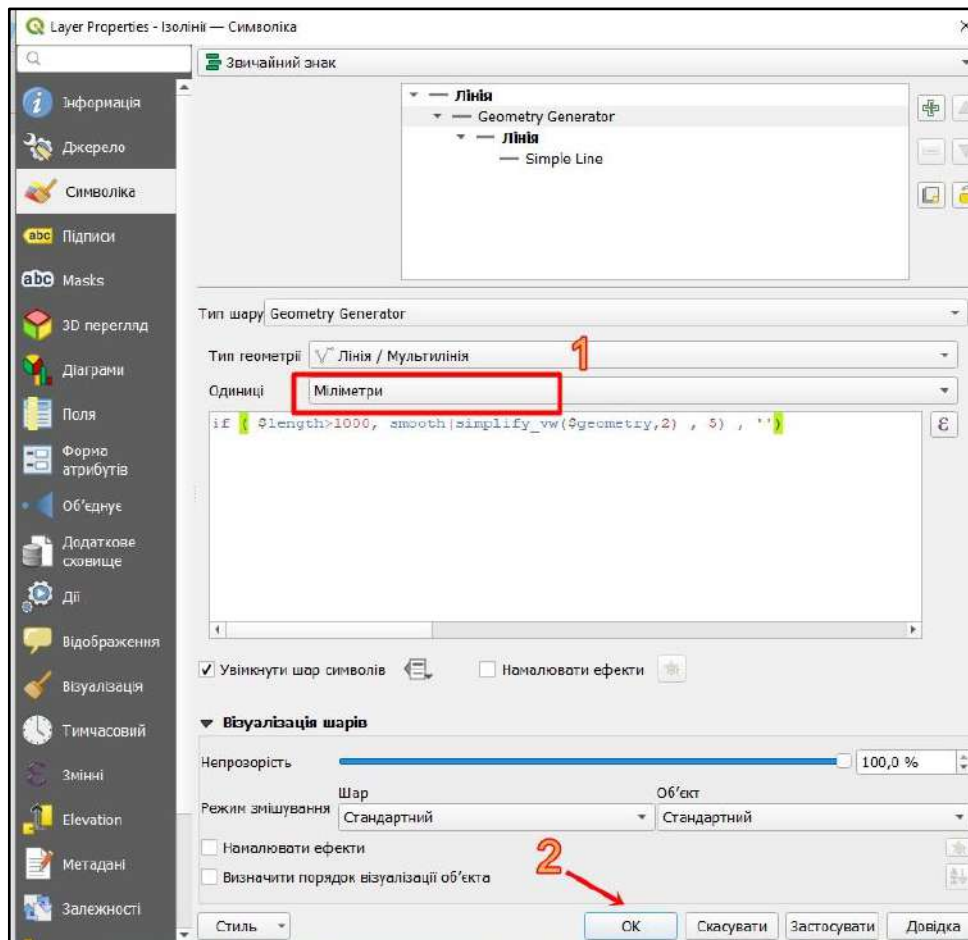
Рис. 4.17. Налаштування геометрії ізоліній



a



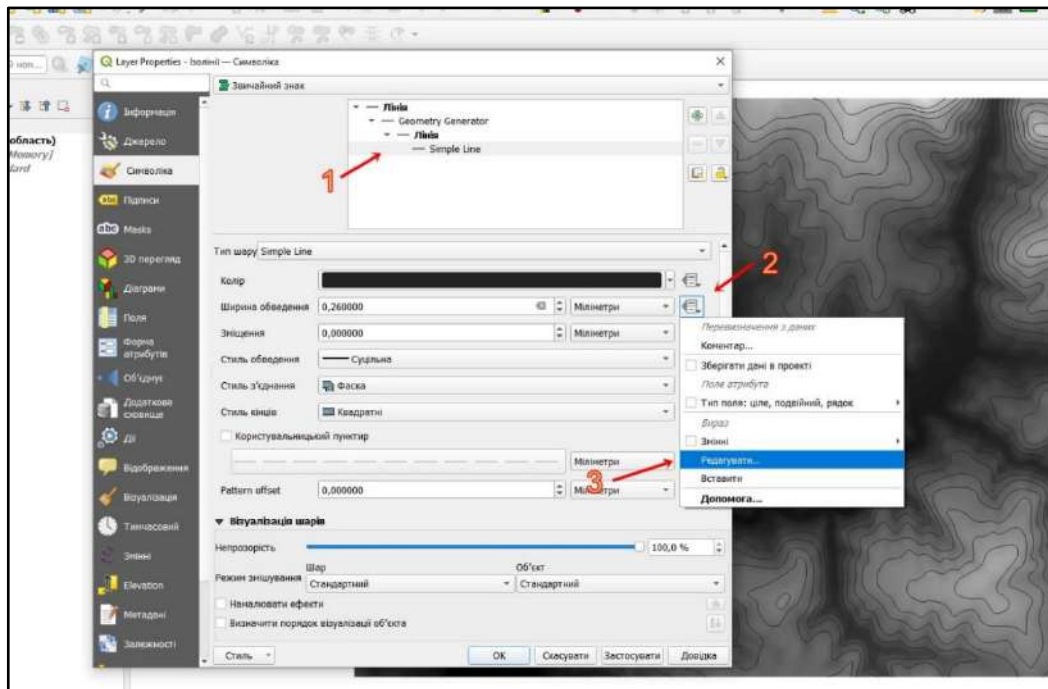
b



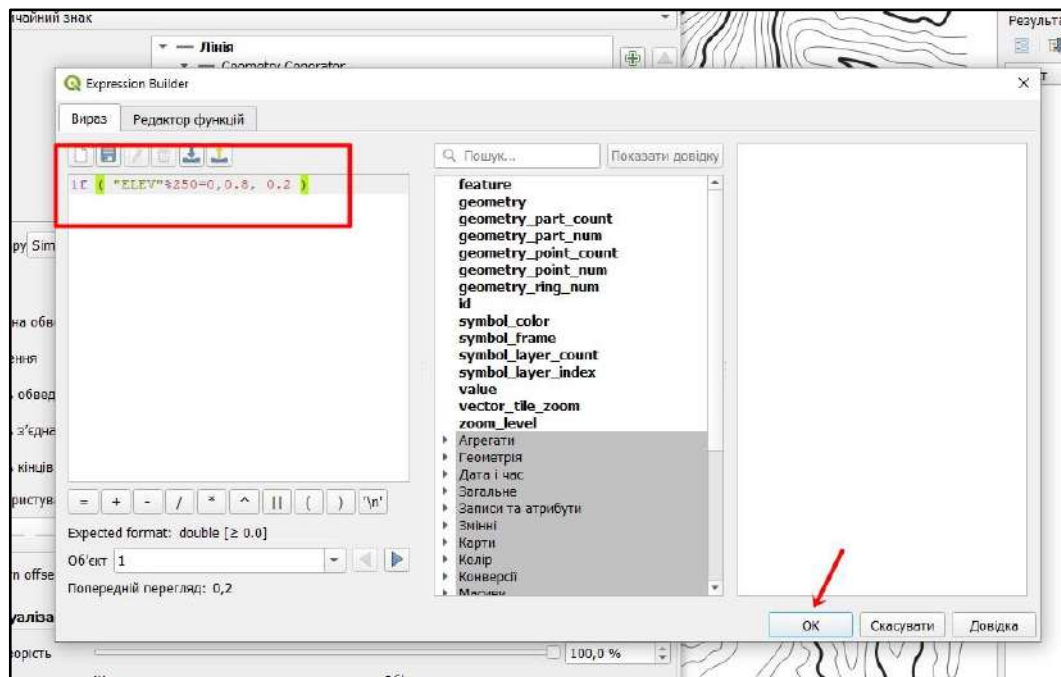
c

Рис. 4.18. Налаштування ізоліній за допомогою генератора геометрії
 Відкрийте побудовник виразів (Рис. 4.18а), у якому виконайте такий запит: `if($length>1000, smooth(simplify_vw($geometry,2) , 5) , '')` і натисніть «OK» (Рис. 4.18b). В полі «Одиниці» виставте параметр «Міліметри» і натисніть OK (Рис. 4.18c).

Після налаштування геометрії ізоліній слід відобразити потовщення ліній. Виконується це, як і в попередньому випадку – за допомогою відповідного запиту. Для створення запиту, перейдіть до Властивостей шару ізоліній/Символіка та виберіть Simple Line (Рис. 4.19а). Для параметру «Ширина обведення» тиснете на «Перевизначення з даних» і вибираєте «Редагувати». В полі побудовника запитів виконуєте такий запит: «if («ELEV»%250=0, 0.8, 0.2)» (Рис. 4.19b).



а



б

Рис. 4.19. Налаштування потовщення горизонталей

Даний вираз означає: якщо значення атрибута ELEV (поле значень висоти) кратне «250» то лінія матиме товщину 0,8 мм, інші лінії – 0,2 мм. Тобто, при висоті перерізу рельєфу в 50 м, кожна 5-та горизонталь буде мати значення 250, 500, 750 ... і буде потовщена. Все залежить від вибраного Вами значення висоти перерізу рельєфу (інтервал між горизонталями). Наприклад, при інтервалі в 20 м – «%100» отримуємо: 100, 200, 300 ... м. Після виконання запиту отримуємо такий результат (Рис. 4.20):

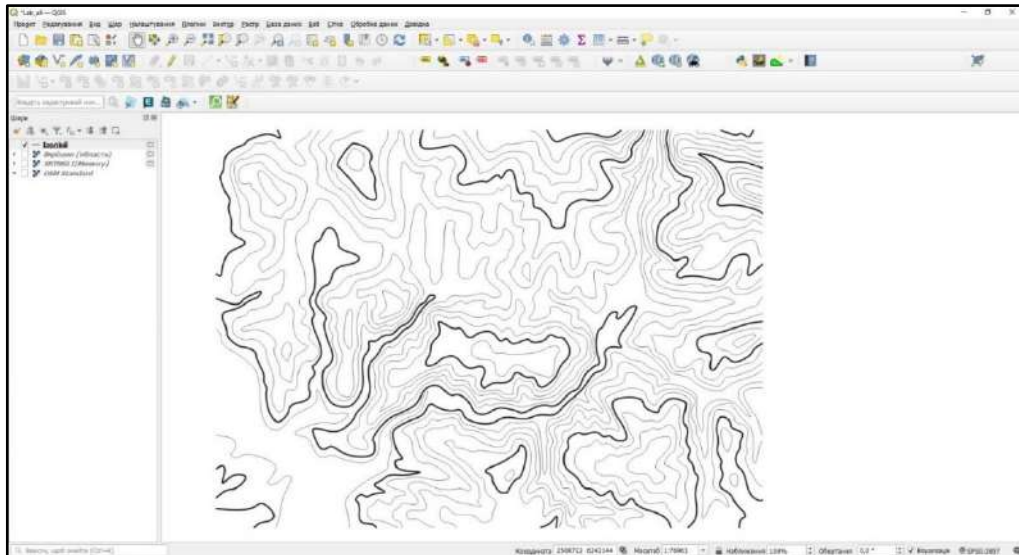
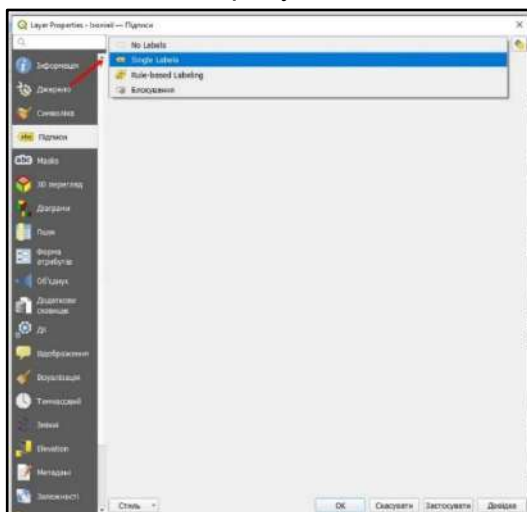
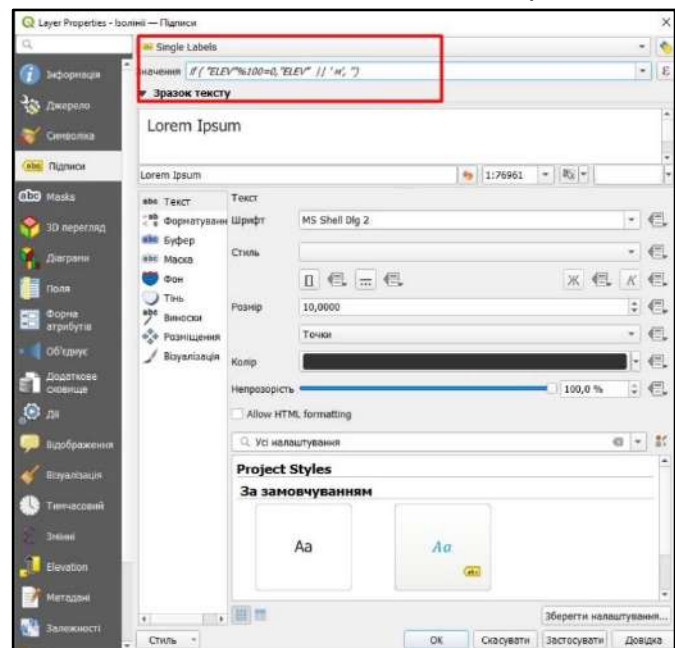


Рис. 4.20. Вигляд оброблених горизонталей

Далі виконуємо налаштування підписів основних горизонталей. Для цього відкриваємо Властивості шару «Ізолінії» і переходимо на вкладку «Підписи» і вибираєте «Single Labels» (Звичайний підпис) (Рис. 4.21а). У полі «Значення» прописуєте такий запит: `if(«ELEV»%250=0,«ELEV» || 'м', '')` (Рис. 21b). Цей запит означає: вказати підпис для об'єкта в якого значення атрибута в полі ELEV є кратним «250». Тобто для всіх основних горизонталей.



а

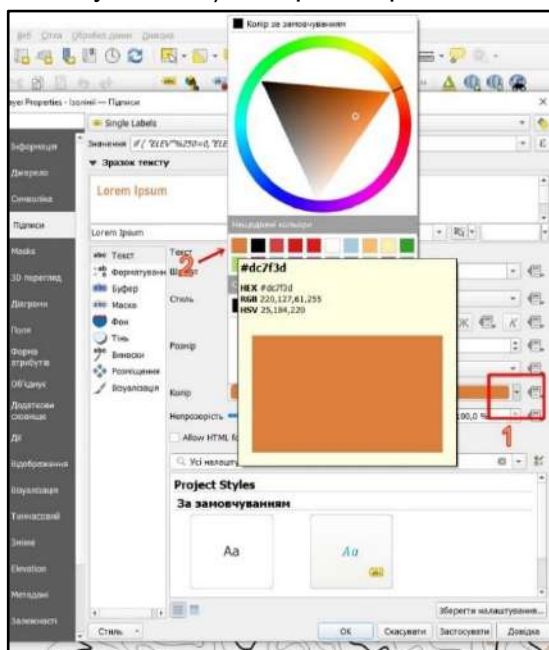


б

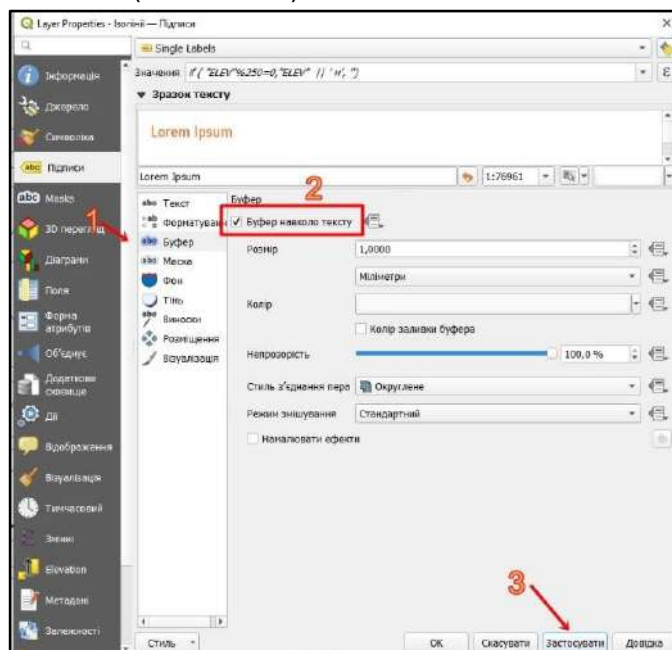
Рис. 4.21. Налаштування підписів основних горизонталей

Далі виконується належне оформлення підписів, зокрема: 1) налаштування шрифту, 2) створення буфера навколо тексту, 3) створення маски і 4) налаштування розміщення підпису.

1) Шрифт підписів підбирає на власний розсуд (можна залишити за замовчуванням), колір вибирає - «Коричневий» (Рис. 4.22a).



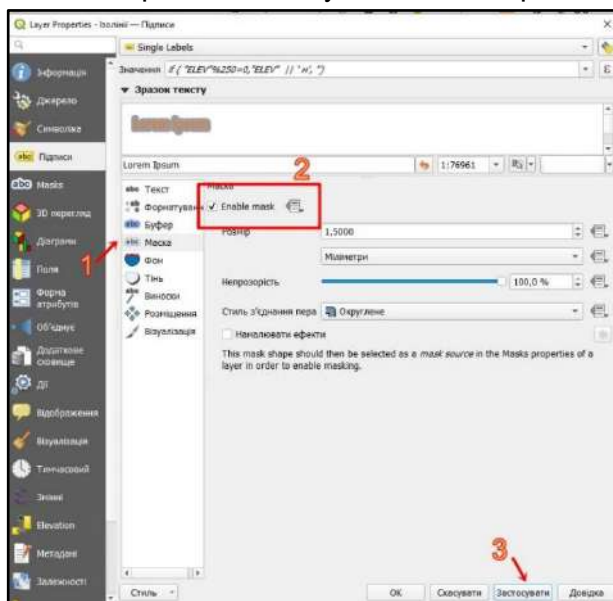
а



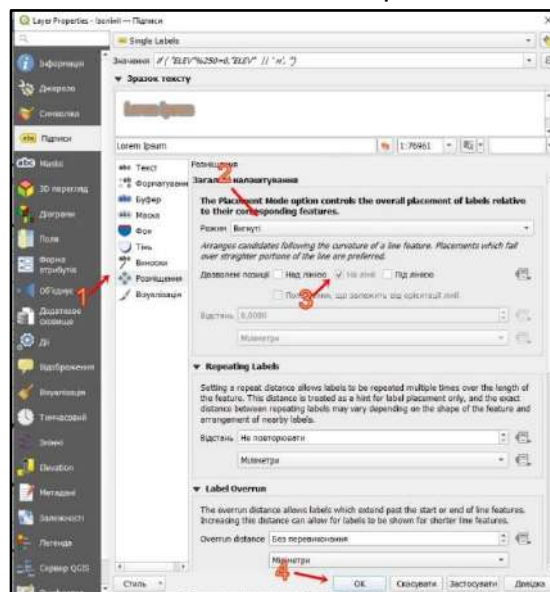
б

Рис. 4.22. Налаштування шрифту та кольору підписів та створення буфера навколо тексту

2) Щоб створити буфер навколо тексту, перейдіть на вкладку «Буфер» і поставте галочку для «Буфер навколо тексту» і натисніть «Застосувати» (Рис. 4.22b). Всі налаштування залишає без змін. Власне буфер необхідний для якісного відображення підписів горизонталей, у випадках перетинання із іншими об'єктами на карті.



а



б

Рис. 4.23. Налаштування маски та розміщення для підписів горизонталей

3) Далі необхідно створити маску для підписів, вона необхідна щоб перекривати об'єкти на яких лежить або перетинається підпис. Щоб додати маску, перейдіть на вкладку «Маска», поставте галочку на «Enable mask» та натисніть **Застосувати** (Рис. 4.23а).

4) Для налаштування розміщення підписів перейдіть на вкладку «Розміщення», вкажіть такі параметри налаштувань: Режим «Вигнуті»; Дозволені позиції «На лінії». Для активування налаштувань тиснете «Застосувати», а потім «ОК» (Рис.4.23б).

Після виконання всіх дій, у Вас повинен відобразитися результат, що наведений на Рис. 4.24:

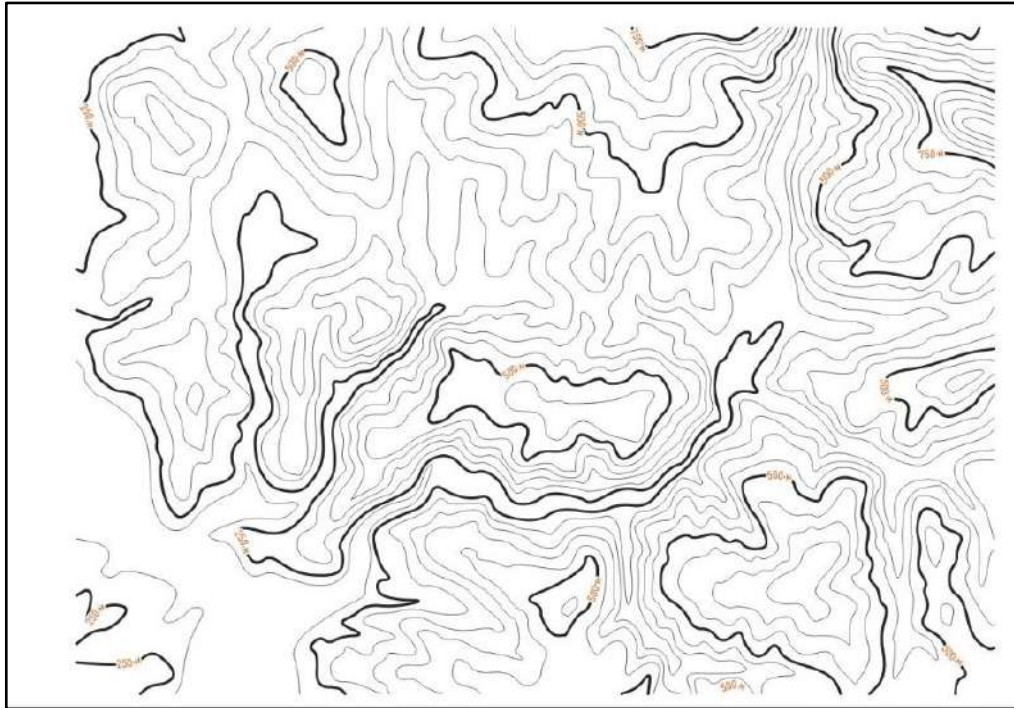
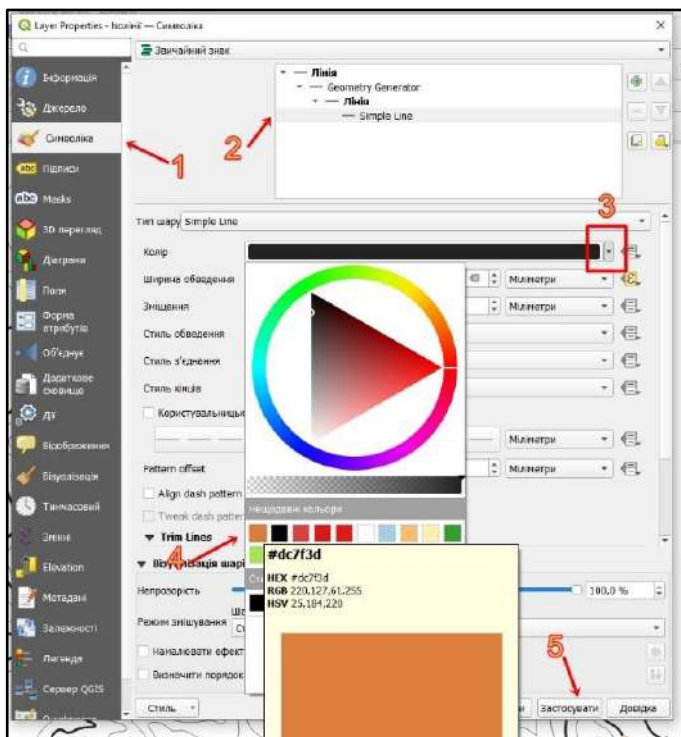


Рис. 4.24. Видгляд оброблених горизонталей



Наостанок необхідно змінити колір горизонталей на «Коричневий». Для цього перейдіть у Властивості шару «Горизонталі», натисніть на «Simple Line», для поля «Колір» виберіть «Коричневий» і натисніть «ОК» (Рис. 4.25).

Рис. 4.25. Зміна кольору горизонталей

Контрольні питання

1. Що таке просторове моделювання?
2. Що таке цифрова модель рельєфу (ЦМР) та цифрова модель поверхні (ЦМП)?
3. Форми рельєфу та способи його відображення на картах.
4. Що таке схил, крутизна схилу та експозиція схилу.
5. Способи (джерела) отримання даних для моделювання поверхні (рельєфу).

Лабораторна робота №5

Тема: Створення та оформлення топографічної карти

Мета: набути навичок з компонування топографічних карт за допомогою ГІС.

Програмне забезпечення: QGIS.

Матеріали: відкриті джерела геоданих.

Завдання: створить топографічну карту масштабу 1:50000.

Короткі теоретичні відомості

Базовим елементом усіх картографічних зображень є умовні знаки, за допомогою яких просторові об'єкти відображуються на карті. Система умовних знаків утворює мову карти. Картографічні умовні знаки (conventional signs, (cartographic) symbols, map symbols) – графічні символи, що використовуються на картах для позначення різних об'єктів і явищ реального світу.

Топографічна карта є надійним і об'єктивним засобом відображення інформації про ситуацію певної частини місцевості. Під ситуацією у геодезії розуміють сукупність усіх об'єктів на поверхні землі (будівлі, споруди, рослинність, шляхи, водні об'єкти, тощо), включаючи рельєф. Для уникнення перевантаження карти інформацією, ситуацію на картах зображують умовними знаками. Такі знаки повинні сприяти легкому читанню карти і давати ясне уявлення про насиченість ситуацією місцевості. Тому умовні знаки повинні бути наглядними і відображати характер зображених предметів, та бути єдиними для всіх топографічних карт.

Умовні знаки топографічних карт – це сукупність графічних, літерних, цифрових та кольорових позначень, що дозволяють зображати об'єкти на карті. Тобто умовні знаки є своєрідною абеткою, що за допомогою якої отримують інформацію не тільки про просторове розміщення місцевих предметів, а і певні відомості про них. Разом з горизонталями умовні знаки відтворюють на топографічній карті усі особливості місцевості.

Умовні знаки поділяються на три види: контурні, лінійні, позамасштабні. Також розрізняють пояснюючі умовні знаки, пояснювальні підписи і цифрові позначення.


Контурні (масштабні) умовні знаки застосовуються для зображення місцевих об'єктів, розміри яких виражені у масштабі карти і можна визначити їх площу. Такі знаки складаються із зовнішнього контуру, що передає місце розташування і конфігурацію об'єкта. Зовнішній контур заповнюється знаками, що передають якісну характеристику об'єкта.

Лінійними умовними знаками позначаються об'єкти на місцевості, у яких за картою можна виміряти довжину, але не можна виміряти ширину (дороги, ріки, водогони, паркани, лінії електропередач, тощо). Точне положення лінійних об'єктів на карті визначається повздовжньою віссю (серединою) лінійного умовного знака.

Позамасштабні умовні знаки застосовуються для зображення об'єктів, розміри яких не можна виразити у масштабі карти. Це геометричні фігури встановленого розміру чи спрощені рисунки, що передають лише загальний вигляд, а не розмір і площу. Центр кожного такого знака – його місцезнаходження (головна точка).

Центрами є:

- для знаків симетричної форми (трикутник, квадрат, прямокутник, кружок, зірочка)
- центр фігури; - для знаків з широкою основою (пам'ятник, окремий камінь)
- центр основи;
- для знаків з прямим кутом в основі (окреме дерево, вітряний двигун, тощо)
- вершина кута;
- для знаків, що є поєднанням кількох фігур (метеорологічна станція)
- центр нижньої фігури.

Пояснювальні умовні знаки не зображають самі об'єкти, але дають додаткову цінну інформацію про них. Наприклад, поруч із позначенням породи дерев лісу вказується діаметр, висота і середня відстань між ними .

Пояснювальні підписи застосовуються на картах разом з умовними знаками. Вони бувають повні, скорочені і цифрові. **Повні пояснювальні підписи** застосовуються для власних назв об'єктів (населені пункти, ріки, озера, тощо). **Скорочені пояснювальні підписи** застосовуються для додаткової характеристики об'єктів. Наприклад, поруч із зображенням будинку позначено шк., що означає – школа.

Величина умовних знаків залежить від масштабу топографічної карти. Чим крупніший масштаб – тим більші умовні знаки. Зазначену особливість необхідно враховувати при створенні топографічних карт. Умовні знаки, що використовуються на топографічних картах масштабів 1:100000, 1:50000, 1:25000 та 1:10000, узгоджені між собою за виглядом і кольором, а розрізняються лише за розмірами і взаємним розташуванням, що значно полегшує їх використання. Умовні знаки для топографічної карти масштабу 1:10000 затверджені Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України № 254 від 9 липня 2001 року, а умовні знаки для топографічних карт масштабів 1:25000, 1:50000, 1:100000 – Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України № 330 від 27 серпня 2001 року.

Для підвищення наочності топографічних карт застосовуються кольори, що відповідають забарвленню об'єктів місцевості: рослинність – зелений, гідрографія – синій, рельєф і піски – коричневий, щільно забудовані квартали населених пунктів та автошляхи з покриттям – жовтогарячий колір.

Умовні знаки стандартні, єдині і обов'язкові для всіх організацій і установ, що займаються картографічними роботами.

У базових версіях ПО QGIS відсутні стандартизовані символи позначень умовних знаків. Для оформлення різноманітних карт окремо завантажують пакети символіки і встановлюються до «Менеджеру стилів» QGIS. Створення (компонування) карт в QGIS, на відміну від ArcGIS (зокрема ArcMap) виконується у спеціальному модулі «Макет друку». Особливості створення та карт із використанням цього модуля, із відповідними коментарями, наводиться в самому Ході виконання лабораторної роботи

Хід роботи

Для створення топографічної карти будуть використані дані відкритих джерел, зокрема OpenStreetMap (OSM). Для завантаження даних OSM необхідно встановити спеціальний плагін. Щоб завантажити його відкрийте вкладку «Плагіни»/Управління та встановлення плагінів та за допомогою пошуку знайдіть і встановіть плагін «**QuickOSM**» (Рис. 5.1).



Рис. 5.1. Вигляд плагіну QuickOSM на панелі інструментів

Загалом, цей плагін дозволяє отримувати відомості для багатьох класів об'єктів за допомогою відповідного запиту до бази геоданих OSM. Структура запиту може бути різною, і дозволяє отримувати дані про окремий клас об'єктів (простий) або групу об'єктів (складний). Для виконання нашого завдання використаємо вже сформований (заготовлений) запит.

Для виконання запиту, відкрийте плагін «QuickOSM» та виберіть Hiking у вкладці «Власні заготовки». У полі «Екстент шару» вибираєте шар «Ізолінії». Тиснете «Виконати запит» і очікуєте завантаження необхідних шарів з даними до «списку шарів» робочого проекту (Рис. 5.2).

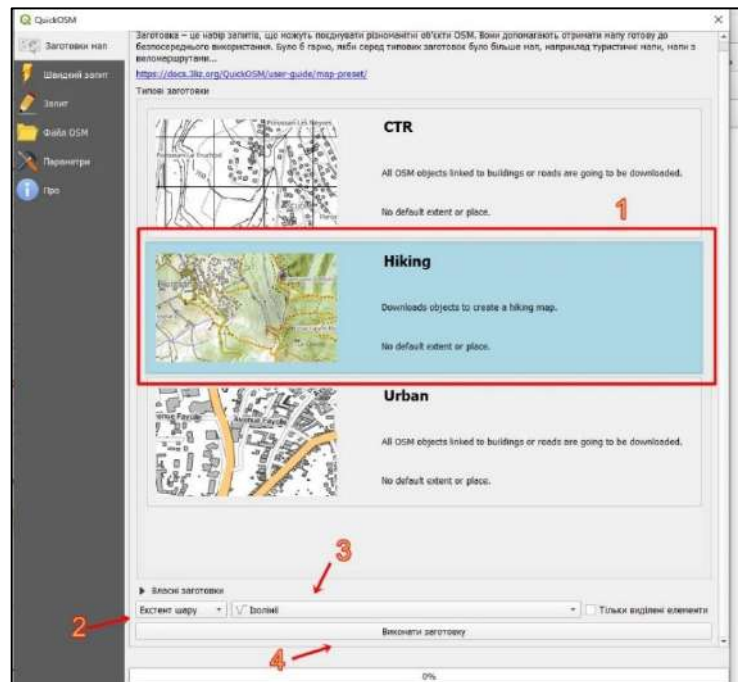


Рис. 5.2. Виконання запиту в QuickOSM

Після завантаження, для коректного відображення перемістіть шар «Ізолінії» на самий верх в переліку шарів (Рис. 5.3). За потреби, можете вилучити із переліку шарів зайві об'єкти.



Рис. 5.3. Перелік шарів робочого проекту

Для створення карти, Відкрийте «Створити макет друку», дайте назву цьому макету і натисніть ОК (Рис. 5.4).

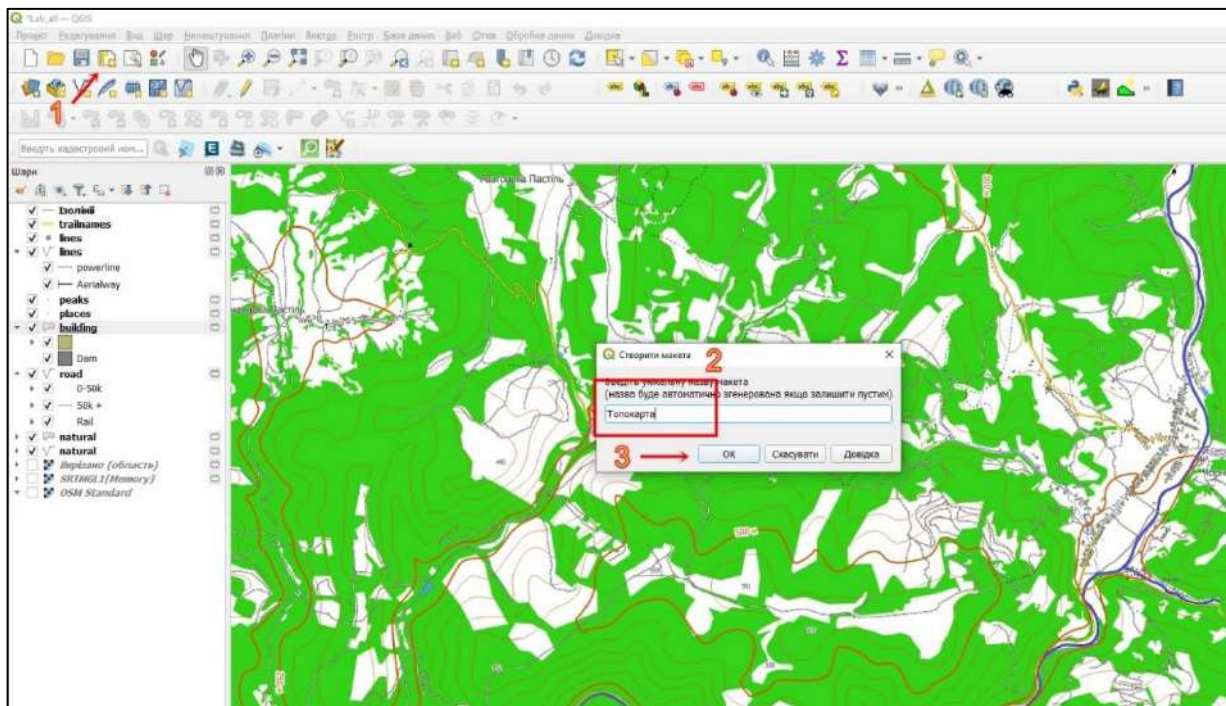


Рис. 5.4. Створення макета друку

Обов'язковими компонентами карти (в т.ч. топографічної) є: 1) картографічне зображення, 2) масштаб (чисельний, лінійний), 3) координатна сітка, 4) система координат

та 5) легенда (умовні позначення). Всі перелічені елементи послідовно додаємо до майбутньої карти.

1) Для початку додаємо **картографічне зображення**. Тиснете на кнопку «Додати карту» і на робочому полотні затиснувши ліву кнопку миші вказуєте розмір та розміщення картографічного зображення на аркуші (**Рис. 5.5**).

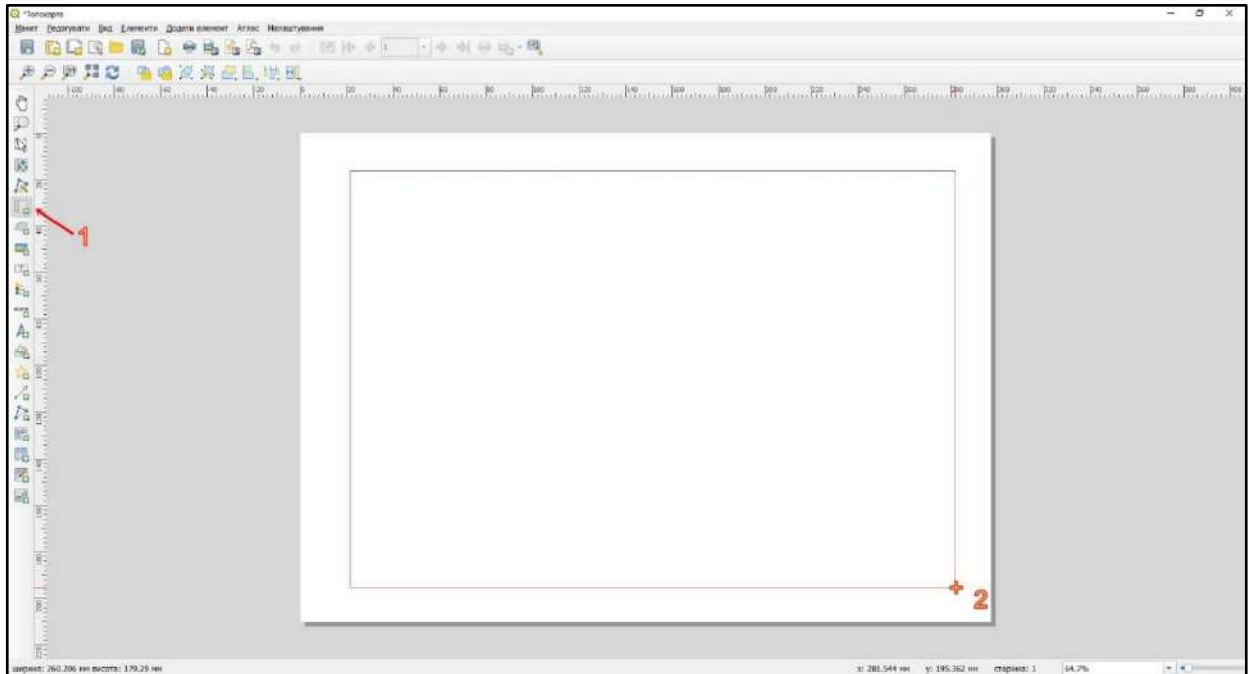


Рис. 5.5. Додавання картографічного зображення

Для подальших налаштувань картографічного зображення тиснете лівою кнопкою на нього, потім правою кнопкою викликаєте контекстне меню з якого вибираєте «Властивості елемента» (**Рис. 5.6**).

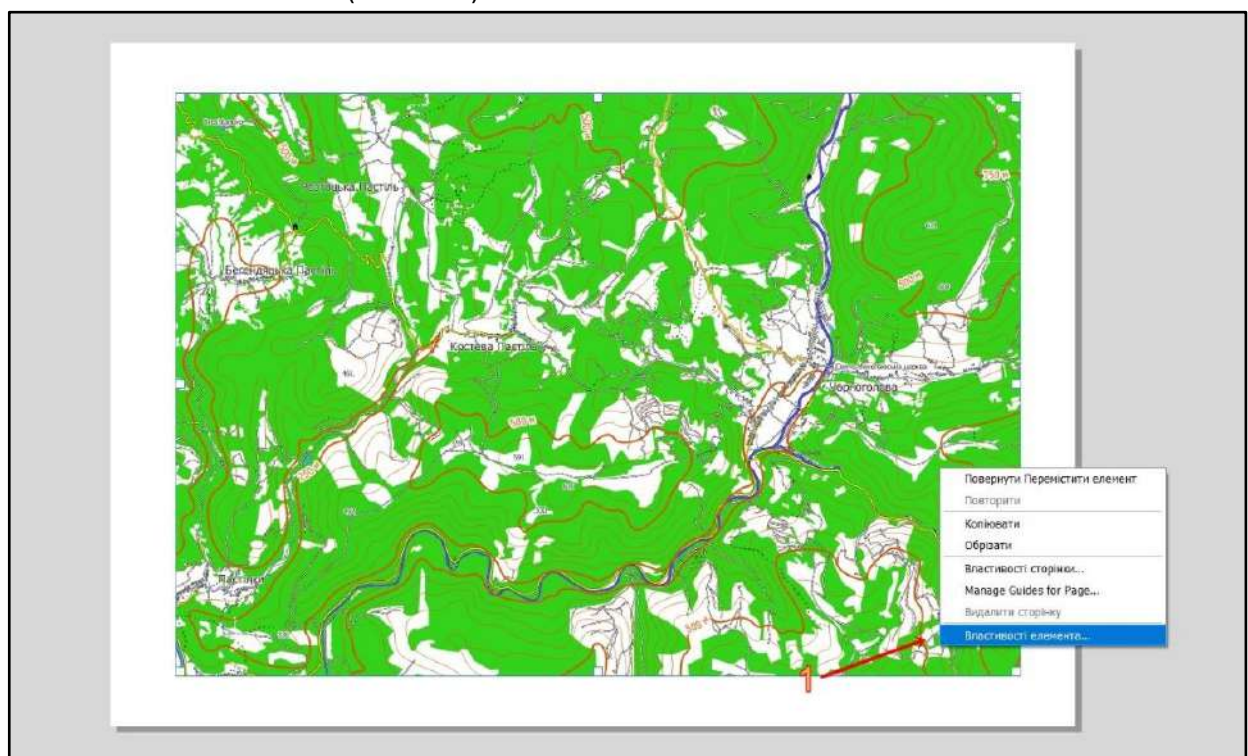


Рис. 5.6. Налаштування картографічного зображення

В панелі «Властивості елемента» в полі «Масштаб» вказуєте «50 000», Система координат: EPSG 6381 – UCS-2000 відповідної зони (Zone), яка для Закарпаття становить Zone 7, 8. (Рис. 5.7a).

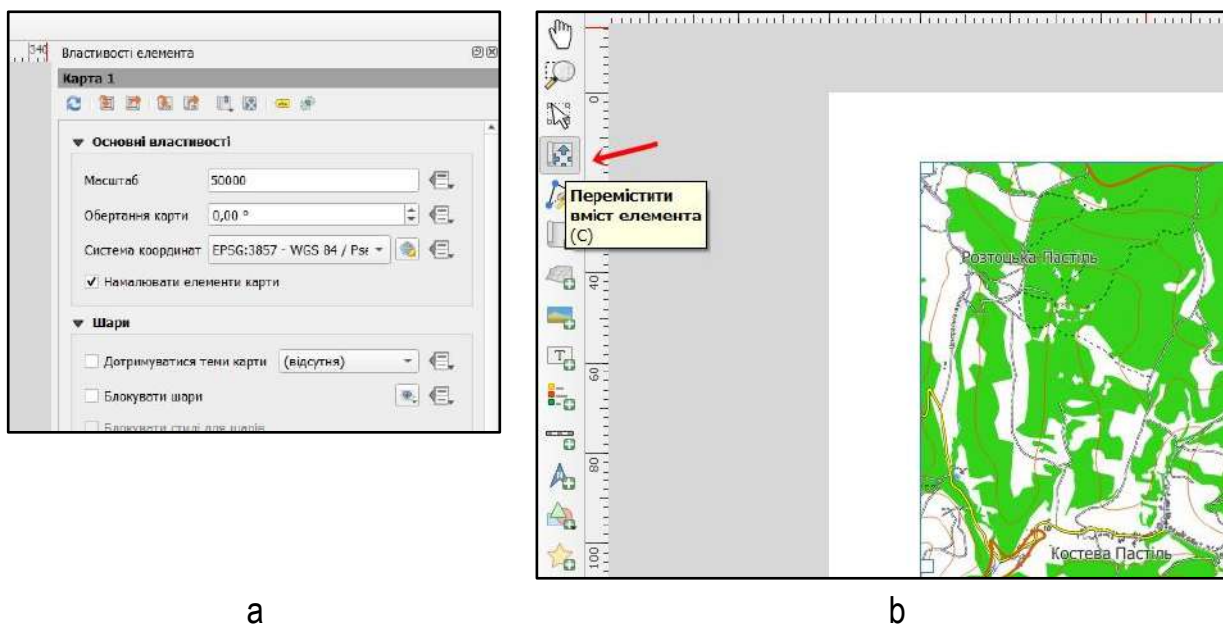


Рис. 5.7. Налаштування масштабу карти

Якщо бажана область при встановленні масштабу карти була зміщена, для коректного відображення скористайтеся функцією «Перемістити вміст елемента» (Рис. 4.7b).

2) Далі додаємо **чисельний та лінійний масштаб**. Так само, як і при додаванні картографічного зображення, тиснемо на «Додати масштабну лінійку» (Рис. 5.8a) і розміщуємо її у бажаному місці (найкраще внизу по центру карти) (Рис. 5.8b).

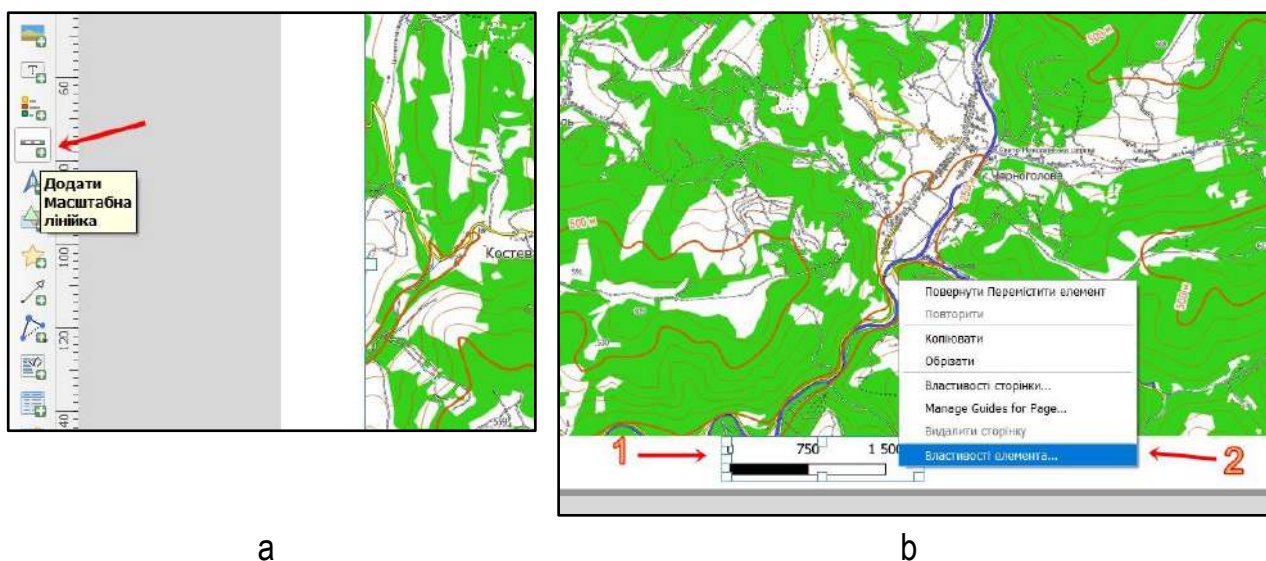


Рис. 5.8. Додавання лінійного масштабу карти

Далі, відкриваємо властивості цього елемента і виконуємо налаштування зовнішнього вигляду лінійного масштабу. Базові налаштування для лінійного масштабу наведені на Рис. 5.9.

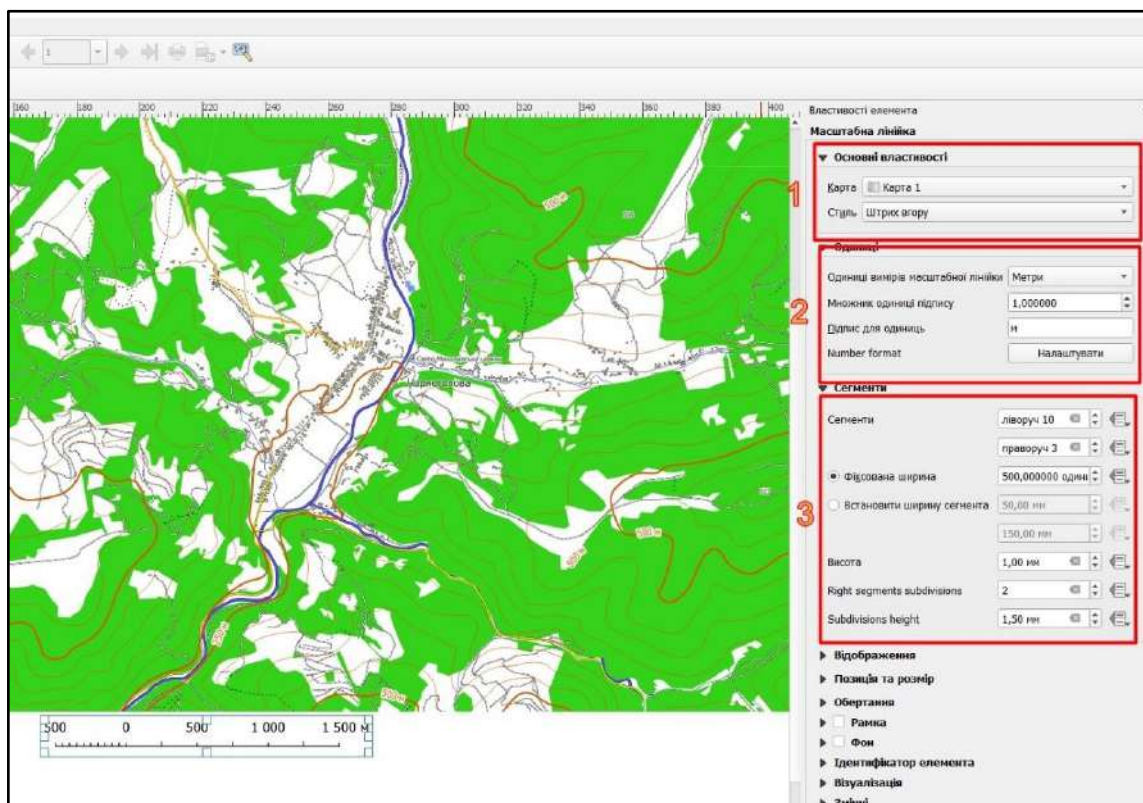


Рис. 5.9. Оптимальні параметри для лінійного масштабу

Чисельний масштаб можна вказати у вигляді звичайного надпису, для цього тиснете на «Додати підпис» і розміщуєте його під лінійним масштабом (Рис. 5.10). За потреби виконуєте налаштування шрифту (Рис. 5.11).

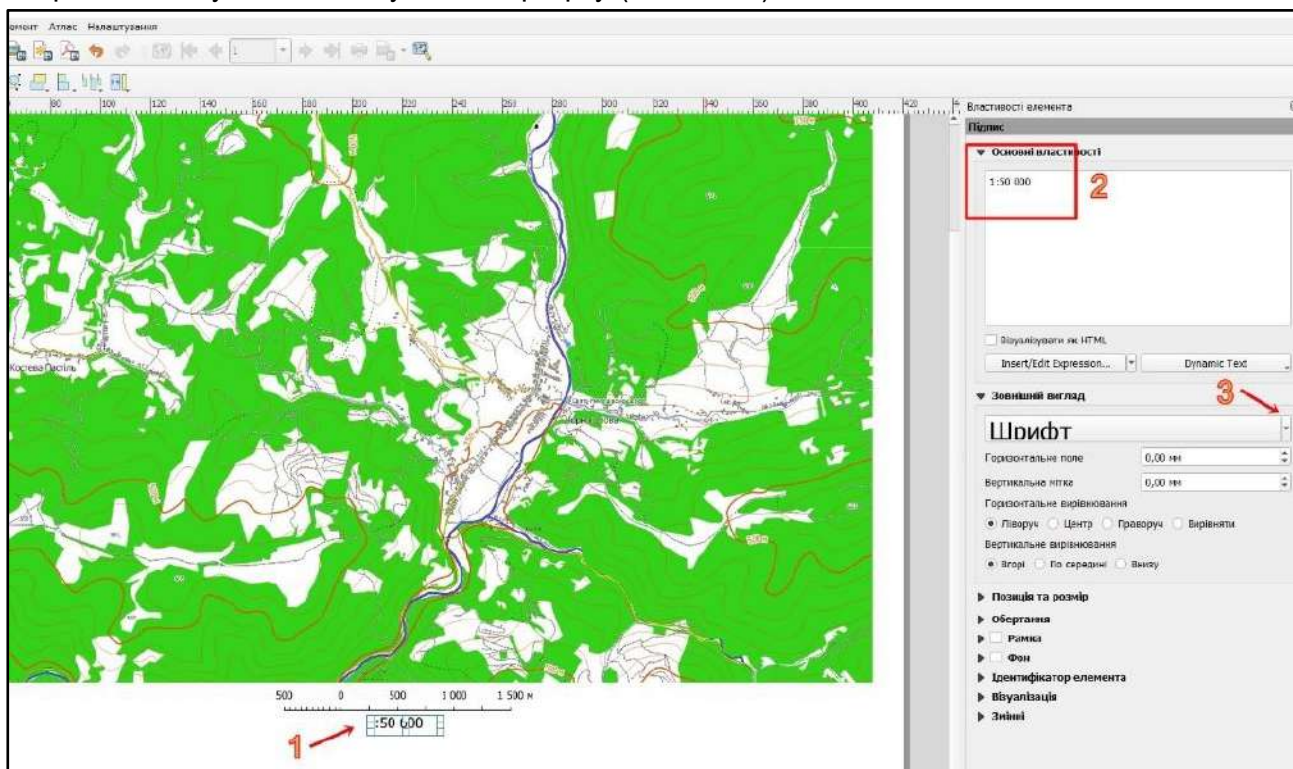


Рис. 5.10. Додавання чисельного масштабу

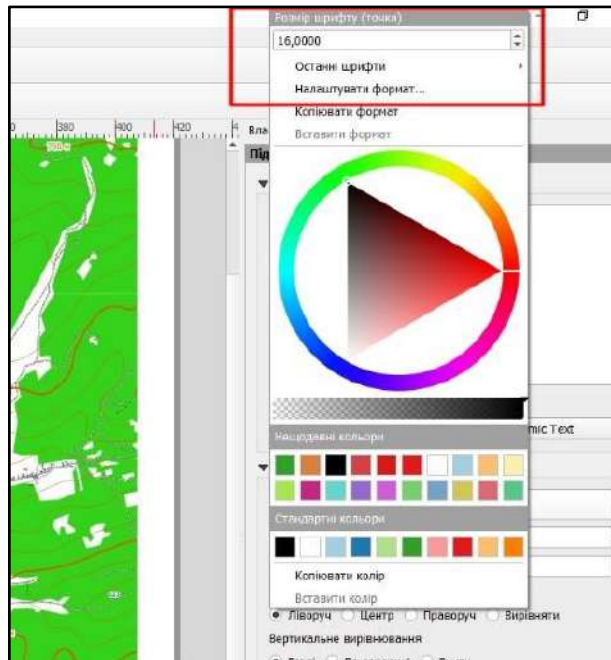


Рис. 5.11. Налаштування розміру надпису для чисельного масштабу

3) Щоб додати **координатну сітку**, натисніть на картографічне зображення правою кнопкою миші, виберіть властивості елемента, натисніть на меню «Сітка» і додайте сітку. Щоб перейти до налаштувань координатної сітки, виберіть «Сітка 1» і натисніть «Змінити сітку» (Рис. 5.12).

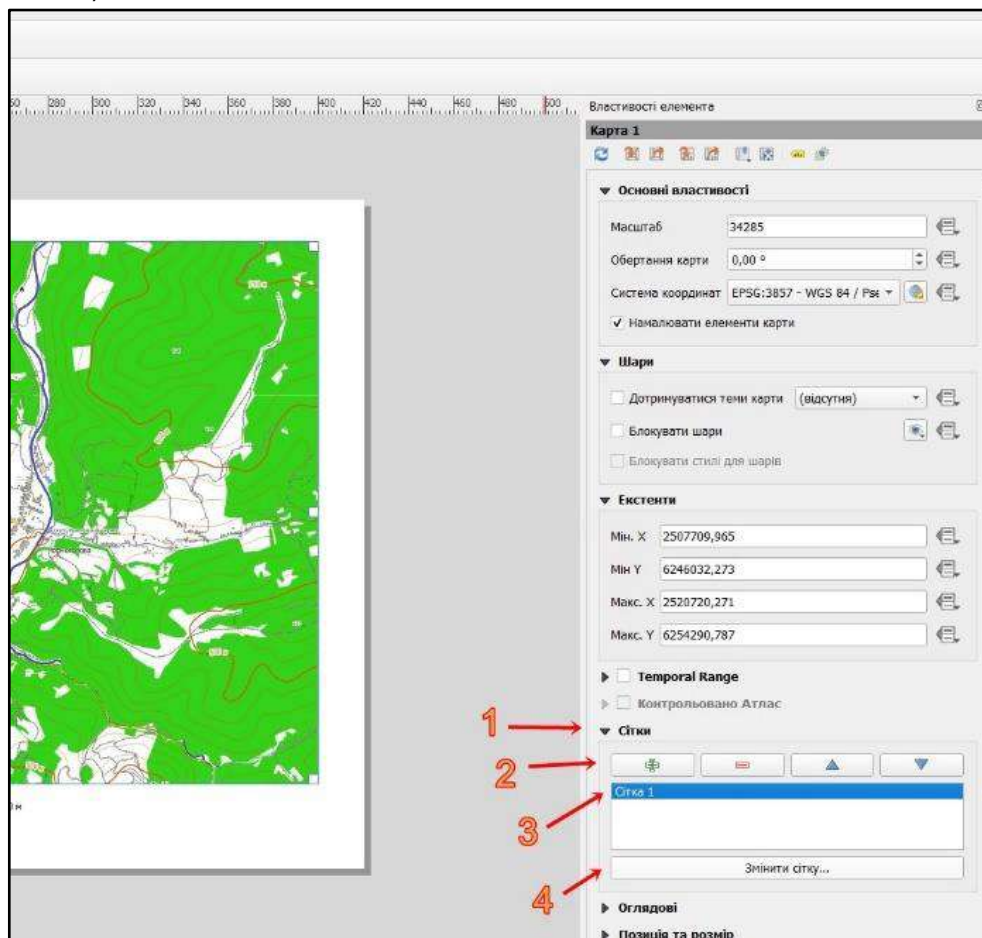
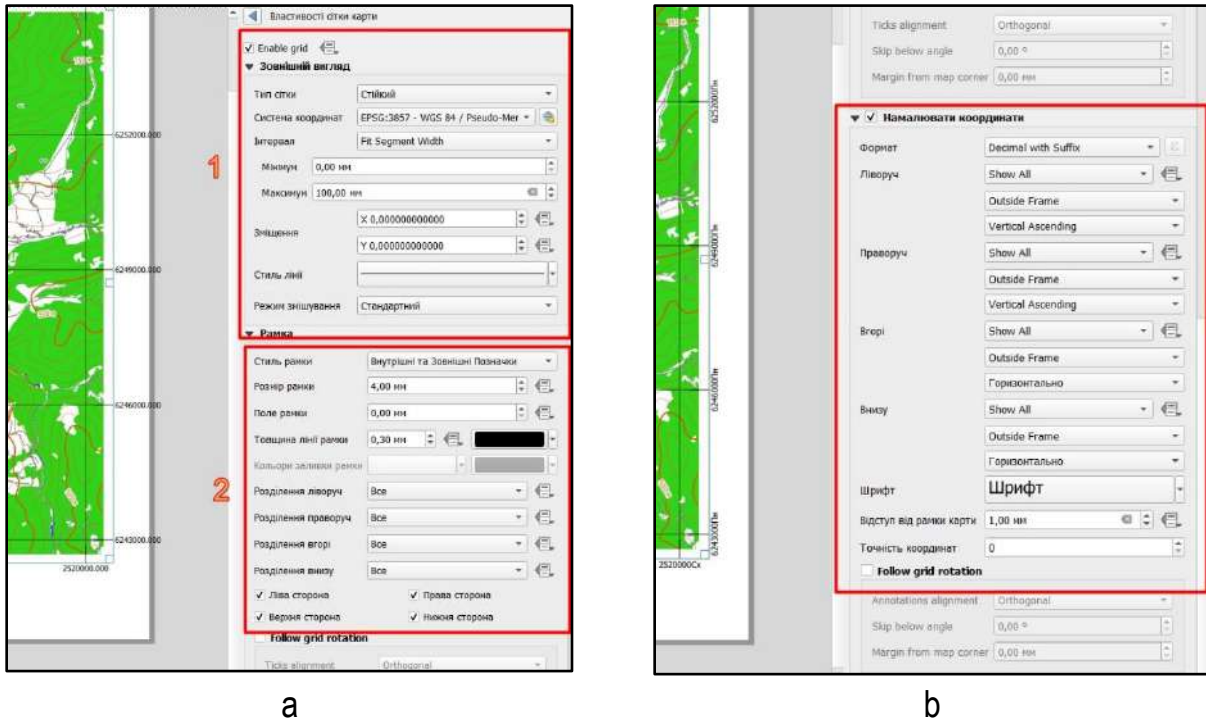


Рис. 5.12. Додавання координатної сітки

Оптимальні налаштування для координатної сітки наведені на Рис. 5.13а, а параметри налаштувань підписів координат наведені на Рис. 5.13б.

Варто звернути увагу на те, що координатна сітка в QGIS часто не відображається належним чином. Для її відображення потрібно змінювати деякі налаштування сітки «Інтервал, зміщення і т.д.». При виникненні проблем із цим елементом карти, створіть карту без нього.



а б
Рис. 5.13. Налаштування координатної сітки

4) За допомогою «Додати підпис» (те саме як і чисельний масштаб) вказуємо систему координат карти, яку розміщуєте у довільному місці.

5) Щоб додати легенду (умовні позначення) натисніть «Додати легенду» і вказуєте її місцезорозташування на карті (можете розмістити на самому картографічному зображенні або за межами рамки зображення) (Рис. 5.14).

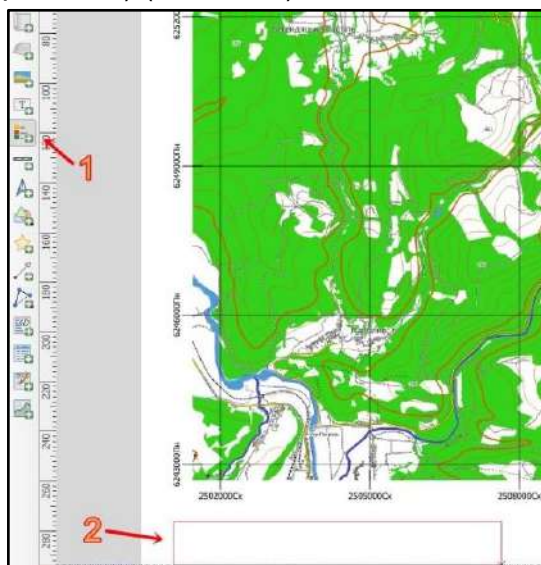


Рис. 5.14. Додавання легенди (умовних позначень) карти

Далі виконуєте налаштування умовних позначень, це стосується підписів та кольорів відображення. Умовні позначення для топографічних карт згідно ДСТУ можна завантажити до середовища ГІС за потреби. У навчальних цілях використаємо ті позначення, які надані OSM. На цьому етапі, Нам потрібно прибрати зайві елементи із легенди та переіменувати їх. Для видалення зайвих елементів, необхідно зняти галочку із «Автоматичне оновлення», вибрати непотрібний елемент легенди і натиснути кнопку «Remove...» (Рис. 5.15). Вилучаєте зайві елементи на власний розсуд. Але зверніть увагу, що деякі елементи згруповані і віднесені до певного класу об'єктів. Вилучення групи об'єктів призведе до видалення всіх елементів цієї групи.

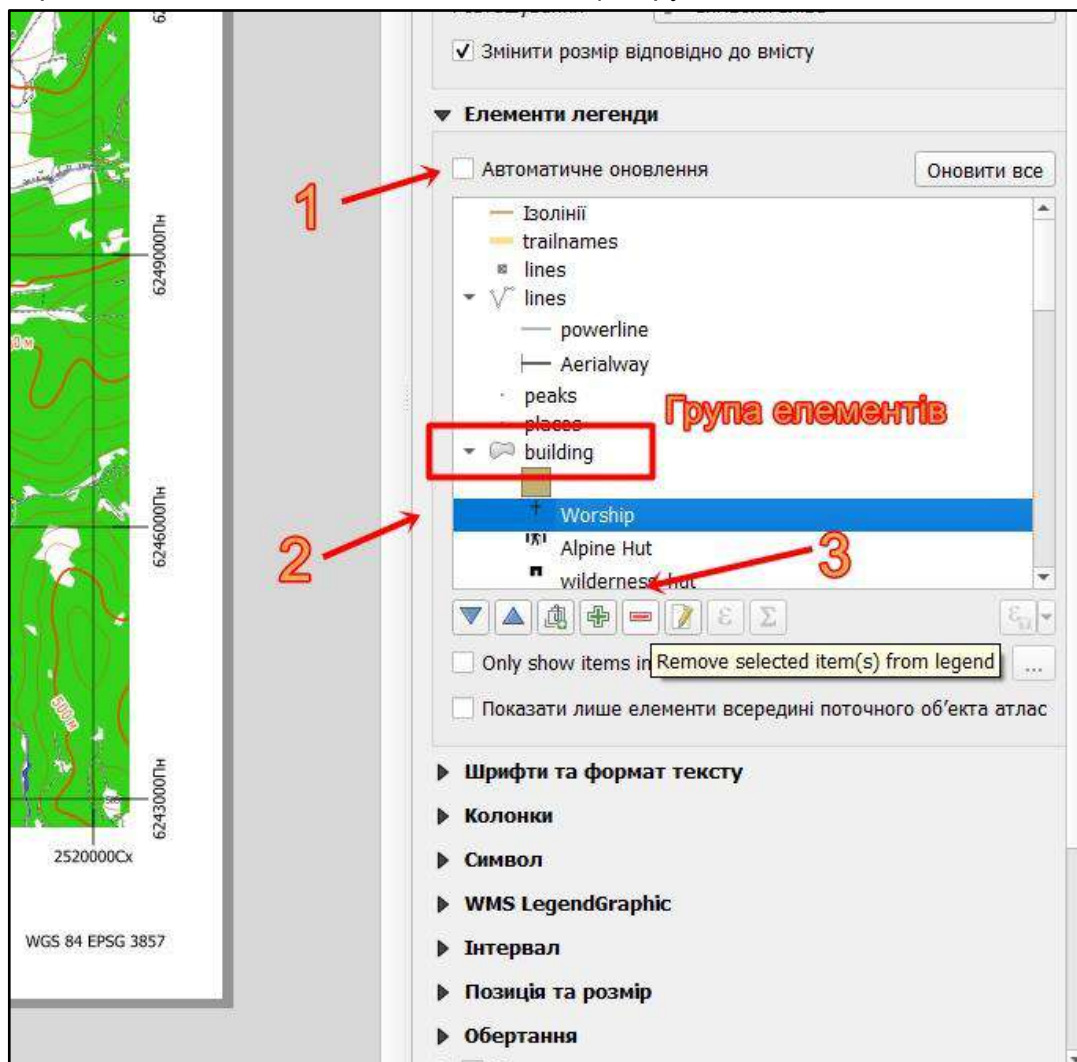
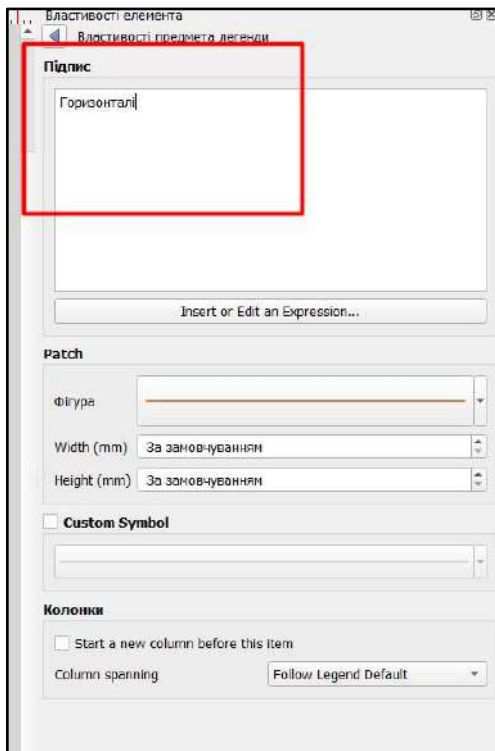
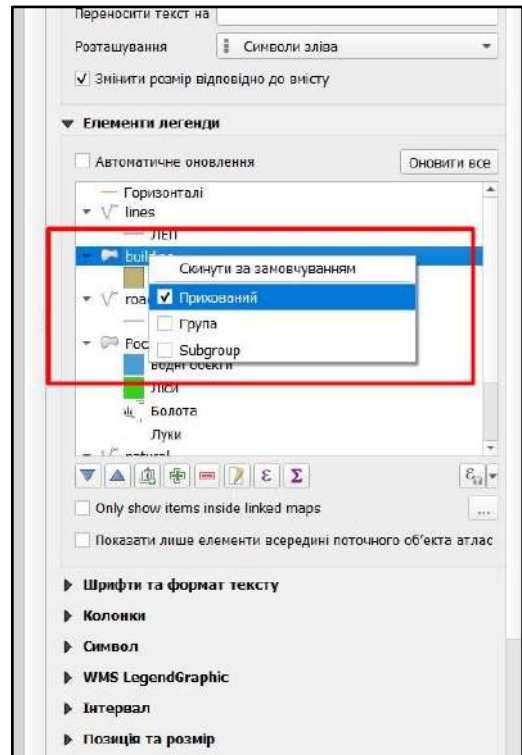


Рис. 5.15. Налаштування легенди (умовних позначень) карти: вилучення зайвих об'єктів

Далі виконуємо перейменування умовних позначень. Для цього виконуєте подвійний клік лівої кнопки миші по об'єкту легенди, який бажаєте змінити. Далі у властивостях елемента легенди змінюєте його назву (наприклад: було «ізолінії»; змінено на «горизонталі»). Ці дії виконуєте для всіх умовних позначень.



a



b

Рис. 5.15. Налаштування легенди (умовних позначень) карти: налаштування підписів
 Щоб приховати назву групи об'єктів, наведіться на групу і в контекстному меню поставте галочку «Приховати». В заголовку легенди вказуєте: «Умовні позначення» (Рис. 5.16).

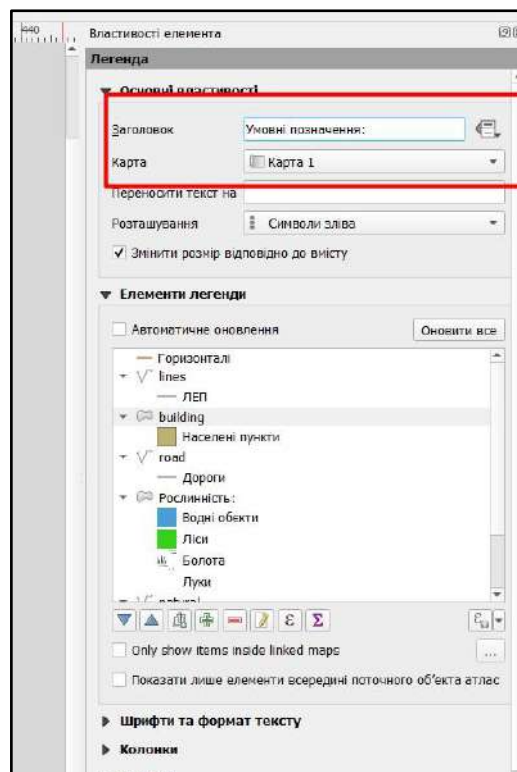


Рис. 5.16. Налаштування заголовку легенди

Щоб елементи легенди коректно відображались на карті, слід розбити їх на колонки (Рис. 5.17). Кількість колонок вказується у залежності від кількості умовних позначень. Обов'язково поставте галочку на «Шари розбивання».

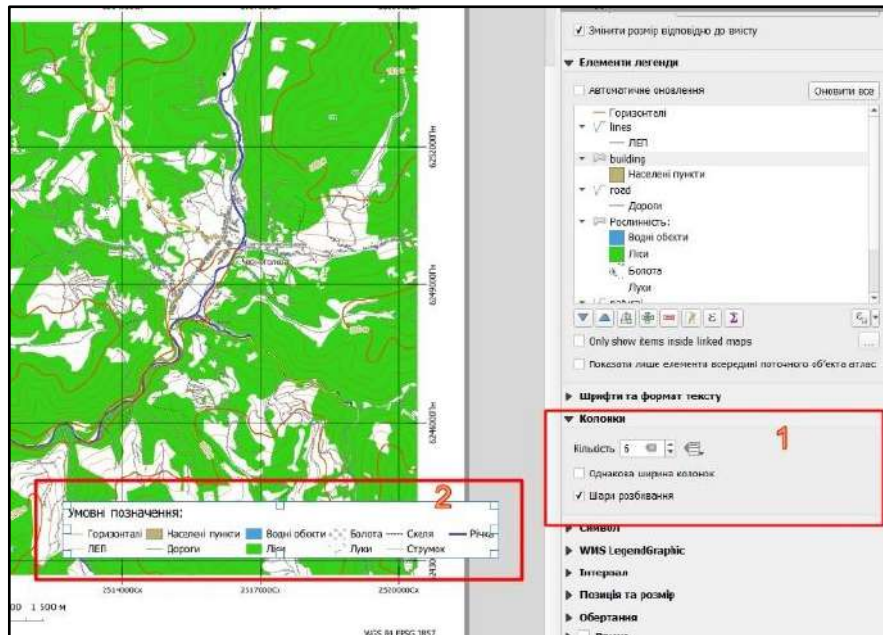


Рис. 5.17.

І наостанок, у вкладці «Шрифти та формат тексту» визначаєте шрифт та розмір підписів умовних позначень та заголовка легенди. Налаштовуєте все так, щоб коректно відобразити підписи та уникнути перекривання інших елементів карти (таких як масштаб і т.п.). У підсумку, Ви повинні отримати схожу карту, яка наведена на Рис. 5.18:

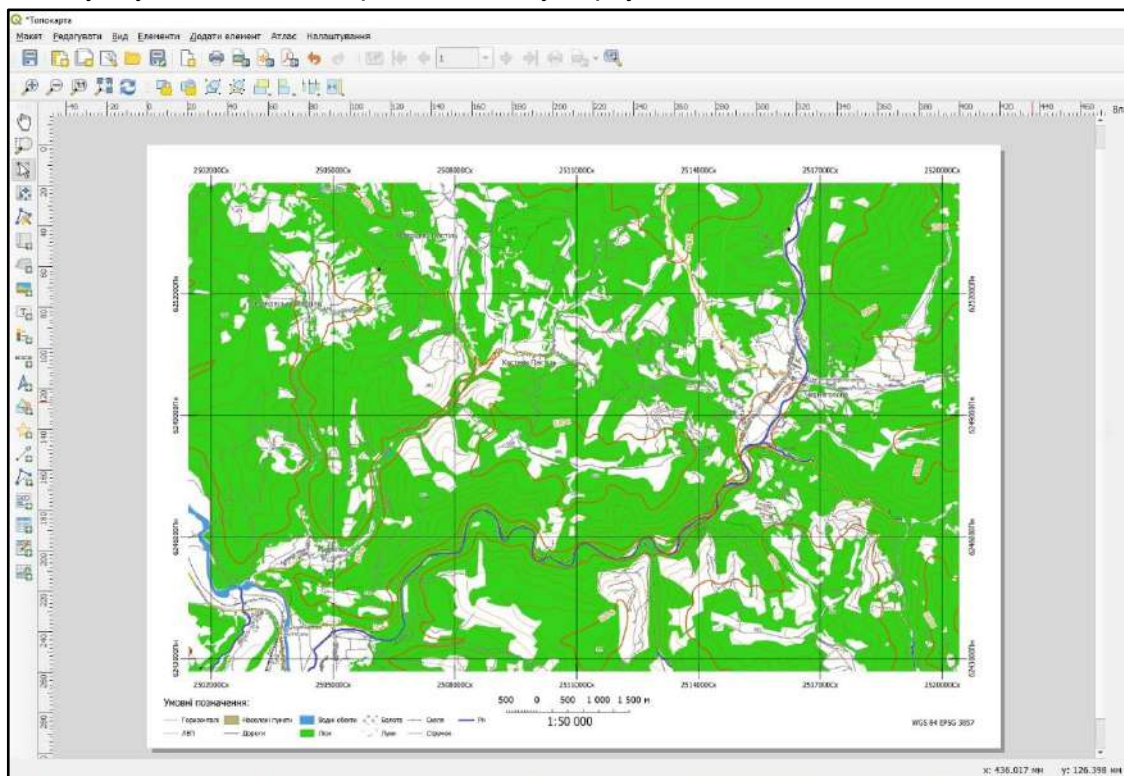
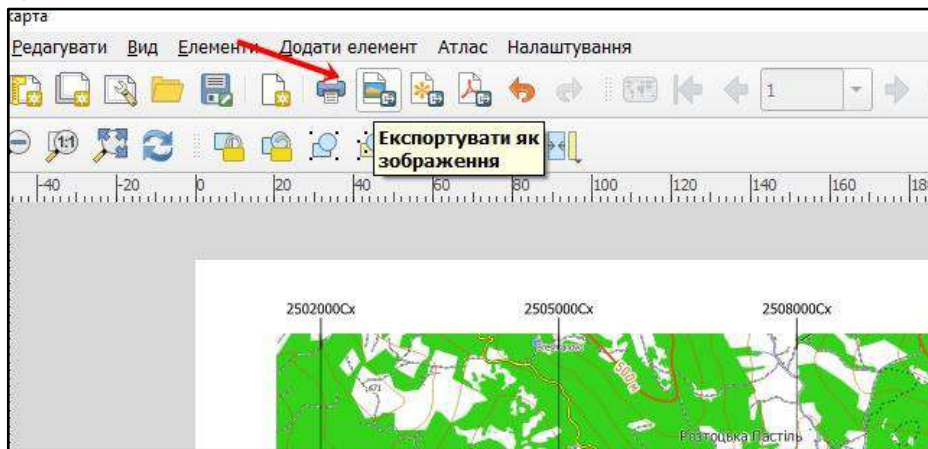
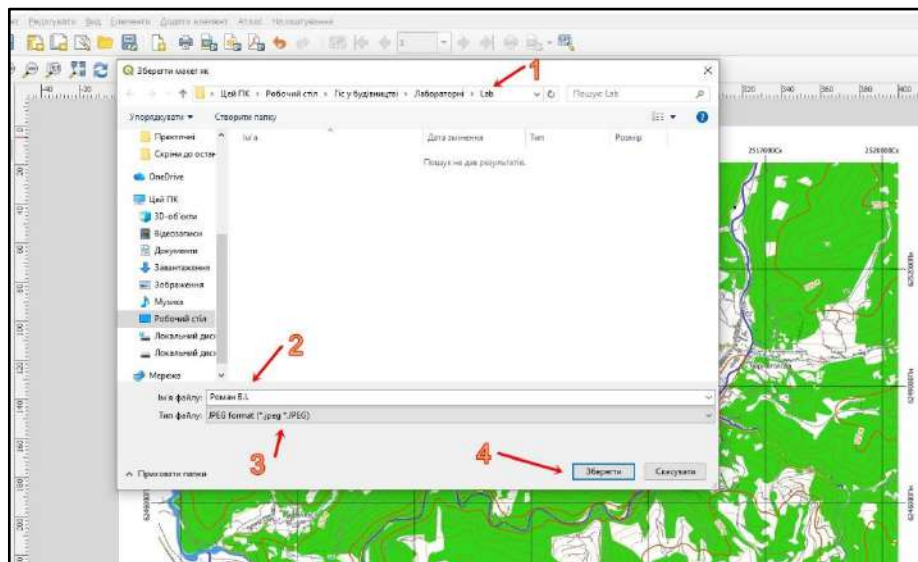


Рис. 5.18. Створена топографічна карта масштабу 1:50000

Заключним етапом виконання даної роботи є збереження карти для подальшого друку або обміну. Щоб зберегти карту у відповідному форматі, натисніть на «Експортувати зображення як», виберіть формат .jpeg і вкажіть папку для збереження (Рис. 5.19). Назву файлу підписуєте своїми Прізвищем та ініціалами.



а



б

Рис. 5.19. Порядок збереження карти

У вікні «Параметри експорту» залишаєте все без змін і тиснете «Зберегти» (Рис. 5.20).



Рис. 5.20. Експорт карти

Якщо процес збереження відбувся вдало, про це буде повідомлено відповідним написом (Рис. 5.21).

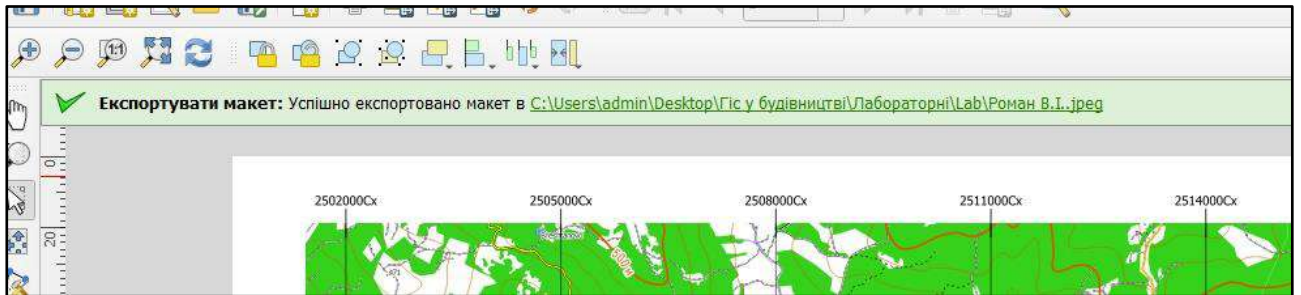


Рис. 5.21. Успішне завершення експорту карти

Контрольні питання

1. Що таке карта / план?
2. З яких основних елементів складається карта?
3. Що таке умовні знаки топографічних карт та планів? Яких видів вони бувають?
4. За допомогою якого інструменту створюються карти в QGIS?
5. Поясніть, як додати та оформити такі елементи карти в QGIS як: масштаб, координатна сітка та легенда.
6. Поясніть як виконати експорт створеної карти в QGIS?

Лабораторна робота №6

Тема: Просторове моделювання (визначення водозборів в населеному пункті).

Мета: набути навичок із виконання просторового моделювання земної поверхні.

Програмне забезпечення: QGIS.

Матеріали: точкові векторні шари висот населених пунктів доступні за таким посиланням:
<https://drive.google.com/drive/folders/118ZTUYYWosmP4qpxOV01jA6nq3giw9j2G?usp=sharing>.

Завдання:

- 1) На основі даних відміток висот створіть ЦМР (методом інтерполяції)
- 2) На основі отриманої ЦМР визначте території потенційного затоплення.

Короткі теоретичні відомості

Створення поверхні в ГІС – заповнення простору між наявними дискретними точками, що містять дані вимірів певного безперервного явища. Стандартним засобом такого моделювання є інтерполяція. Наприклад, дані отримані з невпорядковано розташованих метеорологічних станцій у регіоні, можуть бути використані для створення растрових поверхонь температури, атмосферного тиску, вологості, забруднення повітря тощо. При цьому використовуються як стохастичні, так і детерміністичні підходи.

Інтерполяція – процес отримання значень певної властивості в точках, розташованих поміж точками вимірів, тобто призначення інтерполяції в ГІС полягає в тому, щоб заповнити проміжки між відомими точками вимірів і таким чином змоделювати безперервний розподіл властивості (атрибуту).

Одним із важливих аспектів застосування просторової інтерполяції є моделювання фізичної поверхні землі – створення цифрової моделі рельєфу (DEM). Основними методами інтерполяції в ГІС є: лінійна інтерполяція, інтерполяція TIN, Метод зворотно-зважених відстаней, сплайн-інтерполяція, крінінг.

Лінійна інтерполяція – це інтерполяція функції f алгебраїчним двочленом $P_1(x) = kx + c$ у точках x_0 та x_1 , які належать відріzkу $[a, b]$. Якщо припустити, що приріст функції пропорційний приросту аргументу (лінійна інтерполяція), то функція замінюється ламаною, що складається з відрізків прямої, які з'єднують пари сусідніх значень.

За допомогою методу TIN можна створити поверхню, утворену трикутниками найближчих сусідніх точок. Для цього створюються описані кола навколо вибраних точок вибірки, а їхні перетини з'єднуються в мережу трикутників, що не перекриваються. Отримані поверхні не є гладкими. Алгоритм створює як растровий шар інтерпольованих значень, так і векторний лінійний шар з межами триангуляції.

Метод зворотно-зважених відстаней (ОВВ, обернено-вагових відстаней, Inverse Distance Method, IDM) передбачає, що кожна вхідна точка має вплив, який зменшується при збільшенні відстані від точки виміру.

Метод сплайну створює поверхню мінімальної кривизни через вхідні точки, яка будується підбором математичної функції поверхні до заданої кількості найближчих точок за умови проходження її через всі точки вимірів.

Крігінг – це багатокроковий процес, який включає попередній статистичний аналіз даних, моделювання варіограми, створення поверхні і, додатково, аналіз дисперсійної поверхні. Крігінг використовує ідею величини, що змінюється від місця до місця, з певною відомою безперервністю, але не може бути адекватно описана тільки одним математичним рівнянням. Крігінг застосовується у випадках, коли відомо, що в даних присутня кореляція за відстанню або за напрямком.

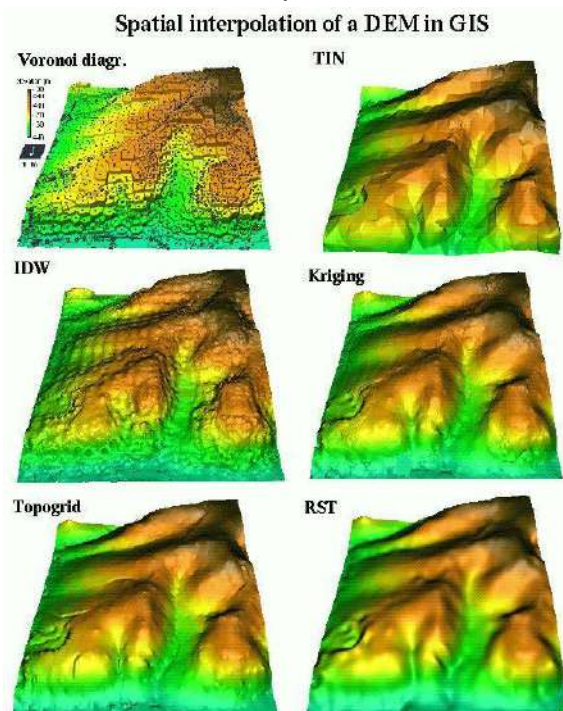


Рис. 6.1. Приклади застосування різних способів інтерполяції для моделювання земної поверхні

Загалом є безліч прикладів практичного застосування інтерполяції для моделювання земної поверхні в містобудівній галузі. В комплексі із різними методами просторового аналізу та аналізу території вирішується низка інженерних та управлінських питань: від вибору ділянки для будівництва до оцінки впливу кліматичних факторів на процес будівництва або життєдіяльності міста.

Хід роботи

Для виконання даної роботи створіть новий робочий проект ГІС, завантажте векторний шара із абсолютними висотами за таким посиланням - <https://drive.google.com/drive/folders/118ZTUWosmP4qpxOV01jA6nq3giw9j2G?usp=sharing> ; та додайте завантажені шари до робочого проекту ГІС.

Перший етап виконання даного завдання є створення ЦМР досліджуваної території, у нашому прикладі це території **м. Мукачево, Закарпатська область**. Для цього перейдіть

до «Панель інструментів Обробки даних», зі списку виберіть вкладку «Інтерполяція» і натисніть на «Інтерполяція TIN» (Рис. 6.2).

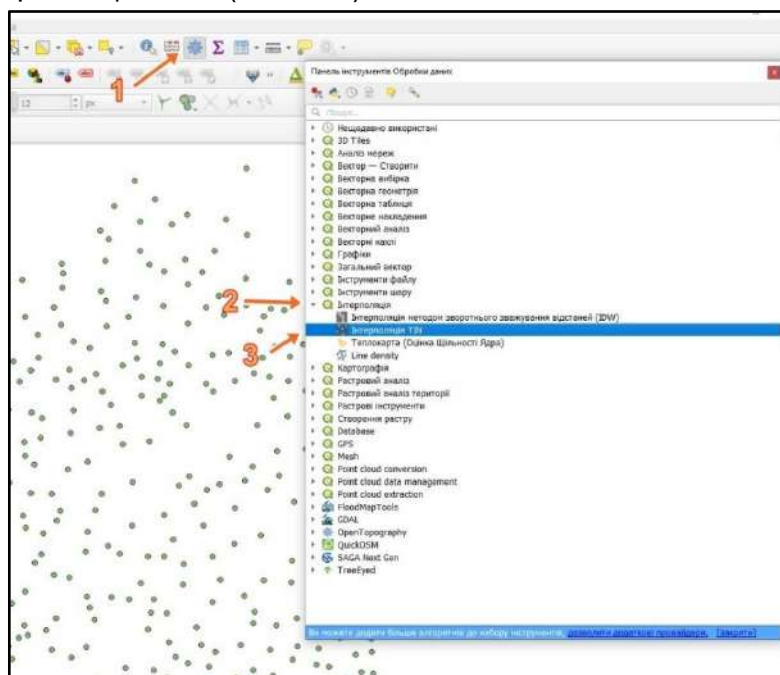


Рис. 6.2. Здійснення інтерполяції методом TIN

Як вхідний шар (Векторний шар) вибираєте шар «Height layer», Атрибут інтерполяції: вибираєте поле «Height». Далі тиснете додати «Вхідний шар». Метод інтерполяції вибираєте «Лінійна», а екстент шару – Обчислити із шару «Height layer». Роздільну здатність (Розташування по ХУ) ставите 0.5 ; 0.5. За потреби вказуєте папку для збереження вихідного шару. Для виконання інтерполяції натисніть «Запустити» (Рис. 6.3)

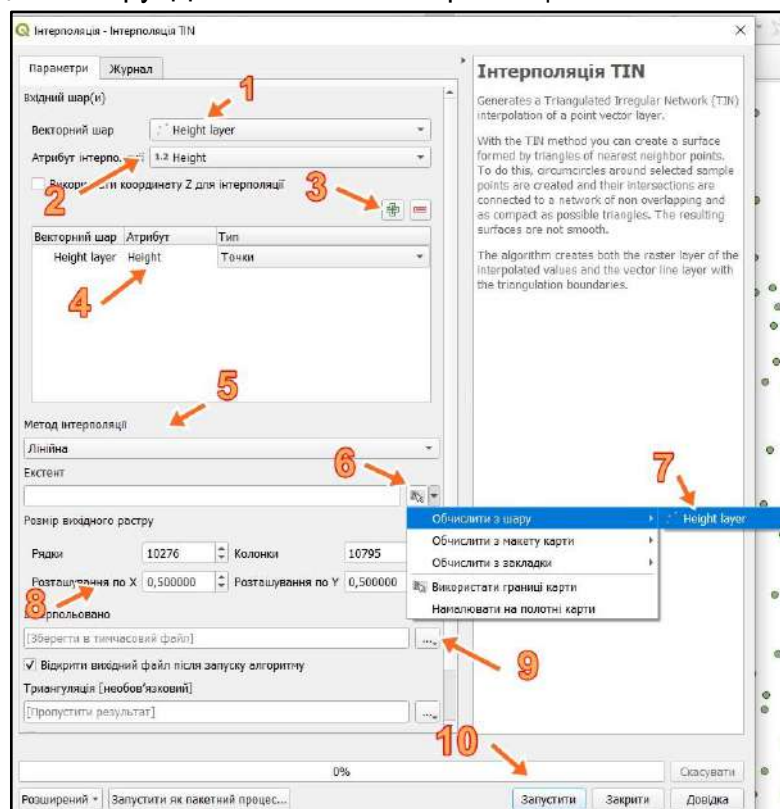


Рис. 6.3. Налаштування та виконання інтерполяції висот

Наступний крок – на основі отриманої ЦМР за допомогою спеціального інструмента виконується виявлення впадин (депресійних ділянок) та розрахунок їх розмірів (глибини). Суть методу полягає у моделюванні нової ЦМР за якої комірки растра, значення висоти яких були нижчими за сусідні, вирівнюються із сусідніми комірками. Іншими словами, створюється растр, комірки якого містять значення певної рівневої поверхні. Таким чином, досягається ефект заповнення цих комірок «водою». Для виконання цього алгоритму, перейдіть до «Панель інструментів Обробки даних», у полі пошуку введіть «Fill Sinks» і виберіть із списку алгоритм «Fill Sinks (Wang&Liu)» (Рис. 6.4).

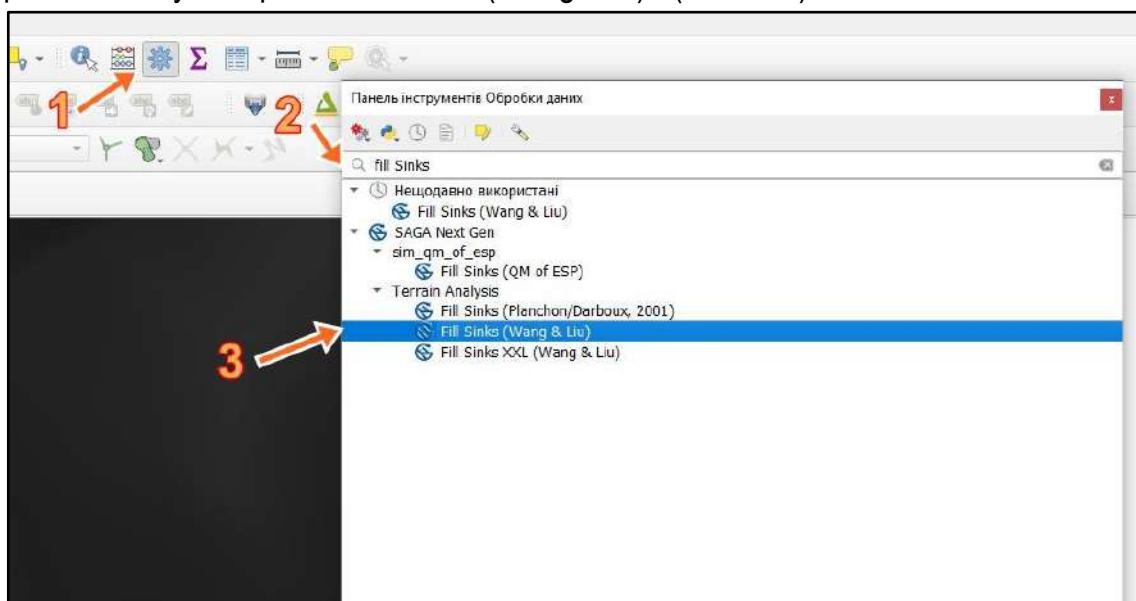


Рис. 6.4. Алгоритм створення ЦМР певної рівневої поверхні

Виконайте налаштування процесу обробки згідно Рис. 6.5. За потреби всі вихідні растри можете зберегти у окрему папку.

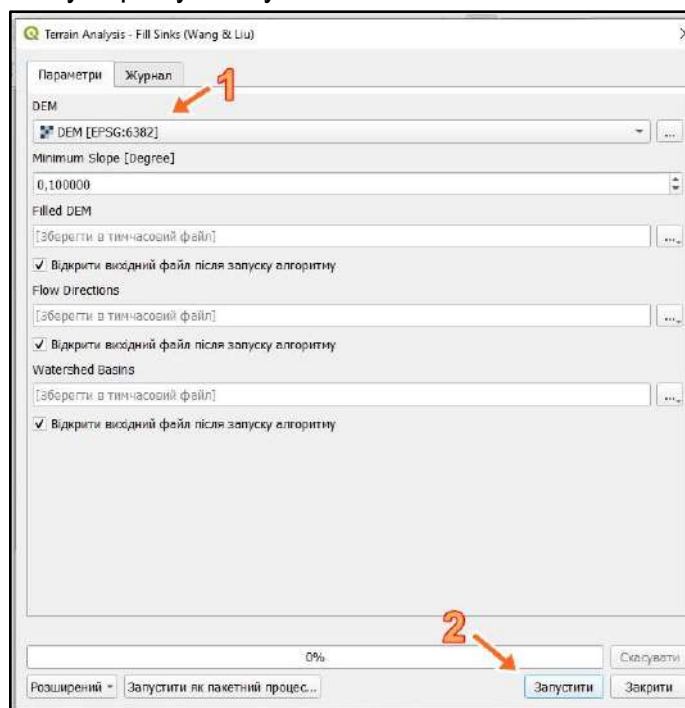
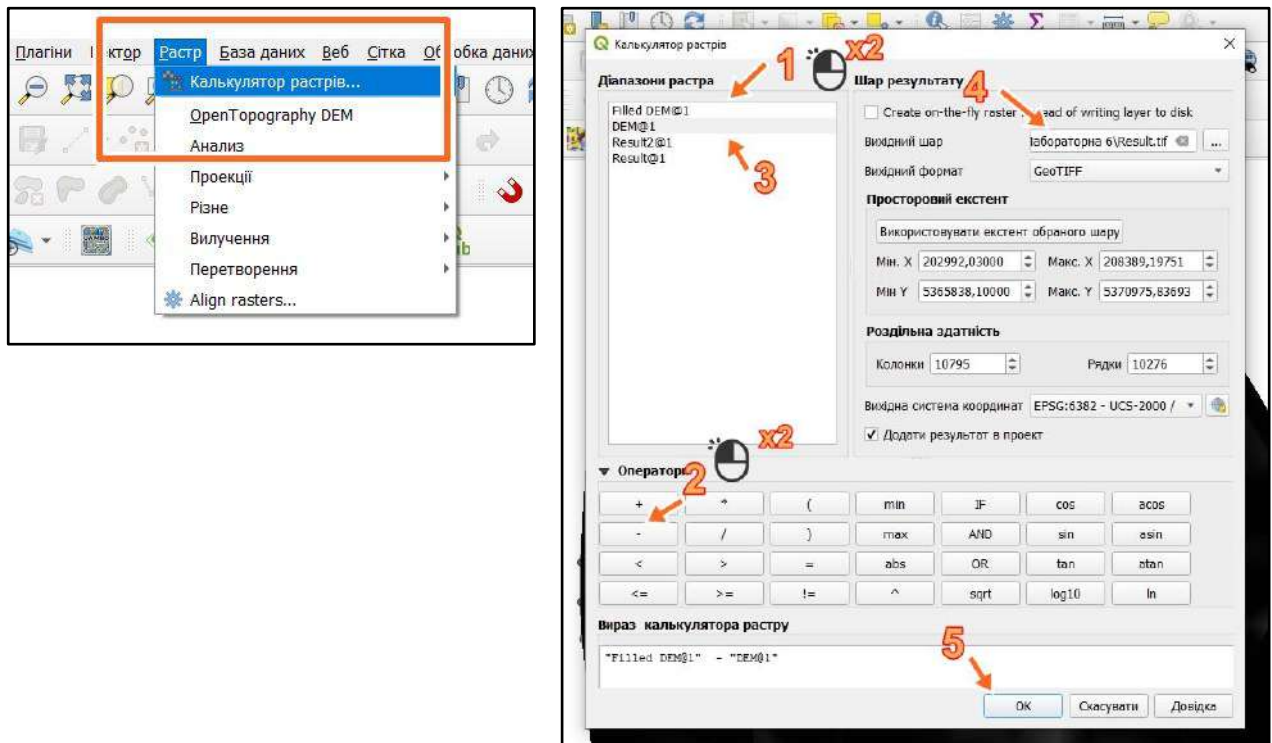


Рис. 6.5. Налаштування ЦМР певної рівневої поверхні

У результаті було отримано три растрові шари: шар із заповненими впадинами (Filled DEM), шар напрямок поверхневого стоку (Flow Directions), водозбірна територія (Watershed Basins).

Для визначення зон підтоплення, зокрема глибини із пониженими висотами порівняємо створену ЦМР та отриману в ході аналізу ЦМР із заповненими впадинами (пониженнями). Для цього перейдіть до інструменту «Калькулятор растрів» (Рис. 6.6a) та виконайте операцію яка наведена на Рис. 6.6b, тобто відніміть значення растра Filled DEM від DEM.



а

б

Рис. 6.6. Використання калькулятора растрів для визначення комірок із впадинами

У вікні «Калькулятор растрів» із переліку растрових шарів подвійним кліком спочатку вибираєте шар «Filled DEM», потім подвійним кліком тиснете на оператор «-», далі – на шар «DEM». Поле калькулятора повинен містити такий вираз: "Filled DEM@1" - "DEM@1". В полі «Шар результату» вкажіть папку для збереження вихідного растра і натисніть ОК (Рис. 6.6b).

Також за допомогою калькулятора растрів слід прибрати комірки із від'ємними значеннями і занадто малим перепадом висот. Для цього, у полі калькулятора растрів виконайте таку операцію: $(\text{"Result@1"} > 0.05) * \text{"Result@1"}$. Цей вираз спочатку визначає комірки із значеннями менше або рівне 0.05 і повертає їм значення «0», а іншим коміркам «1». Інша частина виразу перемножує комірки між вхідним та вихідним растрами та повертає початкове значення комірок вхідного растра (множення відбувається на «1»), значення якого було 1, а комірки із значенням «0.05» присвоєно значення «0» (множення відбувається на 0).

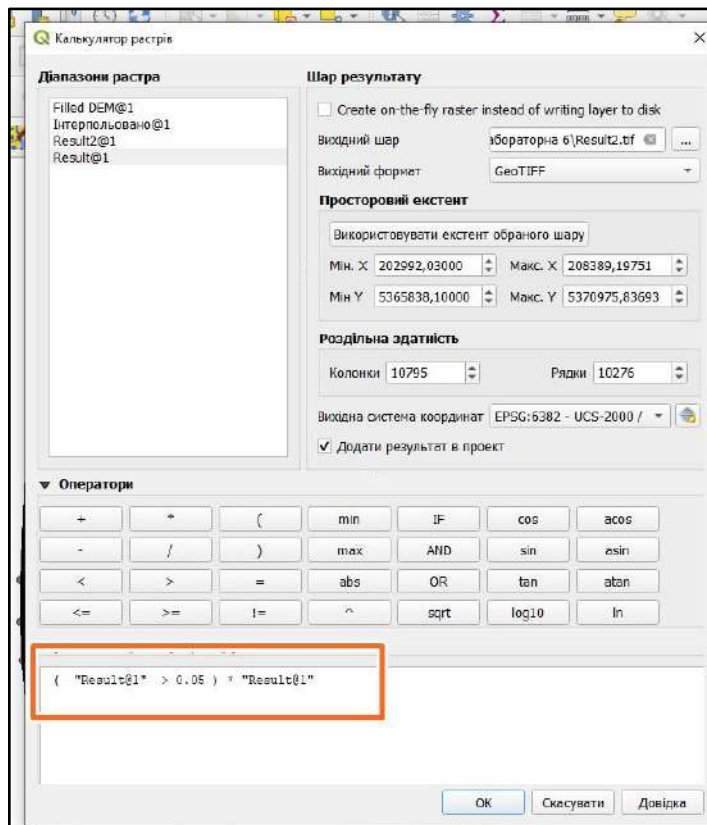
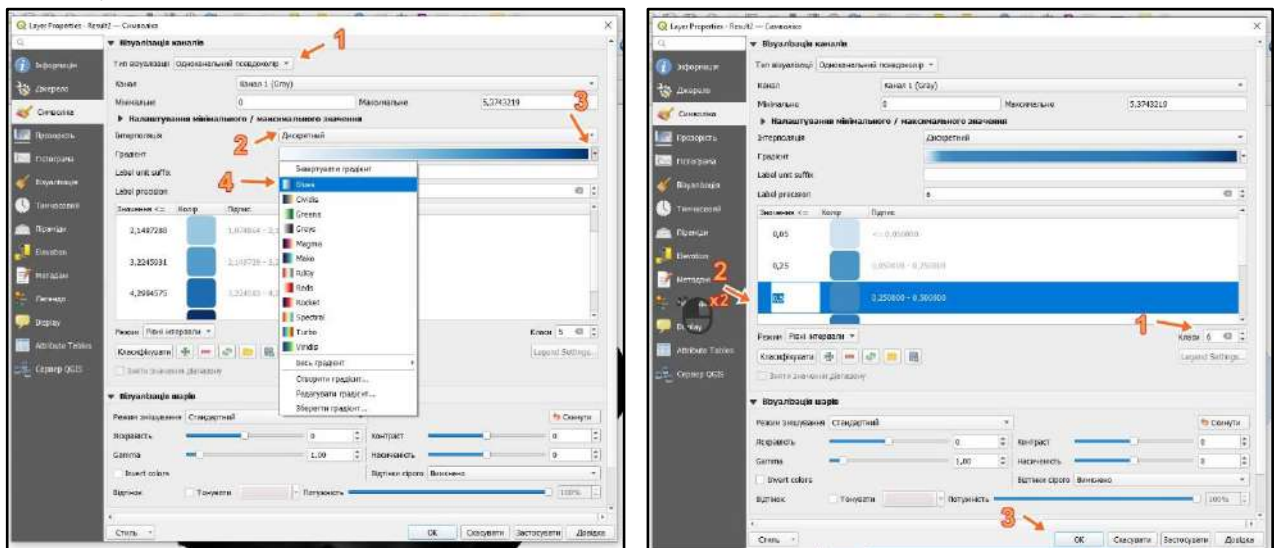


Рис. 6.7. Видалення зайвих комірок растра (із значеннями, <0.05 м)

Останній етап – оформлення коректного відображення вихідного шару. Відкрийте символіку для отриманого шару (у нашому випадку це шар «Result2») – Властивості/Символіка. Виберіть «Одноканальний псевдоколір» і виконайте налаштування згідно **Рис. 6.8**.

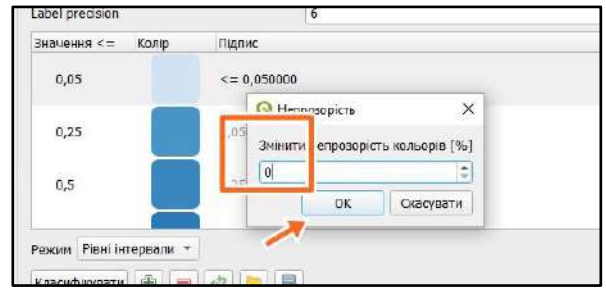
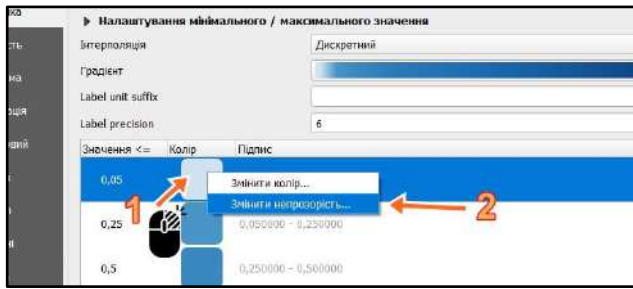


a

b

Рис. 6.8. Налаштування відображення вихідного растра (із рівнем впадин)

Налаштування відображення вихідного растра (із рівнем впадин) здебільшого стосуються класифікації значень комірок. Для цього у кожному із шести класів вкажіть їх мінімальне значення, зокрема: 0,05; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0. Окремо, для значення 0,05 поставте непрозорість 0% (**Рис. 6.9**).



а

б

Рис. 6.9. Налаштування прозорості для класу 0,05 м.

У підсумку, Ви повинні отримати схожий результат, який наведена на **Рис. 6.10**:

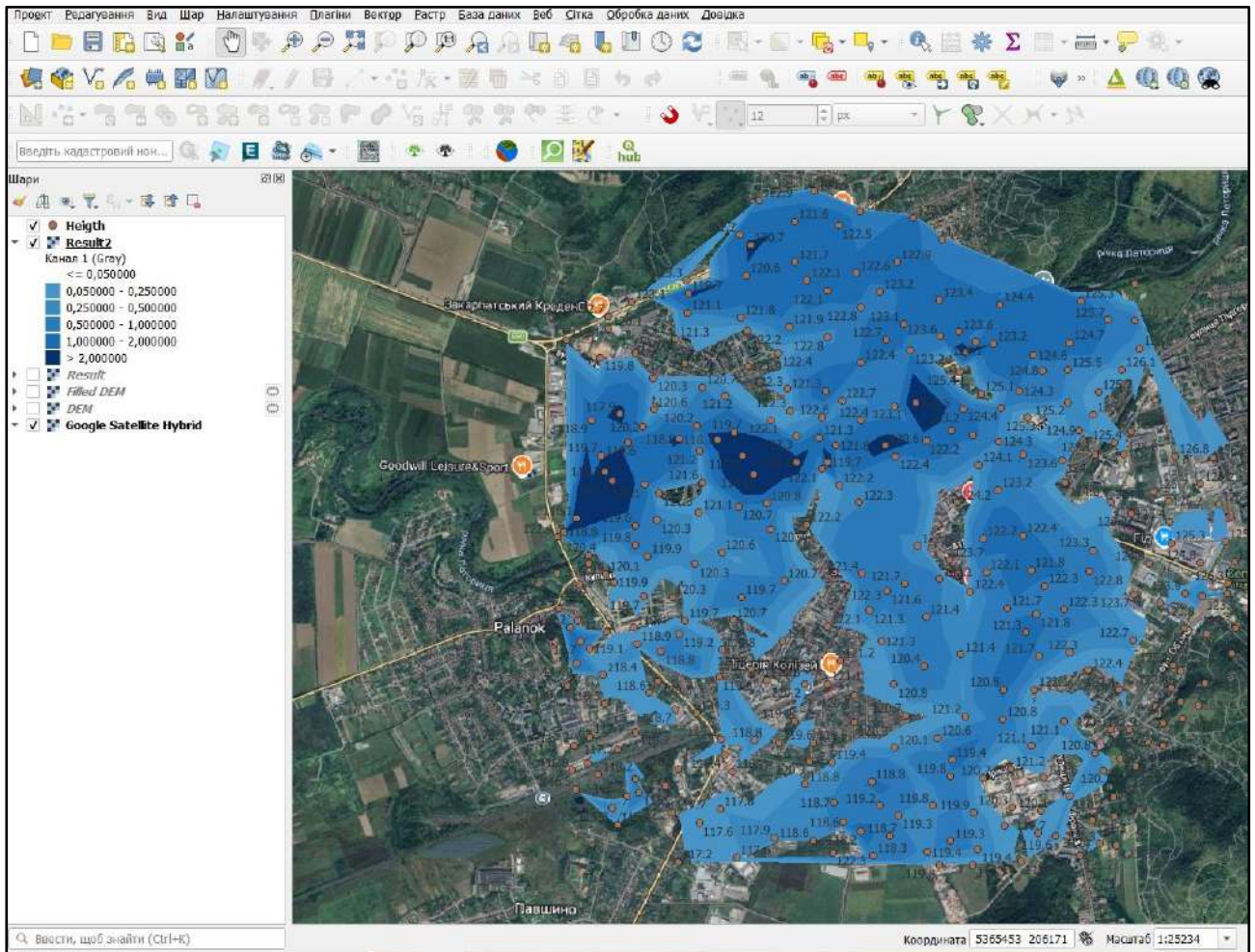


Рис. 6.10. Визначені потенційні зони різного рівня затоплення для м. Мукачево, Закарпатська область

Контрольні питання

1. Що таке просторове моделювання?
2. Що таке інтерполяція? Які є методи інтерполяції?
3. Що таке TIN та GRID моделі подання рельєфу (поверхні)? Яка між ними різниця?
4. Що таке схил, крутизна схилу та експозиція схилу. Як ці показники визначити в ГІС?

Список використаної літератури

1. Грабовий В. М. Геодезія. Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ. 2004. – 455 с.
2. ДСТУ Б Б.1.1-17:2013. Умовні позначення графічних документів містобудівної документації. — К. : Мінрегіон України, 2013. — 144 с. — (Національний стандарт України).
3. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.
4. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. – Кн. 2 / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. – 237 с.
5. Топографія. Лабораторний практикум / Уклад.: І.В. Калинич, М.Р. Ничвид, І.І. Калинич. Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2020. 176 с.
6. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.
7. ArcGIS Documentations. <https://doc.arcgis.com/en/>
8. Bolstad Paul, Steven Manson. (2022). GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems (7th Edition). Published by Eider Press
9. de Smith, M. J., Goodchild, M. F., Longley, P. A. Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools. – 7th ed. – Leicester : GeoData Institute, 2025. – 800 p.
10. Free GIS DATA - <https://freegisdata.rtwilson.com/#home>
11. Karabiniuk, M., Roman, V. (2025). GIS Analysis of Spatial Discrepancies in Forest Type Mapping Based on Forest Management Materials (Zahatske Forestry, Zakarpattia). International Conference of Young Professionals, GeoTerrace 2025, 2025, 1-5. (In English). <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202552029>
12. Karimi H.A. Handbook of Research on Geoinformatics. Pittsburgh: IGI Global, 2009. 518 p.
13. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. Geographic Information Science and Systems (4th ed.). — Hoboken, NJ: Wiley, 2015. — 496 p. — ISBN 9781118676950.
14. McHaffie, P. (2023). GIS: An Introduction to Mapping Technologies, Second Edition (2nd ed.). CRC Press.
15. OpenTopography for Developers. URL: <https://opentopography.org/developers>
16. QGIS Documentations. QGIS User Guide. <https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/index.html>
17. Roman, V., Karabiniuk, M., Mihaly, A., Kichura, A., & Chepur, S. (2025). Local geographic information system of forestry lands: methodological features of creation, practical aspects and prospects of use. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology, (62), 324-336. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-24>
18. Weng, Q. (Ed.). (2024). Handbook of Geospatial Approaches to Sustainable Cities (1st ed.). CRC Press.