

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Кафедра автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до кваліфікаційної роботи магістра
на тему**

Удосконалення методики проектування автомобільних доріг з використанням геоінформаційних систем

Розробив: Філонич Олег Олегович
студентка гр. 601-БА,
освітньо-професійна програма
«Автомобільні дороги, вулиці та дороги
населених пунктів»
№ з.к. 9555070

Керівник: Міщенко Роман Анатолійович
к.т.н., доцент кафедри автомобільних доріг,
геодезії, землеустрою та сільських будівель

Рецензент:

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Кафедра автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

**до кваліфікаційної роботи магістра
на тему**

**Удосконалення методики проектування
автомобільних доріг з використанням
геоінформаційних систем**

Розробив: **Філонич Олег Олегович**
студентка гр. 601-БА,
освітньо-професійна програма
«Автомобільні дороги, вулиці та дороги
населених пунктів»
№ з.к. 9555070

Консультанти:

розділ 1 **к.т.н., доц. Міщенко Р.А.**

розділ 2 **к.т.н., доц. Ткаченко І.В.**

розділ 3 **к.т.н., доц. Ільченко В.В.**

розділ 4 **к.т.н., доц. Міщенко Р.А.**

Допустити до захисту
зав. кафедрою

к.т.н., доц. Литвиненко Т.П.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою

Кафедра автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель

Ступінь вищої освіти «магістр»

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедри _____ Литвиненко Т.П.

« __ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

1. Тема кваліфікаційної роботи

***Удосконалення методики проектування
автомобільних доріг з використанням
геоінформаційних систем***

керівник к.т.н., доцент Міщенко Роман Анатолійович

затверджені наказом по університету від « 12 » серпня 2022 р. № 544-ф,а

2. Строк подання кваліфікаційної роботи « 12 » грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

– наукова та науково-технічна за темою дослідження

– нормативно-технічна література за темою дослідження

4. Зміст текстового матеріалу (перелік питань, що належить розробити)

1. Аналіз стану питань щодо проектування автомобільних доріг

2. Методика застосування ГІС при проектуванні автомобільних доріг

3. Створення бази даних для автомобільних доріг

та вулично-дорожньої мережі

5. Перелік графічного матеріалу

- графічний супровід результатів дослідження

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури та будівництва
Кафедра автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської роботи

на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З ВИКОРИСТАННЯМ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

**IMPROVEMENT OF THE ROADS DESIGN METHODS USING
GEOINFORMATION SYSTEMS**

Розробив: **Філонич Олег Олегович**
студент гр. 601-БА,
освітня програма «Автомобільні дороги,
вулиці та дороги населених пунктів»

Керівник: **Міщенко Роман Анатолійович**,
к.т.н., доцент кафедри автомобільних доріг,
геодезії, землеустрою та сільських будівель

Рецензент:

Полтава 2022

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури та будівництва
Кафедра автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

до магістерської роботи

на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З ВИКОРИСТАННЯМ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

**IMPROVEMENT OF THE ROADS DESIGN METHODS USING
GEOINFORMATION SYSTEMS**

Розробив: **Філонич Олег Олегович**
студент гр. 601-БА,
освітня програма «Автомобільні дороги,
вулиці та дороги населених пунктів»

Консультанти:

I розділ	к.т.н., доц. Міщенко Р.А.
II розділ	к.т.н., доц. Міщенко Р.А.
III розділ	к.т.н., доц. Ільченко В.В.
IV розділ	к.т.н., доц. Ткаченко І.В.

Допустити до захисту:

завідувач кафедру **к.т.н., доц. Литвиненко Т.П.**

ЗМІСТ

ВСТУП	7
ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ	10
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	12
1.1. Історія виникнення та розвитку геоінформаційних систем та ВІМ технологій для автомобільних доріг	12
1.2. Особливості застосування ГІС, САПР та ВІМ для проектування автомобільних доріг та вулиць	21
1.3. Огляд існуючих вітчизняних досліджень в області використання геоінформаційних систем автомобільних доріг	26
1.4. Огляд існуючих зарубіжних досліджень в області використання геоінформаційних систем автомобільних доріг на порталі Research4Life ..	28
Висновки до першого розділу.....	32
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛІЗУ АВТОДОРИГ ТА ВУЛИЦЬ	33
2.1. Методика створення проекту на основі геопросторової бази даних GeoPackage.....	33
2.2. Підключення зовнішніх карт у QGIS.....	36
2.3. Створення та аналіз цифрової моделі рельєфу місцевості	38
2.4. Побудова карти ухилів території.....	45
Висновки до другого розділу	56
РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРИГ ТА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ В ГІС	57
3.1. Створення та налаштування шарів БД Transport_networks	57
3.2. Створення шарів та символіки для об'єктів благоустрою автомобільних доріг та вулично-дорожньої мережі.....	64
3.3. Вертикальне планування вулично-шляхової мережі	70
3.4. Розрахунок басейнів водозбору.....	83

3.5. Відображення червоних ліній вулично-шляхової мережі	94
Висновки до третього розділу	120
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	122
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	124
Додаток А. Паке́т візуального супроводження	130

ВСТУП

Географічна інформаційна система (ГІС) – це інтегрована сукупність апаратних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, маніпулювання, аналіз і відображення (представлення) просторово-координованих даних.

Серед безлічі різновидів програмних технологій, які працюють із графічною інформацією, у дорожній галузі широко використовуються програмні технології ГІС, САПР та ВІМ. Разом з тим, для роботи з атрибутивною інформацією використовують технології баз даних (далі – БД). На різних етапах життєвого циклу дороги можуть застосовуватися різні інформаційні системи, але часто вони поєднуються (1).

Впродовж останніх років в Україні розроблено декілька нормативно-технічних документів, які встановлюють вимоги щодо виконання робіт з інформаційного забезпечення в дорожній галузі (2).

Геоінформаційні системи можуть бути корисні і великим організаціям, і звичайним громадянам для вирішення різних завдань, починаючи від побутового використання і до глобального (3).

Геоінформаційні системи можуть бути розроблені спеціально для певної сфери використання. Геоінформаційна система автомобільних доріг може використовуватися для технічного обліку та паспортизації доріг, управління експлуатацією та контролю якості автомобільних доріг чи вулиць. Сучасні геоінформаційні технології дають можливість створити базу даних картографічної інформації (кадастрову карту України, топографічні і дорожні карти, карти вулиць, тощо), користуватись навігацією по карті, векторні шари карти, просторовий аналіз, адресний пошук, зберігати та відображати комплексну кадастрову інформацію про автомобільні дороги (межі земельних ділянок смуг відведення, дорожнє полотно, проїзні частини, відкоси тощо), здійснювати автоматизований пошук інформації та детальний перегляд даних про об'єкти дорожньої інфраструктури в режимі суміщення з доступними картографічними ресурсами, комплексно аналізувати мережу

автомобільних доріг та стан дорожнього покриття шляхом включення до відображення параметрів рівності, міцності, зчеплення проїзної частини, різноманітних геометричних характеристик доріг (кількість смуг для руху, ширину смуги руху, проїзної частини та узбіччя), отримати оперативну аналітичну та статистичну інформацію щодо дорожньо-транспортних подій тощо (4).

Структура геоінформаційної системи дорожньої мережі має включати картографічну інформацію, кадастрову інформацію про автомобільні дороги, містить паспорт дороги з можливістю доступу до сканованих копій документів (державних актів права власності на землю та угод сервітуту, наказів про прийняття автошляхів на баланс, документів про присвоєння індексу дорозі та номеру, актів державної комісії) та довідок (довідка про господарське призначення дороги, довідка про історію будівництва та реконструкцію дороги, тощо), дані щодо стану дорожнього покриття і транспортні умови (містить технічні характеристики автодороги, в тому числі тип покриття, ширину проїзної частини, кількість смуг, наявність розмітки тощо), дані моніторингу та реєстрації дорожньо-транспортних пригод, проведення ремонтів (із завантаженням фото виконаних робіт, зазначенням дати останнього ремонту, відповідальних осіб тощо), інформація про облік та управління інженерними мережами та спорудами, транспортною інфраструктурою, рекламними носіями, тощо (5).

Мета роботи: Удосконалення методики створення бази даних вулиць та вулиць за допомогою ГІС технологій.

Задачі:

Поетапно проаналізувати історичний розвиток геоінформаційних систем.

2. Порівняти функціональні можливості ГІС, САПР та ВІМ для проектування автомобільних доріг.

3. Удосконалити методику створення бази даних автомобільних доріг та вулиць за допомогою ГІС.

4. Виконати створення бази даних за допомогою ГІС.

Об'єкт магістерського дослідження: База даних вулиць та доріг.

Предмет магістерського дослідження: Методика створення бази даних вулиць та доріг за допомогою геоінформаційних технологій.

Актуальність теми. В останнє десятиліття з'явилася велика кількість ГІС та ВІМ, що можуть застосовуватися для проектування. Наприклад, **ВІМ: AutoCAD Civil 3D** (США), **InfraWorks 360** (США), **Allplan** (Німеччина), **ГІС: QGIS, ArcGIS, MapInfo** та багато інших. Тому виникає проблема визначення принципів їх роботи та вибору оптимальної із існуючих програм, де буде можливість створювати базу даних автомобільних доріг, вулиць та елементів благоустрою.

Зв'язок магістерської роботи з науковими програмами, планами, темами: Обраний напрямок магістерської роботи відповідає тематиці науково-дослідних робіт кафедри автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» технічного університету імені Юрія Кондратюка №0114U000354 «Благоустрій автомобільних доріг і вулично-шляхової мережі».

Практичне значення роботи: результати роботи можуть використовуватися при розробці проектів нового будівництва, експлуатації та реконструкції доріг та вулиць.

Наукова новизна роботи: виявлено принципи функціонування ГІС та ВІМ, удосконалено методику проектування автомобільної дороги з використанням ГІС та ВІМ.

Структура та обсяг роботи: Робота складається з вступу, трьох розділів текстової частини, списку використаних джерел, додатків та пакет візуального супроводження у вигляді презентації, що складається із слайдів.

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Атрибутивні дані – дані, що визначають приналежність до певної автомобільної дороги або її складових.

Географічні дані (геодані) – географічні координати або прямокутні геодезичні координати, що визначають положення об'єкта на земній поверхні або її моделі.

Геоінформаційна система керування дорожніми даними – інформаційна система, яка має базу даних дорожніх даних та призначена для роботи з геопросторовими даними та метаданими про автомобільні дороги.

Графічний редактор – програмний продукт, призначений для відтворення даних на моніторі.

Дані – сукупність значень, фактів та явищ, зафіксованих у вигляді, зручному для постійного збереження, обробки та передавання.

Інформаційна модель автомобільної дороги – автомобільна дорога (ділянка дороги) разом з транспортними розв'язками в одному або кількох рівнях, обходами та під'їздами, які об'єднані за спільним індексом та знаходяться в підпорядкуванні одного органу управління.

Метадані – дані, що визначають інші характеристики об'єкта, які не відносяться до атрибутивних та географічних даних.

Ортофотоплан дороги – трансформоване фотозображення плану дороги та навколишньої місцевості, яке складається з окремих послідовних кадрів, приведених до одного масштабу, які мають роздільну здатність не більше ніж 15 см натурального розміру в одному пікселі екранного зображення.

Псевдогеодані – дані, що описують точку проекції об'єкта або точок початку і кінця лінійних чи полігональних об'єктів на лінію осі правого проїзду автодороги.

Цифрова модель – геодані, псевдогеодані та атрибутивні дані, сукупність яких описує простий об'єкт.

Інформаційне забезпечення – процес створення, збирання, отримання, зберігання, використання, поширення, охорони та захисту інформації (даних) про автодороги, споруди на них, об'єкти дорожнього сервісу, транспортні потоки, природні та техногенні явища (б).

Системи автоматизованого проектування (далі – САПР) необхідні для того, щоб автоматизувати різні етапи проектування автомобільних доріг. Системи мають багато засобів для роботи з кресленнями і схемами елементів доріг, а також дають змогу працювати з топографічними планами у великому масштабі. Головною метою роботи в САПР є створення проектно-технічної документації у вигляді креслень, таблиць і відомостей (1).

ВІМ – (Building Information Modeling) – це процес оптимізації проектування і будівництва. За допомогою ВІМ-технології створюється інформаційна модель, яка забезпечує точне відображення проекту в цілому.

УКС-2000 – державна геодезична референційна система координат.

WGS-84 – World Geodetic System 1984, Світова геодезична система координат.

ГІС – географічна інформаційна система.

АЗС – автозаправна станція.

ГЗС – газозаправна станція.

ЕЗС – електрозарядна станція.

ПШС – перехідно-швидкісна смуга.

СТО – станція технічного обслуговування.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

1.1. Історія виникнення та розвитку геоінформаційних систем та ВІМ технологій для автомобільних доріг

У 1833 р. математик-вчений Чарлз Беббідж розробив проект універсальної цифрової обчислювальної машини – попередника сучасного комп'ютера. Аналітична машина Беббіджа складалася з 3-х частин: пристрою введення вихідних даних, системи обробки даних (обчислювального пристрою) і пристрою виведення кінцевих результатів. Сучасний комп'ютер складається з таких же трьох головних блоків.

В 1938 році, майже через 100 років після винаходу Беббіджа, німецький інженер Конрад Цузе (1910-1995) розробив перший діючий програмований калькулятор «Цузе 1».

Найпершим електронним програмованим комп'ютером був ламповий «Колос», який був створений у 1943 р., у Великій Британії професором М. Ньюменом. Він призначався для розшифровки кодів німецької шифрувальної машини «Енігма». Роботи, на які у механічних дешифраторів йшли дні, «Колос» виконував за кілька годин. Інформація про нього була таємною практично до кінця 20 століття.

В 1943 – 1945 роках у Сполучених штатах працювали над першим комп'ютером "**Eniac**" (Electronic Numerical Integrator And Computer), про який світ дізнався тільки в лютому 1946 року. Його створення обійшлося Америці майже в 0,5 млн. доларів. Еніас був великим, його вага становила 28 тонн, він споживав 140кВт енергії і займав цілу кімнату. Охолодження комп'ютера забезпечували авіаційні двигуни Chrysler.

Перший радянський комп'ютер, який називався **МЕСМ** (Мала електронна лічильна машина) був створений в 1950 році С. Лебедевим. Цей комп'ютер вважають першим створеним в континентальній Європі. Він

займав площу 60 м², можливості цього комп'ютера в той час вражали. Потужність була 25 кВт та швидкодія 3000 операцій на хвилину.

Першою працюючою геоінформаційною системою у світі вважається ГІС Канади (Canada Geographic Information System, CGIS), розроблена в середині **60-х років ХХ ст.** на базі перших електронних обчислювальних систем і пакетної системи обробки даних. Основне призначення ГІС Канади полягало в обробці і аналізі даних, накопичених Canada Land Inventory (Канадською службою земельного обліку), для використання при розробленні планів землеустрою переважно сільськогосподарського призначення.

Розробка перших геоінформаційних систем (Канадської ГІС, **Інформаційної системи природних ресурсів штату Техас (1976)**, **Австралійської ресурсної інформаційної системи (ARIS, 1979-1982)** тощо), було результатом реалізації прагнення застосувати унікальні і зростаючі можливості ЕОМ, які з'явилися в 50-х роках ХХ ст., для зберігання і маніпулювання великими масивами накопиченої на той час різномірної інформації про природні і соціально-економічні умови і ресурси територій. Створення автоматизованих інформаційних систем зумовило необхідність вирішення цілого комплексу проблем, пов'язаних з особливостями кодування просторової інформації, необхідністю розробки програмного забезпечення для її обробки і зберігання, створення відповідної апаратури для введення і виведення просторових даних.

Географічні інформаційні системи, здатні реалізовувати функції, близькі до тих, що вони реалізують сьогодні (з поправкою на технічний і технологічний рівні), виникли у **80-х роках** минулого сторіччя. При цьому сучасні ГІС з'явилися як результат спочатку паралельного, а потім все більш тісного спільного розвитку геоінформаційних технологій в цілому ряді монодисциплінарних галузей. Серед таких галузей слід назвати автоматизоване картографування, комп'ютерне проектування САПР (Computer Aided Design – CAD), комп'ютерні науки, у тому числі

комп'ютерну графіку, теорії і технології баз даних, мови програмування, дистанційне зондування і обробку результатів дистанційного зондування, просторовий аналіз, географічне і картографічне моделювання.

Можна виділити три основних етапи розвитку геоінформаційних технологій:

- 1) кінець 1950-х - кінець 1970-х років;
- 2) 80-ті роки;
- 3) 90-ті роки ХХ століття - початок ХХІ століття.

Перший етап (кінець 50-х – кінець 70-х років ХХ ст.) – створення перших географічних інформаційних систем, перш за все в Канаді і США, розроблення перших комп'ютерних систем просторового аналізу растрових зображень й автоматизованого картографування. Першим програмним пакетом, що реалізовував функції побудови картограм, карт ізоліній і трендових поверхонь, був пакет Synagraphic Mapping System (**SYMAP**), у Гарвардській лабораторії комп'ютерної графіки і просторового аналізу (Harvard Laboratory for Computer Graphics & Spatial Analysis) Массачусетського технологічного інституту (керівник – Г. Фішер, США), розроблений у **1967 р.** У подальшому (70-ті роки – початок 80-х років ХХ ст.) у цій же лабораторії були розроблені наступні програмні пакети: **ODYSSEY**, **GRID**, **CALFORM**, тощо, що забезпечували як цифрування карт і автоматичне картографування, так і просторовий аналіз. Одночасно подібного роду програми розроблялися і в інших наукових центрах Північної Америки і Західної Європи.

З цих більш пізніх розробок найбільшу популярність у світі одержав пакет аналізу растрових даних Map Analysis Package (**MAP**), який реалізував алгоритми картографічної алгебри, основи якої були розроблені С. Томліном, США (Tomlin, 1983р, 1986р.). Цей пакет, та його пізніші версії **PMAP**, **aMap** та інші розповсюджував Йельський університет (США) за дуже низькою ціною (приблизно \$20).

В цей час відбувалось також удосконалення методів аналізу просторових даних і технологій їх кодування і представлення. Були розроблені *теоретичні основи геостатистики* (Ж. Матерон, Франція), *векторна топологічна структура просторових даних* (DIME структура, США), технології *графічного зображення тривимірних поверхонь* тощо.

Другий етап (80-ті роки ХХ ст.). У другій половині 70-х років – на початку 80-х років ХХ ст. в розробку і застосування ГІС-технології на Заході були зроблені значні інвестиції як урядовими, так і приватними агентствами, найбільше в Північній Америці. В цей період були створені сотні комп'ютерних програм і систем. Розробка і широке розповсюдження недорогих комп'ютерів з графічним дисплеєм (1973-1978рр.), що одержали назву «персональних», дозволили відмовитися від «пакетного» режиму обробки даних і перейти до діалогового режиму спілкування з комп'ютером. Це сприяло децентралізації досліджень в галузі ГІС-технологій.

Відповідно до дослідження (Coppock, Anderson, 1987) у Північній Америці в 1983 р. було понад тисячу ГІС і автоматичних картографічних систем. У Європі розроблення ГІС проводилося в меншому масштабі, але основні кроки в галузі розроблення і використання ГІС-технології були зроблені також. Особливо можна відзначити Великобританію, Швецію, Данію, Норвегію, Францію, Нідерланди і Західну Німеччину (7).

Для 80-х років ХХ ст. характерне зростання політичного, комерційного і наукового інтересу до ГІС. Починають створюватись державні інтегровані ГІС, особливо у зв'язку з управлінням природними ресурсами і моніторингом навколишнього середовища. У Великій Британії в 1984 р. офіційно визнано методи обробки просторових даних науководслідними пріоритетами (Jackson et al., 1990) і створення в США *Національного центру географічної інформації і аналізу* (NCGIA) *Національної академії наук* (1987 р.), призначених для проведення досліджень в галузі географічного аналізу з використанням ГІС.

Розвиток геоінформаційних систем, здатних інтегрувати дані дистанційного зондування («інтегрованих ГІС»), розглядається як необхідна умова ефективного використання матеріалів дистанційного зондування. У 1985 році Європейське космічне агентство було спонсором досліджень, пов'язаних з інтегрованими ГІС, а Британський національний космічний центр замовив розроблення ГІС (Goodenought, 1988).

У цей період починають випускатися міжнародні періодичні видання, присвячені теоретичним і прикладним аспектам ГІС: «*International Journal Geographical Information Systems*» (Міжнародний журнал географічних інформаційних систем) – з 1987 р., «**GIS World**» (ГІС Світ) – з 1988 р., «*Geo Info Systems*» – з 1990 р., «*GIS Europe*» (ГІС Європа) – з 1992 р. тощо, щорічно проводиться багато присвячених ГІС наукових і науково-практичних конференцій різного рівня.

У **80-ті роки ХХ ст.** розробляються майбутні лідери світового програмного ГІС-забезпечення – пакет **ARC/INFO**, розроблений Інститутом досліджень систем навколишнього середовища (Environmental System Research Institute, ESRI Inc., 1982 р.); пакет **MapInfo** фірми Mapping Information Systems Corp., 1987; пакет **IDRISI**, Університеті Кларка, 1987 р.; пакет **Modular GIS Environment (MGE)** фірми Intergraph, 1988 р. – всі в США. ГІС активно фінансується, у 1988 р., тільки прямі витрати на ГІС у світі перевищують 500 млн. доларів, а в 1993 р., склали близько 2,5 млрд, доларів (Ottens, 1992). З середини 80-х років ХХ ст. почала реалізацію низка міжнаціональних і глобальних проектів з моніторингу природного середовища, таких, як **CORINE** – геоінформаційна система країн Європейського співтовариства (з 1985 р.) і **GRID** – глобальний ресурсний інформаційний банк даних (з 1987 р.).

Третій етап (90-ті роки ХХ століття - початок ХХІ століття). Прогрес у ГІС-технології в 90-ті роки минулого ст. був пов'язаний з прогресом апаратних засобів, як комп'ютерів – виникненням 32-бітових, а потім 64-бітових міні- і мікроЕОМ, так і засобів введення і виведення просторової

інформації – дигітайзерів, сканерів, графічних дисплеїв і плотерів. Відбувається широке поширення комерційних ГІС («інструментальних ГІС»), що з'явилися ще в 80-ті роки ХХ ст. Це програмні продукти фірм ESRI (Arc/Info і Arc View GIS), Intergraph (MGE), Mapping Information Systems (MapInfo). Загальна кількість програмних ГІС-пакетів обчислюється не одним десятком.

Геоінформаційні технології в **Україні** набули розвитку в середині **90-х років ХХ ст.** Основні періоди розвитку ГІС в Україні зведені в тал. 1.

Таблиця 1. Основні періоди розвитку ГІС в Україні

Період	Події
З 1990 р.	створення державних підприємств і комерційних компаній, що спеціалізуються на розробці і/або використанні геоінформаційних технологій, зокрема: державних науково-виробничого підприємства «Геосистема» (м. Вінниця) і науково-виробничого центру «Геодезкартінформатика» (м. Київ); комерційних компаній «Інтелектуальні системи, Гео», «Інститут передових технологій», «ЕСОММ», ГЕОКАД, «Аркада», «Геоніка» (м. Київ); «Високі технології» (м. Одеса) тощо.
Середина 90-х років ХХ ст.	формування в державних установах і організаціях груп фахівців, які активно працюють у напрямку застосування ГІС у різних сферах людської діяльності зокрема: у Державному проектному інституті Діпромисто (Київ); у Науково-дослідному інституті геодезії і картографії (Київ); в Управлінні земельних ресурсів Одеської обласної адміністрації; в Одеському національному університеті ім. І.І. Мечникова; у Національному університеті «Львівська політехніка» (Львів); у Національній гірській академії (Дніпропетровськ); у

	Харківському технічному університеті радіоелектроніки; в Українському центрі менеджменту Землі і ресурсів (Київ) та в ряді інших;
з 1995 р. щорічно	проведення ГІС-форумів
1997 р.	створення ГІС-асоціації, що сприяє активізації і консолідації геоінформаційної діяльності в країні
з 1998 р. щорічно	конференцій користувачів продуктів фірми ESRI в Криму
2000 р.	Розроблення спеціалізованого геоінформаційного пакету Рельєфпроцесор - Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, векторнорастрової інструментальної ГІС настільного типу ОКО - ВАТ «Геобіономіка» (м. Київ); програмних комплексів GEO+CAD і GeoniCS, призначених для обробки даних досліджень, і геоінженерного проектування в галузі цивільного, промислового і транспортного будівництва - компанія «ГЕОКАД», АТ «Аркада» і НПЦ «Геоніка» (м. Київ), програмного забезпечення для цифрової картографії і землеустрою Digitals - ВАТ "Аналітика" тощо
2000 р.	створення електронного атласу України - першої версії комп'ютерного Національного атласу України Інститутом географії НАН України і компанією «Інтелектуальні системи, Гео» (Київ);
з 2002 р. щорічно	конференцій «Геоінформатика: теоретичні і прикладні аспекти»
з 2002 р.	проведення окремих тематичних конференцій, семінарів, нарад, присвячених використанню геоінформаційних технологій (наприклад, «Всеукраїнська науково-практична конференція «Використання ГІС та ДЗЗ у землекористуванні» (Миколаїв, 2012 р.),

2003	створення Асоціації геоінформатиків України
2005 р.	внесення курсів з ГІС і геоінформаційних технологій до програми підготовки фахівців природознавчих і екологічних спеціальностей у багатьох вищих навчальних закладах країни; відкриття у деяких з них курсів підготовки фахівців у галузі геоінформаційних систем і технологій, зокрема, в Університеті «Львівська політехніка» (Львів) - у рамках спеціальності «Картографія», в Одеському національному університеті ім. І.І. Мечникова - у рамках спеціальності «Географія», в Одеському державному екологічному університеті - у рамках спеціальності «Інформаційні технології», у Національній гірській академії України (Дніпропетровськ) - за фахом «Геоінформаційні системи і технології».
2015 р.	внесення курсів з ГІС і геоінформаційних технологій до програми підготовки фахівців різноманітних напрямків підготовки.
2013 р.	СОУ 42.1-37641918-109:2013 Норми часу на супроводження геоінформаційної системи Укравтодору. (зі Зміною No 1) (чинний від 5 грудня 2013 р.). Київ, 2016. 34 с. (Стандарт організації України).
2014 р.	СОУ 42.1-37641918-122:2014 Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення (зі Зміною No 1) (чинний від 1 лютого 2015 р.). Київ, 2015. 14 с. (Стандарт організації України)
2016 р.	СОУ 42.1-37641918-063:2016 Геоінформаційна система автомобільних доріг. Вимоги до складу, змісту та застосування (чинний від 1 березня 2016 р.).

	Київ, 2016. 66 с. (Стандарт організації України).
2021 р.	Розроблено проект Національного стандарту України ДСТУ «Геоінформаційна система автомобільних доріг загального користування»

До факторів, що стримують розвиток геоінформаційних технологій, належать низький в цілому рівень комп'ютеризації в країні і відсутність у достатній кількості відповідних фахівців.

AutoCAD Civil 3D розроблена, як спеціалізований додаток на основі AutoCAD. Датою створення AutoCAD прийнято вважати 25 серпня 1982 року. Сама по собі система була похідною від іншої програми під назвою «Interact», написаної мовою SPL програмістом Майклом Рідлом. Це запозичення обійшлося творцям САПР AutoCAD Джону Уолкеру і Дену Дрейку в 10 мільйонів американських доларів. Створення системи AutoCAD дало життя абсолютно новому формату векторних графічних файлів – .dwg. В даний час цей формат є найбільш популярним [34].

В даний час AutoCAD розвивається, в основному, у сфері роботи з тривимірними об'єктами, оскільки у створенні двомірних креслень програма практично досягла досконалості. AutoCAD Civil 3D – додаток для проектування об'єктів інфраструктури, призначений для землевпорядників, проектувальників генплану і проектувальників лінійних споруд. Крім основних можливостей AutoCAD Civil 3D може виконувати такі види робіт, як геопросторовий аналіз для вибору оптимального будмайданчика, аналіз зливових стоків для забезпечення дотримання екологічних норм, складання кошторису і динамічний розрахунок обсягів земляних робіт.

Allplan BIM – програма розроблена концерном Nemetschek (укр. Немечек) – один з провідних у світі виробників програмного забезпечення для архітектурної та інженерно-будівельної галузей. Концерн заснований в 1963 році професором Георгом Немечком.

1.2. Особливості застосування ГІС, САПР та ВІМ для проєктування автомобільних доріг та вулиць

В останні роки, у зв'язку з бурхливим розвитком геоінформаційних систем (ГІС), розглядається питання їх застосування, поряд з САПР, в автоматизованому проєктуванні автомобільних доріг. ГІС і САПР мають наступні принципові відмінності.

1. **Відмінності за моделями даних.** У ГІС виділяються кілька основних типів даних: *точки, лінії, полігони, поверхні і растри*. Змішання цих даних в межах одного шару є неможливим.

Виняток становлять моделі даних типу "мережа" (складається з вузлів, які з'єднані дугами) і "покриття" (як і мережа, складається з вузлів, які з'єднані дугами; крім того, є полігони, межі яких задаються дугами).

Однією з причин невеликої кількості графічних примітивів в ГІС є те, що історично вони розвивалися як дрібномасштабні картографічні системи, в яких не вимагається великої різноманітності графіки. Невелика кількість типів даних дозволяє строго визначити різні просторові операції: просторовий пошук (в заданому регіоні, пошук суміжних або пересічних об'єктів), побудова оверлеїв (об'єднання, перетинання і різниці полігонів), побудова буферних зон, зон близькості (зон найближчого обслуговування).

Через те, що реальні електронні карти можуть містити тисячі і мільйони графічних об'єктів, в ГІС значно розвинені різні алгоритмічні методи для зберігання великих обсягів даних, швидкого пошуку об'єктів, спрощення даних для швидкого виведення на екран.

В САПР, на відміну від ГІС, використовується *велика кількість різних графічних примітивів*, так як одним із головних завдань САПР є отримання якісних креслень. Складність структури креслень САПР не дозволяє зберігати креслення в базі даних (а якщо вони і зберігаються, то повністю, у вигляді єдиного великого поля), тому зберігаються у вигляді окремих файлів.

У дорожній галузі ГІС використовуються для зображення мережі доріг на електронних дрібномасштабних картах, для аналізу транспортного забезпечення районів, для отримання оперативної інформації щодо об'єктів дорожньої мережі.

При проектуванні доріг ГІС застосовуються для вибору найкращого з можливих варіанту проектної траси з урахуванням існуючої цифрової моделі місцевості (ЦММ).

2. Відмінності в атрибутних даних.

У ГІС в одному шарі графічних даних показуються графічні об'єкти одного типу (наприклад, будівлі, дороги або річки), які мають однаковий набір атрибутів. Таким чином, шар графічних даних з наборами атрибутів можна представити як таблицю реляційної бази даних, а, отже, і адаптувати відповідний апарат баз даних для аналізу атрибутів графічних об'єктів. Наприклад, в ГІС можна виділити всі дорожні знаки, розташовані на консолях, або дорожні труби, що знаходяться в незадовільному стані.

Одним з принципових відмінностей між ГІС і САПР є те, що *графічний примітив в ГІС є самостійним об'єктом*, що має свої атрибути, а в *САПР – тільки образотворчим засобом*, тобто частиною об'єкта, а тому своїх атрибутів, не має.

В САПР ж об'єкти утворюються зазвичай з декількох графічних примітивів, вибудовуючись ієрархічно за допомогою групування. Велика відмінність моделі САПР від реляційної моделі даних *не дозволяє повноцінно зберігати креслення САПР в сучасних базах даних і не дозволяє аналізувати атрибути об'єктів.*

У дорожній галузі наявність атрибутивної підтримки є дуже важливим при вирішенні задач діагностики, інвентаризації, паспортизації, кадастру доріг. У зв'язку з незначною можливістю атрибутного опису САПР є найбільш доцільним *створення інформаційних систем автомобільних доріг на основі ГІС.*

3. Відмінності за методами візуалізації.

В САПР графічні об'єкти відразу створюються такими, якими вони виглядають на екрані і при підготовці до друку. У ГІС поняття моделі об'єкта і його зовнішнього вигляду спеціально розділені.

Однією з найважливіших функцій ГІС є можливість «*тематичного картографування*», коли для наявних геоінформаційних даних задаються «візуалізатори», що відображають дані в залежності від їх геометричних і атрибутивних характеристик.

Найбільш поширеними є:

- відображення однаковим умовним знаком всіх графічних об'єктів;
- відображення різними знаками в залежності від значень деякого атрибута;
- відображення підписами з атрибутів (автоматичне підписування об'єктів);
- відображення точками щільності (випадкове розміщення деякого числа точок в полігоні, наприклад, щоб показати щільність населення країни);
- відображення діаграм на об'єктах, що показують розподіл деяких атрибутивних характеристик об'єктів;
- відображення ліній сплайнами, різне декоративне відображення.

В САПР зовнішній вигляд об'єкта зазвичай вже зафіксований. Іноді проектувальнику надається ряд визначених варіантів відтворення.

Ще однією особливістю ГІС є можливість завдання *умовних знаків і підписів*, що *немасштабуються*. Цей спосіб візуалізації застосовуються в основному для відображення на екрані комп'ютеру, коли важливо швидко отримання інформації без зміни поточного масштабу зображення.

У зв'язку з тим, що ГІС і САПР мають свої переваги і недоліки, останнім часом все більшого поширення набувають інтегровані графічні системи, що володіють можливостями як ГІС, так і САПР, це **ВІМ**. У дорожній галузі такі комбіновані можливості необхідні, наприклад, для подання комплексних проектів автомобільних доріг на плані місцевості, коли в дрібному масштабі

користувач на екрані комп'ютера бачить загальну схему мережі доріг, а при поступовому збільшенні з'являються детальні креслення автомобільних доріг.

При застосуванні BIM технологій в проектуванні створюється комп'ютерна інформаційна модель споруди з атрибутивною складовою, яка містить в собі всі відомості про об'єкт. Таким чином, в одній моделі одного формату поєднуються дві частини – геометрична і інформаційна. Особливість такого підходу полягає в тому, що споруда що проектується розглядається як одне ціле, і зміна будь-якого параметра означає автоматичне оновлення пов'язаних з ним параметрів, таблиць і об'єктів. Це можуть бути плани, розрізи, специфікація або календарний графік. Ідеологія BIM також включає в себе обов'язкову візуалізацію в 3D-форматі всіх елементів і систем споруди, розрахунок різних варіантів їх компоновки відповідно до чинних норм і правил, економічний і експлуатаційний аналіз всіх характеристик майбутньої споруди. Все це робиться для спрощення вибору оптимального архітектурного, конструктивного та інших рішень. Виключається надмірність інформації, її повторне введення, втрата даних, помилки при передачі і перетворення інформації.

Абревіатура BIM, що походить від слів Building Information Modelling, є ідеєю, що концентрує в одному місці увагу всіх учасників будівельного процесу, які беруть участь у проекті. Технологія BIM підтримує перегляд і обробку інформації. Фахівці, які беруть участь у проекті, можуть контролювати та аналізувати проект з різних точок зору, маючи ширшу та точнішу точку зору. Багатопротильна модель BIM є серцем проекту. Адекватна інтерпретація та розуміння проекту, а також співпраця всіх сторін (Інвестора, Проектувальника, Підрядника) на кожному етапі інвестування сприяє підвищенню якості документації та зниженню ризику, пов'язаного з перевищенням передбачуваного часу інвестування. У таблиці 1 порівнюємо відмінності у роботі над проектами, реалізованими традиційним методом (на

основі технічної документації) в САПР, з використанням ГІС та на основі моделі BIM.

Використання технології BIM створює велику кількість можливостей для роботи з об'єктом після завершення будівництва, на етапі експлуатації. Власники мають постійний доступ до всієї інформації про об'єкт, що дозволяє попереджати і ефективно усувати виникаючі проблеми. Це допомагає приймати управлінські рішення, з огляду на весь обсяг інформації, закладений при проектуванні об'єкта, будь то стандарти, матеріали та розрахунки, вся робоча документація, навіть через тривалий час після здачі його в експлуатацію. Такі можливості стають великим плюсом проекту, так як ви пропонуєте замовнику модель, що може бути використана не тільки для будівництва, а й спрощує подальшу експлуатацію споруди.

За даними зарубіжних компаній, економія часу при виконанні проекту в середньому становить 20-50%. Що стосується внесення змін до проекту, то тут відсоток виростає аж до 90%. У цьому випадку зрозуміло, що економія часу рівносильно економії коштів. На жаль, поки технологія BIM в нашій країні поширена не дуже сильно, щоб говорити про достовірної статистики, але досвід закордонних проектних фірм, що використовують BIM і вийшли на конвеєрний випуск проектів BIM, підтверджує ці цифри.

Інша стаття економії коштів після впровадження технології – усунення або недопущення проектних помилок і неможливість їх появи на будмайданчику. Особливо хочеться відзначити те, що перевірка помилок за допомогою BIM може приносити користь навіть у тому випадку, коли основна частина фірми на цю технологію ще не перейшла і працює традиційно в 2D, а спеціальний співробітник робить інформаційну модель за розробленим проектом, тестуючи таким чином проект на спроможність. Такий підхід підвищує якість проекту, вимагає мінімальних витрат і швидко окупається (рис. 1).

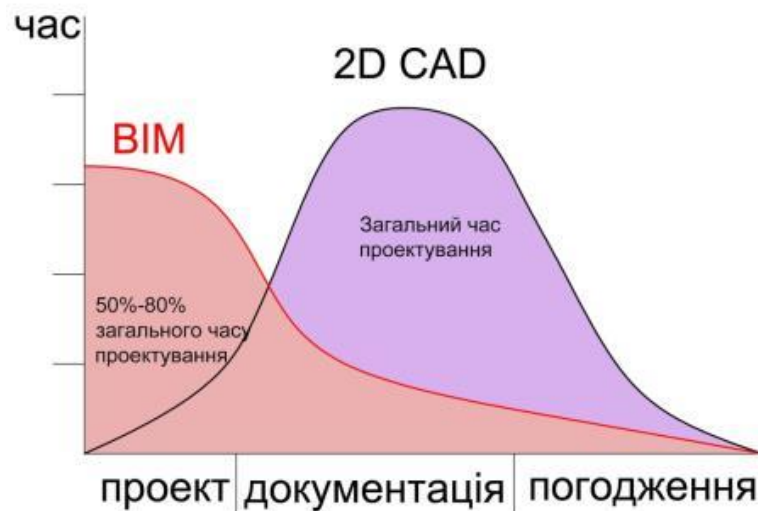


Рис. 1. Час, що витрачається при проектуванні з використанням САПР і BIM

1.3. Огляд існуючих вітчизняних досліджень в області використання геоінформаційних систем автомобільних доріг

Ряпухін В.М., Фоменко Г.Р., Арсеньєва Н.О., Синовець О.С. з Харківського національного автомобільно-дорожнього університету досліджують особливості використання геоінформаційних технологій під час паспортизації автомобільних доріг. Вчені вважають, що наявні проблеми впровадження та використання ГІС під час паспортизації автомобільних доріг не завадять подальшому розвитку геоінформаційних технологій в дорожньому комплексі України, оскільки завдяки застосуванню ГІС у дорожній галузі можна буде вирішувати питання оформлення технічних паспортів автомобільних доріг, обліку ДТП та розроблення заходів з безпеки руху, проектів ремонтних робіт на базі лазерного сканування, землевпорядкування та кадастру доріг, інвентаризації доріг (технічні та кадастрові паспорти), доступу до об'єктивної інформації про стан мережі доріг тощо (2).

Сизоненко В.В., Рибіцький Л.Л. вивчають тенденції розвитку управління дорожнім господарством на основі новітніх світових геоінформаційних

технологій (4). Разом з *Харченко Г.А.* розглядають геоінформаційну систему управління автомобільними дорогами України як допомогу водіям (8).

Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Досліджують впровадження геоінформаційних технологій для удосконалення процесу управління автомобільними дорогами (5).

Пальчик А.М., Савчук С.О. Розглядають використання GPS-технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг (9).

Мельник О.В., Одинец О.М. займаються створенням розрахункової моделі злітно-посадочної смуги в програмі Autocad Civil 3D для обчислення об'ємів земляних робіт в варіантах прокладки ЗПС. Наводять технологію обрахунків об'ємів земляних робіт прокладки ЗПС по поздовжніх профілях на існуючій місцевості з наданням відомостей матеріалів у декількох варіантах на розрахунковій моделі ЗПС аеродрому в ДП "Міжнародний аеропорт "Львів". Підрахунок об'ємів земляних робіт і матеріалів виконують методом призм. Для створення 3D моделі злітно-посадочної смуги використовувалася цифрова модель місцевості на основі зйомки з генплану об'єкту (10).

Теселкін А.І. розглядає новий підхід до концепції автоматизованого проектування в будівництві, що ґрунтується на BIM (Building Information Modeling - в перекл. з англ. - моделювання інформаційної будівлі) технології (11).

Смірнова Н.В., Павленко Н.В., Мусієнко І.В., Горбатій А.І., Пензій Д.М. досліджують інноваційні технології проектування об'єктів транспортного будівництва в програмному комплексі CREDO. Зокрема розглядають особливості проектування геометричних елементів транспортної розв'язки, розвиток методів трасування автомобільних доріг з використанням САПР, висотну оптимізацію траси за сумарними витратами палива на базі використання САПР АД CREDO (12).

Отже, вітчизняні вчені приділяють значну увагу використанню ГІС, САПР та BIM технологій для автоматизованого проектування та

інформаційного моделювання автомобільних доріг, вулиць та досліджують методику застосування програм для вирішення окремих задач, зокрема паспортизації доріг та вулиць, облік ДТП та розроблення заходів з безпеки руху, розробки проектів ремонтних робіт на базі лазерного сканування, землевпорядкування та кадастру доріг, інвентаризації доріг (технічні та кадастрові паспорти), доступу до об'єктивної інформації про стан мережі доріг тощо. Кожен вчений розглядає вирішення окремої задачі проектування, експлуатації, ремонту але не достатньо розглядається комплекс задач та методи і засоби їх автоматизованого вирішення.

1.4. Огляд існуючих зарубіжних досліджень в області використання геоінформаційних систем автомобільних доріг на порталі Research4Life

Вчені *M. Yadav, P. Khan, A. K. Singh, A. K. Singh, B. Lohani* досліджують мобільний LiDAR, який фіксує повні деталі вуличних дерев, розташованих уздовж проїжджої частини вулиць, і це найефективніший інструмент для виконання великомасштабних проектів для картографування придорожніх дерев. Інформація про розташування придорожніх дерев та їх морфологічні характеристики є важливою для планування проекту розширення доріг, безпеки дорожнього руху та автономних транспортних засобів. Вони пропонують метод генерації ГІС-бази вуличних дерев із використанням інформації про вуличні дерева, автоматично отримані за допомогою мобільних даних LiDAR. Запропонований метод спочатку організовує вхідні дані мобільного LiDAR у циліндрах, які частково перекриваються, а потім морфологічні характеристики крони та стовбура дерева відповідно використовуються для виявлення дерев, що падають у циліндри. Зрештою, хмара точок повної структури дерева витягується з циліндра за допомогою вертикальних циліндрів, які прилягають окремо до крони та стовбура. Запропонований метод перевірено на даних хмари точок, отриманих

StreetMapper 360 проїжджої частини довжиною 57 м. Повнота та правильність 88,24% та 93,75% відповідно отримані на тестовій ділянці (13).

Вчений *Yu, Wenhao* пише, що нещодавно китайський уряд підняв політику міського планування, яка пропонує громадам відкрити свої приватні дороги для громадського транспорту та створити вуличну мережу з високою просторовою щільністю в містах. У цьому контексті метою його дослідження є аналіз потенційних змін у доступності вуличної мережі за допомогою методів ГІС та надання просторової інформації, яка може вплинути на прийняття рішень міськими менеджерами. На додаток до існуючих даних про вуличну мережу в досліджуваному місті Шеньчжень, дороги всередині громади витягуються з відбитків будівель у топографічній базі даних ГІС і використовуються для побудови потенційної вуличної мережі з урахуванням політики відкриття громади. Тут пропонується автоматичний метод на основі ГІС для аналізу інформації про переваги розташування в змодельованому міському середовищі шляхом поєднання моделі триангуляції Делоне та концепцій теорії графів. Зокрема, вчений встановлює двоетапну структуру на основі просторових зв'язків між дорогами та будівлями. По-перше, дороги всередині громади між сусідніми площами будівель створюються за допомогою скелетної моделі триангуляції Делоне, і разом з існуючими дорогами між громадами вони утворюють імітовану мережу. По-друге, індекси центральності вулиць поточної та змодельованої мереж порівнюються з точки зору близькості, проміжності та прямолінійності. Результати показують, що після застосування політики глобальна доступність у місті буде збільшена в одних місцях і зменшена в інших, а безпосередність серед інших місць буде загалом покращена. Крім того, каркас центральних маршрутів для наскрізного руху не сильно зміниться. Представлений метод також можна застосувати в інших містах (14).

Andrew Larkin, Xiang Gu, Lizhong Chen, Perry Hystad пишуть, що високоякісне середовище є важливим для здоров'я та добробуту людини. Численні дослідження характеризують фізичні характеристики забудованого

середовища та вплив навколишнього середовища, але мало хто досліджував сприйняття міста в географічних масштабах, необхідних для дослідження населення. Ступінь, до якого сприйняття міста пов'язане з різними особливостями навколишнього середовища та традиційним впливом навколишнього середовища, таким як забруднення повітря чи міські зелені насадження, здебільшого невідомо. Мета дослідження: визначення факторів антропогенного середовища, пов'язаних із сприйняттям безпеки, жвавості та краси в 56 містах. Методи дослідження: перевірити сприйняття, зібране в наборі даних Place Pulse 2.0 з відкритим кодом, який присвоєний оцінюванню безпеки, жвавості та краси зображенням перегляду вулиць на основі маркування натовпу. Вчені отримали вимірювання архітектурного середовища для розташування цих зображень (110 000 місць у 56 містах світу), використовуючи набори даних ГІС і дистанційного зондування, а також функції зображень вулиць (наприклад, дерев, автомобілі) за допомогою сегментації зображень глибокого навчання. Моделі лінійної регресії були розроблені з використанням штрафного вибору змінних Лассо для прогнозування сприйняття на основі змінних середовища видимості (зображення на рівні вулиць) і ГІС/дистанційного зондування. Результати Щільність населення, водонепроникна площа поверхні, основні дороги, забруднення повітря транспортом, деревний покрив і нормалізований індекс різниці рослинності (NDVI) показали статистично значущі відмінності між місцями з високим і низьким рівнем безпеки, жвавості та красою. Видимі елементи на рівні вулиці пояснюють приблизно 18% варіацій у сприйнятті безпеки, жвавості та краси, порівняно з 3–10%, поясненими ГІС/дистанційним зондуванням. Великі відмінності у прогнозах спостерігалися під час моделювання між сприйняттям міста (R^2 67–81%) і сприйняттям міста (R^2 11–13%). До важливих прогностичних змінних належали видимі елементи доступності (наприклад, вуличні ліхтарі, лавки) і дороги для безпеки, видимі рослини та будівлі для жвавого, а також видимі зелені зони та NDVI для краси. Висновок: існують суттєві відмінності у

сприйнятті забудованого середовища всередині та між містами, які видимі особливості вулиць та змінні ГІС/дистанційного зондування пояснюють лише частково. Це пропонує новий напрямок дослідження для розширення методів вимірювання архітектурного середовища, щоб охопити сприйняття на додаток до фізичних особливостей (15).

Naoras Khalil, Mohannad Mhanna, Eng.Haidar Assaf вважають, що процес планування автомагістралі потребує повної оцінки існуючих умов у географічному регіоні, які можуть вплинути на будівництво нової автомагістралі, і він повинен задовольняти набір проектних і витратних обмежень, яких навряд чи можна досягти без використання геоінформаційних систем (ГІС). Багато важливих критеріїв, пов'язаних із будівництвом, обслуговуванням і структурними об'єктами, не можна враховувати під час визначення горизонтального коридору. У цьому дослідженні вони вивчали вплив стійкості схилу дороги на визначення горизонтального коридору магістралі на етапі попереднього проектування. Властивості ґрунту прогнозуються за допомогою каліфорнійського випробування несучої здатності (CBR), а також пропонуються діаграми критичних станів руйнування (CFSC) для оцінки безпечної висоти схилу та, як наслідок, оцінки вимог до опорних систем, таких як бетонна підпірна стіна. Прогнозована стійкість розташування стін визначається за допомогою ГІС та методу аналізу шляху з найменшою вартістю (LCPA). Нарешті, реалізована математична модель для пошуку оптимального коридору між двома точками, і відповідно до прийнятої класифікації вартості вартість підпірної стінки може бути класифікована як низька (16).

Основною метою статті *Amirhassan Kermanshah* та *Sybil Derrible* є вивчення стійкості дорожніх мереж до екстремальних повеней, які можуть негативно вплинути на цілі регіональні системи відносно непередбачуваним чином. Тут вони використовують детермінований підхід для моделювання екстремальних повеней у двох містах, Нью-Йорку та Чикаго, шляхом видалення цілих ділянок систем доріг за допомогою затоплення річок FEMA

США. Потім вони вимірюють зміни в кількості реальних поїздок, які можна здійснити (використовуючи дані попиту на поїздки), властивості геоінформаційних систем і топологічних індикаторах мережі. Зокрема, вимірюють та обговорюють, як центральність між ними перерозподіляється після затоплення. Загалом, надійність просторових систем, таких як дорожні мережі, залежить від багатьох факторів, включаючи розмір системи (кількість вузлів і зв'язків) і топологічну структуру мережі. Очікувано, що стійкість також залежить від географії, і міста, які природно піддаються більшому ризику, будуть, як правило, менш надійними, і тому поняття надійності швидко стає чутливим до індивідуальних контекстів (17).

Висновки до першого розділу

1. Проаналізований історичний розвиток геоінформаційних систем. Виділено три етапи розвитку: I етап (1950-1980 рр.) – створення комп'ютера, створення перших ГІС; II етап (1980-1990 рр.) – значні інвестиції в розробку і застосування ГІС, розробляються майбутні лідери світового програмного ГІС-забезпечення; III етап (поч. 90-х рр. ХХ ст. – по теперішній час) – прогрес у ГІС, створення ГІС в Україні, нормування запровадження ГІС-технологій для автомобільних доріг.

2. Проаналізовано основні відмінності між ГІС та САПР програмами для застосування в проектуванні автодоріг. ГІС програми зберігають атрибутивні дані в реляційних таблицях, що дозволяє виконувати різноманітний аналіз даних, тоді як в САПР можливо розробити лише технічну документацію. ВІМ – це поєднання переваг ГІС та САПР.

3. Виконано аналіз існуючих вітчизняних та зарубіжних досліджень в області застосування геоінформаційних систем для автомобільних доріг та вулиць. Досліджено праці наступних українських науковців: Ряпухіна В.М., Фоменко Г.Р., Арсенєвої Н.О., Синовець О.С., Сизоненко В.В., Рибіцького Л.Л. Харченко Г.А., Тимошук О.Ю., Рахуби О.І., Пальчик А.М.,

Савчук С.О. тощо. Вчені розглядають особливості використання ГІС під час паспортизації автомобільних доріг. Вивчають тенденції розвитку управління дорожнім господарством на основі новітніх світових геоінформаційних технологій. Розглядають геоінформаційну систему управління автомобільними дорогами України як допомогу водіям. Досліджують впровадження ГІС для удосконалення процесу управління автомобільними дорогами.

Використання геоінформаційних технологій широко розглядаються зарубіжними вченими (М. Yadav, Р. Khan, А. К. Singh, А. К. Singh, В. Lohani, Yu, Wenhao, Andrew Larkin, Xiang Gu, Lizhong Chen, Perry Hystad, Naoras Khalil, Mohannad Mhanna, Eng.Haidar Assaf, Amirhassan Kermanshah та Sybil Derrible) для аналізу даних на автомобільних дорогах та вулицях. Це і методи збору даних за допомогою ГІС, і визначення оптимального варіанту траси, методи прогнозування затоплення, доступність та сприняття вулично-дорожнього середовища, тощо.

РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛІЗУ АВТОДОРИГ ТА ВУЛИЦЬ

2.1. Методика створення проекту на основі геопросторової бази даних GeoPackage

Для створення бази даних автомобільних доріг та вулично-шлявової мережі населених пунктів в форматі GeoPackage потрібно (рис.2.1):

1. **Створити** необхідні **шари** з налаштуваннями (назва шару, система координат, тип даних) та ввести перелік атрибутів (пишемо назву поля та обираємо тип даних);
2. Виконати **кастомізацію форм**: налаштуємо назву поля українською мовою; обираємо тип віджету, налаштуємо його; вводимо значення за замовчуванням;



Рис. 2.1. Методика створення бази даних

3. **Налаштувати умовні знаки для кожного шару:** створюємо умовні знаки у відповідності до ДСТУ Умовні позначення графічних документів містобудівної документації; призначаємо УЗ кожному шару з веденням правил

4. **Наповнення бази даних та виконання аналізу:** внести інформацію в БД даних можна двома шляхами, або вручну креслити точки, полілінії, полігони або завантажити існуючі дані з карти доступної в інтернеті

Для створення нового шару в QGIS потрібно зайти в Шар→Створити шар→Створити шар GeoPackage (рис.2.2):

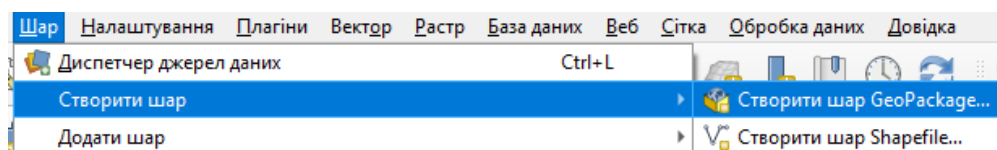


Рис. 2.2. Створення нового шару

Після цього вводимо назву БД: Transport_networks, назву таблиці: streets, обираємо тип геометрії, налаштуємо систему координат та створюємо потрібні поля відповідно до Структури бази геоданих містобудівної документації на місцевому рівні, затвердженої Наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 22 лютого 2022 року № 56. Вводимо ім'я поля та тип даних і натискаємо «Додати до списку полів» рис.2.3.

Після створення всіх шарів зберігаємо проект з назвою Transport_networks. Перейменуємо всі створені шари на назви українською мовою, для цього виділяємо шар лівою кнопкою миші та натискаємо праву кнопку миші і обираємо функцію «Переназвати шар». Зберігаємо внесені зміни.

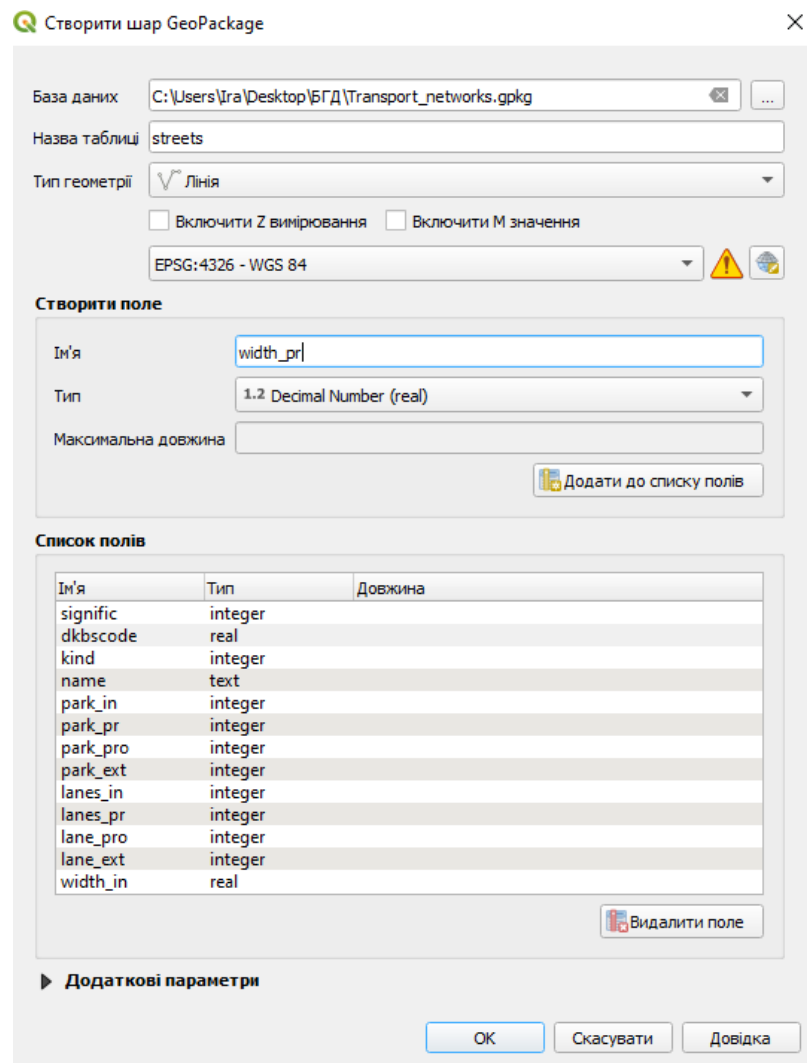


Рис. 2.3. Налаштування вікна створення нового шару

2.2. Підключення зовнішніх карт у QGIS

Для зручності роботи і ГІС зручно мати можливість підключення зовнішніх карт з інтернету. Розглянемо методику підключення.

Підключення публічної кадастрової карти до QGIS.

Відкриємо вікно «Браузер», вкладку **WMS/WMTS** (рис.2.4).

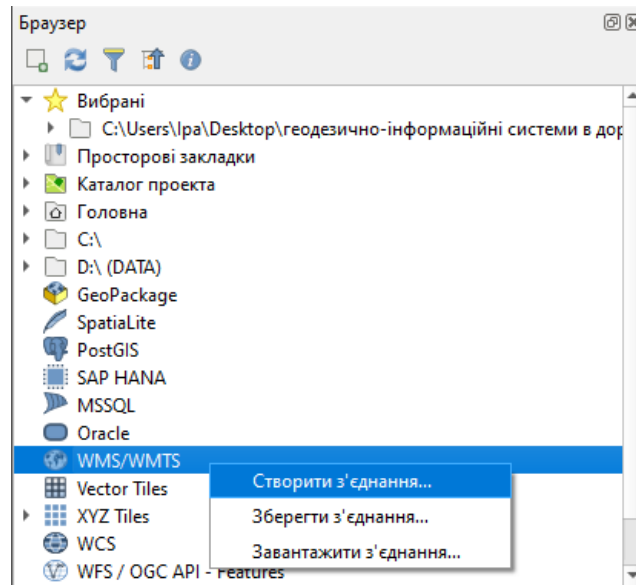


Рис. 2.4. Підключення зовнішніх карт

Підключення зовнішніх карт можна виконати за наступними посиланнями.

1). Підключення шарів Публічної кадастрової карти:

<https://m1.land.gov.ua/geowebcache/service/wms?TILED=true>

2). Підключення тайлів Google або OpenStreetMap (розділ **XYZ Tiles**):

Google Maps: <https://mt1.google.com/vt/lyrs=r&x={x}&y={y}&z={z}>

Google Satellite:

<http://www.google.cn/maps/vt?lyrs=s@189&gl=cn&x={x}&y={y}&z={z}>

Google Satellite Hybrid:

<https://mt1.google.com/vt/lyrs=y&x={x}&y={y}&z={z}>

Google Terrain: <https://mt1.google.com/vt/lyrs=t&x={x}&y={y}&z={z}>

Google Roads: <https://mt1.google.com/vt/lyrs=h&x={x}&y={y}&z={z}>

Актуальні адреси підключень шарів OpenStreetMap знаходяться за посиланням:

https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tile_servers

Додати зовнішні карти можна також за допомогою плагіну, встановлюємо плагін QuickMapServices та відкриваємо потрібну катру (рис. 2.5)

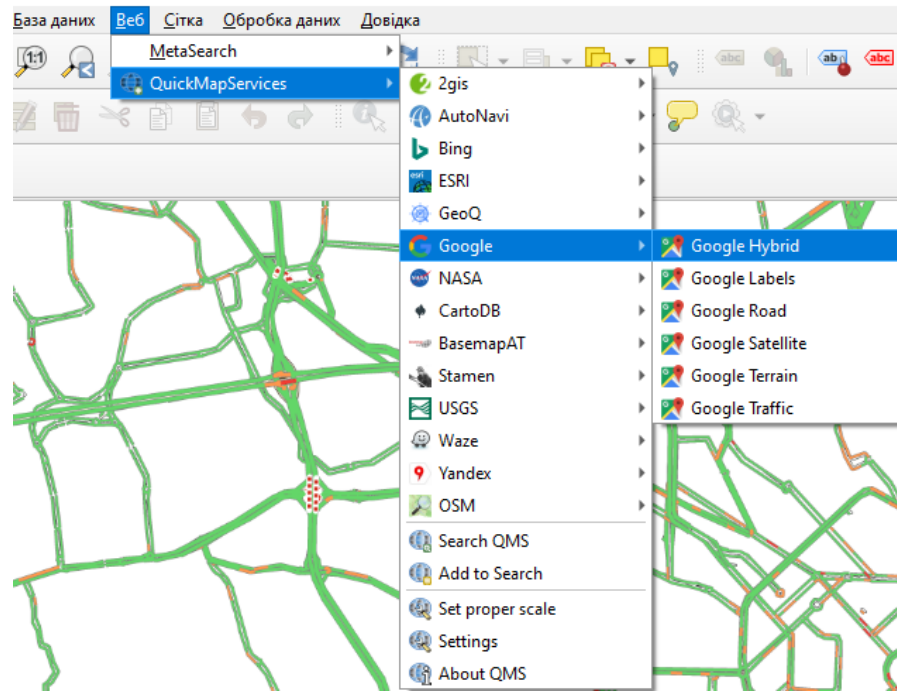


Рис. 2.5. Підключення карт за допомогою плагіну

Щоб завантажити всі можливі карти: Меню «Веб» → QuickMapServices → Settings → More services (рис. 2.5).

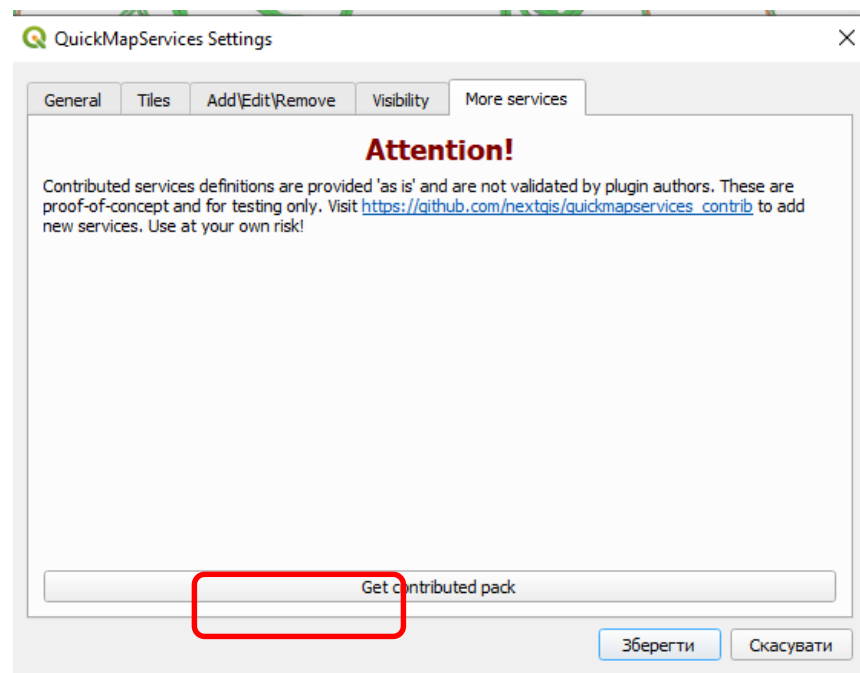


Рис. 2.5. Завантаження карт

2.3. Створення та аналіз цифрової моделі рельєфу місцевості

Цифрова модель рельєфу є основою для виконання широкого спектру аналітичних задач – містобудівних (придатність території для будівництва), екологічних (міграція забруднень в ґрунті, аналіз зон підтоплення, зон ерозії etc), сільськогосподарських (вітрове навантаження на територію, пошук місць для розташування лісосмуг etc), соціальних (якість та доступність ландшафту) та інших.

Можна із впевненістю сказати, що в українських реаліях якісна інформація про рельєф є одним із основних джерел даних, що дає можливість проводити змістовний аналіз територій.

Підготовка вихідних даних. Виокремимо вузли (точки) з шару горизонталі, для цього: На Панелі інструментів Обробки даних виберемо «Векторна геометрія»→Extract values (Створити шар з вершин) (рис. 2.6) або Points along geometry (Точки вздовж геометрії) (рис. 2.7).

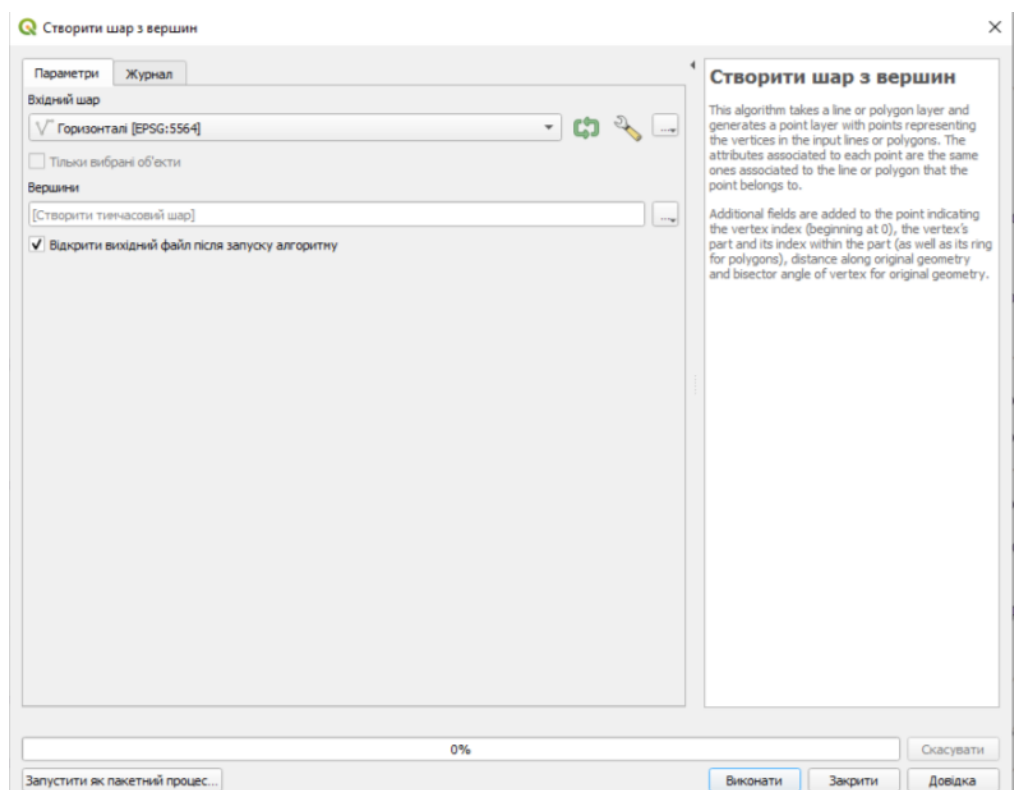


Рис. 2.6. Функція «Створити шар з вершин».

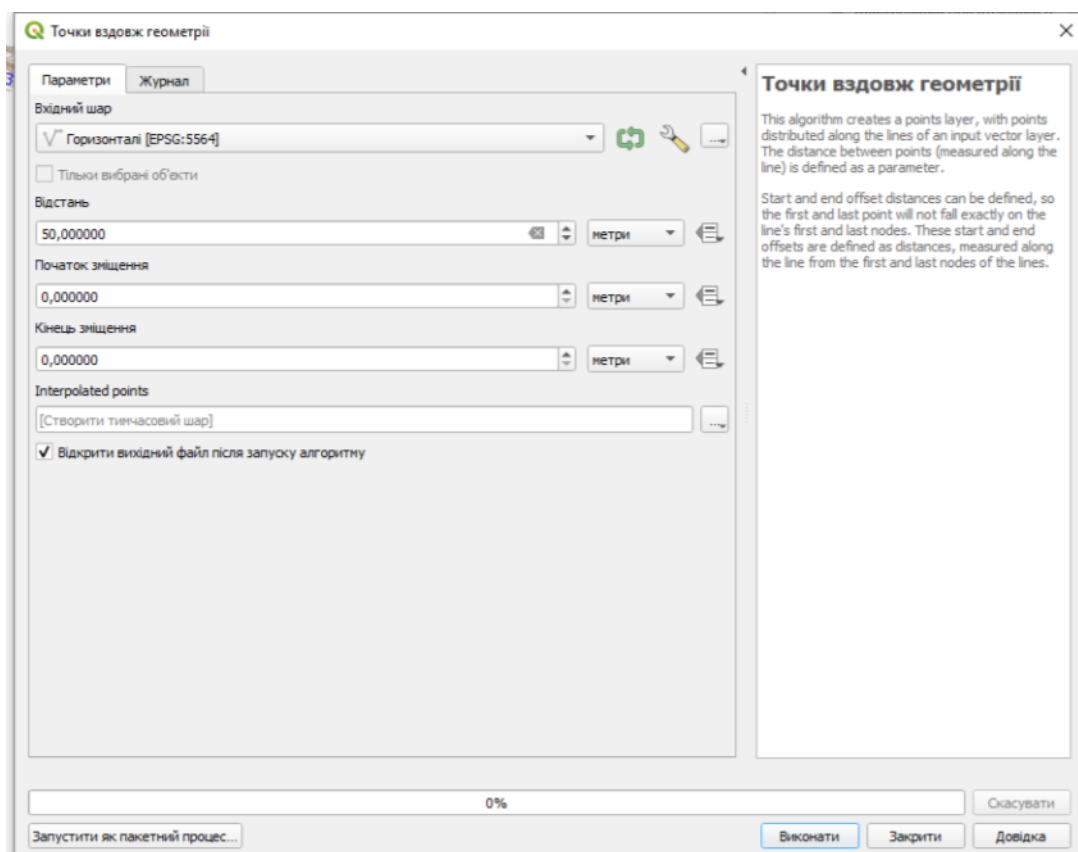


Рис. 2.7. Функція «Точки вздовж геометрії»



Об'єднаємо два шари з точками в один: Merge vector layers
(Об'єднання векторних шарів) (рис. 2.8)

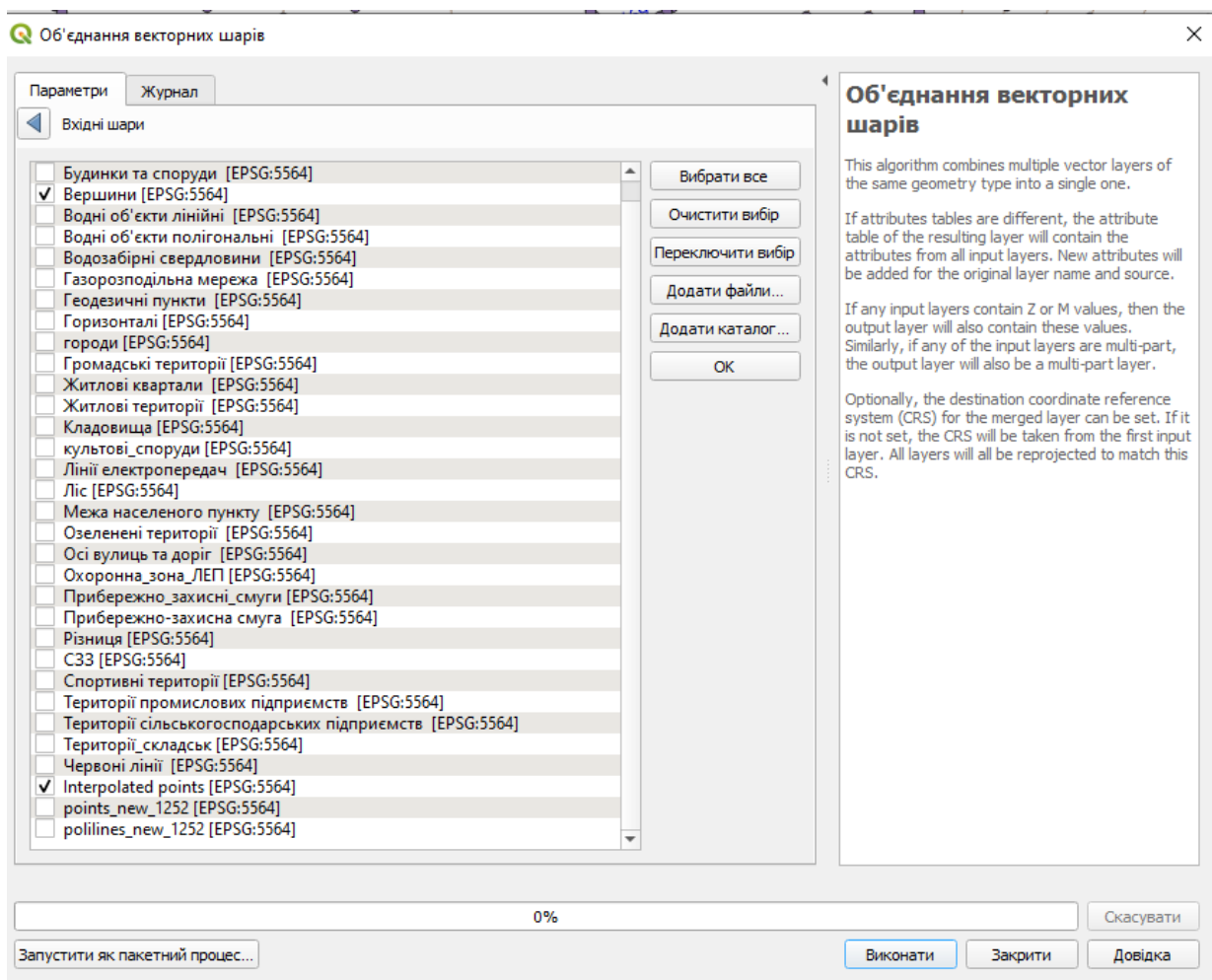


Рис. 2.8. Функція «Об'єднання векторних шарів»

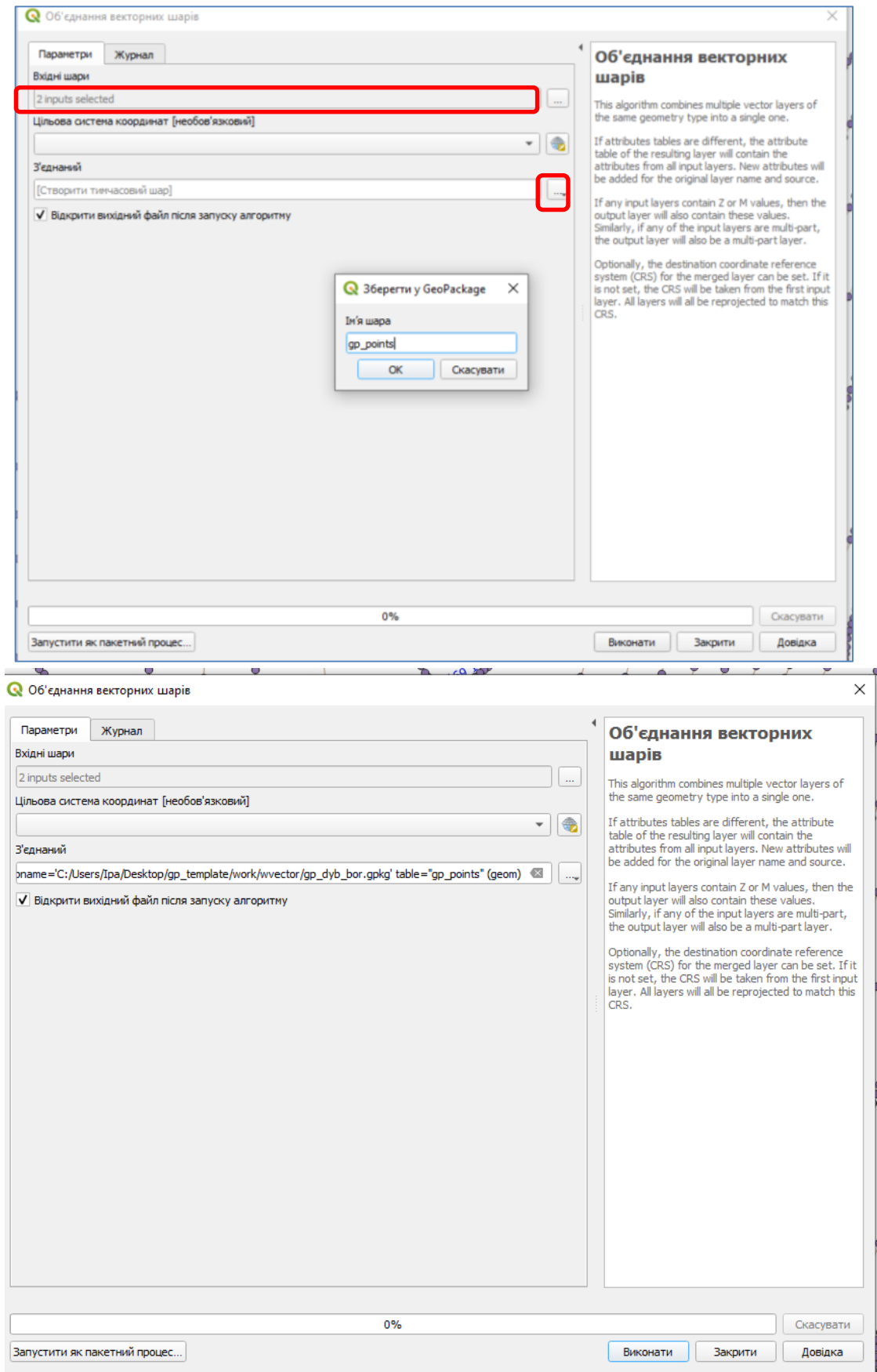


Рис. 2.8. Функція «Об'єднання векторних шарів»

Утвориться новий шар з точками в нашій база даних: `gr_points`, можемо подивитися кількість об'єктів в шарі:



Рис. 2.9. Підготовлені дані для ЦМР

Дані для ЦММ ми підготували (рис. 2.9).

Використання інструменту *TIN Interpolation*

Відцентруємо дані точок в межах села на весь екран, та оберіть інструмент *TIN Interpolation* в розділі Інтерполяція (рис.2.10):

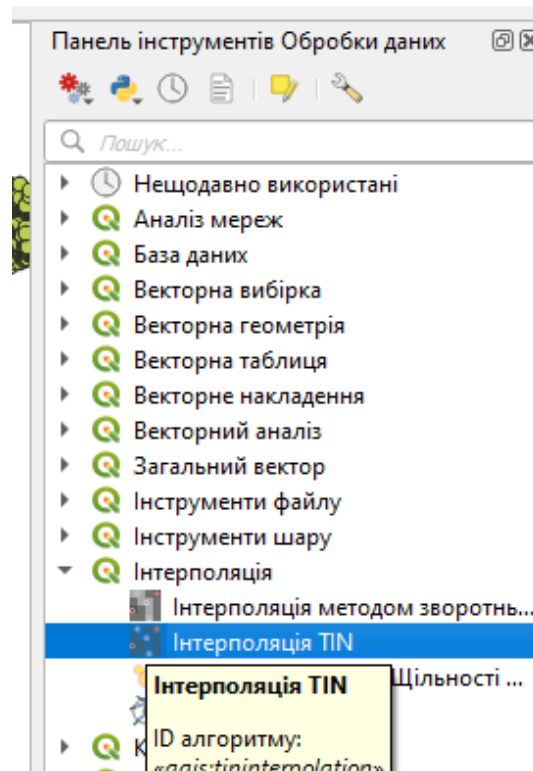


Рис. 2.10. інструмент *TIN Interpolation*

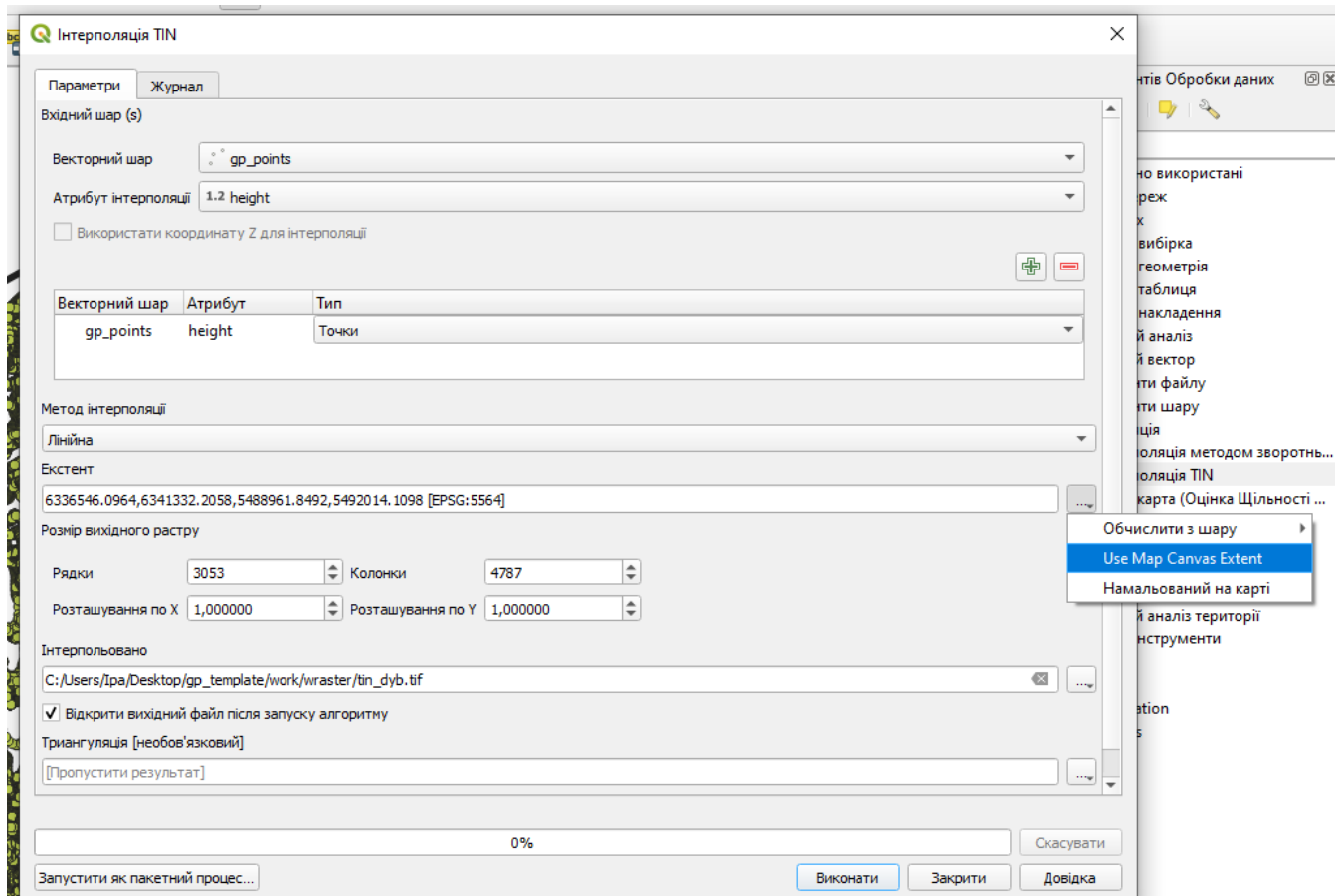
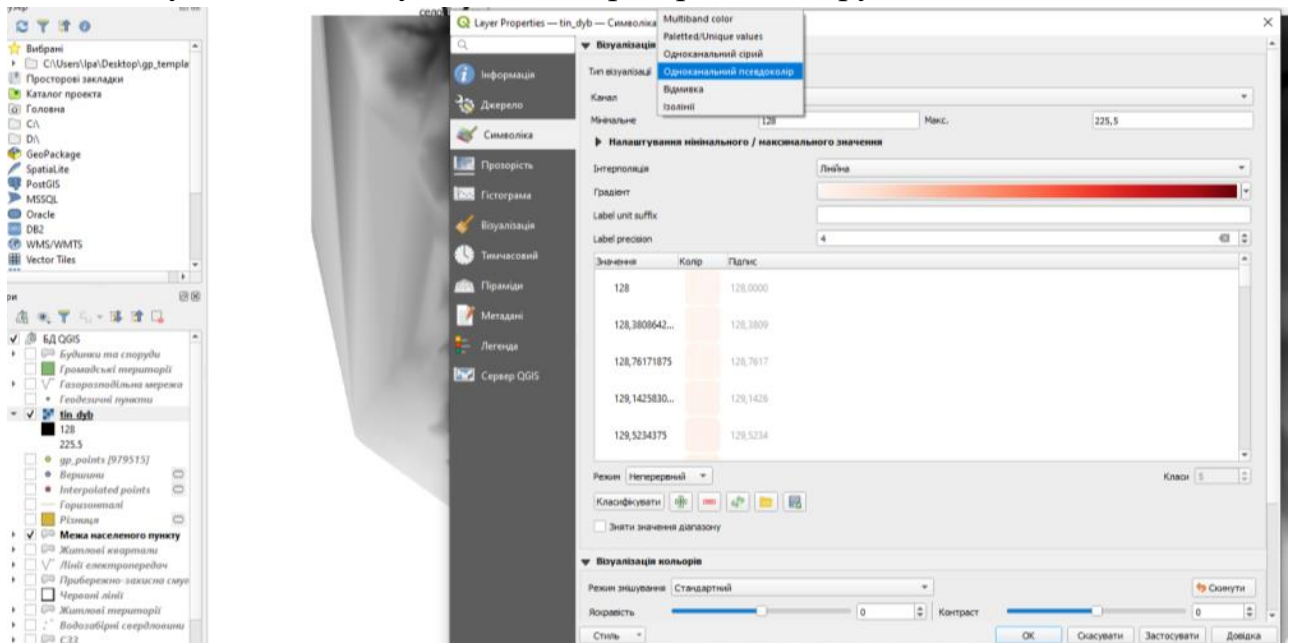


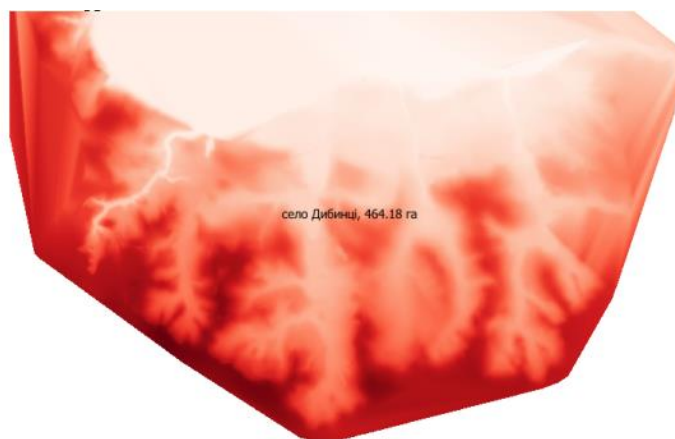
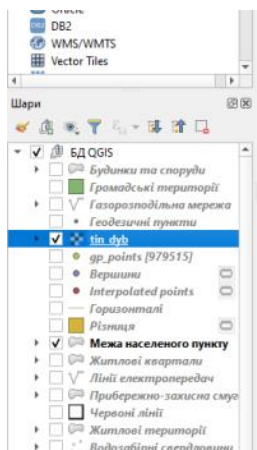
Рис. 2.10. інструмент TIN Interpolation

Налаштування стилів для растру

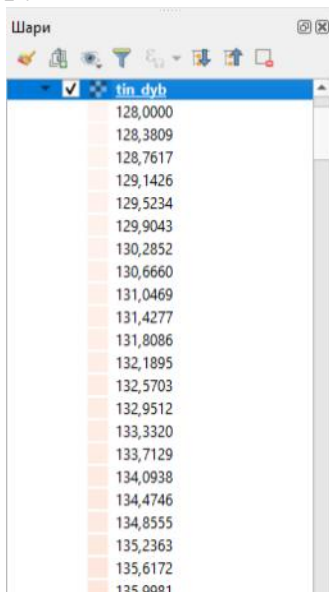
Налаштуємо символіку для нового растрового шару:



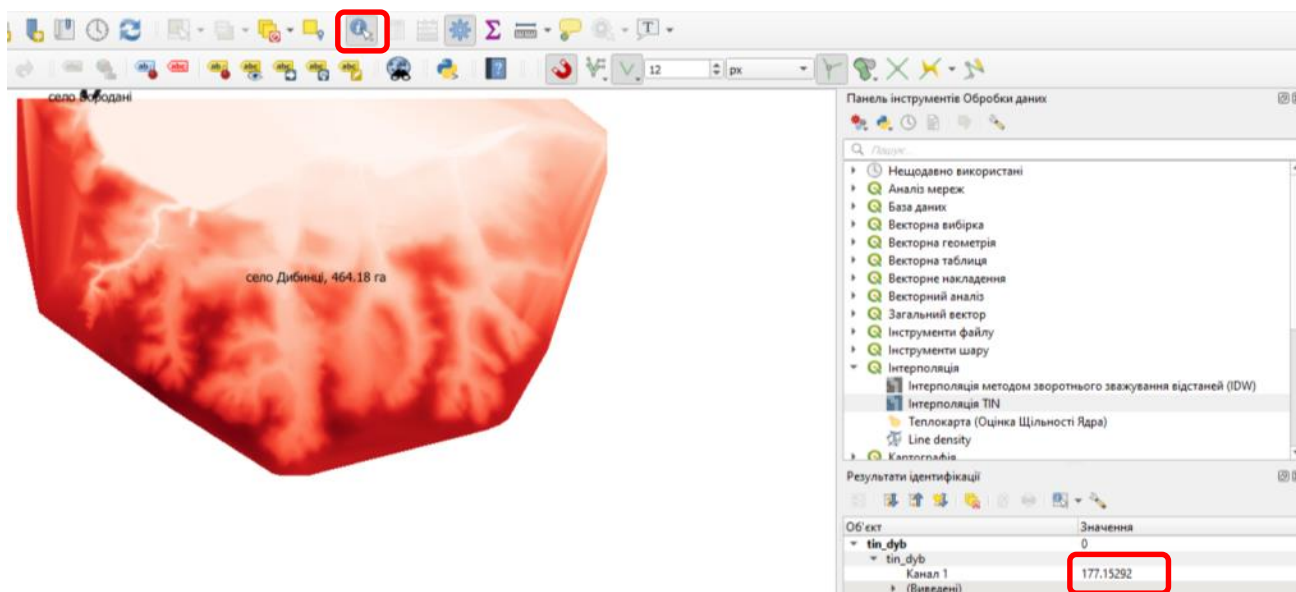
Отримуємо:



Можна розкрити легенду шару:



Використовуючи значок інформація, можна переглянути висоту будь якої точки:



2.4. Побудова карти ухилів території

Карта ухилів території може бути потрібна, наприклад, для визначення сприятливих зон для будівництва за ухилами.

Візуалізація даних про ухили у вигляді діаграм. Їх використання є доцільним, коли "сира" інформація є важкою для інтуїтивного сприйняття.

Підготовка вихідних даних. Треба обрізати шар ЦМР по межах висотних точок. Переведем точковий шар у полігональний побудувавши його екстент: Увігнута оболонка (альфа-форми) Consave.

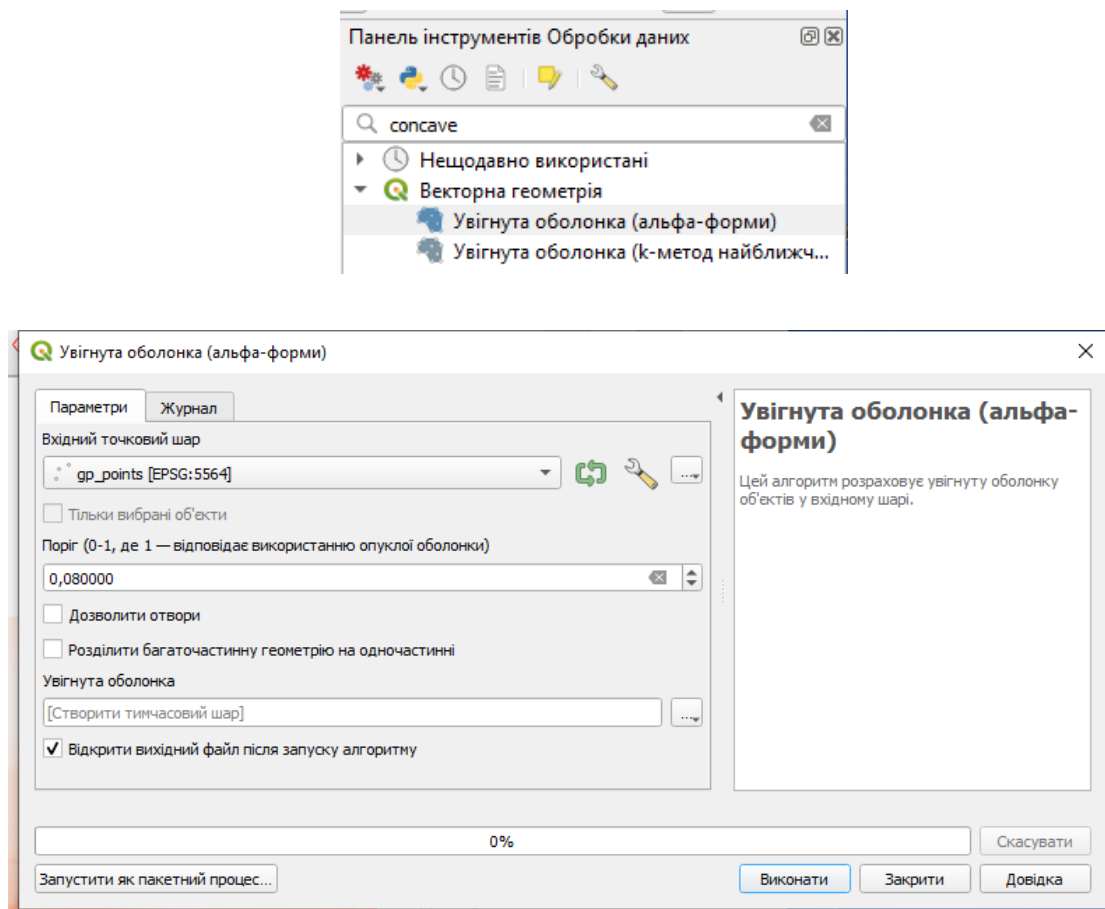
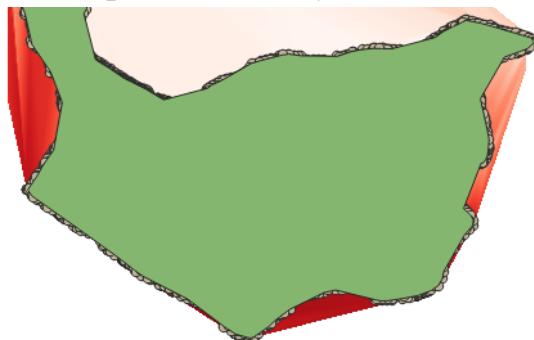


Рис. 2.11. Функція «Увігнута оболонка» (альфа-форми) Consave
Отримали файл з обмежуючим полігоном:



Обріжимо ЦМР використовуючи отриманий полігон: Clip raster by Mask Layer (вирізати растр за шаром маски)

Обираємо роздільну здатність результуючого шару таку ж як і вхідного:

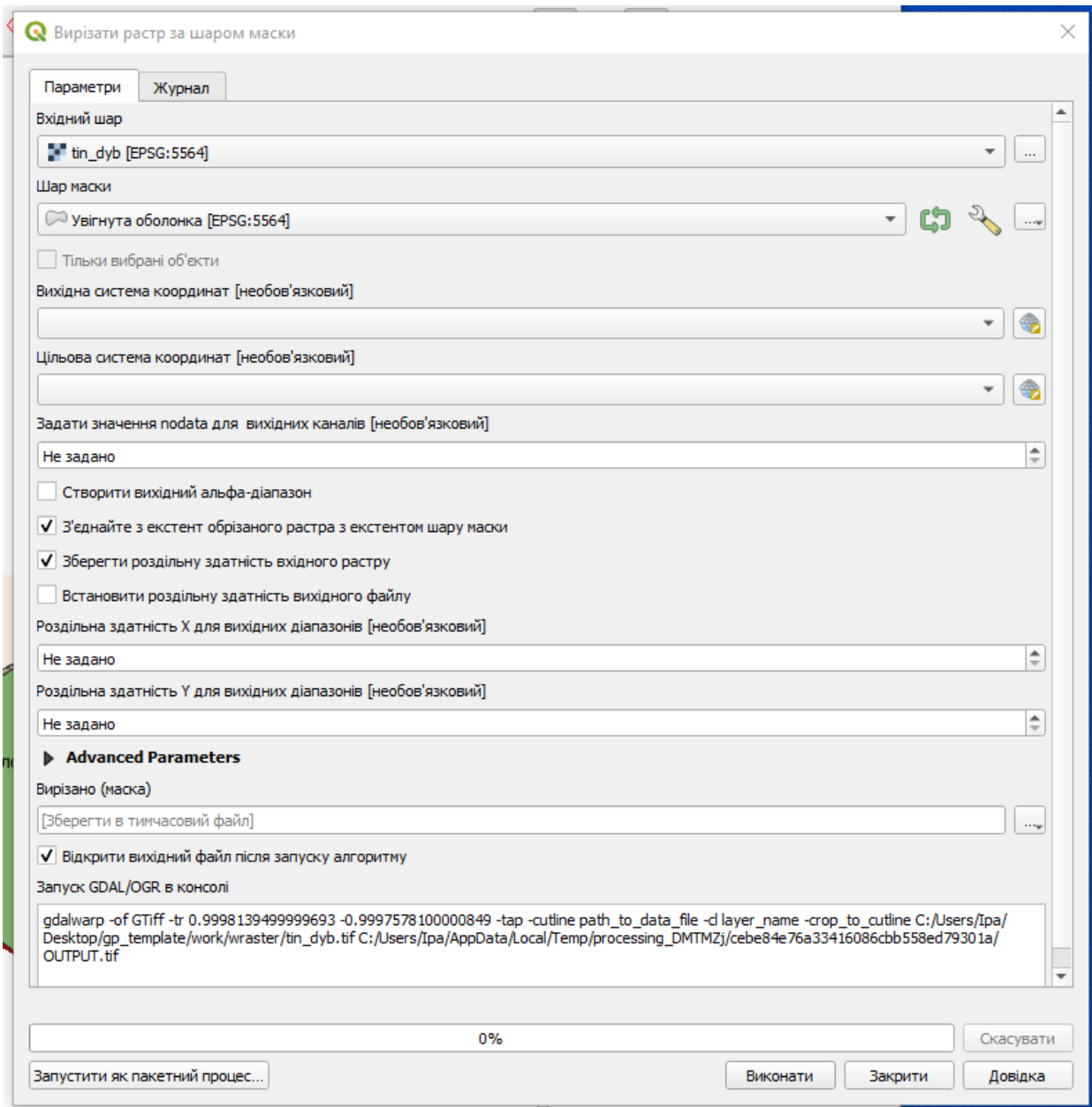


Рис. 2.12. Clip raster by Mask Layer (вирізати растр за шаром маски)

Отримаємо обрізаний растр в новому шарі. Збережемо цей шар собі в папку: правою кнопкою миші по шарі клацаємо→Експорт→Зберегти як...(рис. 2.13).

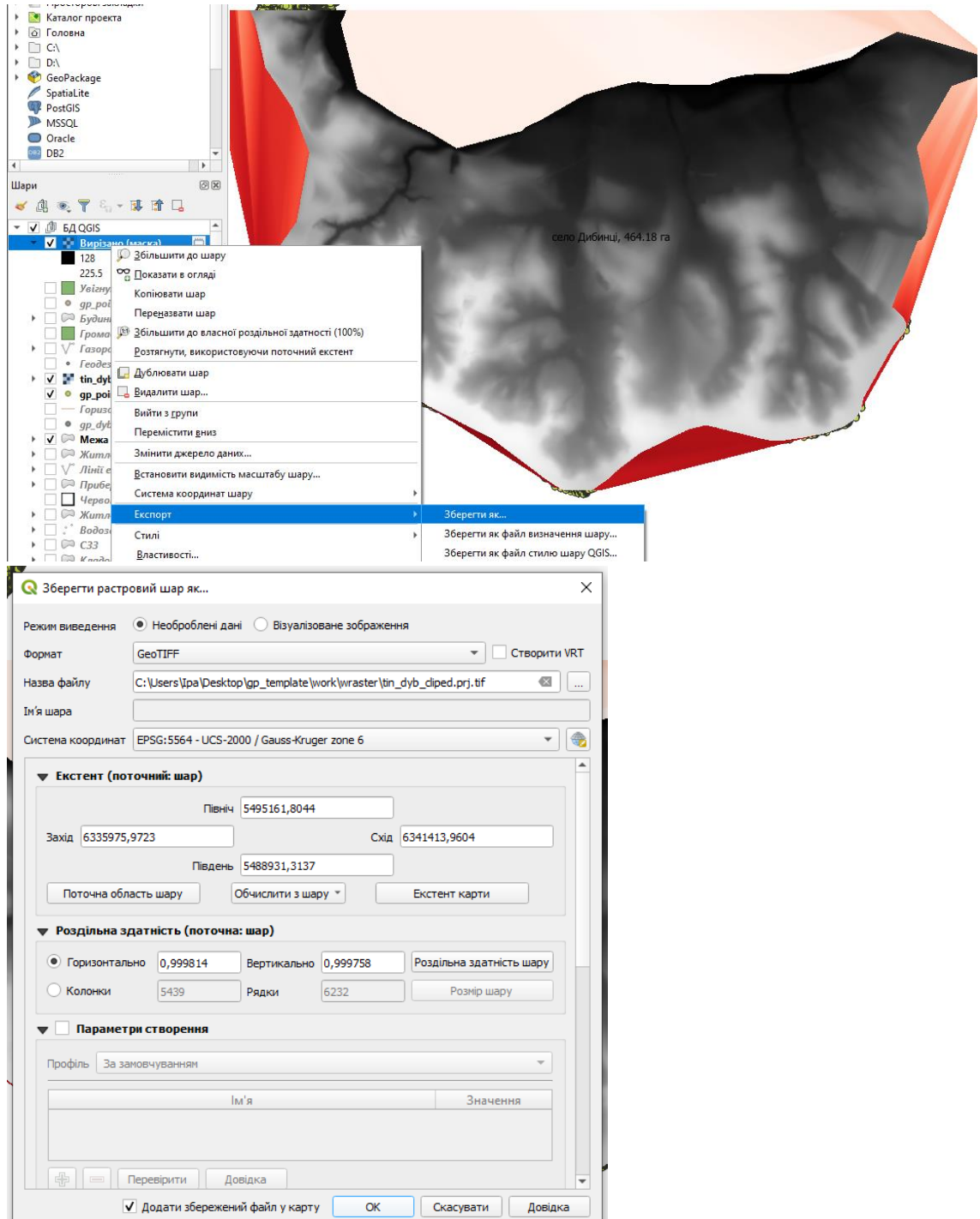
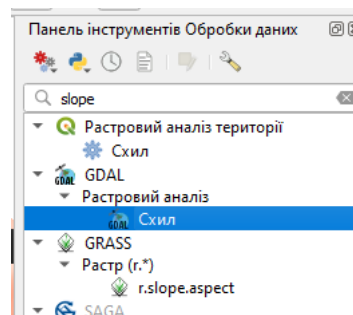


Рис. 2.13.

Побудуємо растр ухилів (**карту ухилів**) – інструмент Slope (схил) (рис. 2.14).



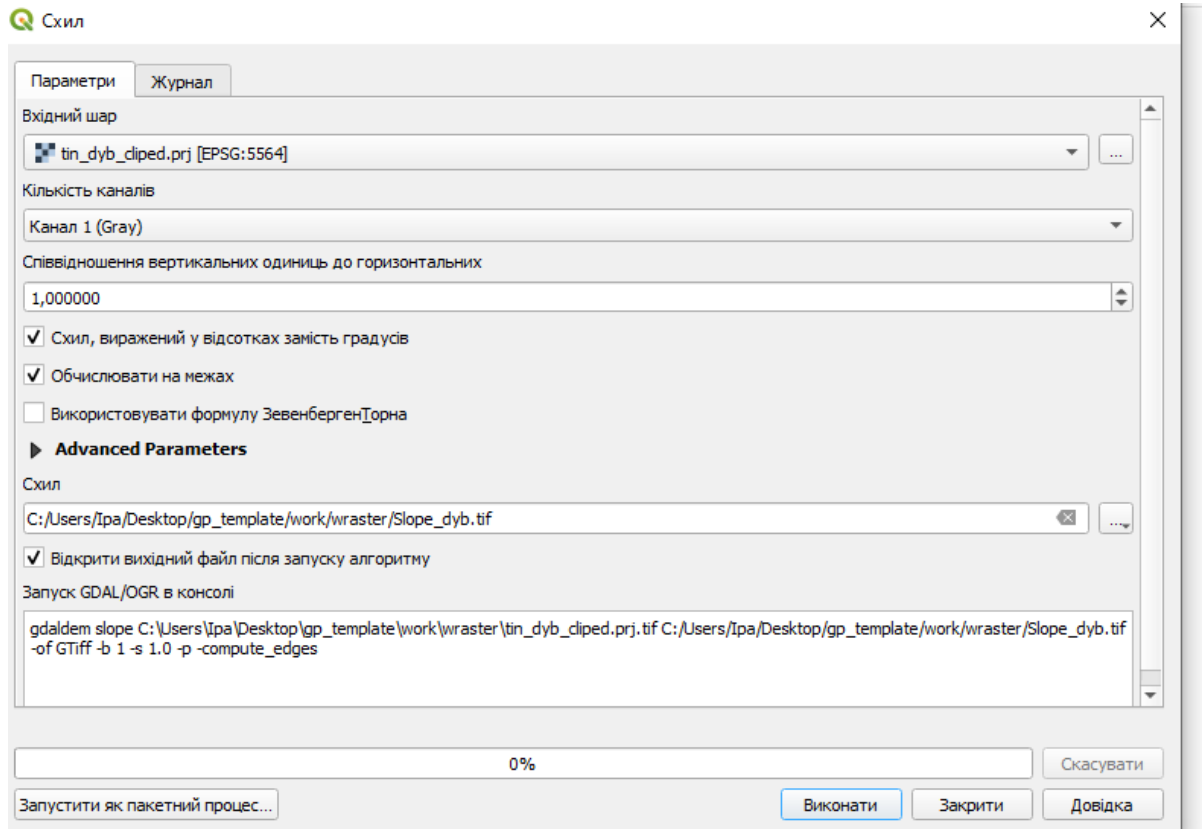


Рис. 2.14. Інструмент Slope (схил)

Отримали растр ухилів, використовуючи інструмент отримання інформації можемо отримати інформацію про ухил в будь-якій точці растру (рис. 2.15):

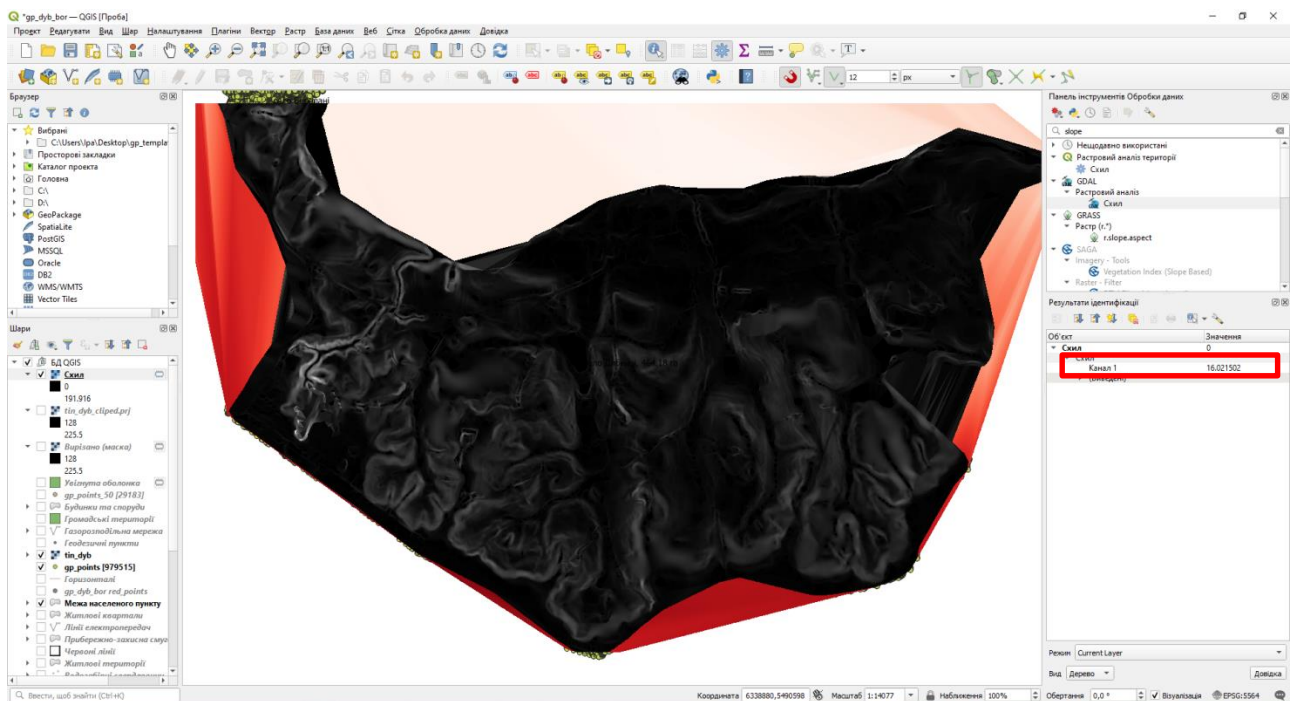


Рис. 2.15. Растр ухилів

Класифікація растру за ухилами, використовуємо перекласифікацію за таблицею (Reclassify by table) (рис. 2.16).

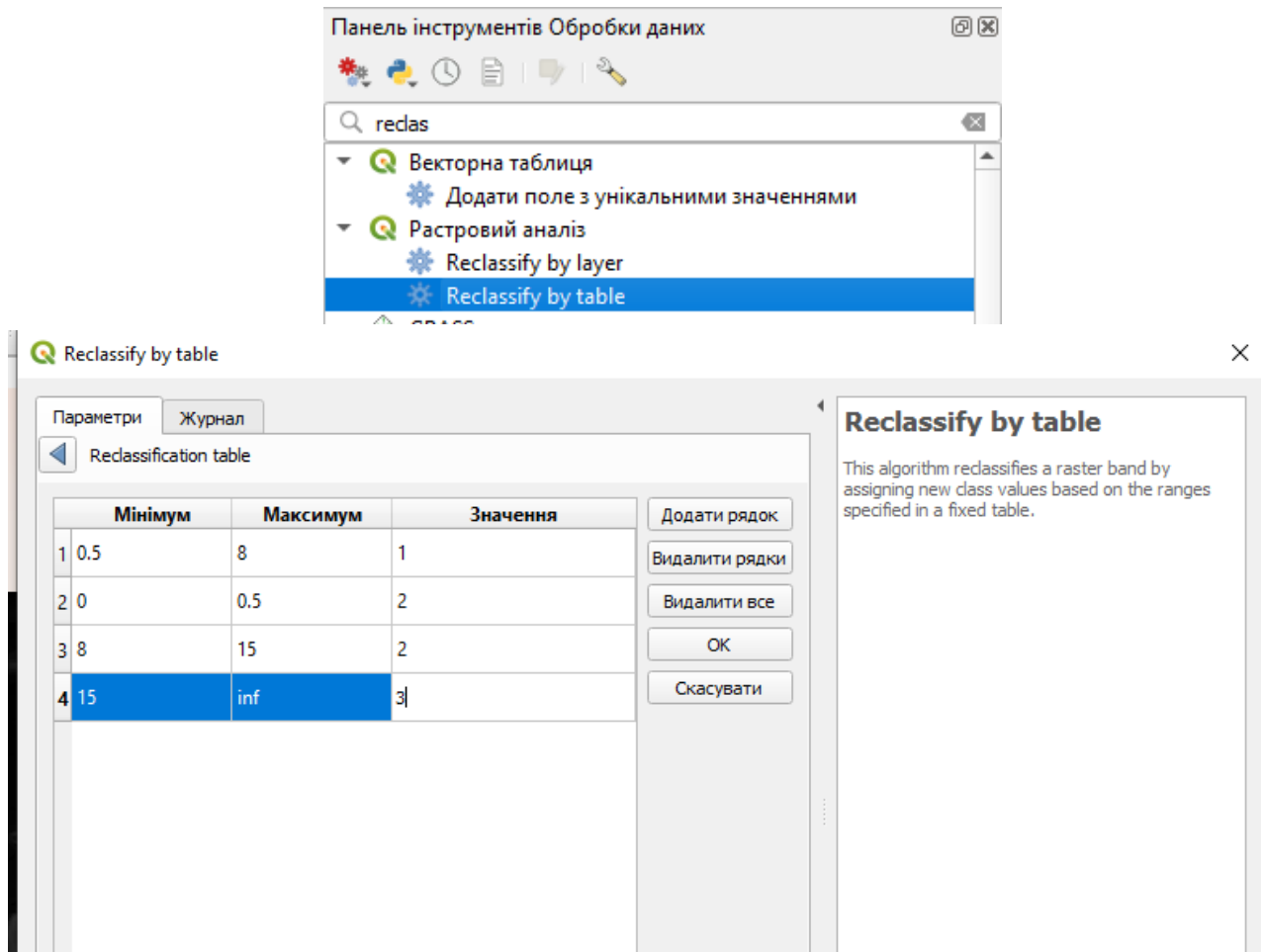
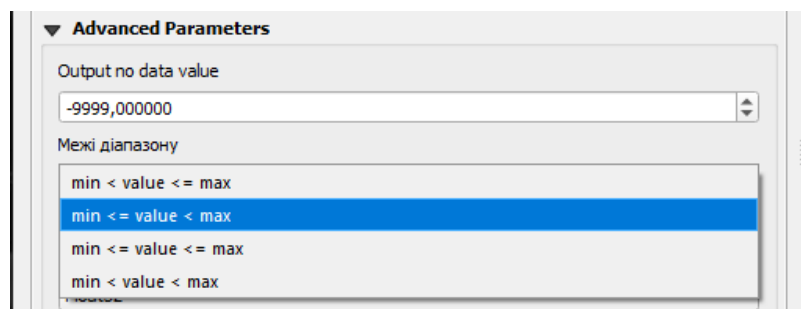
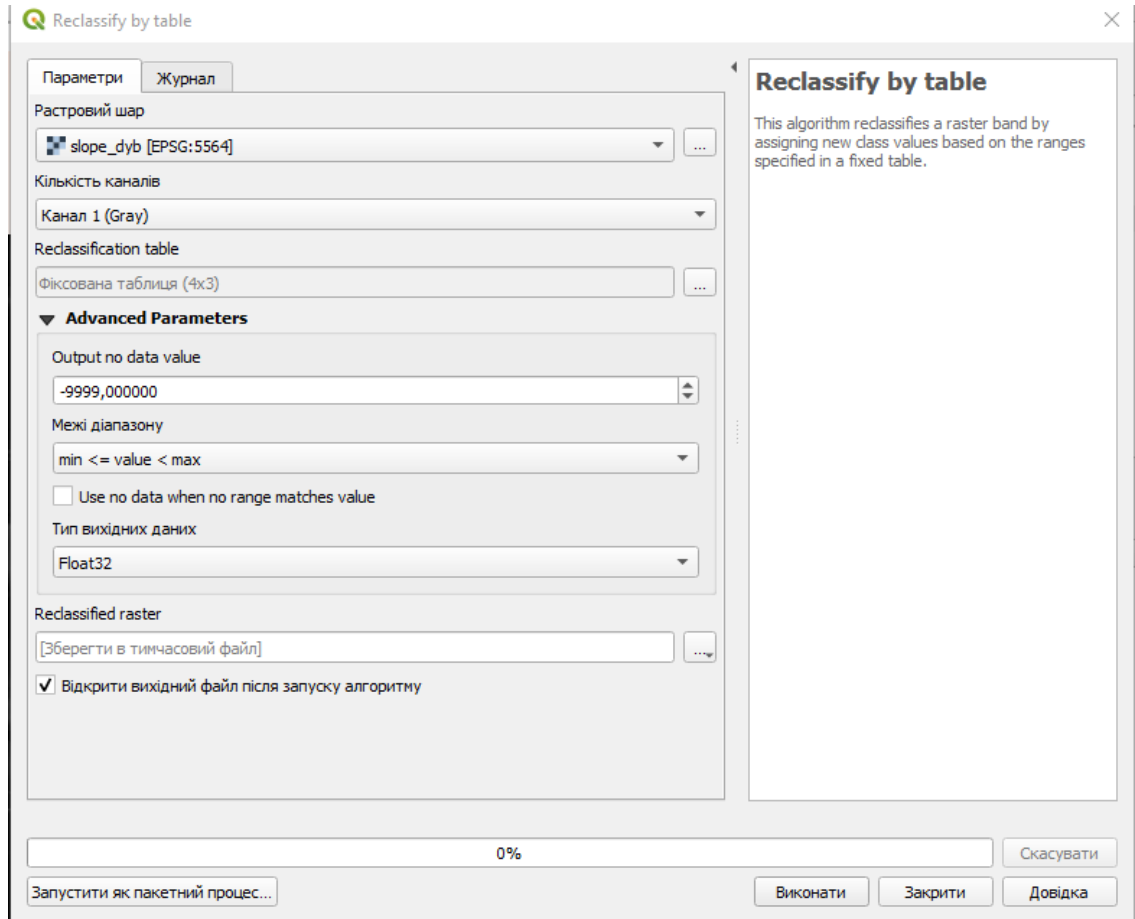


Рис. 2.16. Перекласифікація за таблицею (Reclassify by table)

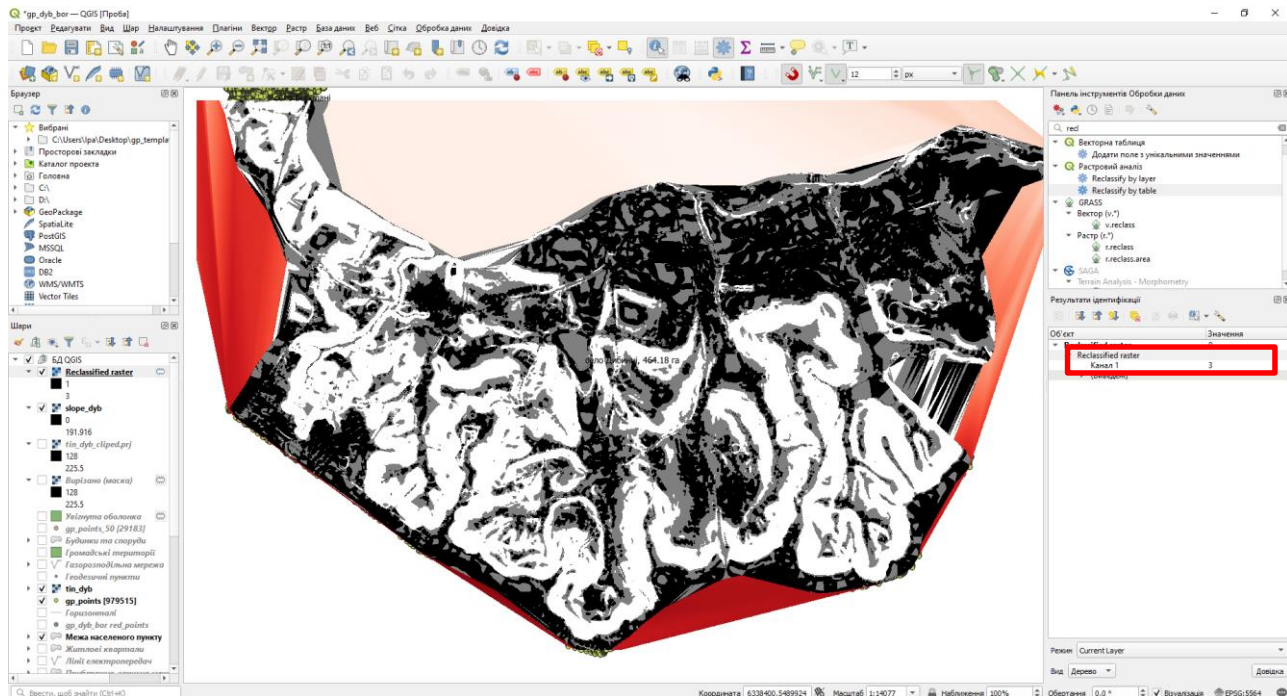
В цій таблиці: мінімум, максимум – це значення перекласифікації, зокрема ми обрали мінімум – включно, максимум ні:



Значення – це група (1 – сприятливий ухил для будівництва; 2 – мало сприятливий ухил для будівництва, 3 – несприятливий ухил для будівництва).



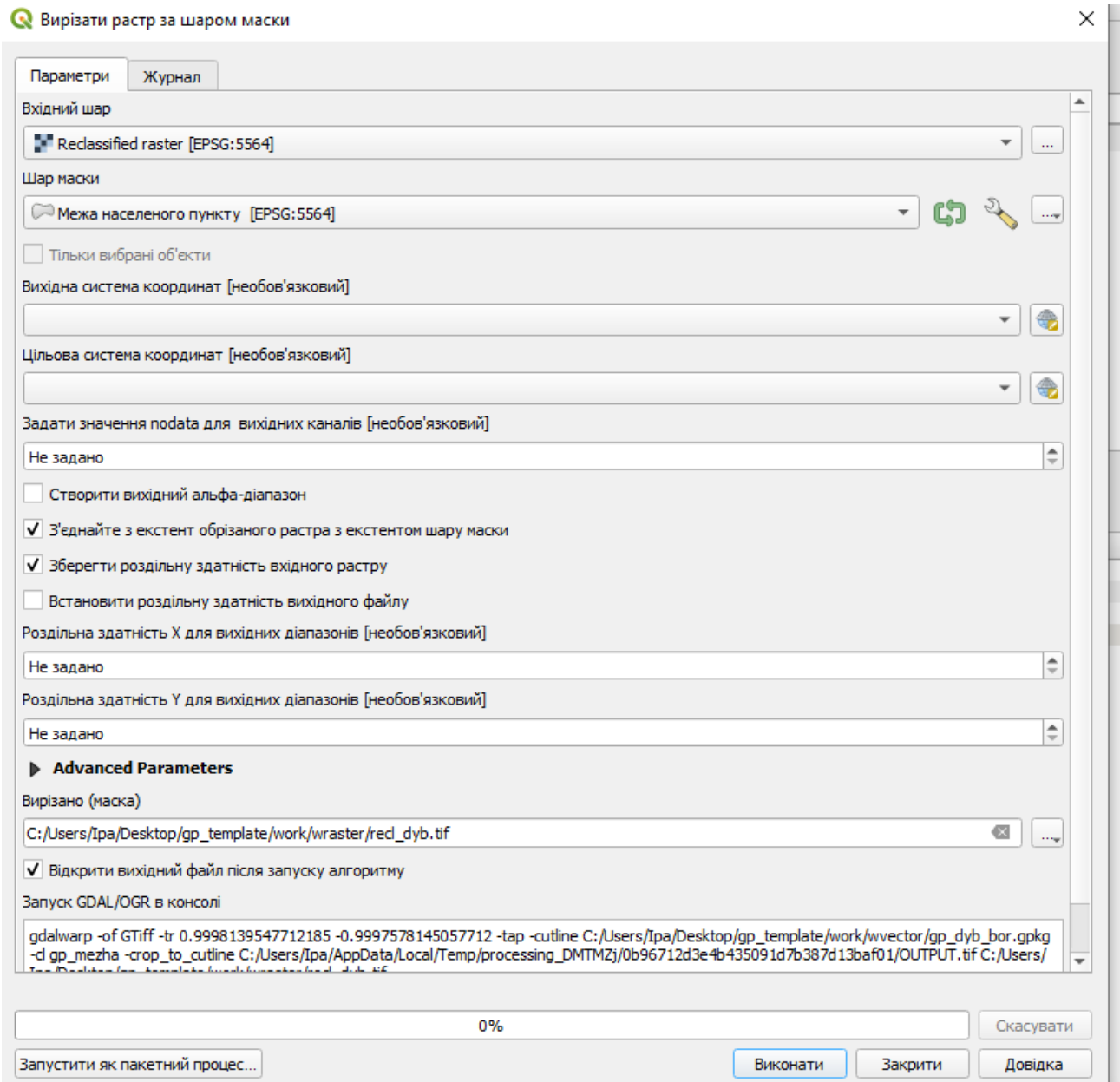
Отримаємо:



Використовуючи інструмент інформації можемо перевірити що цей растр має значення 1,2 або 3:

Об'єкт	Значення
▼ Reclassified raster	0
▼ Reclassified raster	
Канал 1	3
▶ (Виведені)	

Обрізка класифікованого растру в межах населеного пункту використовуючи інструмент Clip raster by Mask Layer (вирізати растр за шаром маски):



Отримаємо:



Візуалізація класифікованого растру ухилів
Змінимо символіку шару:

Layer Properties — recl_dyb — Символіка

Візуалізація каналів

Тип візуалізації: Одноканальний псевдоколір

Канал: Канал 1 (Gray)

Мінімальне: 1 Макс.: 3

Налаштування мінімального / максимального значення

Інтерполяція: Точний

Гرادієнт:

Label unit suffix:

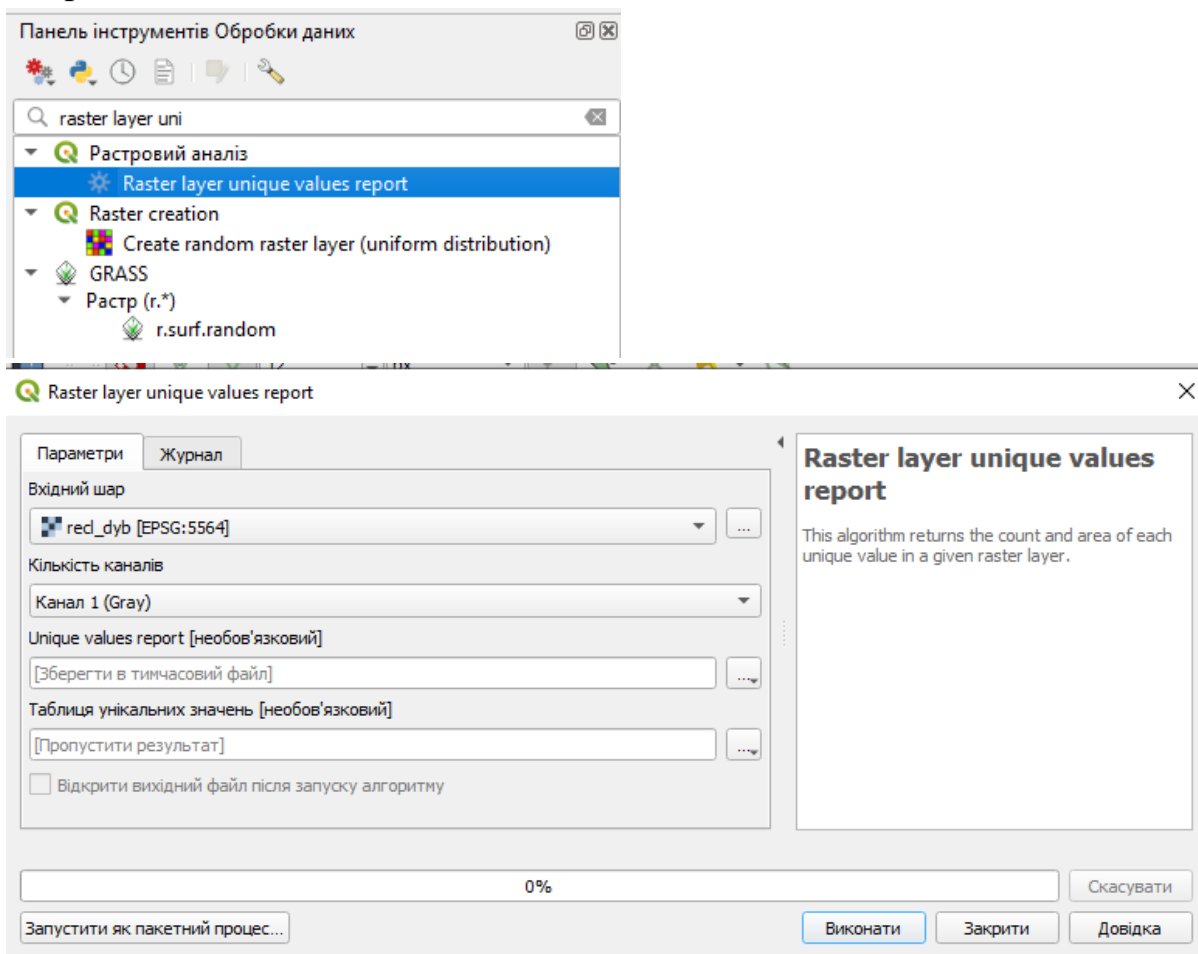
Label precision: 4

Значення =	Колір	Підпис
1		Сприятливий
2		Малосприятливий
3		Несприятливий

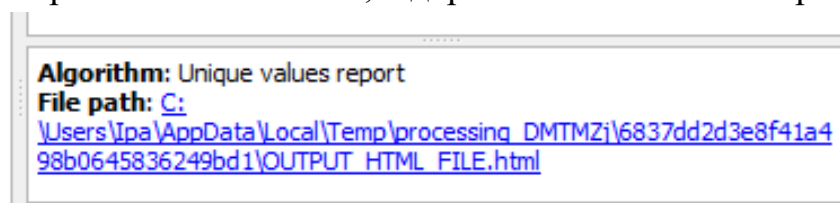
Отримаємо:



Отримання інформацію про площі територій з растру (Raster layer unique values report)



Отримаємо посилання, відкривши яке можемо переглянути площу:



Analyzed file: C:/Users/Ipa/Desktop/gp_template/work/wraster/rec_dyb.tif (канал 1)

Екстент: 6336095.9802227737382054,5489003.3209889139980078 :
6340776.1093450579792261,5494364.0223902938887477

Проекція: EPSG:5564 - UCS-2000 / Gauss-Kruger zone 6

Ширина в пікселях: 4681 (units per pixel 0.999814)

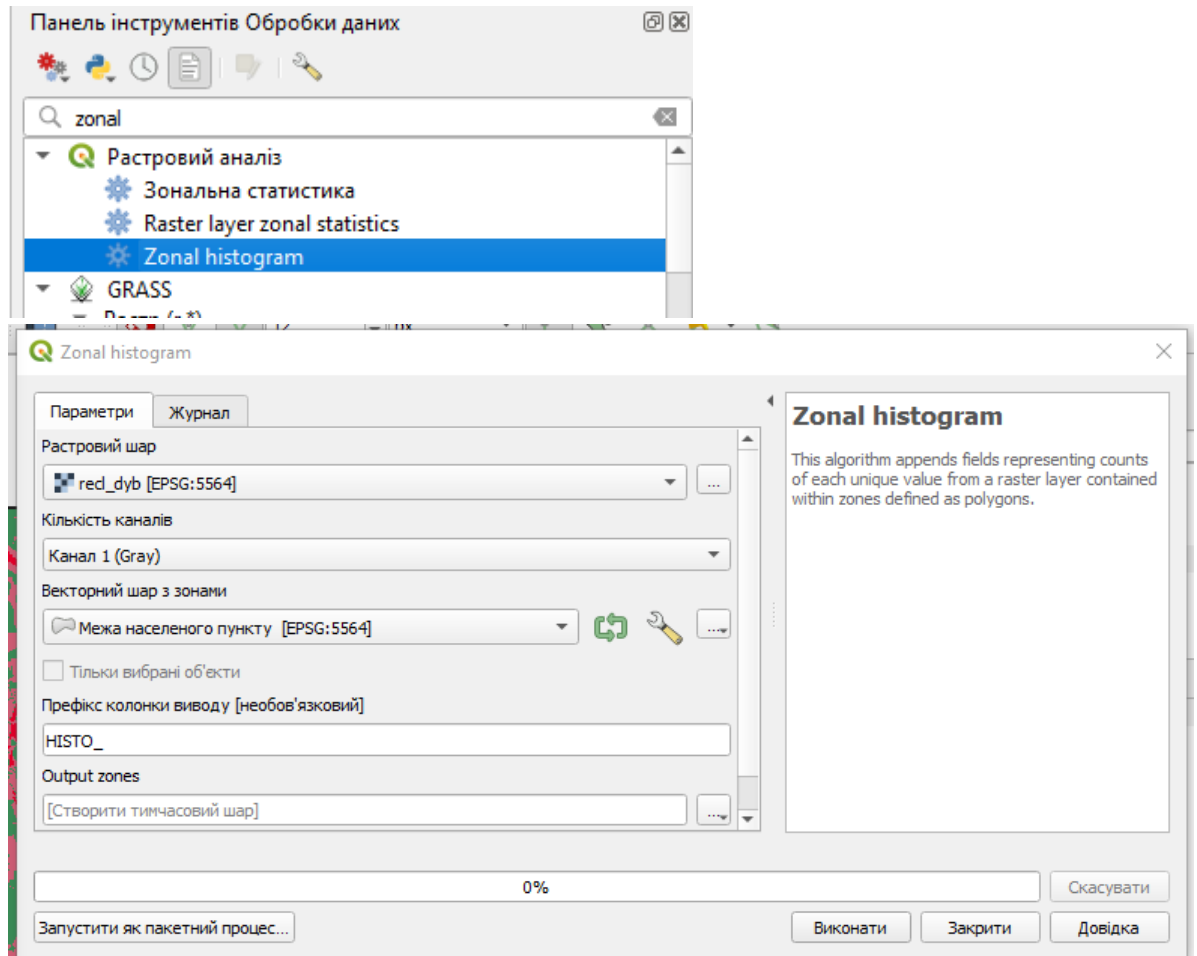
Висота в пікселях: 5362 (units per pixel 0.999758)

Total pixel count: 25099522

NODATA pixel count: 20495499

Значення	Pixel count	Площа (м ²)
1	1695921	1695194.83093793
2	1529333	1528678.161531579
3	1378769	1378178.630878124

Отримання статистики по растру, використаємо функцію Zonal Histogram



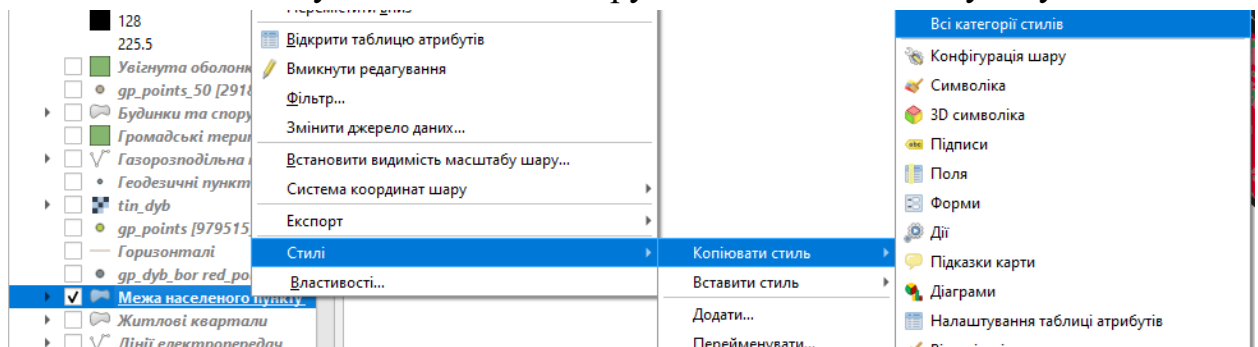
В таблиці атрибутів створеного файлу можна подивитися площу придатних (Histo1), малопродатних (Histo2) та непридатних (Histo3 територій для будівництва за ухилом.

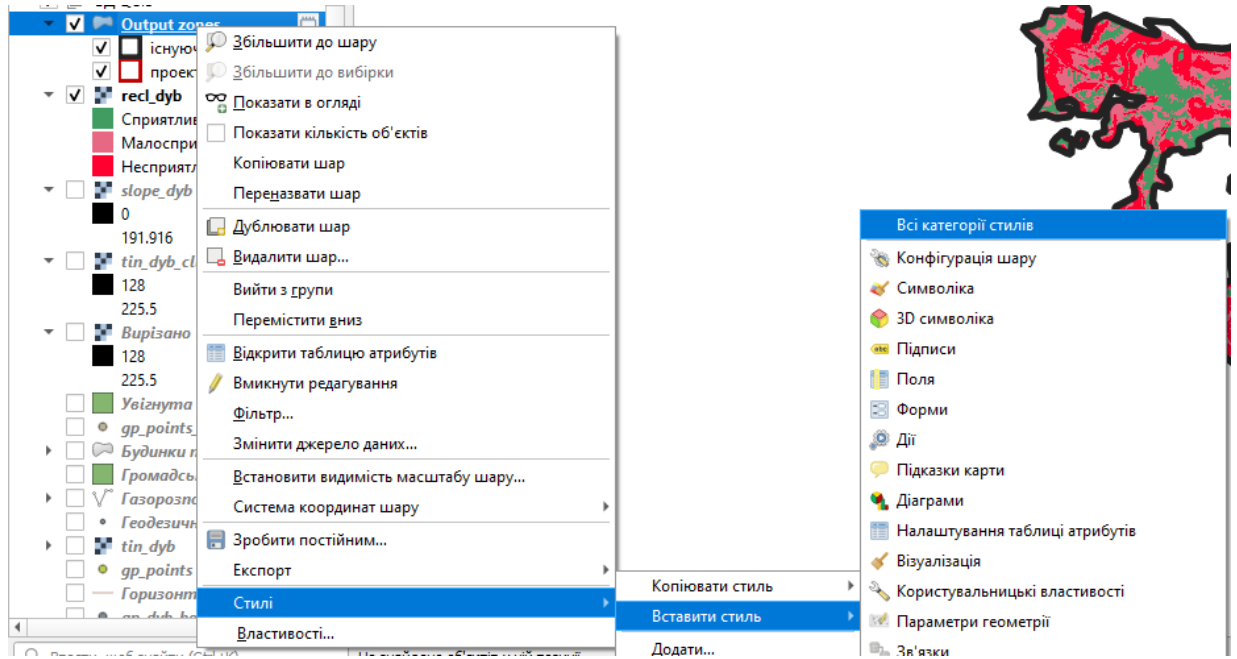
HISTO_NODATA	HISTO_1	HISTO_2	HISTO_3
47127	1695062	1528084	1376213
1441364	469	846	1809

Ці статистичні дані можемо візуалізувати у вигляді діаграми.

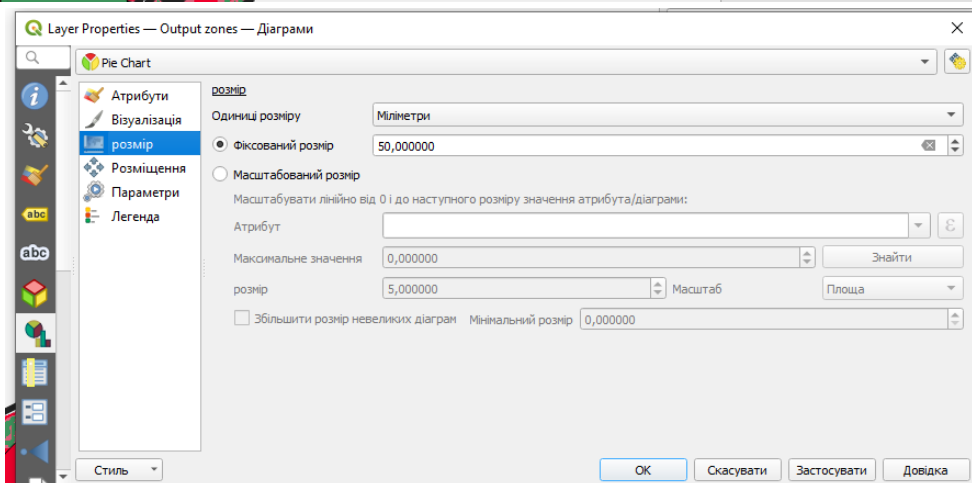
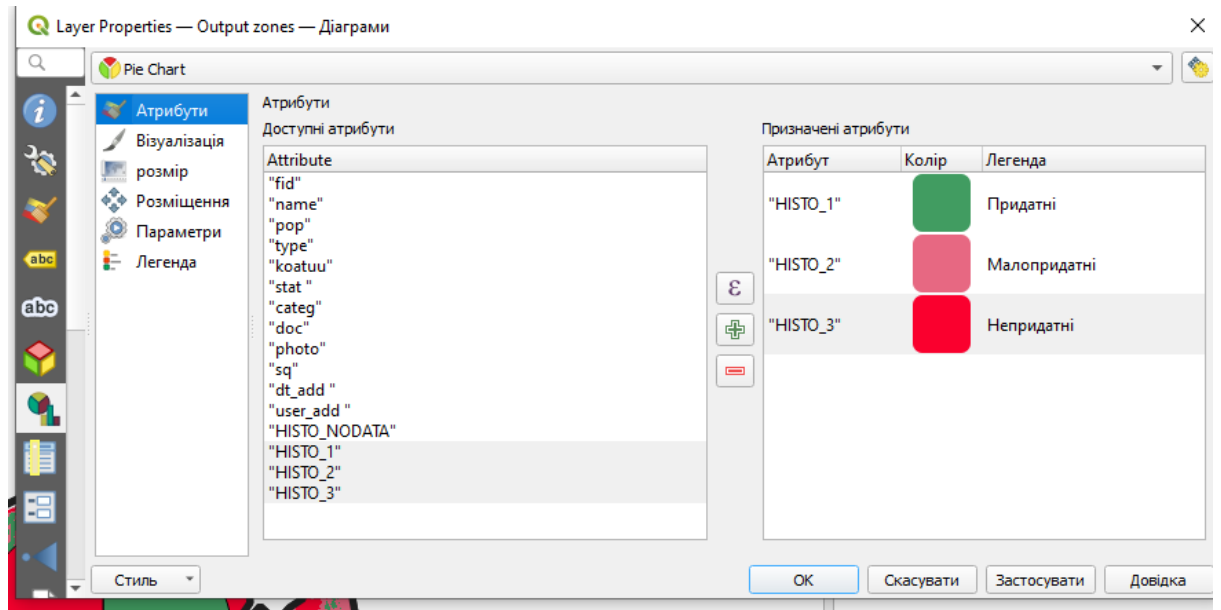
Створення діаграми

Скопіюємо налаштування стилів з шару Межа населеного пункту:





Перейдемо до властивостей шару Output zones, вкладки Діаграми:



Отримаємо:



Висновки до другого розділу

1. Розроблена методика створення проекту на основі геопросторової бази даних, яка складається з чотирьох етапів: 1. Створення бази даних GeoPackage; 2. Кастомізація (налаштування) форм атрибутивних даних; 3. Налаштування умовних знаків для кожного шару; 4). Наповнення бази даних та виконання аналізу.
2. Узагальнена послідовність підключення зовнішніх карт у QGIS, зокрема підключення публічної кадастрової карти, OpenStreetMap, Google Maps, Google Satellite, Google Satellite Hybrid, Google Terrain, Google Roads тощо.
3. Сформульована послідовність дій для створення цифрової моделі місцевості рельєфу та побудови карти ухилів території.

РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ В ГІС

3.1. Створення та налаштування шарів БД *Transport_networks*

GeoPackage – це відкритий формат файлової бази даних створений на основі СКБД SQLite. Створити базу даних GeoPackage можна або через: Меню Шар → Створити шар → Новий шар GeoPackage; або через Браузер. Структура робочої бази геопросторових даних GeoPackage:

- Назва бази геоданих - *Transport_networks*.
- Система координат - 5564.
- Таблиці (шари) бази геоданих: опис подано нижче в таблиці 2.
- Проект: \\my_project\work\projects*Transport_networks*.

Базу геоданих створюємо відповідно до Структури бази геоданих містобудівної документації на місцевому рівні, затвердженої Наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 22 лютого 2022 року № 56 (табл. 3.1, 3.2).

Таблиця 3.1. Структура бази даних *streets*.

Назва атрибуту	Псевдонім атрибуту	Тип атрибутивних даних	Довжина текстового поля	Значення за умовчанням	Дозвіл на пусті значення (NULL)	Перелік допустимих значень атрибутів
Вулиці та дороги населених пунктів (streets): Polyline						
signific	значення вулиці	SmallInteger	SmallInteger	0	required	street_significance
dkbscode	код за ДК 018-2000	String	String		required	
kind	тип вулиці	SmallInteger	SmallInteger	0	required	street_type
name	назва	String	String		nullable	
park_in	дозвіл на паркування існуючий	SmallInteger	SmallInteger	0	required	parking
park_pr	дозвіл на паркування на короткостроков	SmallInteger	SmallInteger	0	required	parking

	ий період					
park_pro	дозвіл на паркування на середньостроковий період	SmallInteger	SmallInteger	0	required	parking
park_ext	дозвіл на паркування на довгостроковий період	SmallInteger	SmallInteger	0	required	parking
lanes_in	кількість смуг руху транспорту існуюча	SmallInteger	SmallInteger		nullable	
lanes_pr	кількість смуг руху транспорту на короткостроковий період	SmallInteger	SmallInteger		nullable	
lane_pro	кількість смуг руху транспорту на середньостроковий період	SmallInteger	SmallInteger		nullable	
lane_ext	кількість смуг руху транспорту на довгостроковий період	SmallInteger	SmallInteger		nullable	
width_in	ширина проїзджої частини існуюча, м	Doubl	Doubl		nullable	
width_pr	ширина проїзджої частини на короткостроковий період, м	Doubl	Doubl		nullable	
widt_pro	ширина проїзджої частини на середньостроковий період, м	Doubl	Doubl		nullable	
widt_ext	ширина проїзджої	Doubl	Doubl		nullable	

	частини на довгостроковий період, м					
material	матеріал покриття	SmallInteger	SmallInteger		nullable	road_material
traf_in	середньодобова інтенсивність руху існуюча, ТЗ на добу	Doubl	Doubl		nullable	
traf_pr	середньодобова інтенсивність руху на короткостроковий період, ТЗ на добу	Doubl	Doubl		nullable	
traf_pro	середньодобова інтенсивність руху на середньостроковий період, ТЗ на добу	Doubl	Doubl		nullable	
traf_ext	середньодобова інтенсивність руху на довгостроковий період, ТЗ на добу	Doubl	Doubl		nullable	
stable	сталість функціонування	SmallInteger	SmallInteger		required	street_stability
Спеціалізовані дороги та проїзди (spec_roads): Polyline						
type	тип дороги	SmallInteger		0	required	spec_road_type
dkbscode	код за ДК 018-2000	String	6		required	
Польові та лісові дороги (forest_roads): Polyline						
dkbscode	код за ДК 018-2000	String	6		required	
Мережа доріжок (trails): Polyline						

type	різновид доріжки	SmallInteger		0	required	trail_type
dkbscode	код за ДК 018-2000	String	6		required	
Автомобільні дороги (roads): Polyline						
name	назва	String	255		nullable	
index	індекс	String	255		nullable	
sign_in	значення існуюче	SmallInteger		0	required	road_significance
sign_pr	значення проектне на короткостроковий період	SmallInteger		0	required	road_significance
sign_pro	значення проектне на середньостроковий період	SmallInteger		0	required	road_significance
sign_ext	значення проектне на довгостроковий період	SmallInteger		0	required	road_significance
type_in	тип дороги існуючий	SmallInteger		0	required	road_type
type_pr	тип дороги проектний на короткостроковий період	SmallInteger		0	required	road_type
type_pro	тип дороги проектний на середньостроковий період	SmallInteger		0	required	road_type
type_ext	тип дороги проектний на довгостроковий період	SmallInteger		0	required	road_type
dkbscode	код за ДК 018-2000	String	6		required	
cat_in	категорія існуюча	SmallInteger		0	required	road_category

cat_pr	категорія проектна на короткостроковий період	SmallInteger		0	required	road_category
cat_pro	категорія проектна на середньостроковий період	SmallInteger		0	required	road_category
cat_ext	категорія проектна на довгостроковий період	SmallInteger		0	required	road_category
material	матеріал покриття	SmallInteger			nullable	road_material
traf_in	середньодобова інтенсивність руху існуюча, ТЗ на добу	Doubl			nullable	
traf_pr	середньодобова інтенсивність руху проектна на короткостроковий період, ТЗ на добу	Doubl			nullable	
traf_pro	середньодобова інтенсивність руху проектна на середньостроковий період, ТЗ на добу	Doubl			nullable	
traf_ext	середньодобова інтенсивність руху проектна на довгостроковий період, ТЗ на добу	Doubl			nullable	
san_gap	санітарний (інший) відступ, м	Doubl			nullable	
tc_guid	код транспортного коридору	GUID			nullable	

Таблиця 3.2. Перелік значень атрибутів

Назва переліку	Псевдонім переліку	Код значення атрибута	Перелік допустимих значень атрибутів
1	2	3	4
road_significance	Значення дороги	0	не визначено
		1	державного
		2	місцевого
road_type	Тип дороги	0	не визначено
		1	міжнародна
		2	національна
		3	регіональна
		4	територіальна
		5	обласна
		6	районна
road_category	Категорія автомобільної дороги	0	не визначено
		1	I-а
		2	I-б
		3	II
		4	III
		5	IV
		6	V
road_material	Матеріал покриття проїзної частини автомобільної дороги	0	не визначено
		1	щебенєво-мастиковий асфальтобетон
		2	асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий на бітумах, модифікованих полімерами або комплексом добавок
		3	цементобетон
		4	асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий
		5	асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий марки 1, в тому числі на бітумах, модифікованих полімерами або комплексом добавок
		6	кам'яні матеріали, вторинні продукти промисловості, оброблені в'язучими методом змішування в установці чи на дорозі
		7	кам'яні матеріали розклинені
		8	бруківка
		9	грунт, укріплений в'язучим в установці або на дорозі
street_significance	Значення вулиці	0	не визначено
		1	магістральна дорога безперервного руху
		2	магістральна дорога

			регульованого руху
		3	магістральна вулиця загальноміського значення безперервного руху
		4	магістральна вулиця загальноміського значення регульованого руху
		5	магістральна вулиця районного значення
		6	вулиця (дорога) місцевого значення
parking	Дозвіл на паркування	0	не визначено
		1	паркування дозволене
		2	без паркування
street_stability	Сталість функціонування	0	не визначено
		1	є магістральною вулицею сталого функціонування
		2	не є магістральною вулицею сталого функціонування
		3	вулиці несталого функціонування
spec_road_type	Тип спеціалізованого проїзду	0	не визначено
		1	внутрішньквартальний проїзд
		2	місцевий проїзд
		3	відокремлена смуга для руху громадського транспорту
		4	дорога для технологічного автотранспорту промислових підприємств
		5	дорога сільськогосподарських підприємств
trail_type	Різновид доріжки	0	не визначено
		1	пішохідна доріжка
		2	доріжка для велосипедної їзди
		3	доріжка для сумішеного руху пішоходів та велосипедної їзди
		4	доріжка для верхової їзди
		5	стежка

3.2. Створення шарів та символіки для об'єктів благоустрою автомобільних доріг та вулично-дорожньої мережі.

Умовні знаки для створених шарів налаштовуємо у відповідності до ДСТУ «Умовні позначення графічних документів містобудівної документації» (табл. 3.3)

Таблиця 3.3. Умовні позначення

Ч. ч.	Найменування	Умовні позначення			
		зображення	розміри		
ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЯ МЕРЕЖА					
1	Магістральна вулиця та дорога регульованого руху існуюча			R	0
				G	0
				B	0
2	Магістральна вулиця та дорога регульованого руху проектна			R	0
				G	0
				B	0
3	Магістральна вулиця та дорога безперервного руху існуюча			R	0
				G	0
				B	0
4	Магістральна вулиця та дорога безперервного руху проектна			R	0
				G	0
				B	0
5	Вулиця загальноміського значення існуюча			R	0
				G	0
				B	0
6	Вулиця загальноміського значення проектна			R	0
				G	0
				B	0
7	Вулиця районного значення існуюча			R	0
				G	0
				B	0
8	Вулиця районного значення проектна			R	0
				G	0
				B	0

9	Житлова вулиця існуюча			R	0
				G	0
				B	0
10	Житлова вулиця проектна			R	0
				G	0
				B	0
11	Проїзд			R	0
				G	0
				B	0
				G	0
12	Червоні лінії вулиць існуючі			R	127
				G	0
				B	0
13	Червоні лінії вулиць проектні			R	255
				G	0
				B	0
14	Проїзна частина вулиць з твердим покриттям			R	91
				G	91
				B	91
15	Проїзна частина вулиць			R	0
				G	0
				B	0
16	Скотопрогін існуючий			R	0
				G	0
				B	0
17	Скотопрогін проектний			R	0
				G	0
				B	0
ШТУЧНІ СПОРУДИ					
18	Міст, естакада, шляхопровід існуючі			R	0
				G	0
				B	0
19	Транспортна розв'язка в різних рівнях існуюча			R	0
				G	0
				B	0























20	Транспортна розв'язка в різних рівнях проектна			R	0
				G	0
				B	0
21	Транспортна розв'язка в одому рівні існуюча			R	0
				G	0
				B	0
22	Транспортна розв'язка в одому рівні проектна			R	0
				G	0
				B	0
*Примітка: транспортні розв'язки існуючі виконуються лініями 0,3 мм, проектні – 0,5 мм.					
23	Наземний пішохідний перехід *			R	0
				G	0
				B	0
24	Підземний пішохідний перехід			R	0
				G	0
				B	0
25	Пішохідний перехід				
26	Тунель			R	0
*Примітка: умовні знаки переходів виконуються лініями 0,3 мм.					
ОБ'ЄКТИ ТРАНСПОРТНОЇ СХЕМИ					
27	Маршрут зовнішнього пасажирського транспорту існуючий (автобус, тролейбус, трамвай, маршрутне таксі)			R	190
				G	87
				B	14
31	Основний шлях руху пішоходів існуючий			R	0
				G	0
				B	0
32	Основний шлях руху пішоходів проектний			R	0
				G	0
				B	0
33	Основний шлях руху інвалідів та людей з фізичними недугами існуючий			R	0
				G	0
				B	0
34	Основний шлях руху інвалідів та людей з фізичними недугами, проектний			R	0
				G	0
				B	0
35	Велодоріжка існуюча			R	0
				G	0
				B	0









36	Велодоріжка проектна			R	0
				G	0
				B	0
37	АЗС існуюча			R	0
				G	0
				B	0
38	АЗС проектна			R	0
				G	0
				B	0
39	СТО існуюча			R	0
				G	0
				B	0
40	СТО проектна			R	0
				G	0
				B	0
41	Місце зберігання автотранспорту існуюче *			R	0
				G	0
				B	0
*Примітка: товщина лінії 0,3 мм.					
42	Місце зберігання автотранспорту проектне*			R	0
				G	0
				B	0
*Примітка: товщина лінії 0,5 мм.					
	Зупинка громадського транспорту:				
43	Тролейбусна існуюча			R	0
				G	0
				B	0
44	Тролейбусна проектна			R	0
				G	0
				B	0
45	Трамвайна існуюча			R	0
				G	0
				B	0
46	Трамвайна проектна			R	0
				G	0
				B	0
47	Швидкісного трамваю існуюча			R	0
				G	0
				B	0
65	Авто-газонаповнювальна компресорна станція існуюча			R	0
				G	0
				B	0
66	Авто-газонаповнювальна компресорна станція проектна			R	153
				G	255
				B	255

Ч.ч	Найменування		Умовні позначення	Колір			
	МІЖНАРОДНІ ТРАНСПОРТНІ КОРИДОРИ						
1	Автомобільний існуючий			R	255	255	118
				G	0	0	78
				B	0	255	82
2	Автомобільний проектний			R	255	255	118
				G	0	0	78
				B	0	255	82

Автомобільні дороги загального користування

Державного значення:					
5	Міжнародна існуюча			R	118
				G	78
				B	82
6	Міжнародна проектна			R	175
				G	144
				B	143
7	Національна існуюча			R	118
				G	78
				B	82
8	Національна проектна			R	175
				G	144
				B	143
9	Регіональна існуюча			R	118
				G	78
				B	82
10	Регіональна проектна			R	175
				G	144
				B	143
11	Територіальна існуюча			R	118
				G	78
				B	82
12	Територіальна проектна			R	175
				G	144
				B	143

11	Територіальна існуюча			R	118
				G	78
				B	82
12	Територіальна проектна			R	175
				G	144
				B	143
	Місцевого значення:				
13	Обласна існуюча			R	165
				G	0
				B	0
14	Обласна проектна			R	165
				G	0
				B	0
15	Районна існуюча			R	165
				G	0
				B	0
16	Районна проектна			R	165
				G	0
				B	0
17	Інша дорога			R	91
				G	91
				B	91
18	Транспортна розв'язка в різних рівнях існуюча*			R	0
				G	0
				B	0
19	Транспортна розв'язки в різних рівнях проектна*			R	0
				G	0
				B	0
20	Транспортна розв'язка в одому рівні існуюча*			R	0
				G	0
				B	0
21	Транспортна розв'язка в одому рівні проектна*			R	0
				G	0
				B	0
Примітка: транспортні розв'язки виконуються лінією 0,3 мм – існуючі, 0,5 мм - проектні					

	АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ				
22	Автостанція існуюча			R	0
				G	0
				B	0
23	Автостанція проектна			R	0
				G	0
				B	0
24	Автовокзал існуючий			R	0
				G	0
				B	0
25	Автовокзал проектний			R	0
				G	0
				B	0

3.3. Вертикальне планування вулично-шляхової мережі

Розглянемо “швидкий” спосіб отримання даних про червоні та чорні відмітки осей вулиць.

Розробка схеми вертикального планування відповідно до нормативів є складним завданням і потребує більш детального висвітлення. В цьому розділі ми розглянемо загальні принципи візуалізації схеми вертикального планування, маючи на меті показати можливість інженерних розрахунків за допомогою QGIS. Володіючи інформацією, поданою в розділі, можна самостійно створити схему вертикального планування потрібної території.

Для вирішення поставленої задачі необхідно виконати наступні кроки:

1. Перевірити коректність геометрій та за потреби виправити їх;
2. Злити геометрії осей в одну мультілінію;
3. Розділити отриману мультілінію на сегменти між перехрестями за допомогою інструменту «Split lines with lines», де вхідним шаром буде мультілінія з п.2, а а шаром що розділяє – початкові осі доріг;
4. Для отримання висотних точок на перехрестях необхідно застосувати до розділеного в п.3 шару інструмент «Lines intersections»;

5. Отриманим точкам призначити Z-координату з растру ЦМР за допомогою інструменту «Drape»;
6. Точкам із координатою Z додати атрибутивне поле Z-black, тип даних – real) і обчислити в ньому значення висоти виразом `round(z($geometry),1)`;
7. Наступним кроком видалити із шару точок всі об'єкти, де значення Z-координати дорівнює 0 (через те, що вони не перетнулись із растром ЦМР);
8. Назвати шар точок h_crosses;
9. Розділити мультилінію з п.2 на відрізки визначеної довжини за допомогою “Split lines by maximum length”;
10. Отриманому шару відрізків призначити Z-координату з растру ЦМР за допомогою інструменту «Drape»;
11. Лініям із координатою Z додати атрибутивні поля z_start_black (тип даних – real, вираз для обчислення `round(z(start_point($geometry)),1)`) та z_end_black (тип даних – real, вираз для обчислення `round(z(end_point($geometry)),1)`);
12. Видалити із шару ліній всі об'єкти, де значення Z-координати дорівнює 0 (через те, що вони не перетнулись із растром ЦМР). Це можна зробити із виразом «z_start_black”=0 OR “z_end_black”=0.
13. Назвати шар ліній h_lines.
14. Після того, як ми отримали точки та лінії з висотами, отриманими із оригінального растру ЦМР, над шарами h_crosses та h_lines потрібно повторити дії з пунктів 5-13, але значення висоти обчислювати із растру «заповненої» ЦМР з алгоритму Fill sinks (Wang&Liu)». Цього разу значення висоти потрібно записувати в нові поля z_red, z_start_red, z_end_red відповідно.

Отримання чорних позначок для перехресть осей ліній.

Об'єднаємо осі Дибинців в одну мультилінію, для цього виділимо всі осі в Дибинцях рис.3.1. та розіб'ємо їх на відрізки (рис. 3.2).

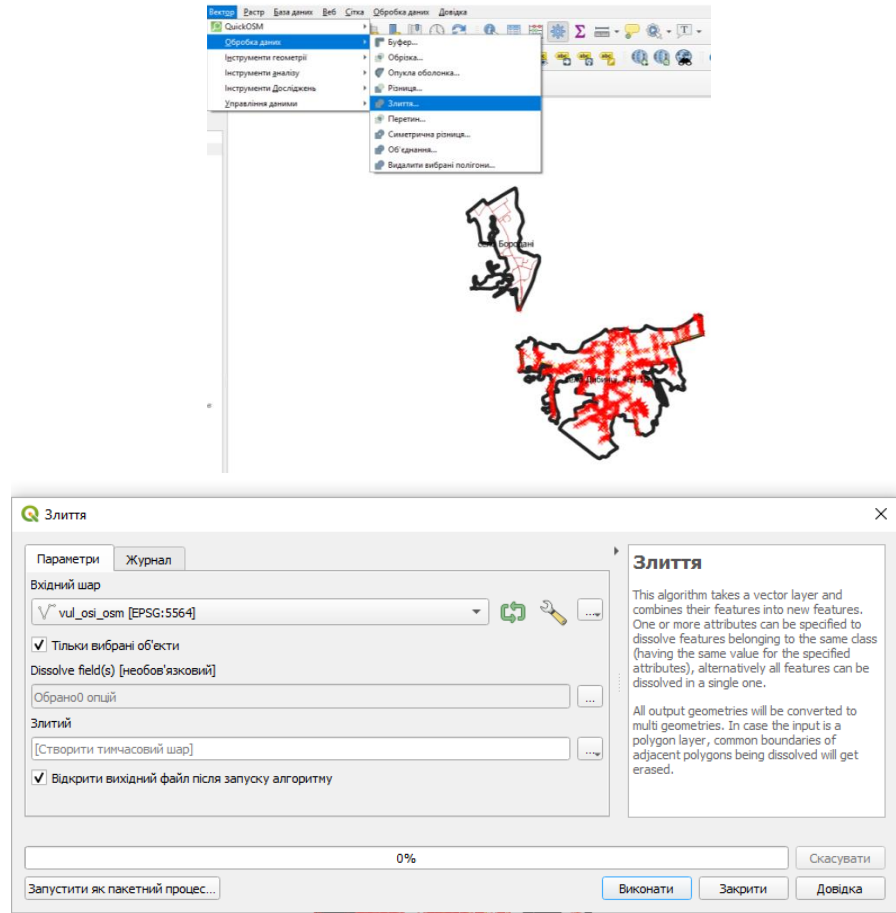


Рис.3.1. Виділення осей та злиття їх

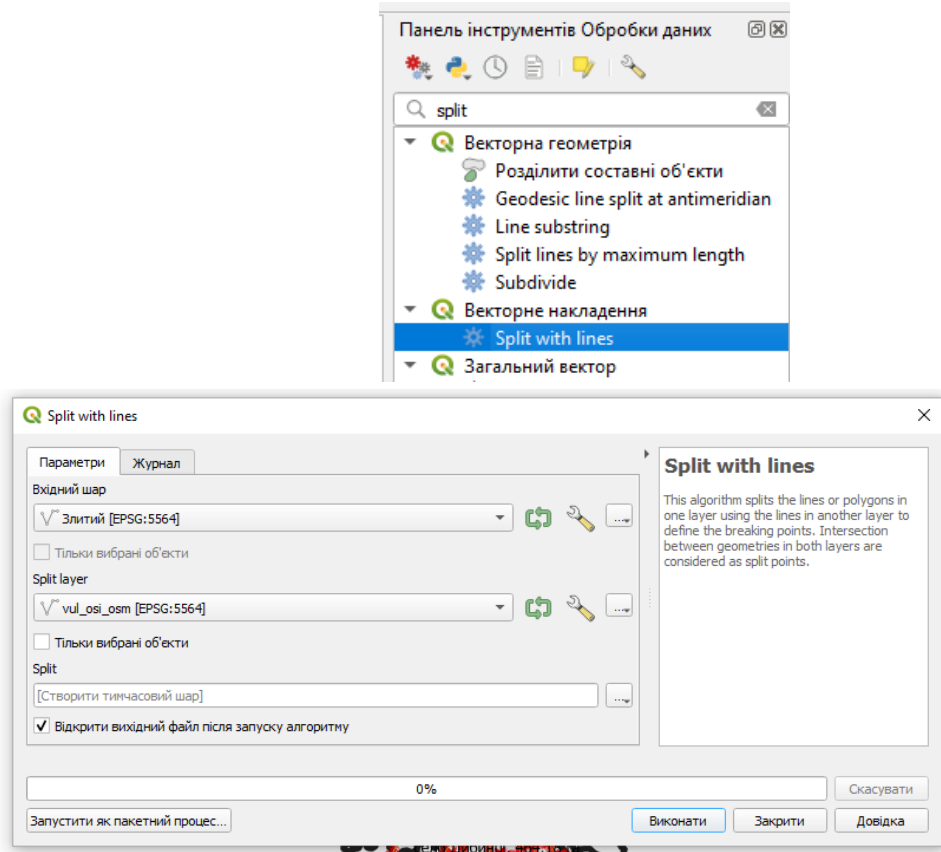


Рис. 3.2. Розбиття осей на відрізки від перехрестя до перехрестя

Отримаємо шар Split, де осі будуть точно розбиті від перехрестя до перехрестя.

Тепер отримаємо висотні точки на перехрестях осей (рис. 3.3).

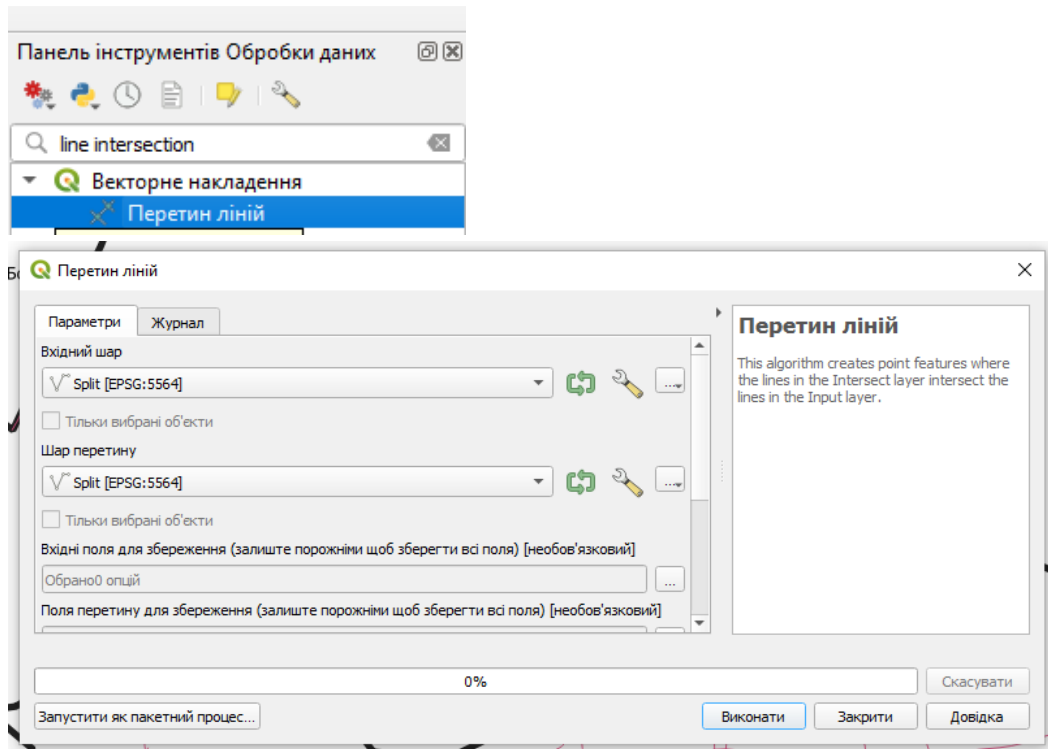


Рис. 3.3. Функція «Перетин ліній»

Отримаємо точки на перехрестях рис. 3.4.



Рис. 3.4. Точки на перехрестях.

Отримаємо чорні відмітки на перехрестях осей за допомогою функції Drape (рис.3.5).

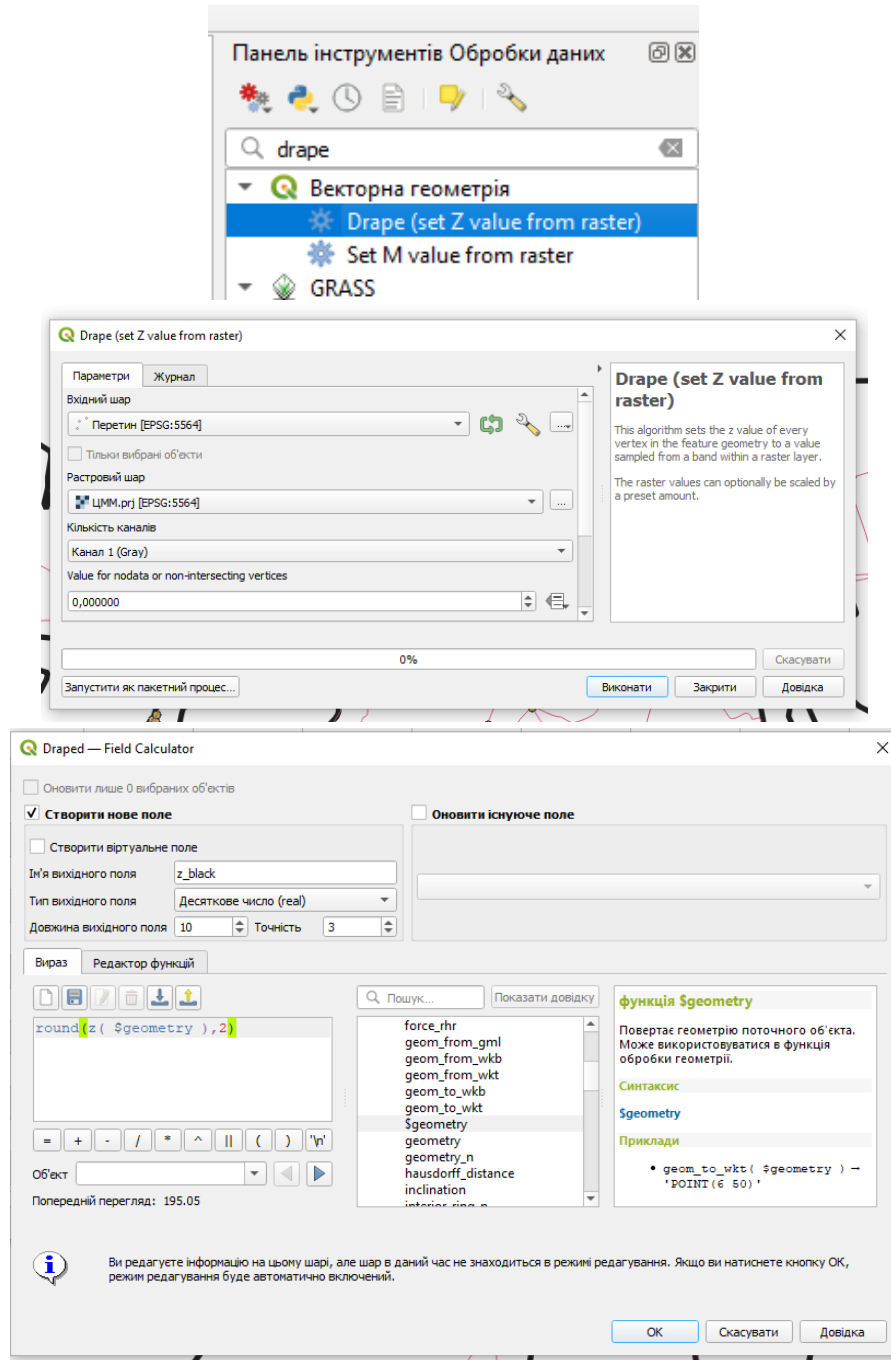


Рис. 3.5. Функція Drape.

Збережемо цей шар собі в БД. Отримаємо повідомлення про помилку, бо поле fid повинно мати унікальні значення, а в нас там однакове значення для всіх записів. При експорті не вказуємо це поле для перенесення (рис. 3.6.).

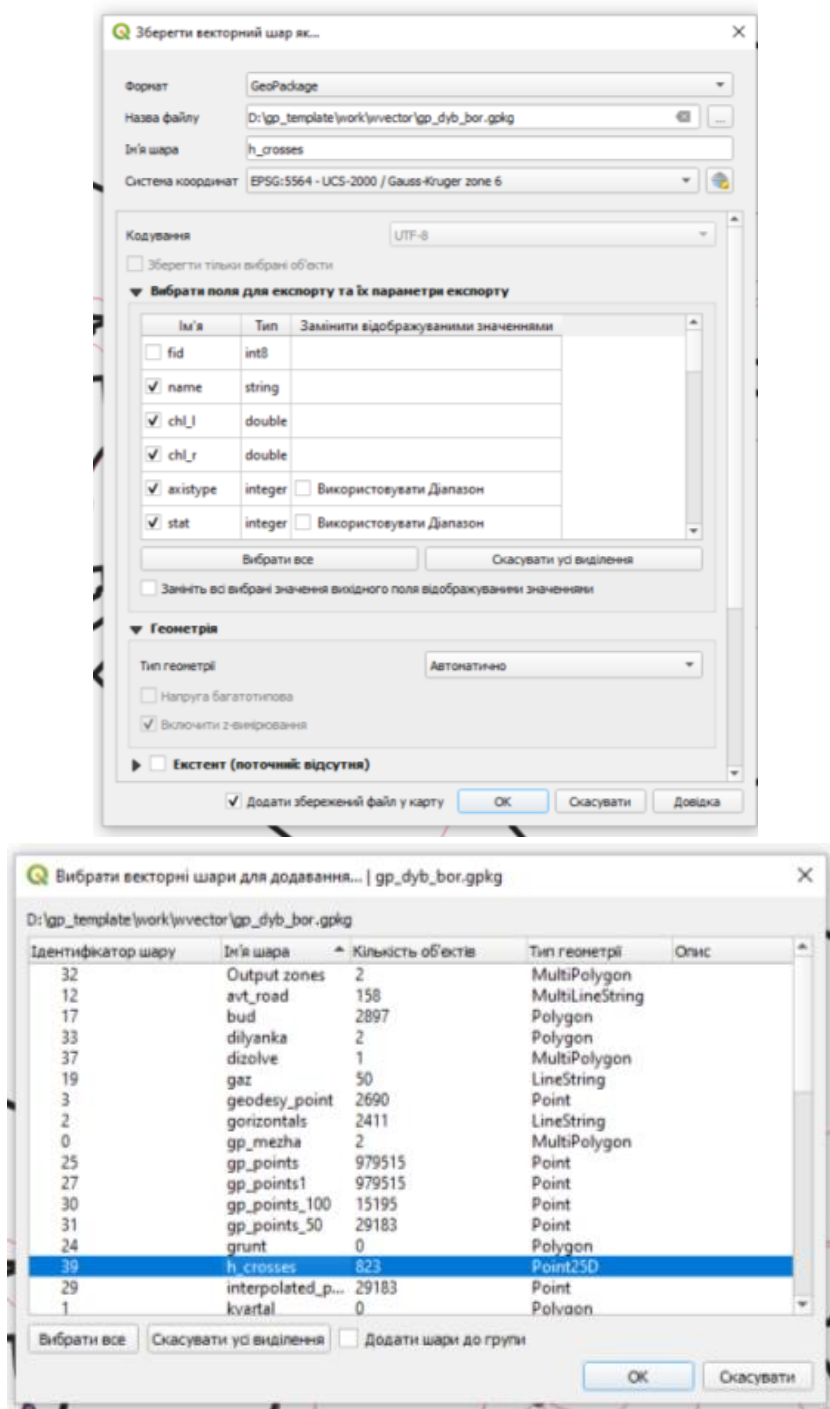


Рис. 3.6. Збереження шару в БД

Отримання чорних позначок для початкової і кінцевої точок відрізків в 25 метрів. Мультилінію Злитий (Disolved) розділимо на відрізки по 25 м (рис.3.7).

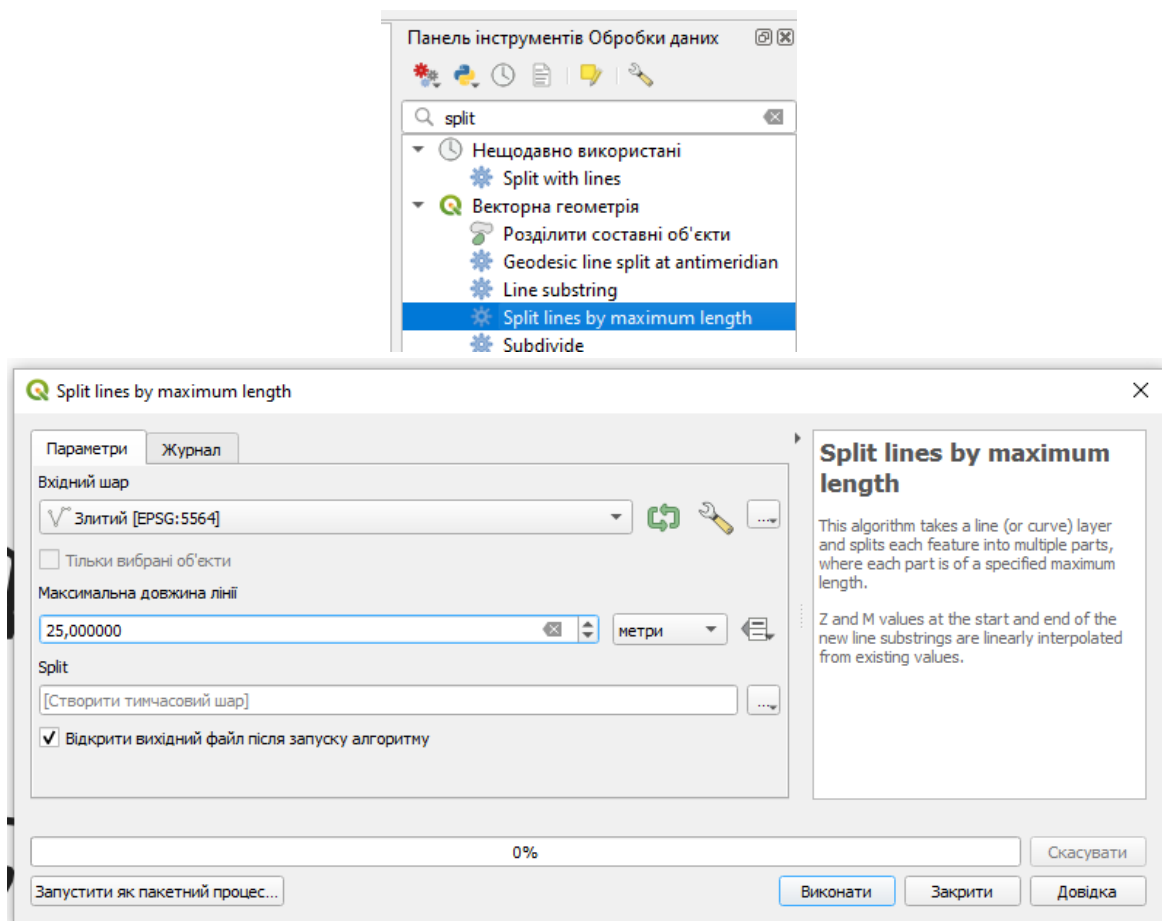


Рис. 3.7. Розділення осей на відрізки по 25 м.

Присвоїмо цим лініям координати z використавши функцію Drape.

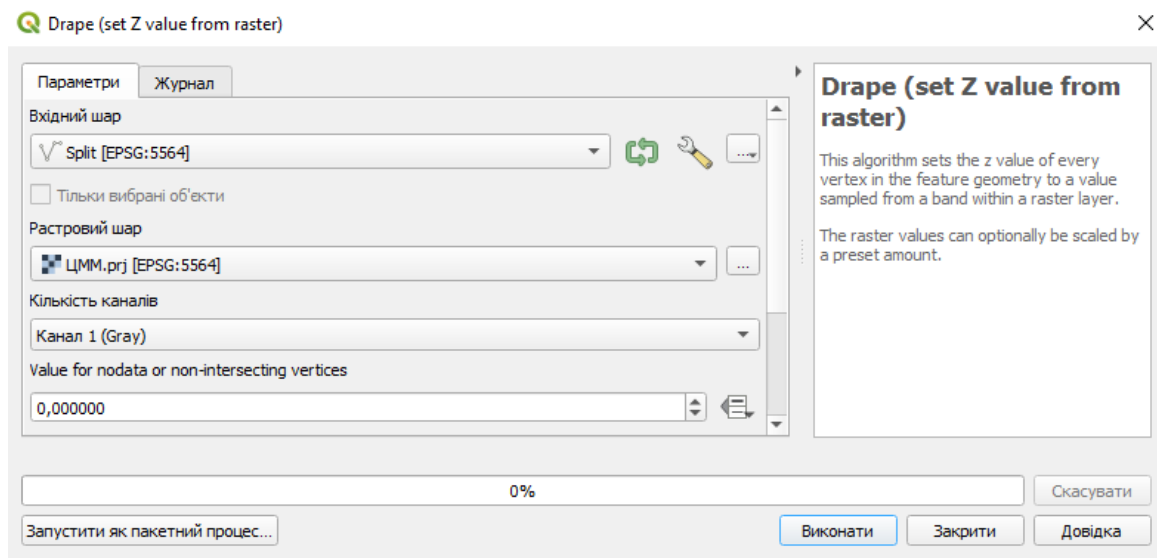


Рис. 3.8. Присвоєння лініям координати z.

Виведемо (подивимось) координату z для цього шару в таблиці атрибутів (рис. 3.9).

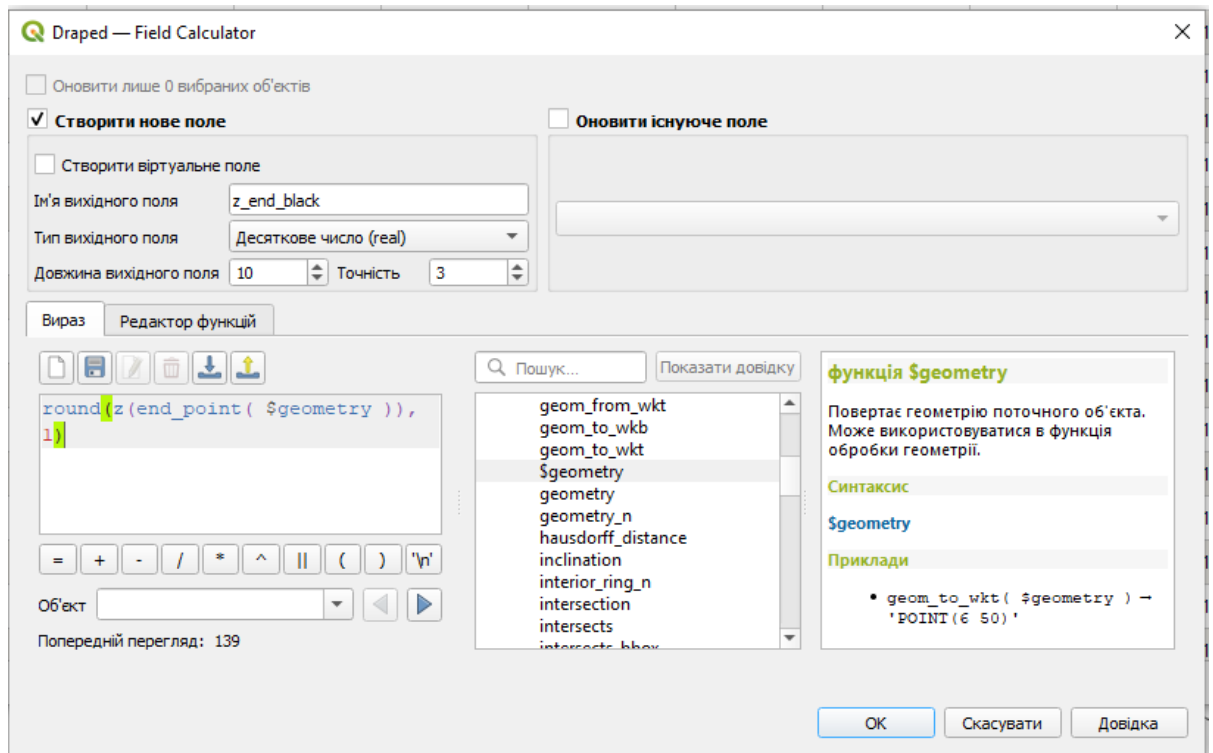
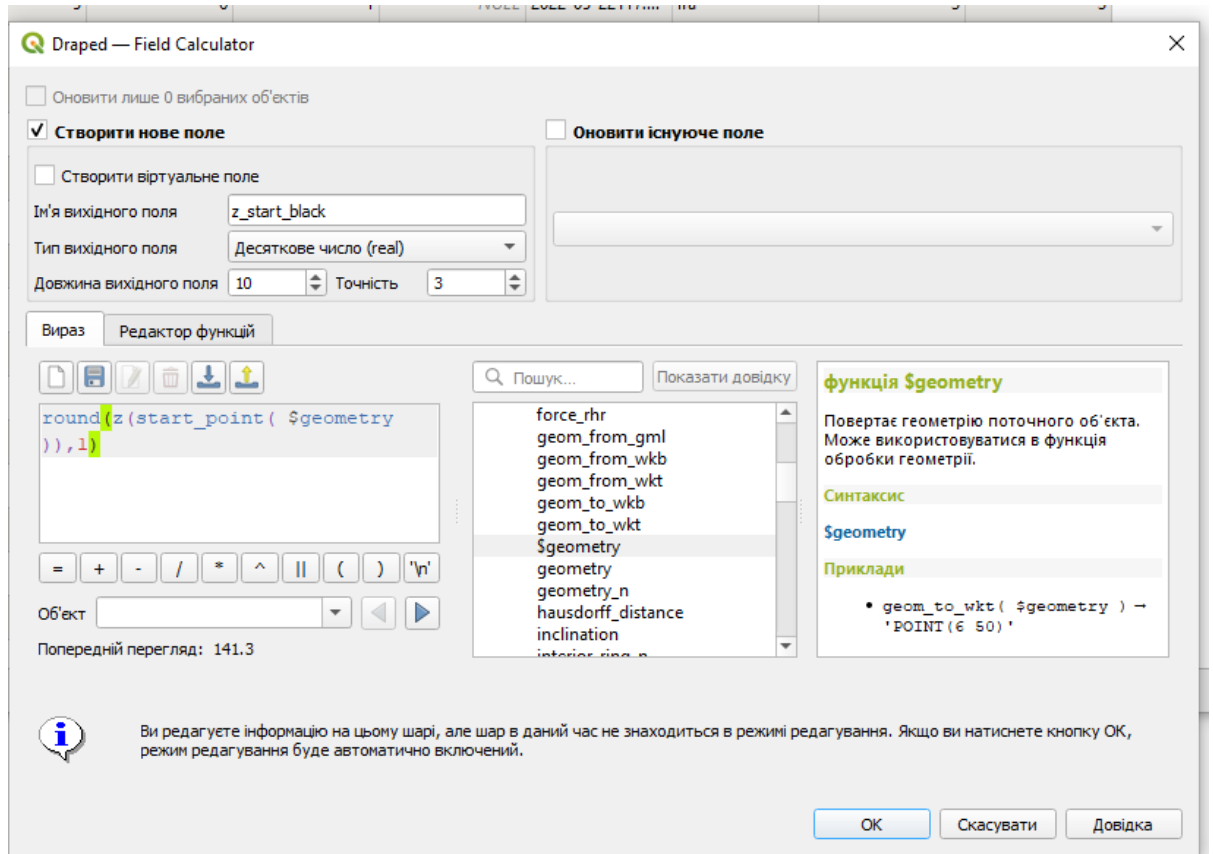


Рис. 3.9. Виведення висот точок в таблиці атрибутів.

Перевіримо щоб не було висот з нулем (якщо є, то це лінії які не перетнулися з ЦММ, їх треба видалити), зберігаємо (рис. 3.10).

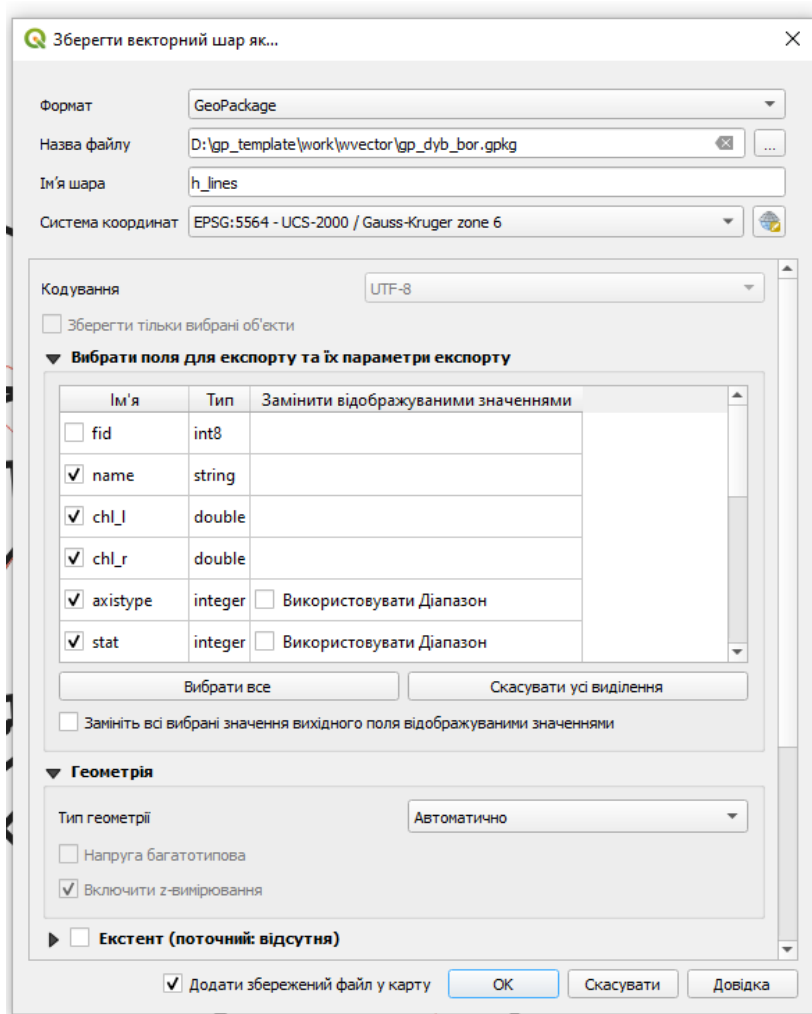


Рис. 3.10. Збереження шару h_lines

Отримання червоних позначок для перехресть осей ліній.

Включимо режим редагування об'єктів в даному шарі (на місці), рис.3.11:

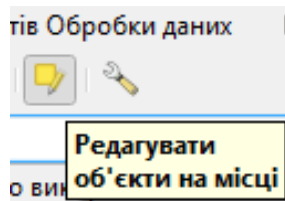


Рис. 3.11. Режим редагування об'єктів в даному шарі (на місці)

Оберемо шар h_crosses і запустимо алгоритм draper (рис. 3.12).

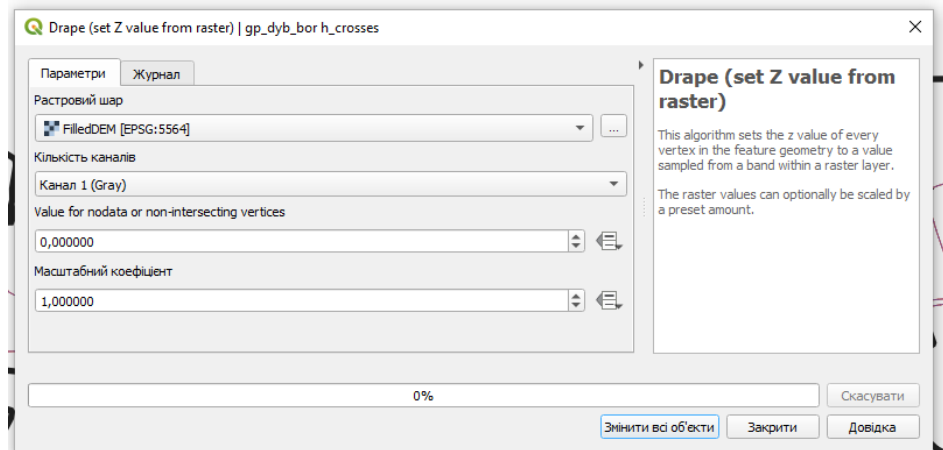


Рис. 3.12. Отримання всотних точок

Виведемо значення z червоне через калькулятор полів шару рис.3.13.

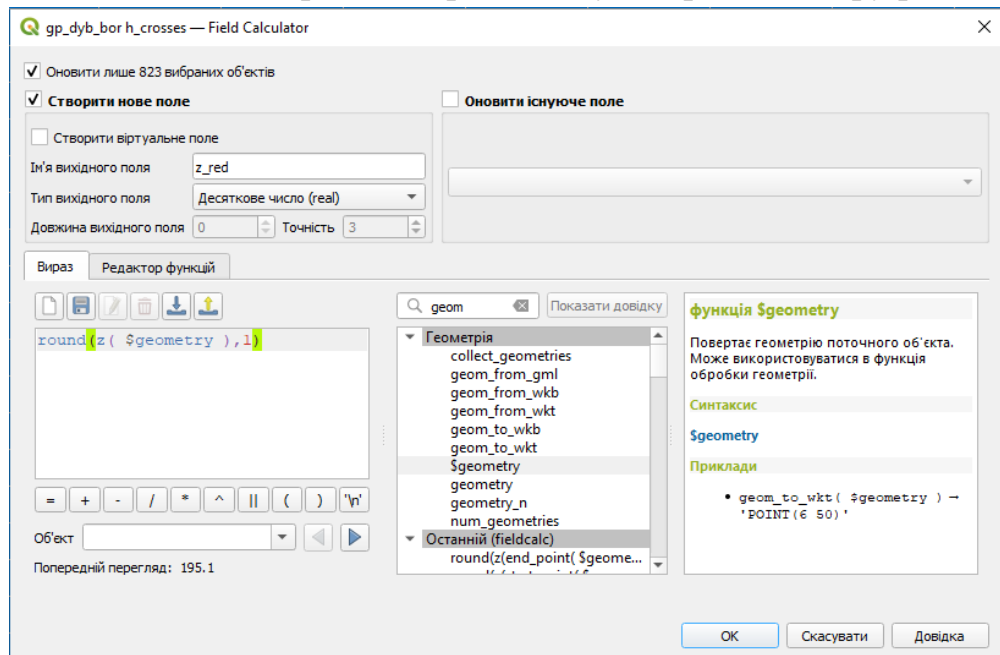


Рис. 3.13. Виведення червоного значення в таблицю атрибутів.

Отримання червоних позначок для початкової і кінцевої точок відрізків в 25 метрів (рис.3.14).

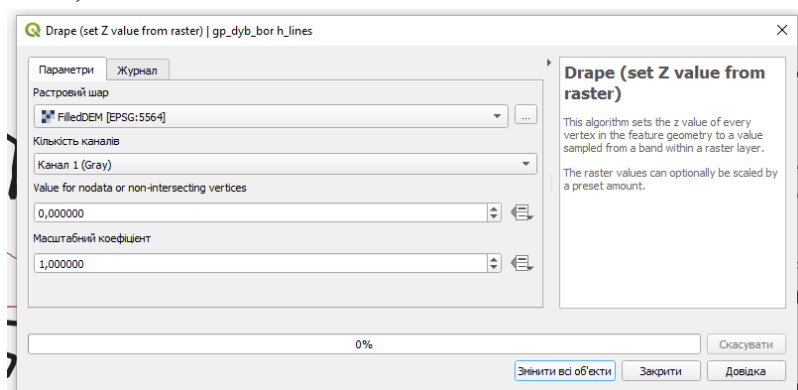


Рис. 3.14. Функція drape

Візуалізація чорних та червоних позначок (рис. 3.15)

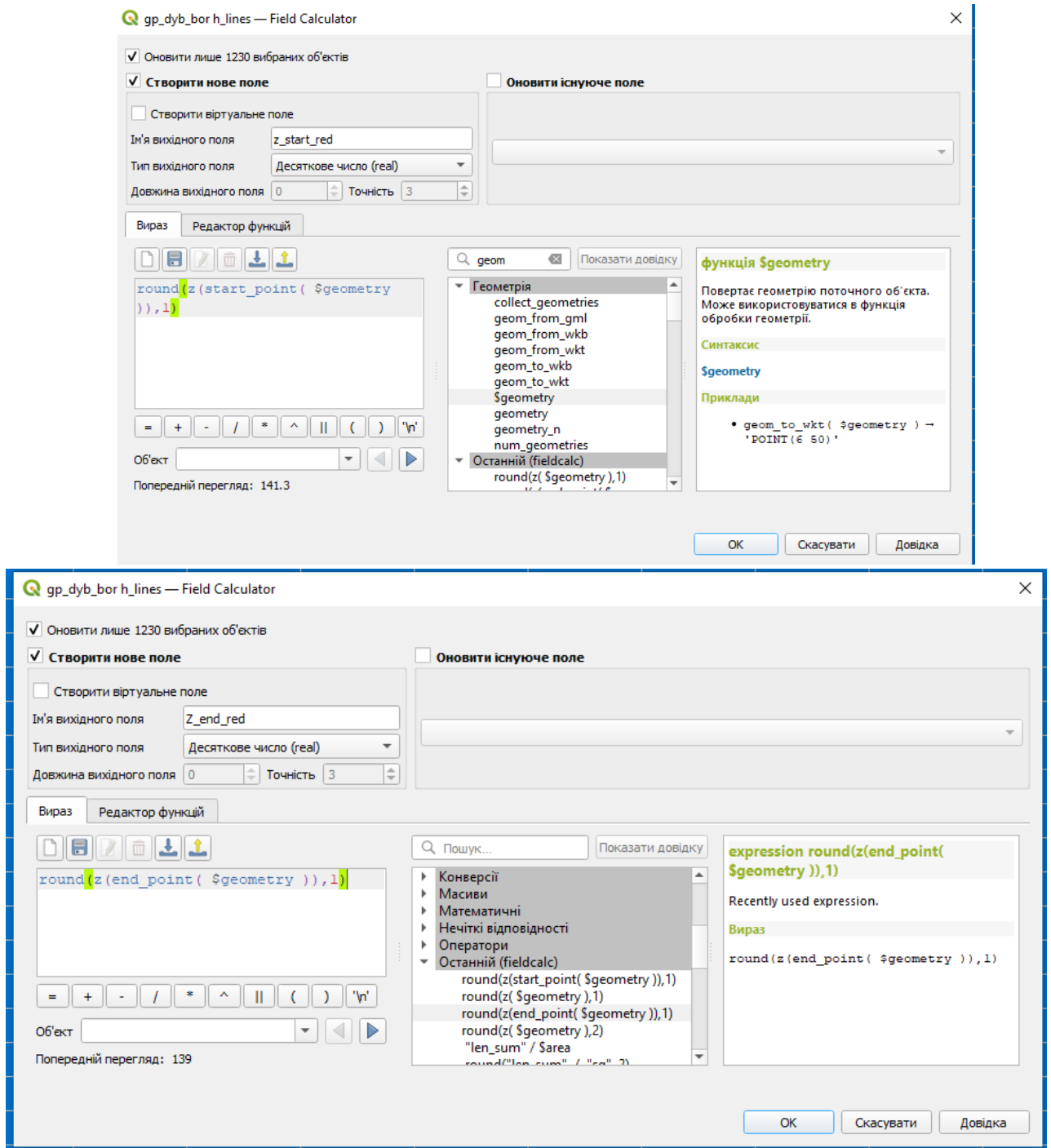


Рис. 3.15. Формули в калькуляторі полів.

Отримаємо відображення всіх необхідних значень в таблиці атрибутів (рис. 3.16).

fid	name	chl_l	chl_r	axistype	stat	len	dt_add	user_add	road_l	road_r	z_start_black	z_end_black	z_start_red	z_end_red
1	1	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	141,3	139	141,3	139
2	2	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	139	137,8	139	137,9
3	3	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	194,1	192,9	194,1	192,9
4	4	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	192,9	192	192,9	192
5	5	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	192	190,6	192	190,6
6	6	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	190,6	191	191	191
7	7	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	191	191,7	191	191,7
8	8	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	191,7	193	191,7	193
9	9	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	193	194,7	193	194,7
10	10	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	194,7	196,3	194,7	196,3
11	11	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	196,3	197,1	196,3	197,1
12	12	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	197,1	197,1	197,1	197,1
13	13	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	197,1	198,1	197,1	198,1
14	14	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	198,1	198,5	198,1	198,5
15	15	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	198,5	197,3	198,5	197,3
16	16	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	197,3	195,6	197,3	195,6
17	17	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	195,6	195	195,6	195
18	18	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	195	194,9	195	194,9
19	19	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	194,9	195,1	194,9	195,1
20	20	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	195,1	195,1	195,1	195,1
21	21	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	195,1	193,4	195,1	193,4
22	22	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	193,4	191,8	193,4	192
23	23	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	191,8	190	192	190
24	24	NULL	6	5	6	1	NULL	2022-05-22T17:...	ira	3	190	188,8	190	188,8

Рис. 3.16. Таблиця атрибутів з отриманими значеннями

Візуалізуємо отримані результати, використовуючи стилі з вихідних даних.

Для шару h_crosses оберемо стиль h_crosses, отримаємо рис. 3.17.

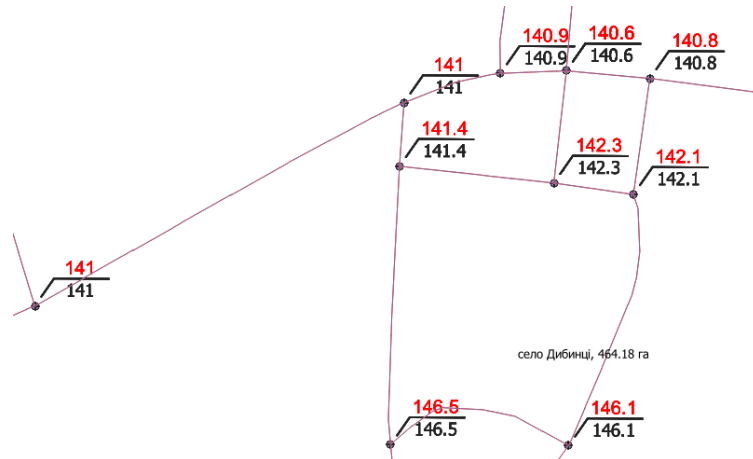


Рис. 3.17. Використання стилю h_crosses

Для шару h_lines оберемо стиль h_lines (рис.3.18).

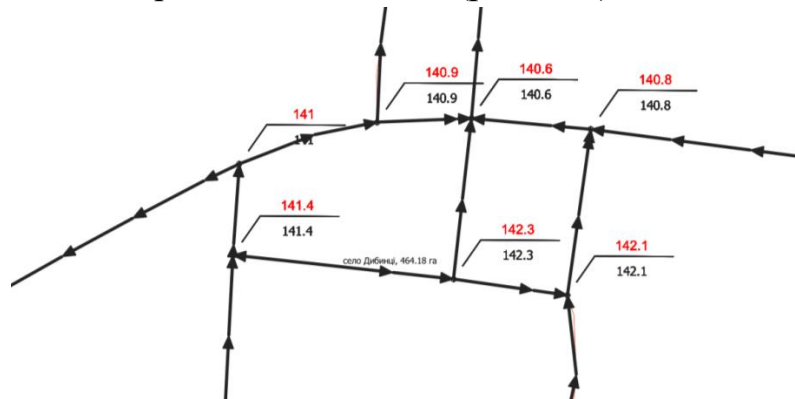


Рис. 3.18. Використання стилю h_lines

Вираз для налаштування підпису шару "h_lines":

$$\text{round}(\text{abs}((\text{z}(\text{start_point}(\text{\$geometry})) - \text{z}(\text{end_point}(\text{\$geometry}))) / \text{distance}(\text{start_point}(\text{\$geometry}), \text{end_point}(\text{\$geometry}))) * 1000, 1) || \% ' || ' || \text{round}(\text{\$length}, 1)$$

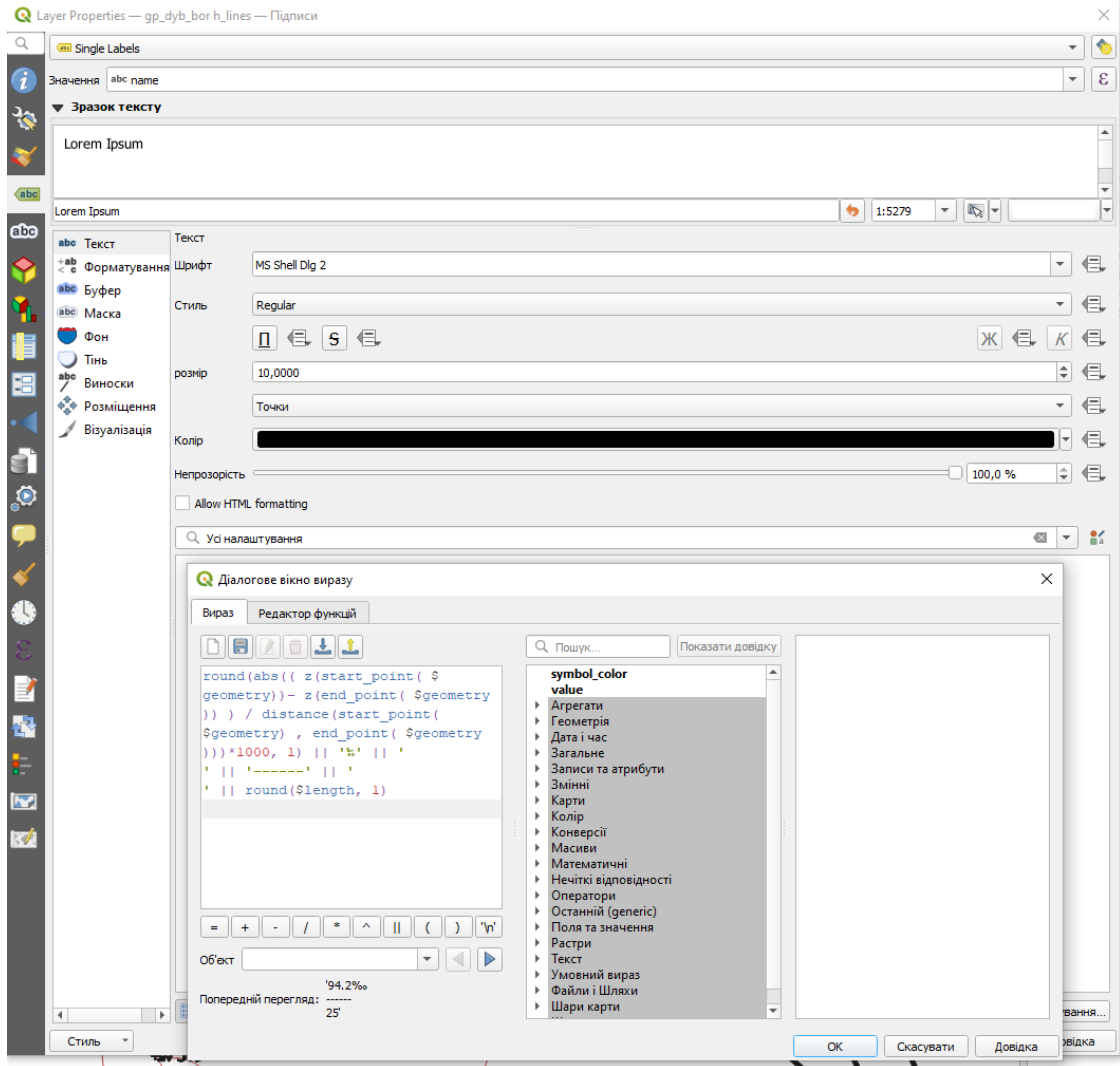


Рис. 3.19. Налаштовуємо підписи даних

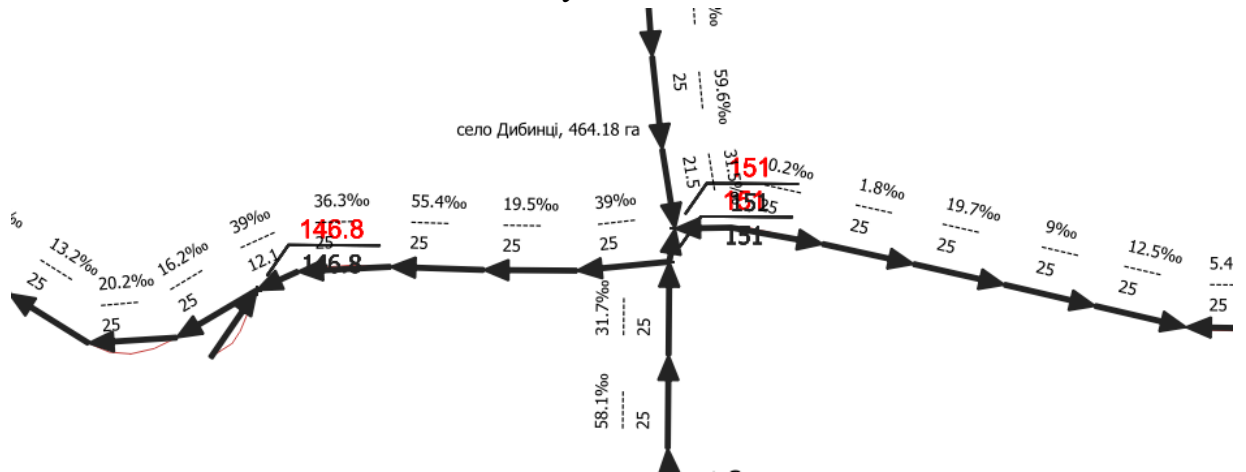


Рис.3.20 Результат налаштування підписів даних

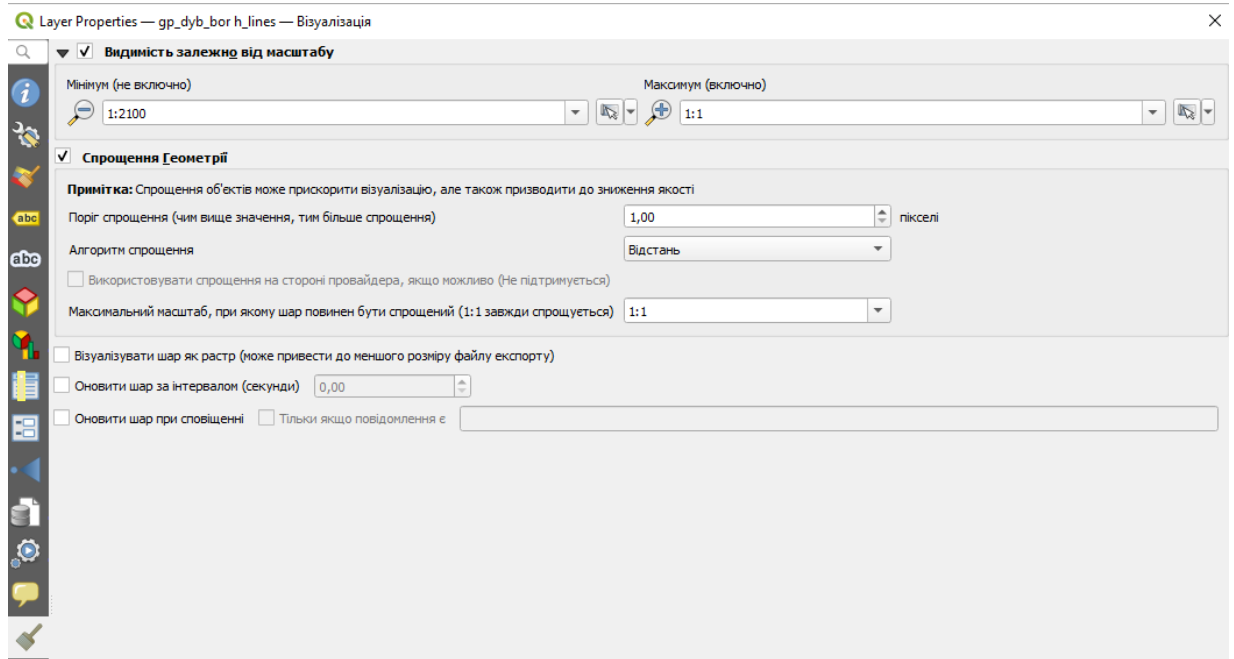


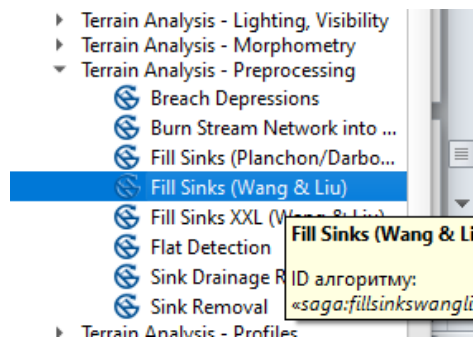
Рис.3.21. Налаштування властивостей шару.

3.4. Розрахунок басейнів водозбору

Інформація про рух води дозволяє проаналізувати не лише інженерні особливості території, але й визначити можливі напрямки міграції забруднення в ґрунті від різних джерел.

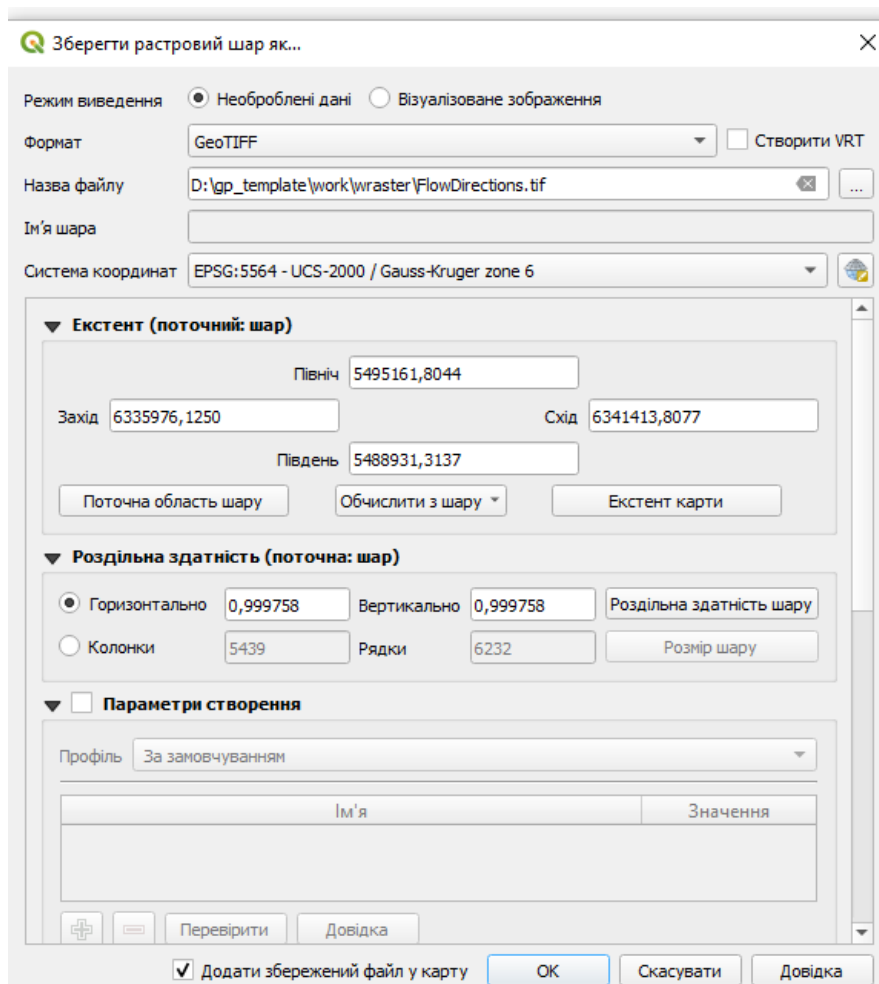
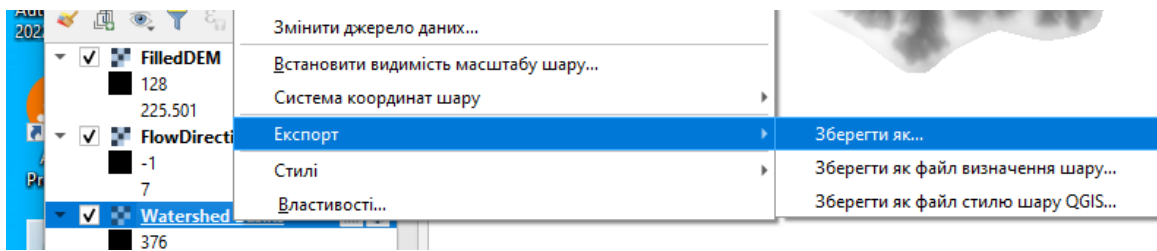
Звісно, для точного аналізу міграції забруднень необхідно мати інформацію про склад ґрунтів на території. Але навіть така приблизна інформація дозволяє оцінити потенційні ризики просторових рішень і прийняти відповідні заходи по нейтралізації цих ризиків.

Запуск інструменту "Fill sinks":



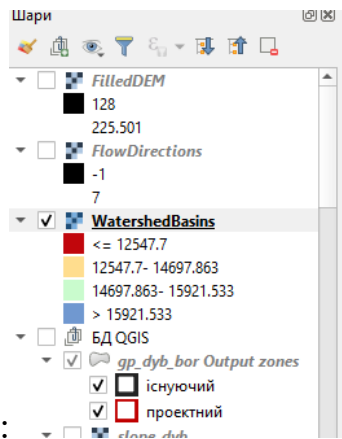
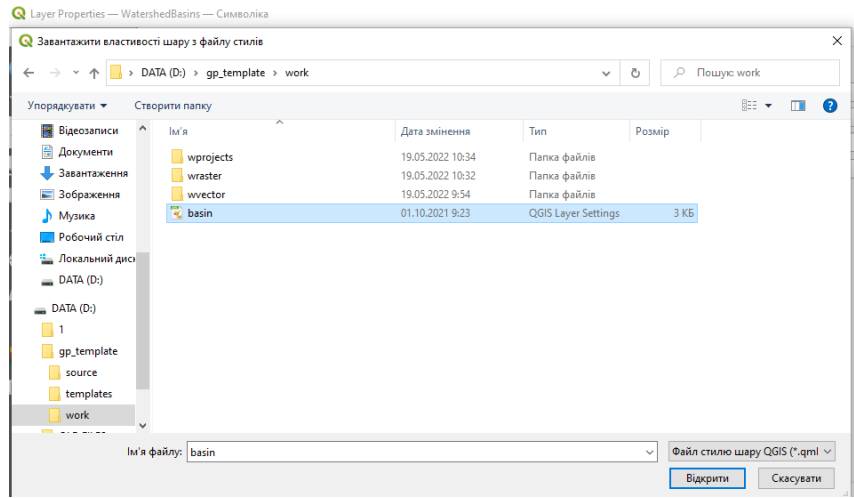
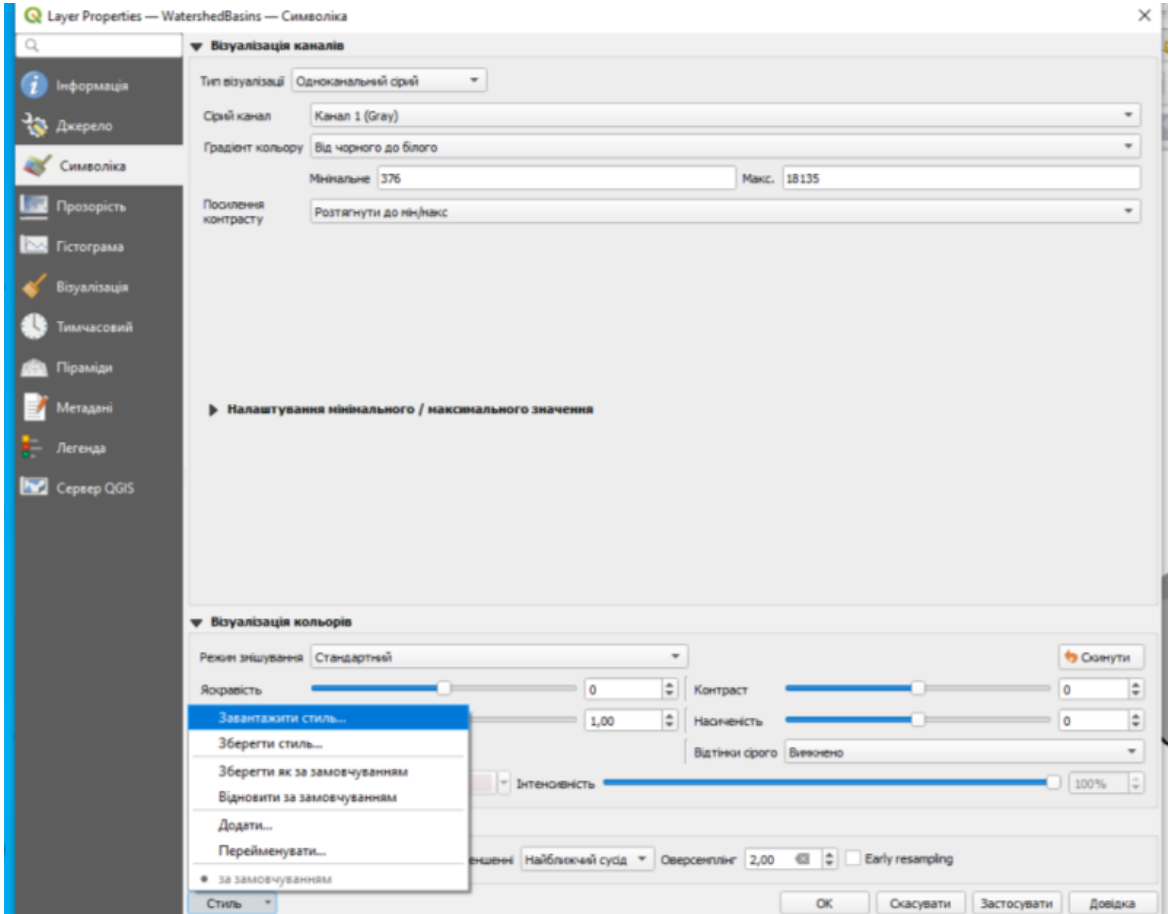
В результаті роботи функції отримаємо 3 растри: «Заповнена ЦМР», «Напрямок стоків», «Басейни водозбору» (розміщення точок по краю растрів гирла стоку).

Ці 3 растри будуть тимчасовими, збережемо їх в свою папку растр:



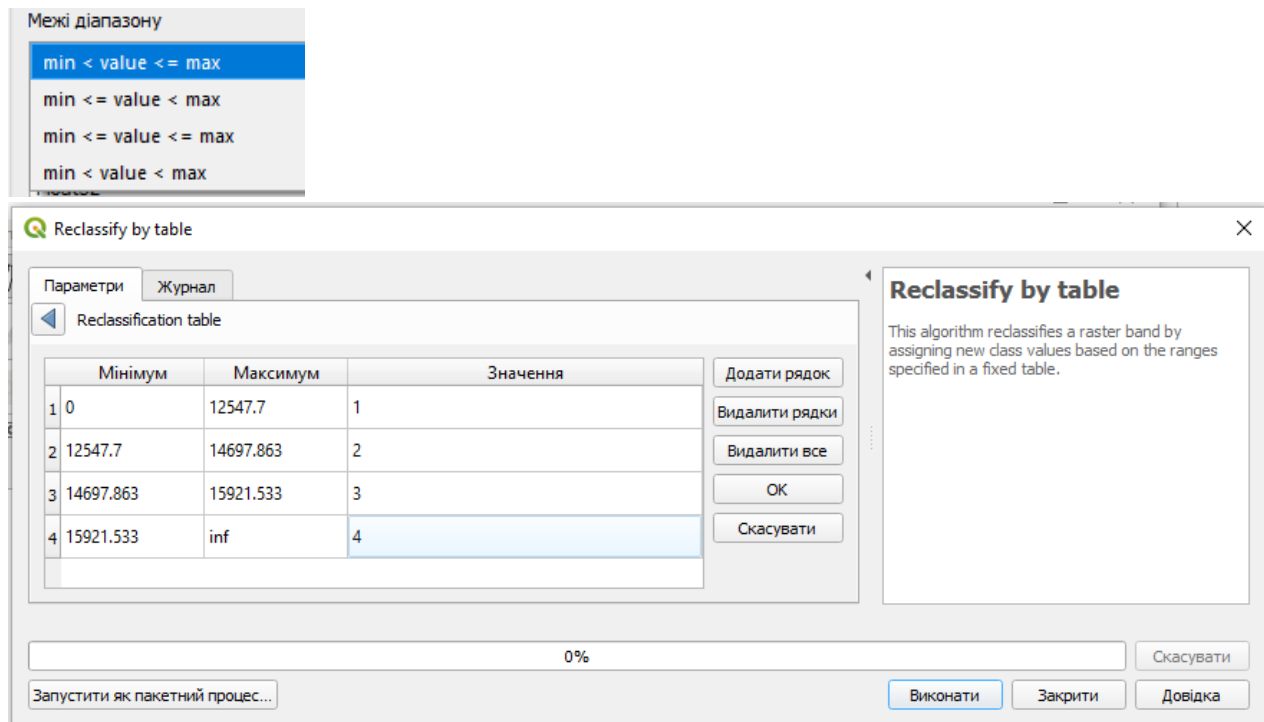
Тимчасові файли видалимо. Обрахування кожного окремого басейну закінчується на вододілі (хребті) який розділяє сусідні басейни. Точність залежить від розміру пікселів.

Підключимо вже налаштований стиль до шару WatershedBasins

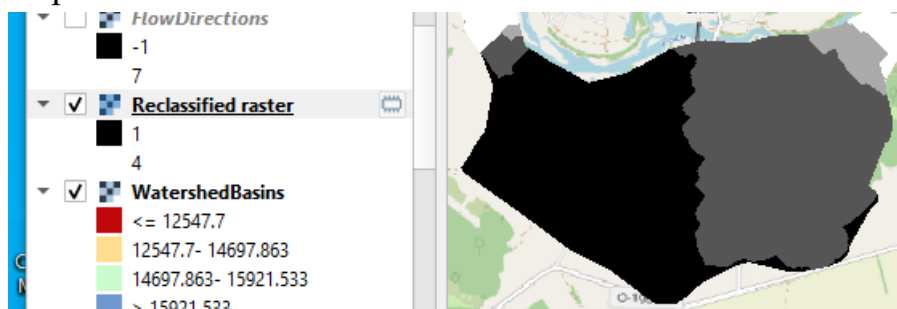


Отримаємо:

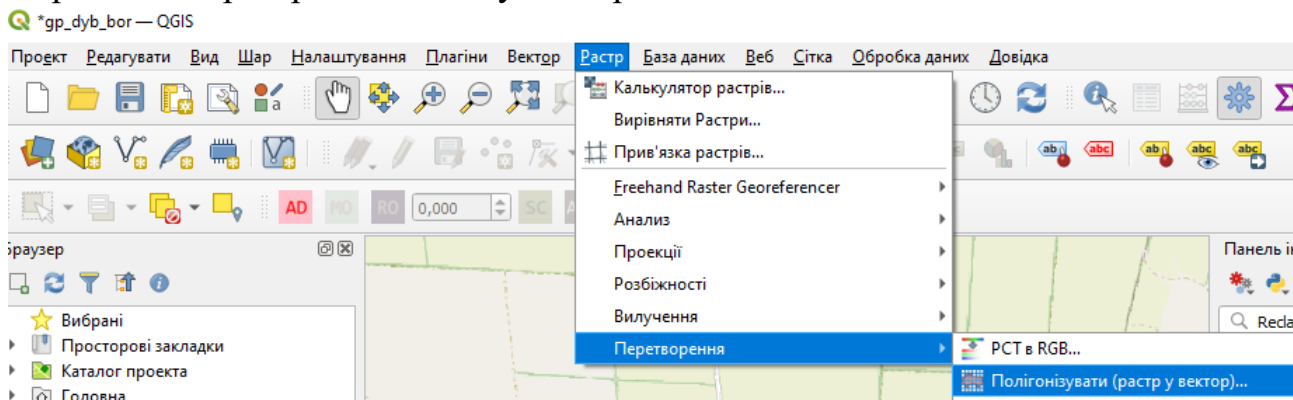
Виореємо векторні дані басейнів у векторний шар та порахуємо значення площі для них, для цього класифікуємо растр за виділеними групами басейнів. Рекласифікація растру басейнів водозбору: Reclassify by table.

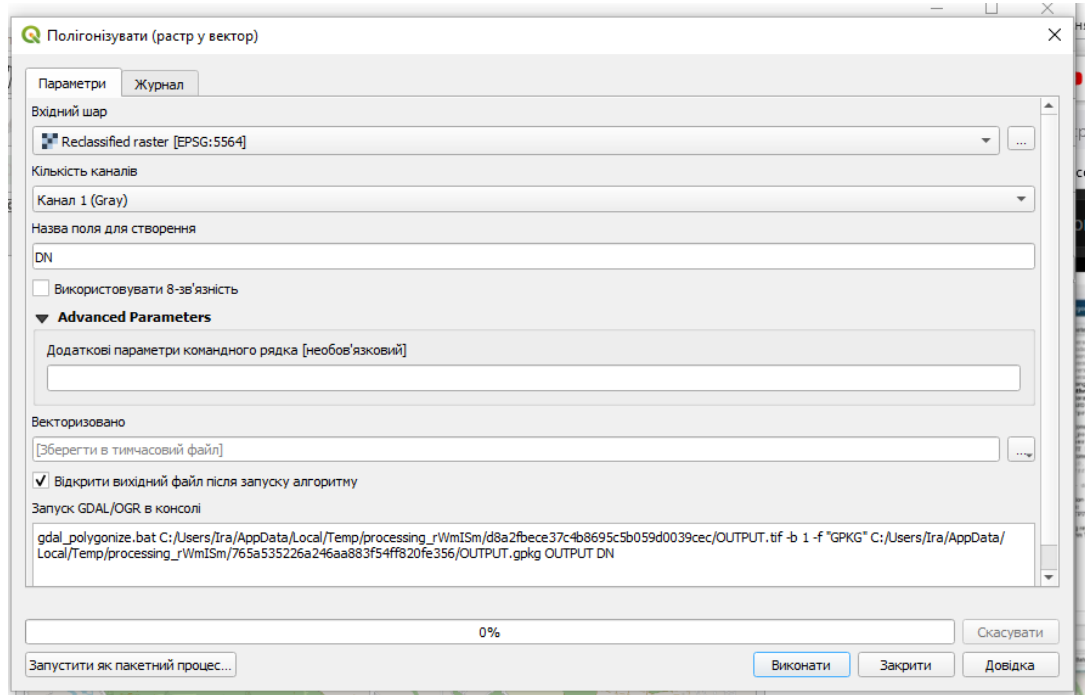


Отримаємо:

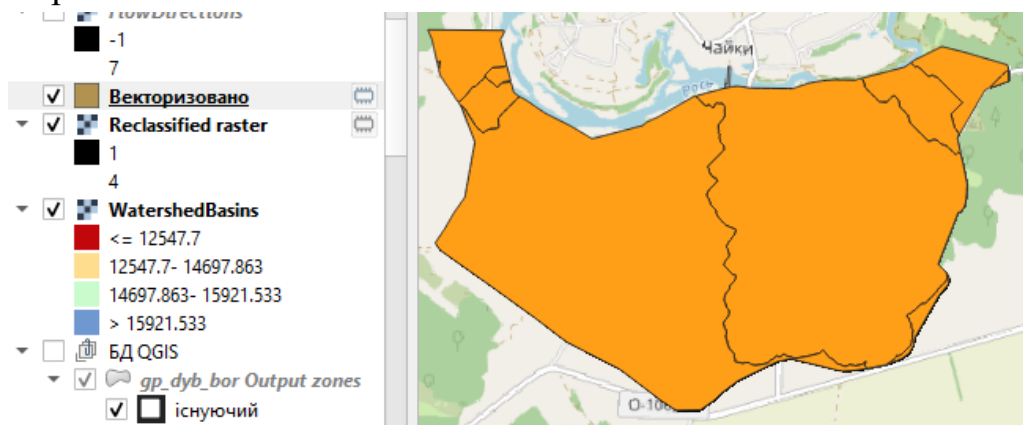


Переведення растрових даних у векторні:

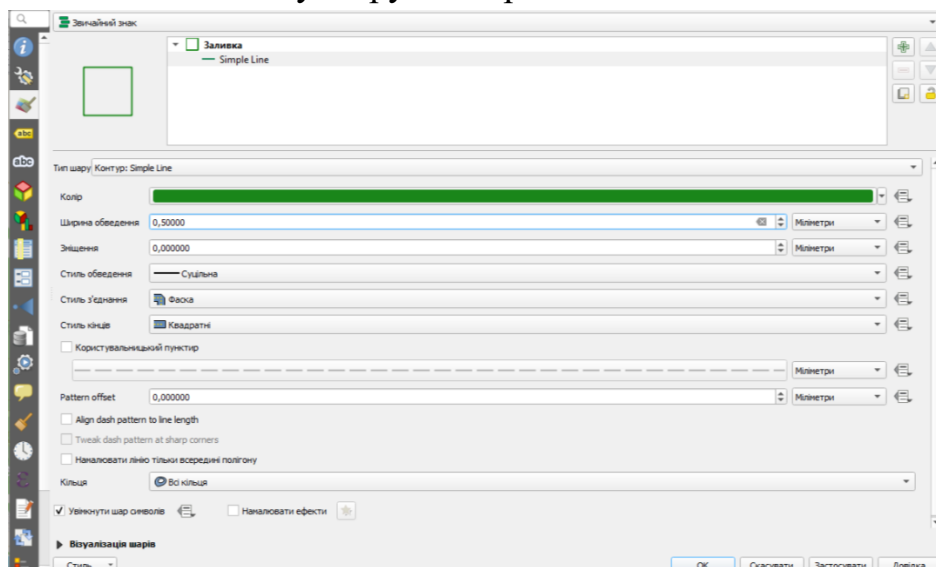


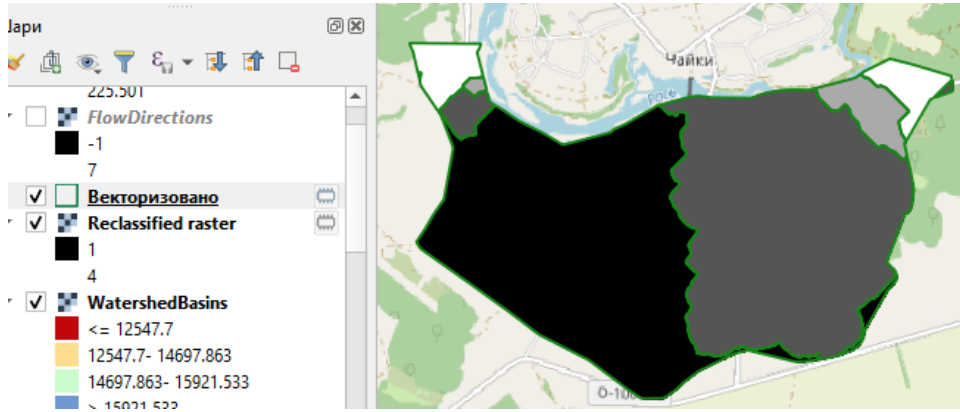


Отримаємо:



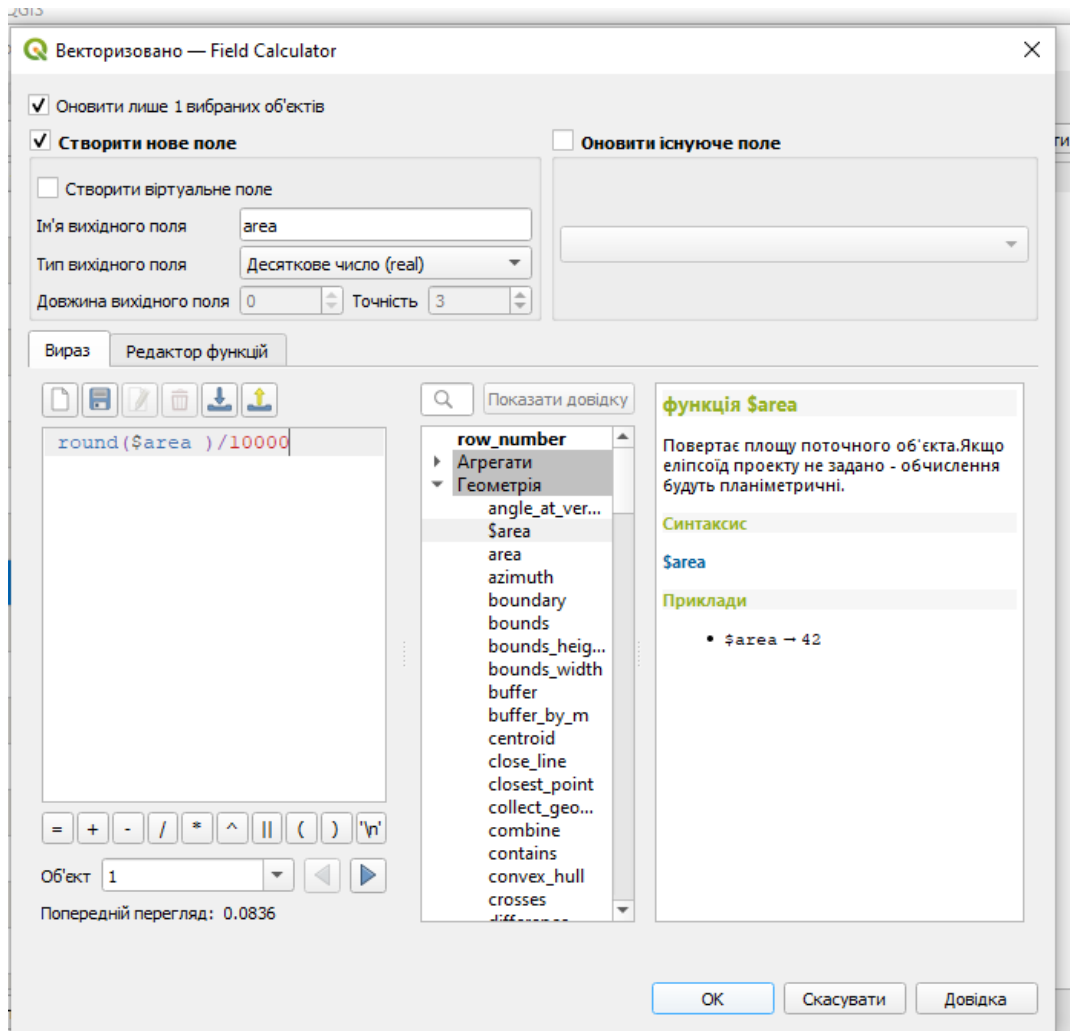
Змінимо символіку шару векторного:





Розрахунок площ басейнів водозбору

Відкриємо таблицю атрибутів Векторизованого шару, відкриємо калькулятор полів, створимо нове поле.



Отримаємо:

Векторизовано — Features Total: 18, Filtered: 18, Selected: 0

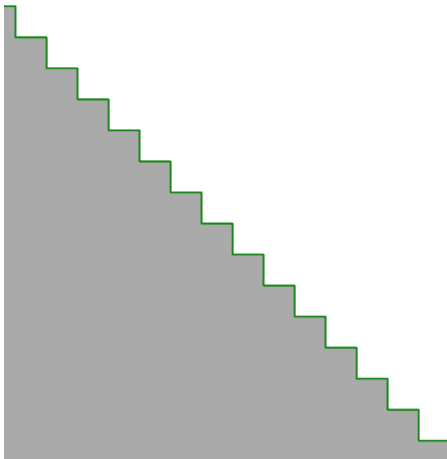
1.2 are. = round(\$area)/10000

	fid	DN	area
1	1	3	0,0836
2	2	3	0,0021
3	3	3	0,0009
4	4	3	0,0001
5	5	3	2,2765
6	6	2	0,8437
7	7	4	23,3624
8	8	2	11,8859
9	9	4	21,6179
10	10	3	0,0001
11	11	4	0,0001
12	12	4	0,0001
13	13	3	27,5019
14	14	1	0,0077
15	15	1	4,5464
16	16	2	374,936
17	17	2	0,0002
18	18	1	402,7891

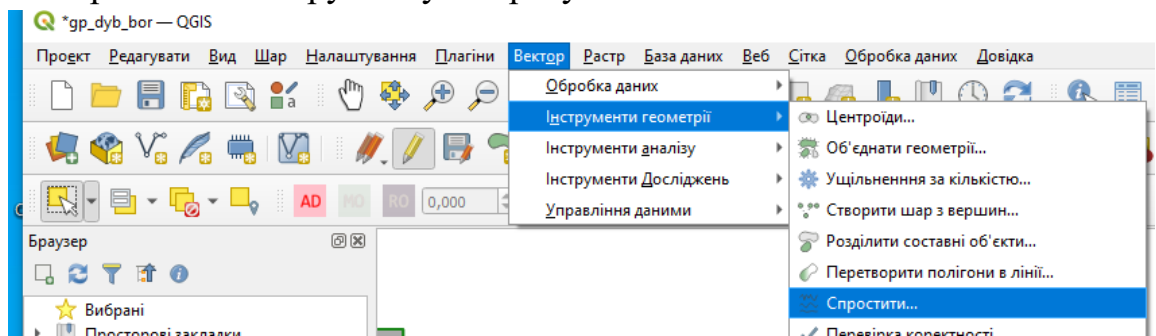
Показати всі об'єкти

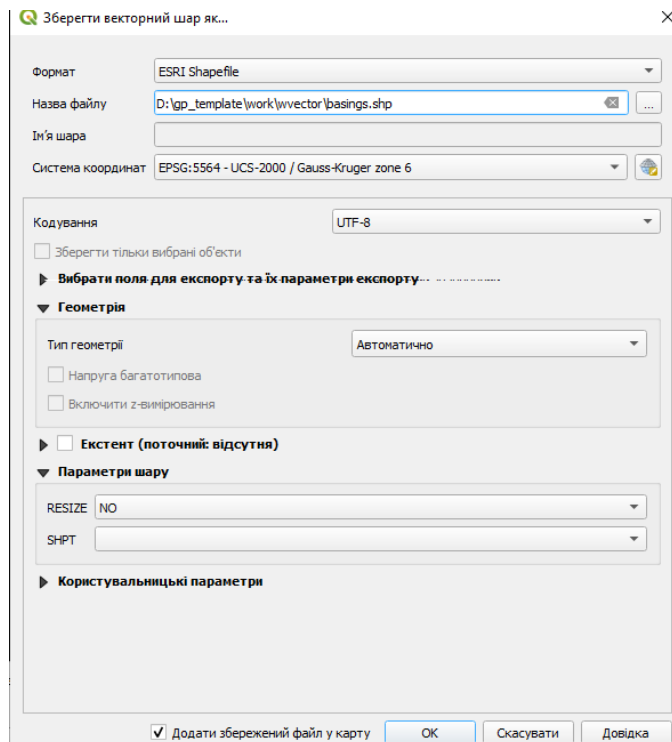
Утворилось багато полігонів і багато з них мають мале значення площі, їх можна видалити.

Контури полігона ідуть по пікселям, його можна спростити

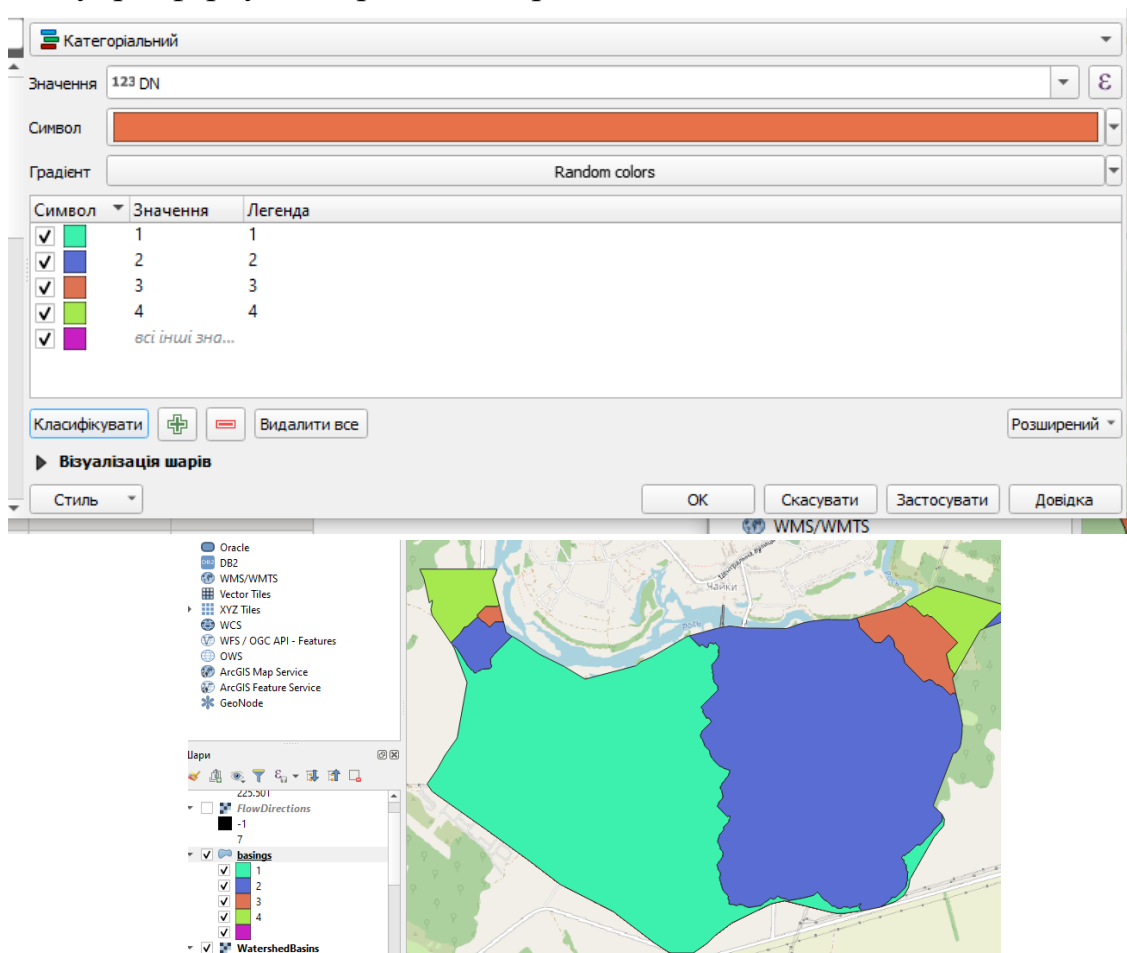


Використання інструменту Simplify





Видалимо тимчасові шари. А створений векторний шар змінимо символіку, розфарбуємо в різні кольори:

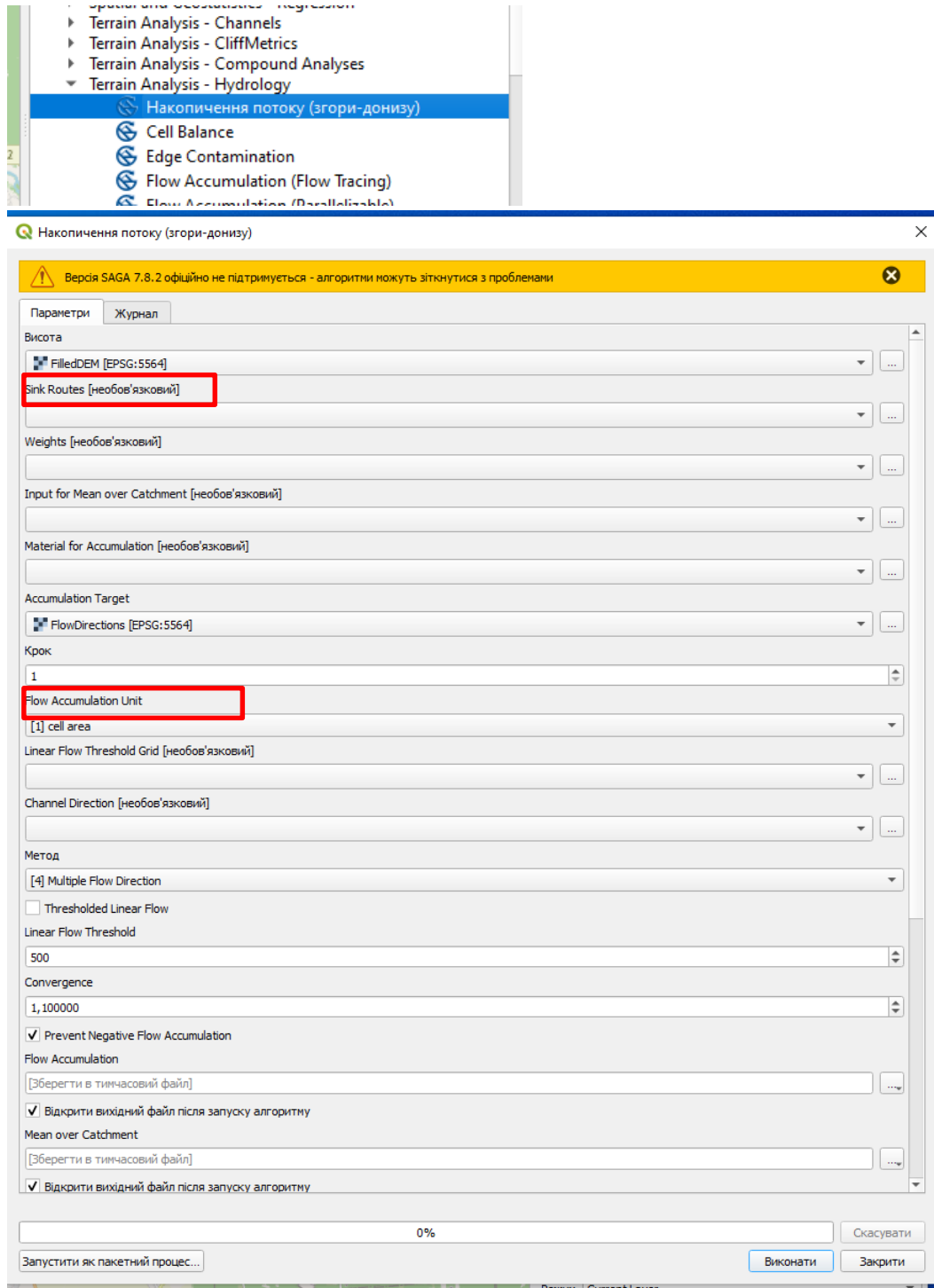


Тепер використовуючи значок отримання інформації можемо клацати по басейнам і отримати інформацію про площу.

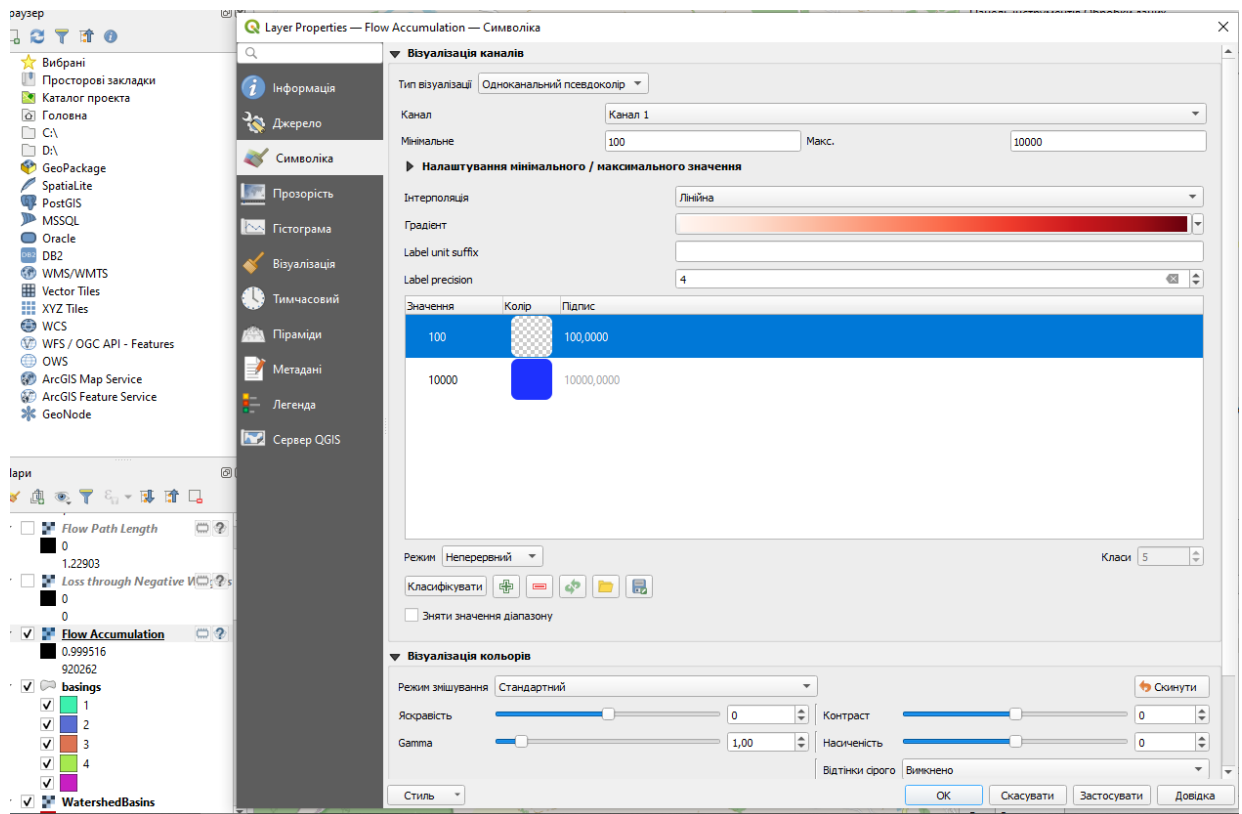
Створення растру сумарного стоку.

Інструмент будує растр в кожній чарунці якого показує сумарний стік, тобто кількість чарунок із яких в цю чарунку стікає вода.

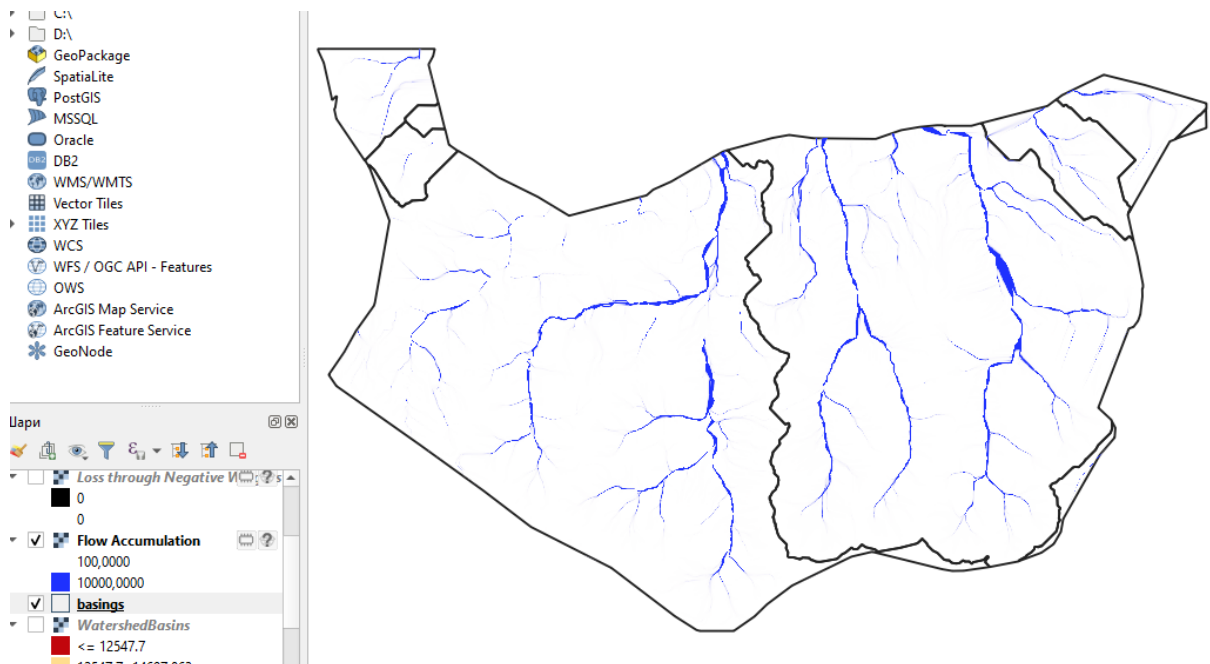
Flow Accumulation (Top-Down):



Налаштуємо символіку для шару Flow Accumulation:



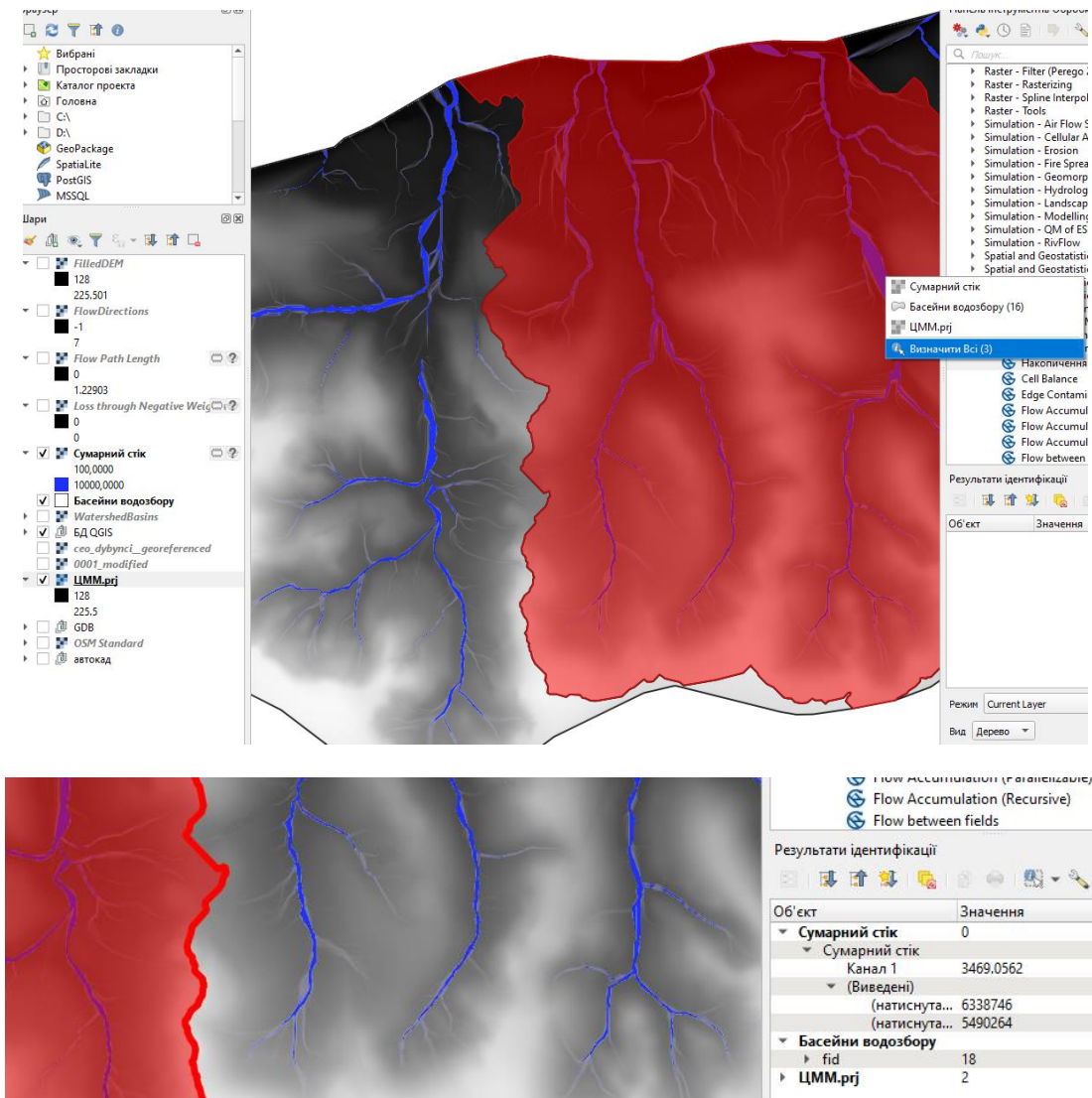
Отримаємо:



Символіку для басейнів оберемо прозору заливку та жирніші лінії

Переназвемо шар Flow Accumulation на Сумарний стік і підключимо ЦМР.

Переглянемо доступну інформацію:



3.5. Відображення червоних ліній вулично-шляхової мережі

Розглянемо один із варіантів того, як створювати червоні лінії. Звернемо увагу на можливості генератора геометрії для візуалізації доріг та червоних ліній. Така символіка буде корисною в практичній роботі з містобудівною документацією, коли потрібно створювати червоні лінії доріг – ви можете змінити атрибути відповідної дороги, не змінюючи геометрії низки об'єктів території, підлаштовуючи візуальне зображення до потрібних розмірів. Це, зокрема, значно прискорює роботу під час креслення генеральних планів.

Підготовка осей вулиць та доріг.

Створимо новий проект та підвантажимо туди шари межа населених пунктів та осі вулиць і доргігз нашої БД та відкриємо OSM Standart (рис. 3.22).

Бачимо, що осі тут не всі, тому завантажимо осі з OSM.

Завантаження осей вулиць із QuickOSM.

Розташемо в робочому полі межі населених пунктів щоб їх екстенти потрапляли в межі робочого поля та запустить плагін QuickOSM (рис.3.23).

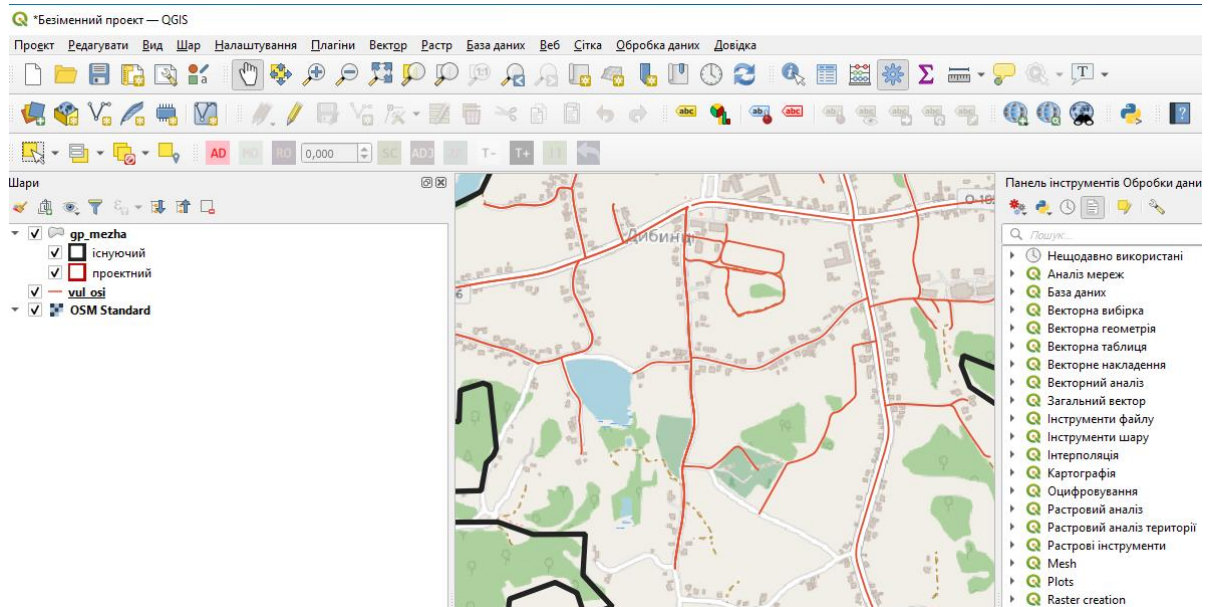


Рис. 3.22. Існуючі дані

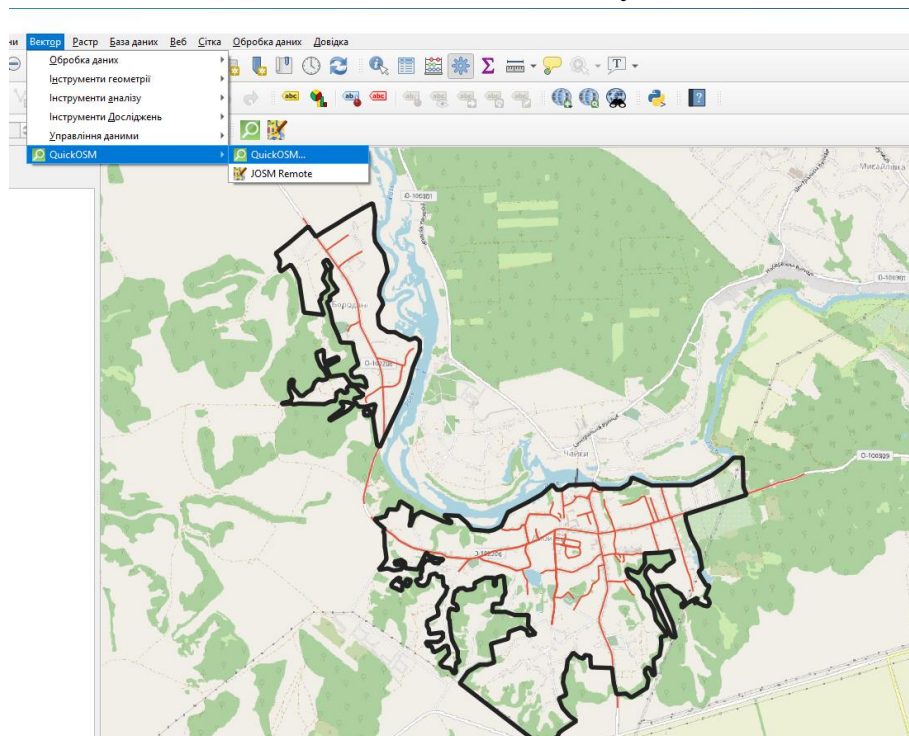


Рис. 3.23. QuickOSM

Видалимо точкові та лігональні шари про дороги, нам потрібні лінійні (рис. 3.24).

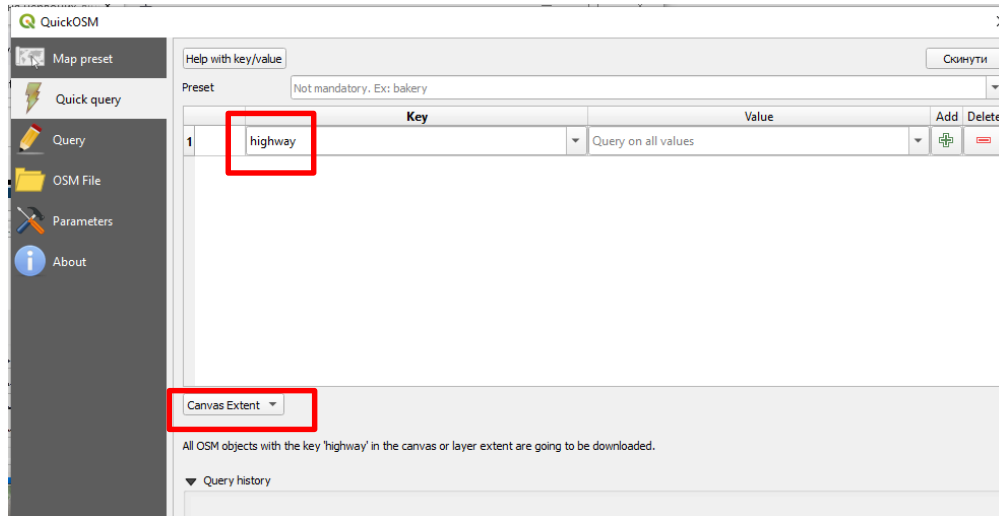


Рис. 3.24.

Обрізання осей по межі населених пунктів за допомогою функції Clip (рис. 3.25).

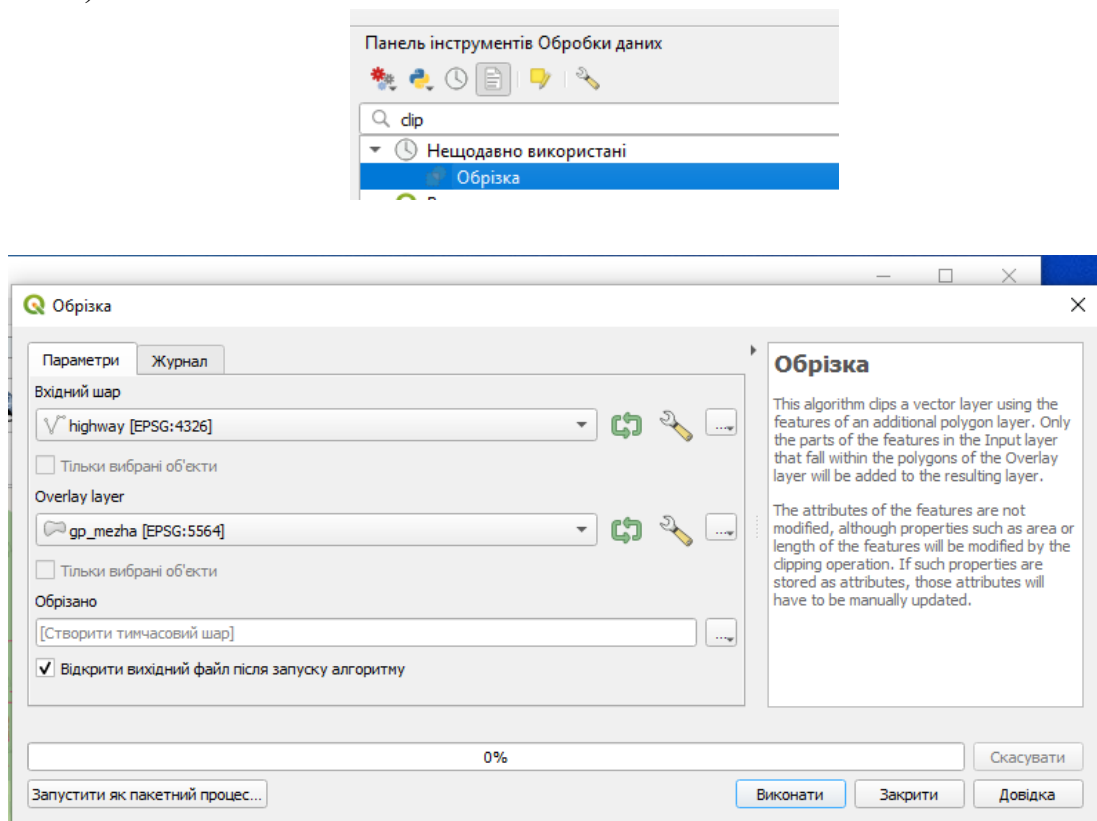


Рис. 3.25. Функція «Слір»

Побачимо, що осі було обрізано (рис. 3.26).

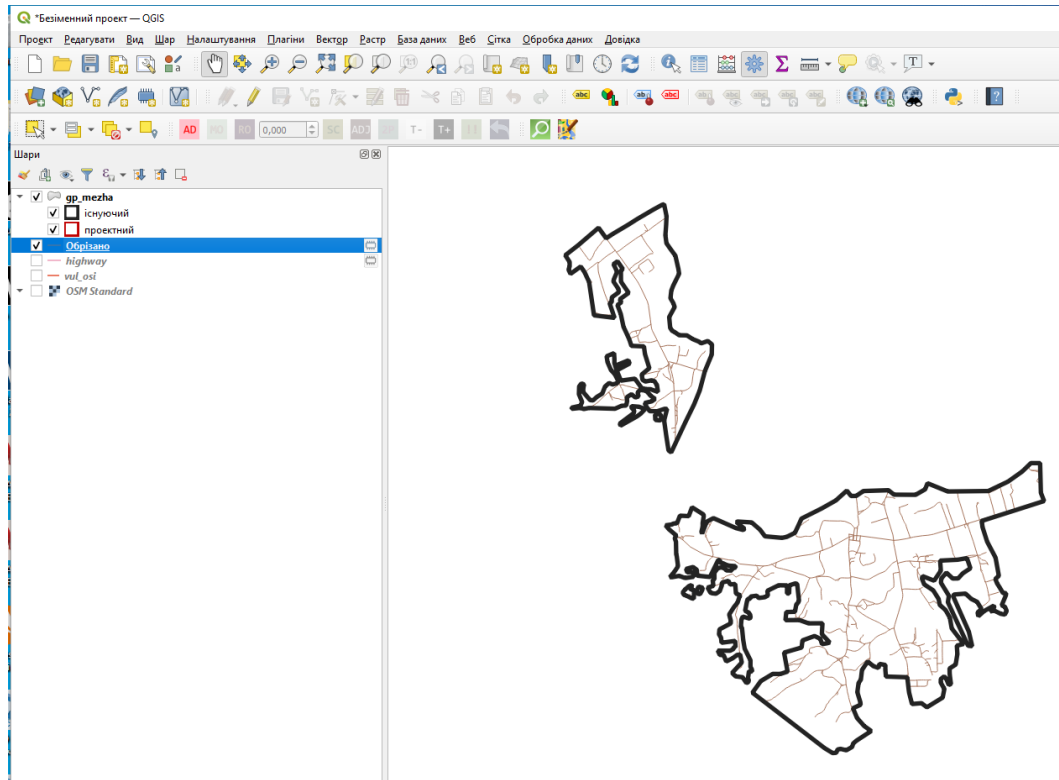


Рис. 3.26.

Виправлення помилок в осях з використанням інструменту GRASS v.clean (рис. 3.27).

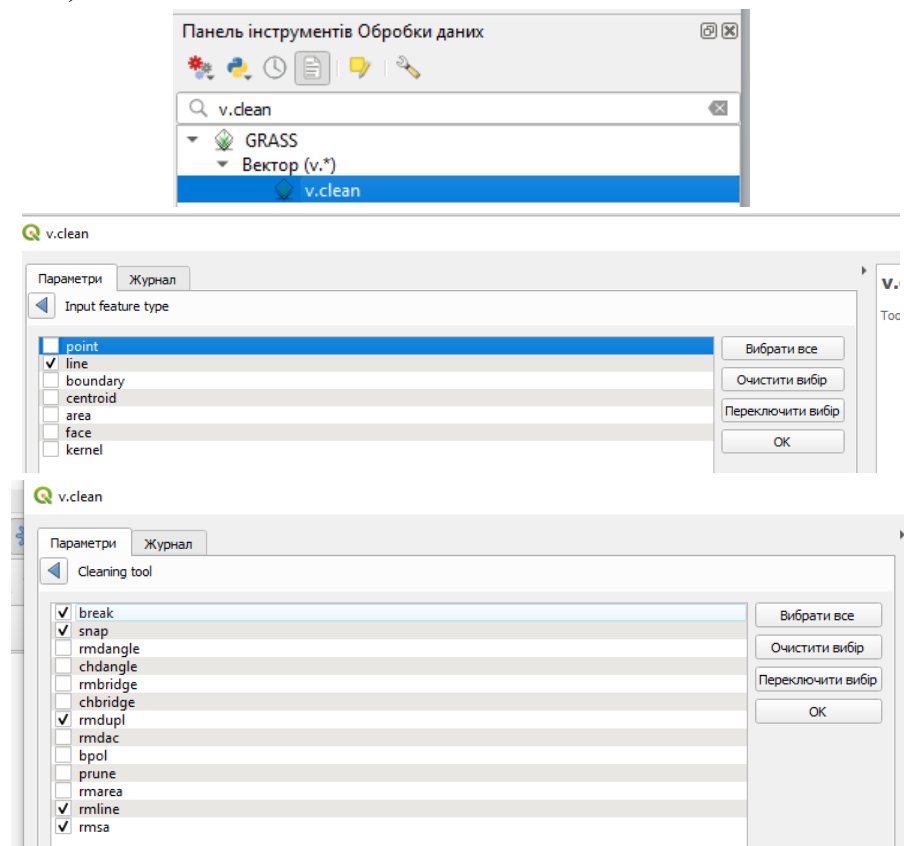


Рис.3.27 Інструмент GRASS v.clean

Break – Нам потрібно розривати лінії в точках перетину

Snap – Нам треба привязувати лінії до вузлів в межах певного порогу прилипання.

Rmline – нам не потрібні лінії, які мають довжину 0, вони будуть видалені.

Rmdupl – нам треба видаляти всі дублікати.

Rmsa – нам треба видаляти малі кути між лініями.

Поріг прилипання (толерантності) задамо 1 м (рис.3.28).



Рис. 3.28.Поріг прилипання

При складних помилках інструмент буде застосовувати певну послідовність дій для їх виправлення.

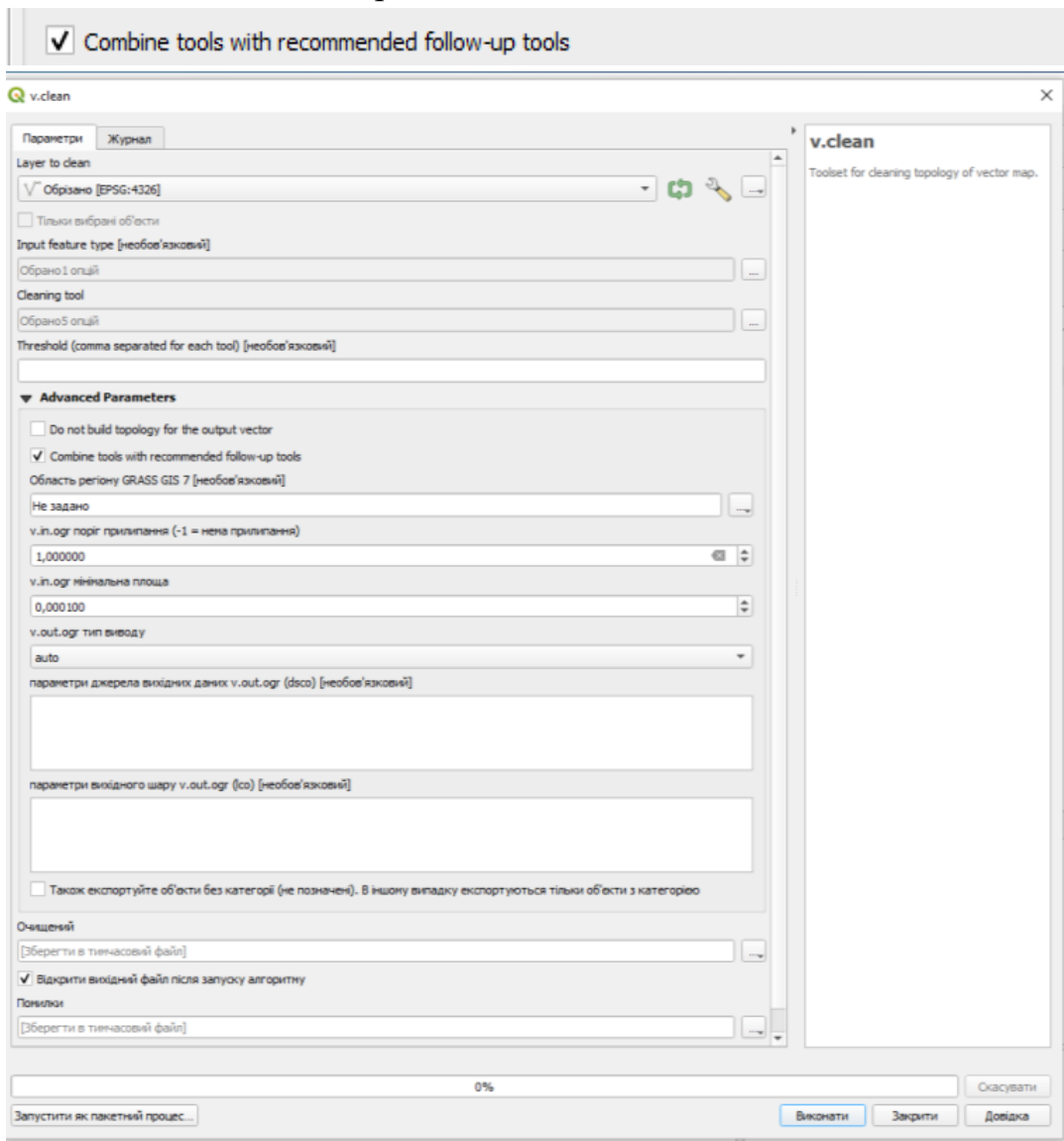


Рис. 3.29. Основні налаштування інструменту GRASS v.clean

Перейдемо до очищеної геометрії, шару Очищений (cleaned)

Щоб впевнитися в правильності отриманих даних, побудуємо точки в місцях перетину осей.

Використання інструменту Line Intersection рис. 3.30.

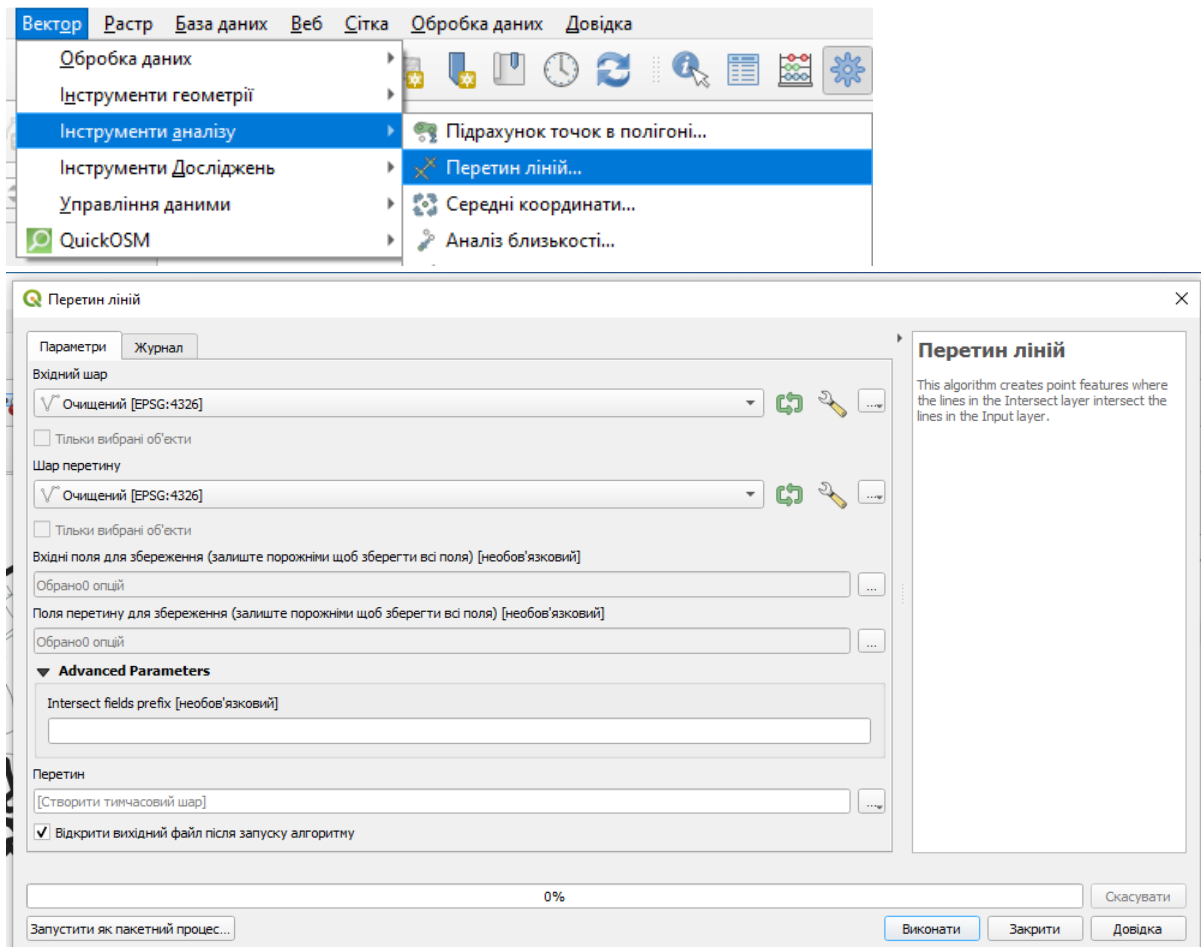


Рис. 3.30. Інструменту Line Intersection

Переглянемо результат, там де є перетин, утворилася точка (рис. 3.31)

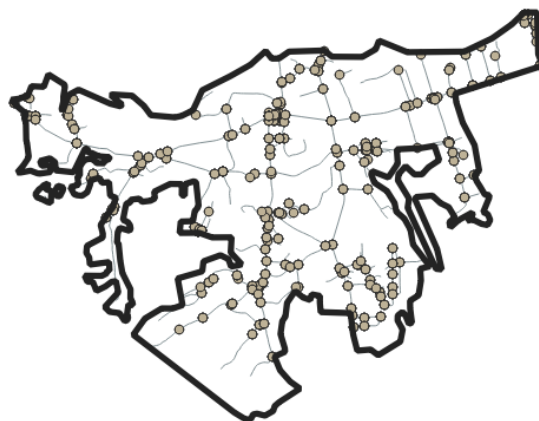


Рис.3.31. Точки на перетинах

Збереження осей в базу даних. Конвертуємо дані у потрібну систему координат 5564 (рис. 3.32).

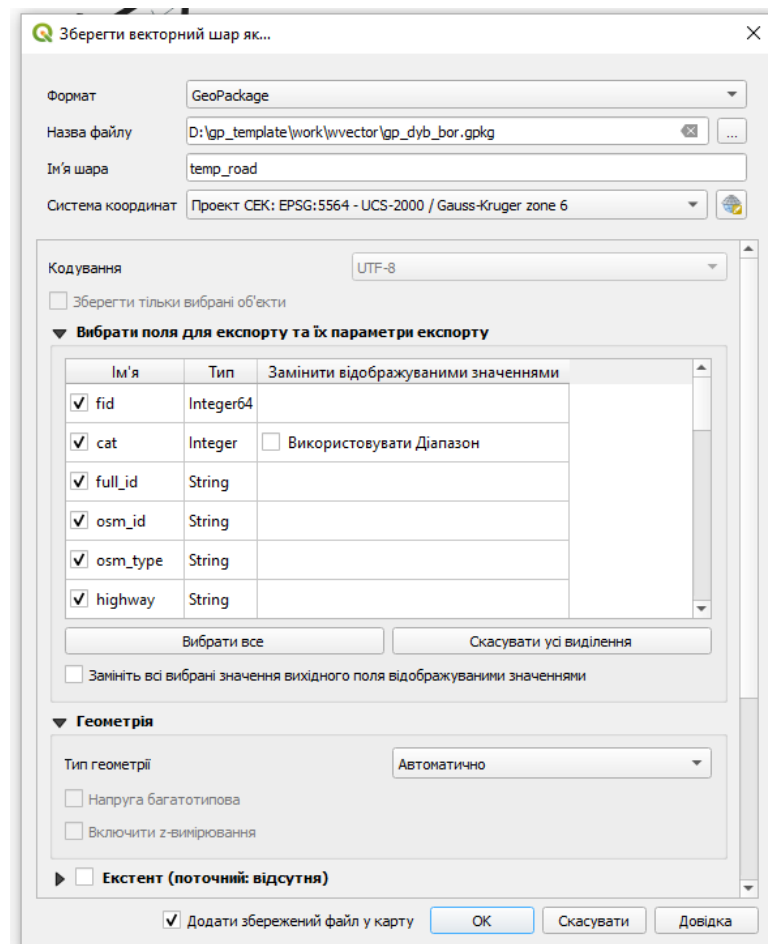


Рис. 3.32. Збереження осей в БД.

Створимо копію шару вулиці і дороги в нашій БД (рис. 3.33)

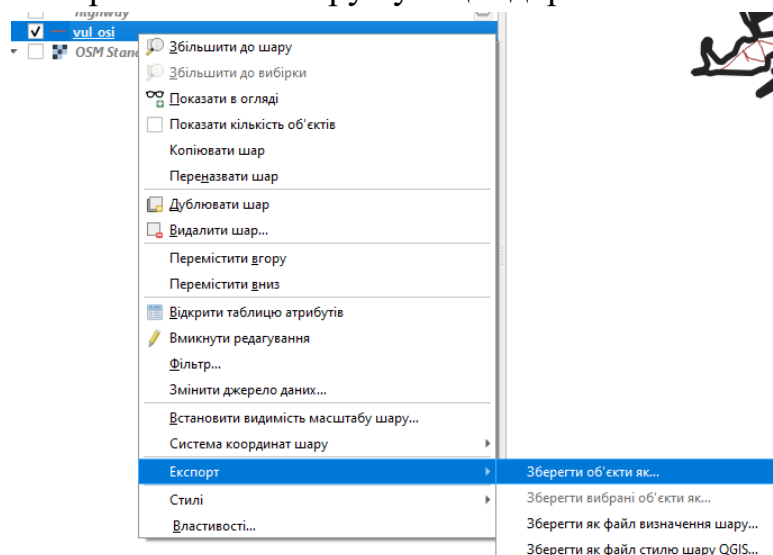


Рис. 3.33. Створення копії шару.

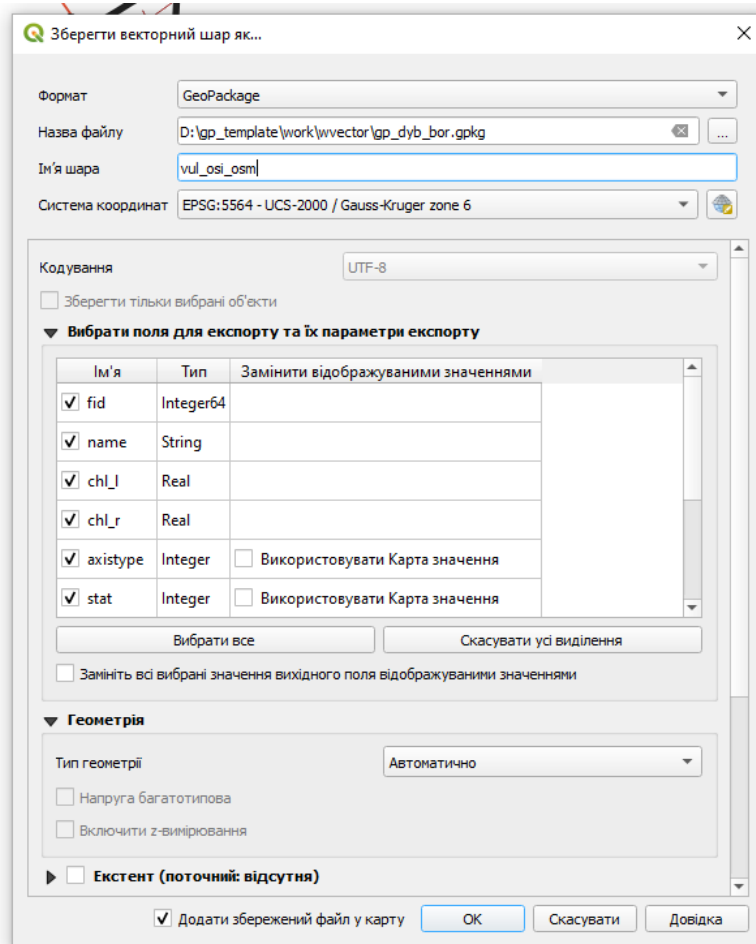


Рис. 3.33. Створення копії шару.

Видалимо з цього шару всі осі. При копіюванні шару стилі не скопіювалися, тому перенесемо сюди стилі (рис.3.34).

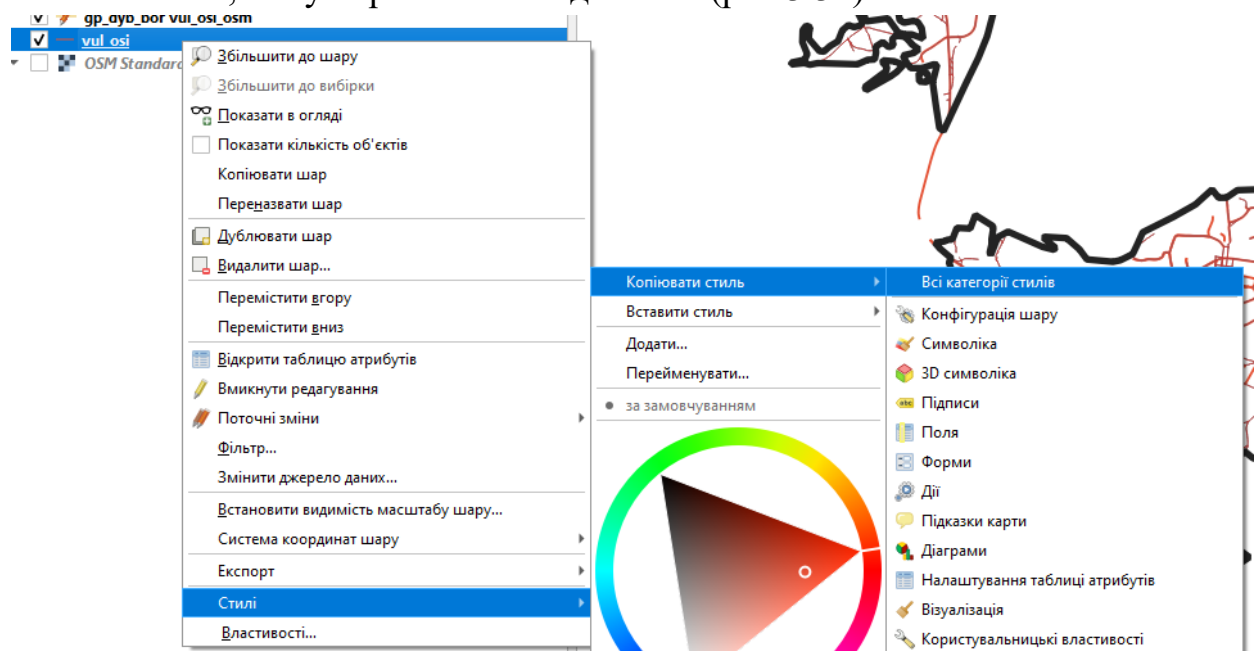


Рис. 3.34. Перенесення стилів.

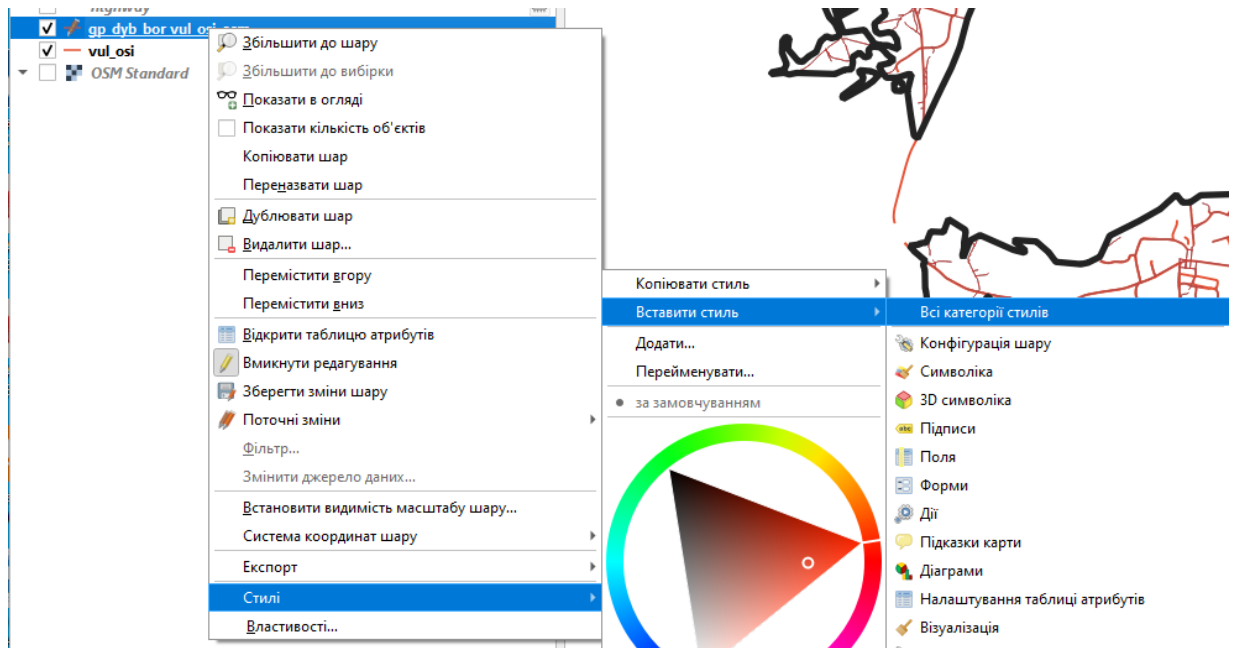


Рис. 3.34.Перенесення стилів

Перенесемо не всі осі в нашу базу, а лише потрібні residential. Перейдемо в діалог виразів (рис. 3.35).

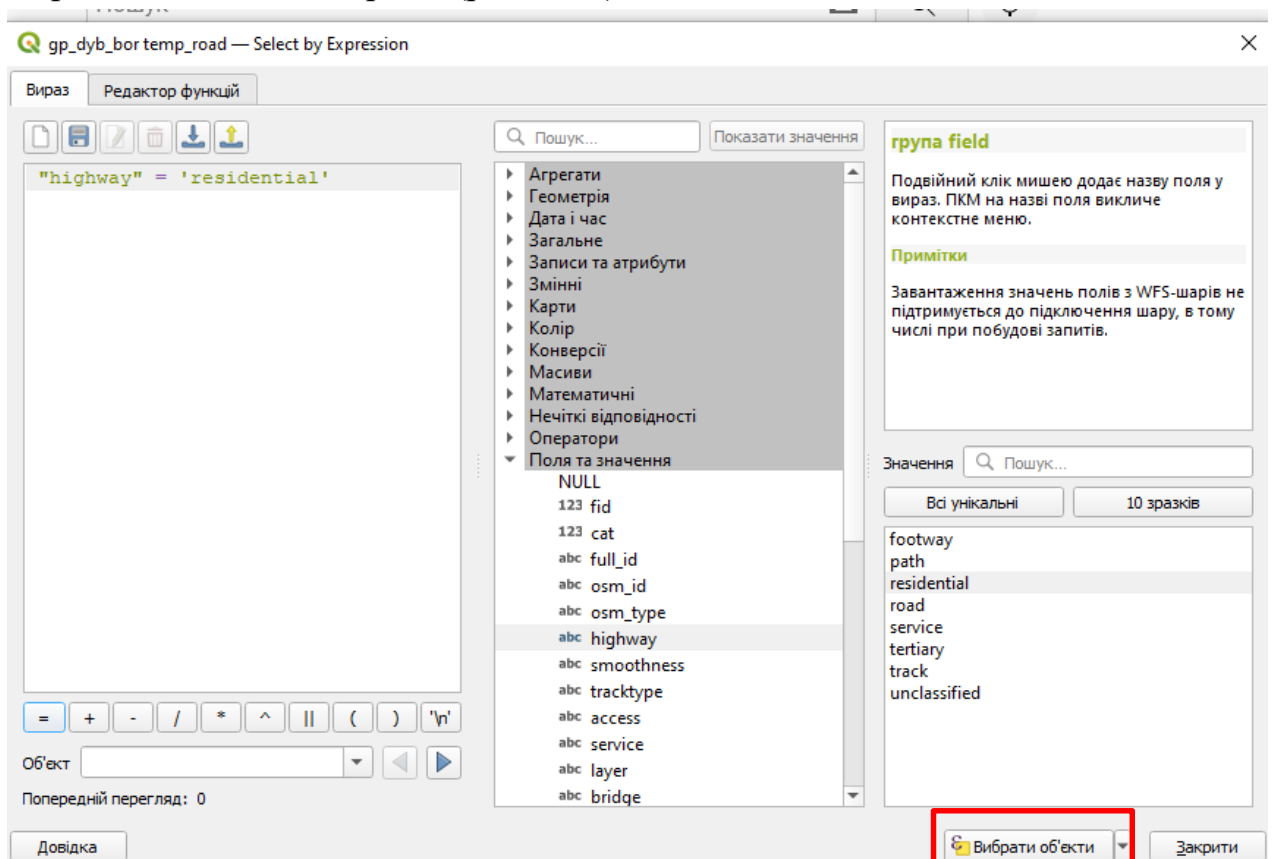


Рис. 3.35.

Вибираємо ці осі, копіюємо і вставляємо в нашу табл., змінюємо атрибути вставлених осей на існуючі та Житлова (рис. 3.36).

Ключове поле	Автогенерувати
Назва	NULL
Ширина червоних ліній (зліва)	NULL
Ширина червоних ліній (зправа)	NULL
Тип осі дороги	Житлова
Статус	існуючий
Довжина	NULL
Дата/Час редагування	
Користувач	Ira

Рис. 3.36

Перенесемо інші потрібні (рис. 3.37)

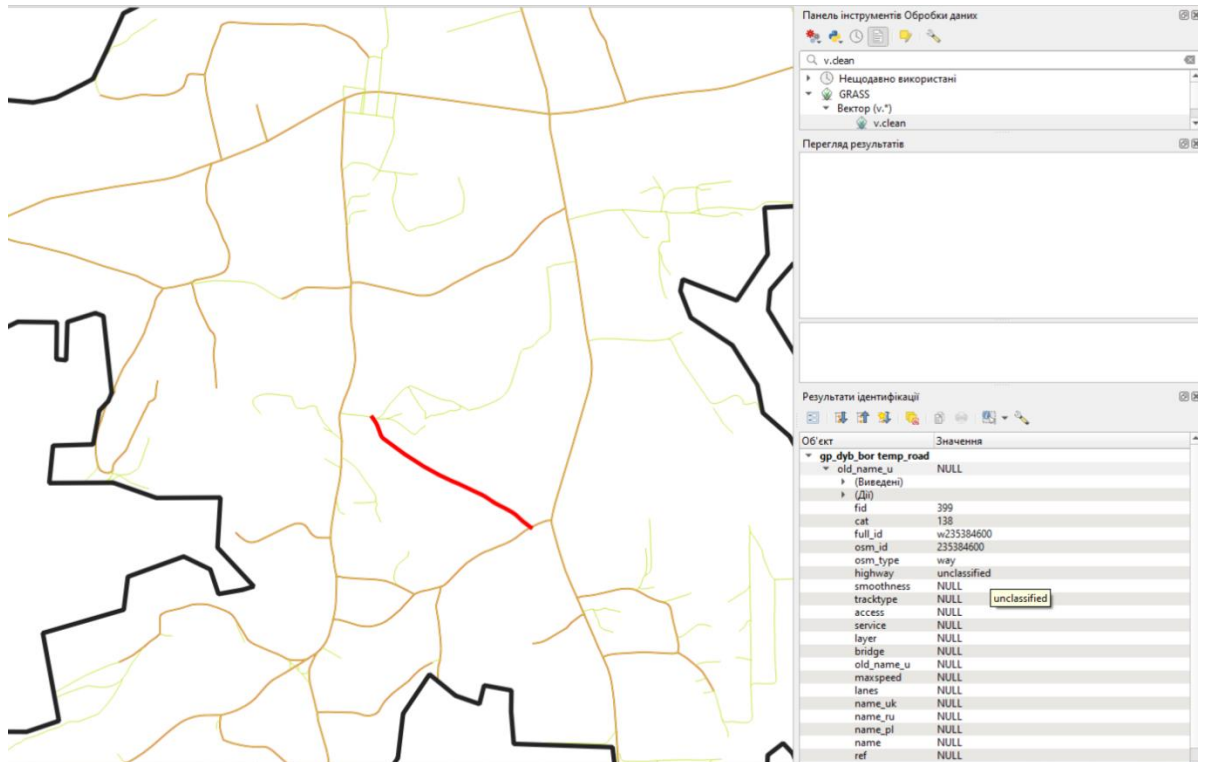
Вираз Редактор функцій

```
"highway" in ('road', 'tertiary')
```

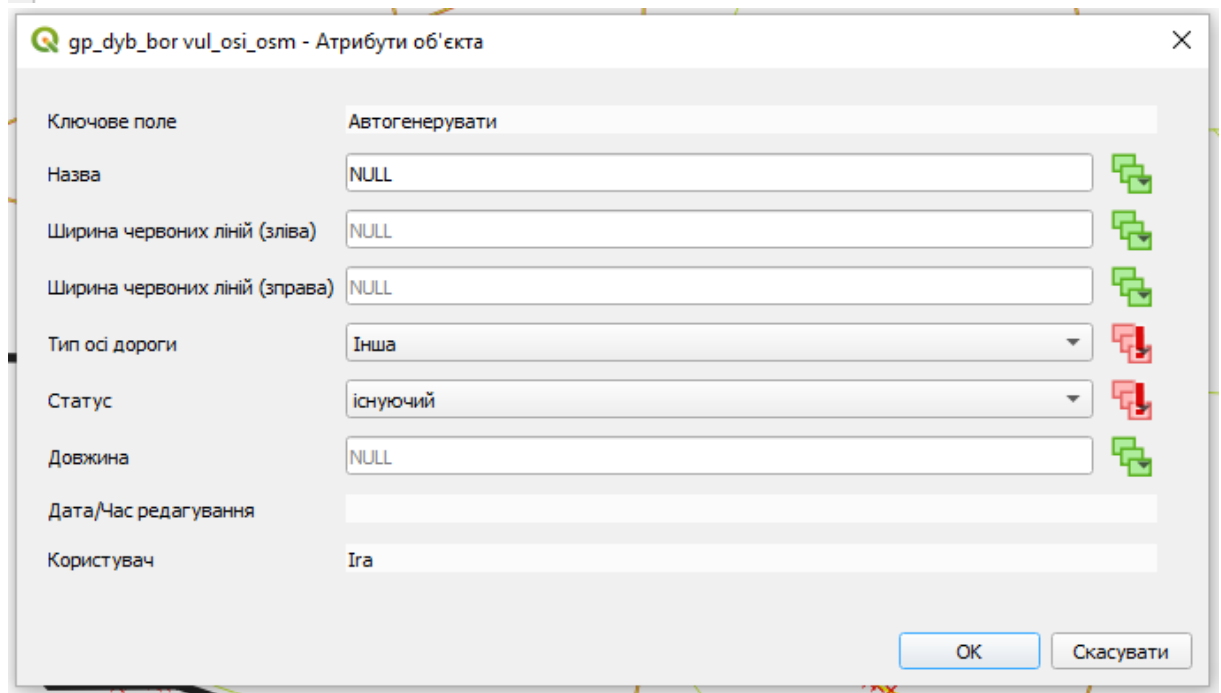
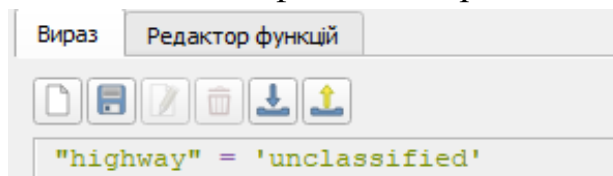
Ключове поле	Автогенерувати
Назва	NULL
Ширина червоних ліній (зліва)	NULL
Ширина червоних ліній (зправа)	NULL
Тип осі дороги	Місцевого, сільська
Статус	існуючий
Довжина	NULL
Дата/Час редагування	
Користувач	Ira

Рис. 3.37.

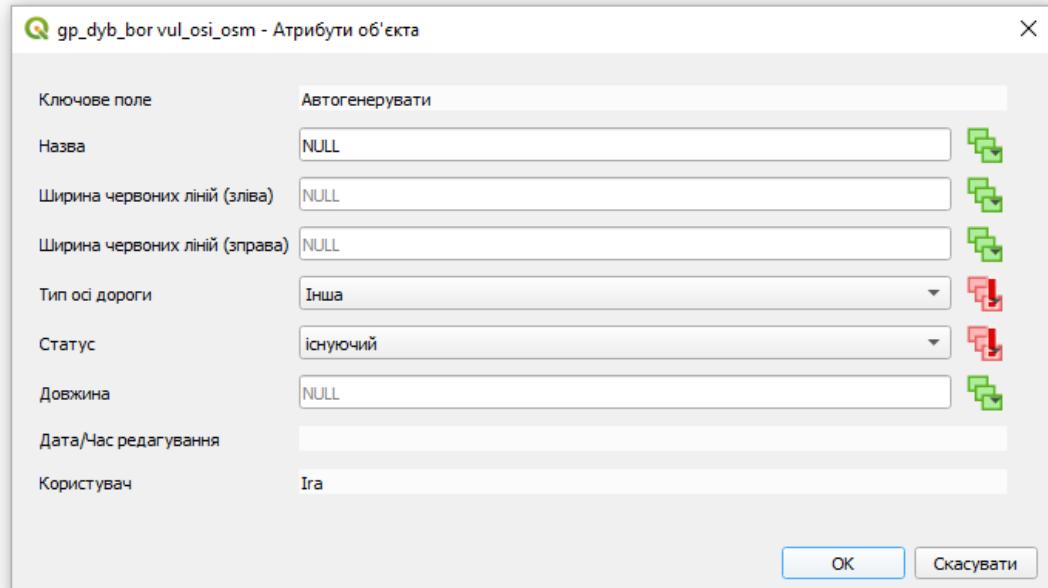
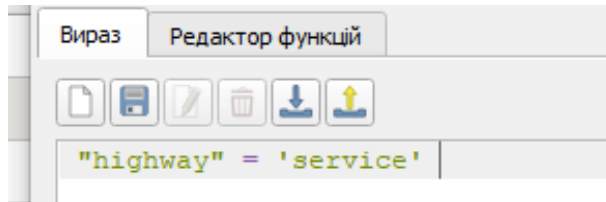
Приберемо всі виділення на карті та переглянемо чи всі потрібні осі перенесли.



Можемо побачити що деякі потрібні нам вулиці не перенеслися, вони називаються некласифіковані, перенесемо їх.

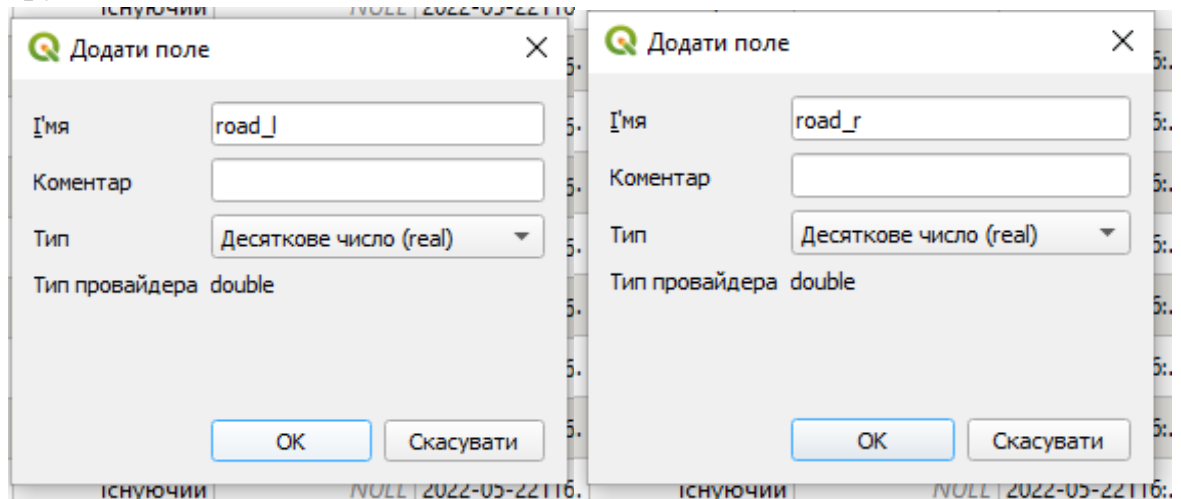


Перенесемо ще сервісні дороги:



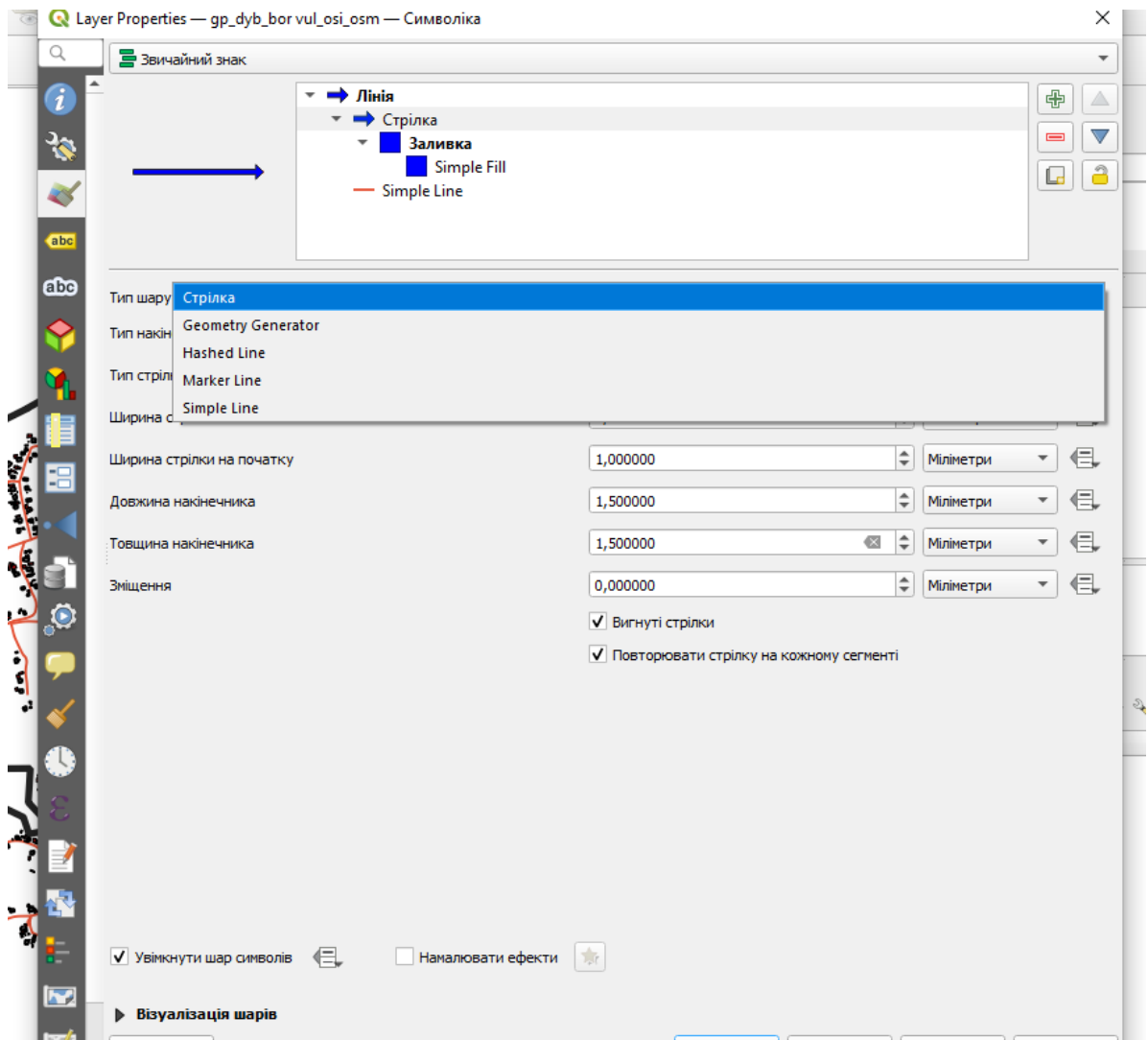
Підготовка до побудови червоних ліній

Додамо два нові поля атрибутів для ширини проїзної частини ліворуч і праворуч:

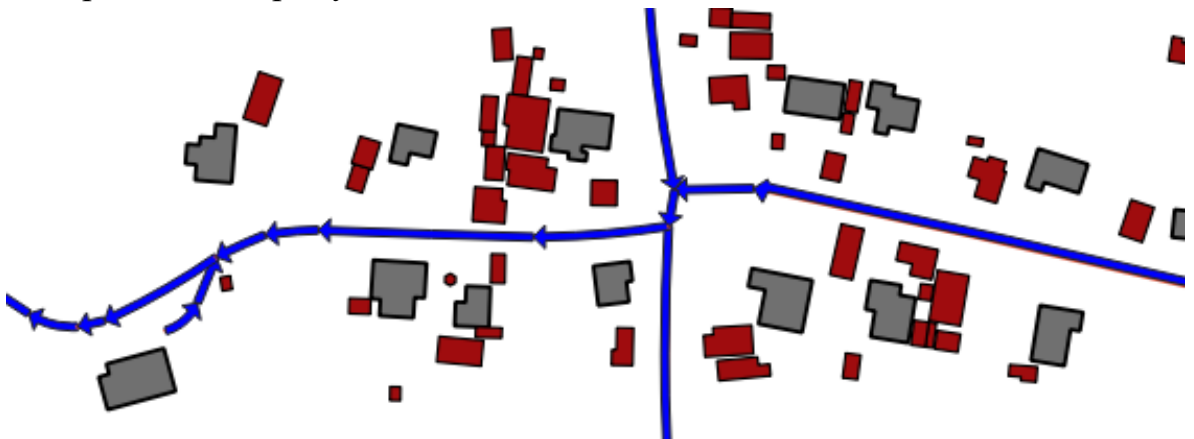


Задамо їм псевдонім: проїж_ліво, проїж_право.

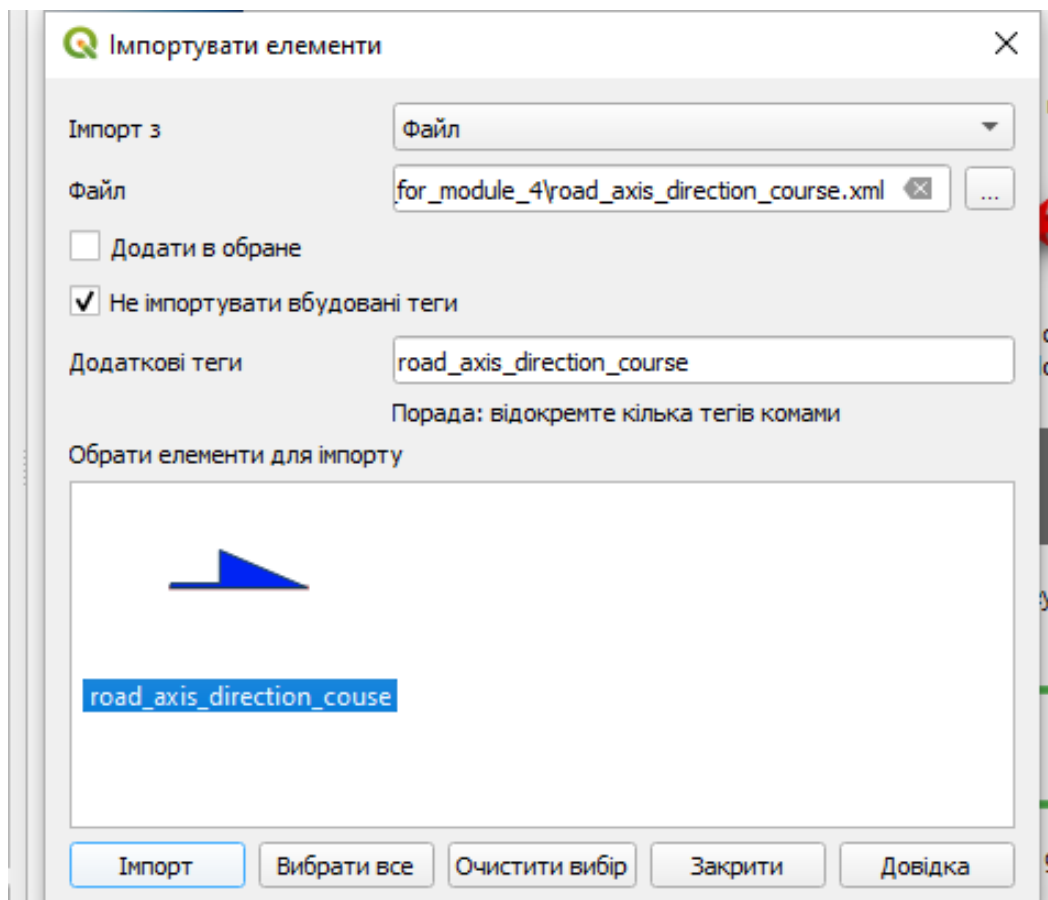
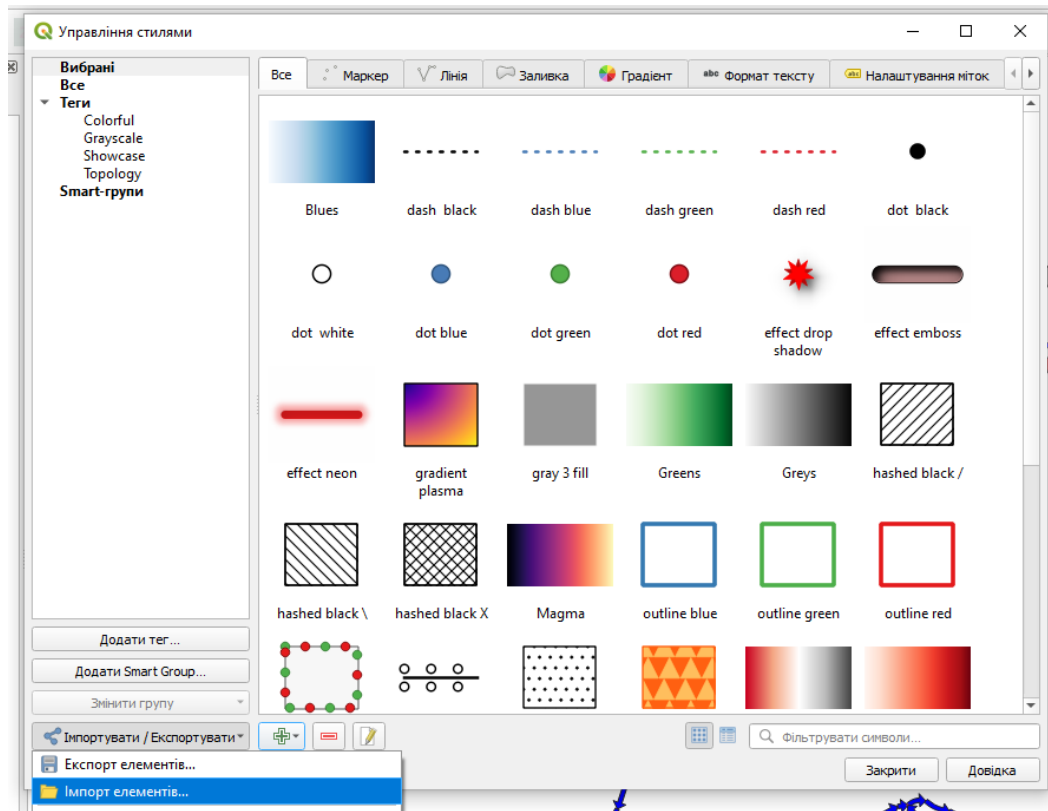
Як визначити де ліва та права сторона для осі. По спрямуванню створення лінії (від початку до кінця). Перейдемо до властивостей шару осей, та оберемо стрілку:



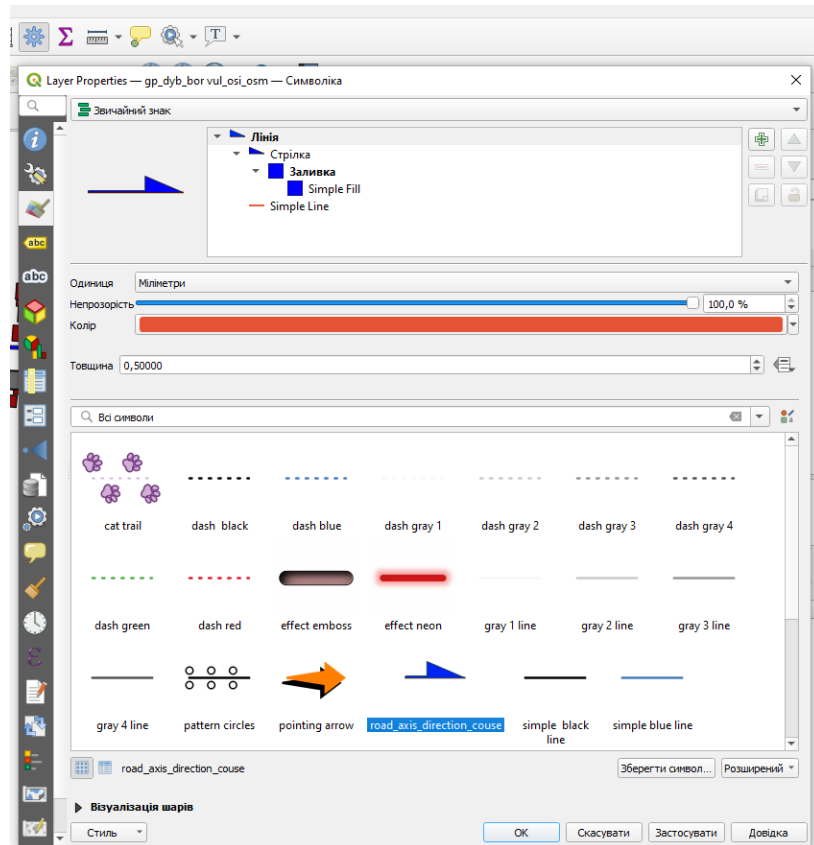
Тепер бачимо спрямування осі:



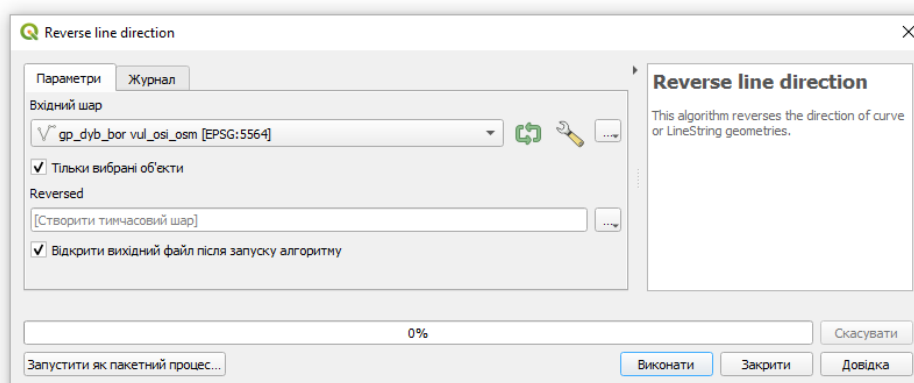
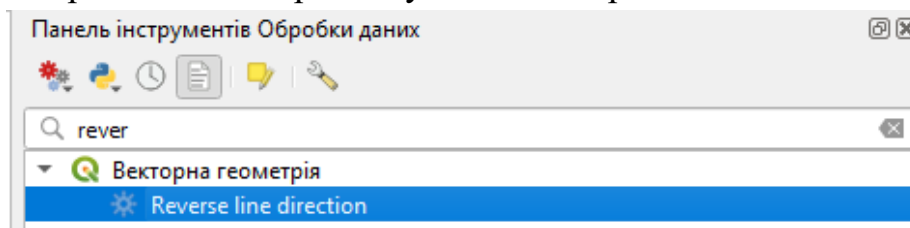
Або підвантажимо умовний знак з вихідних даних:



Підключимо його до осей:



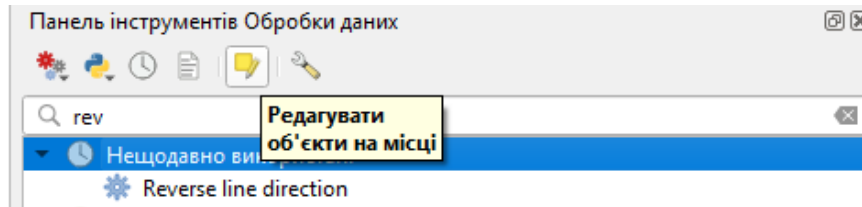
Як змінити спрямування лінії на протилежне - reverse line direction
Накреслимо для прикладу лінію в стороні.



Скопіюємо стиль символіки в створений шар і побачимо що напрямок зміниться:



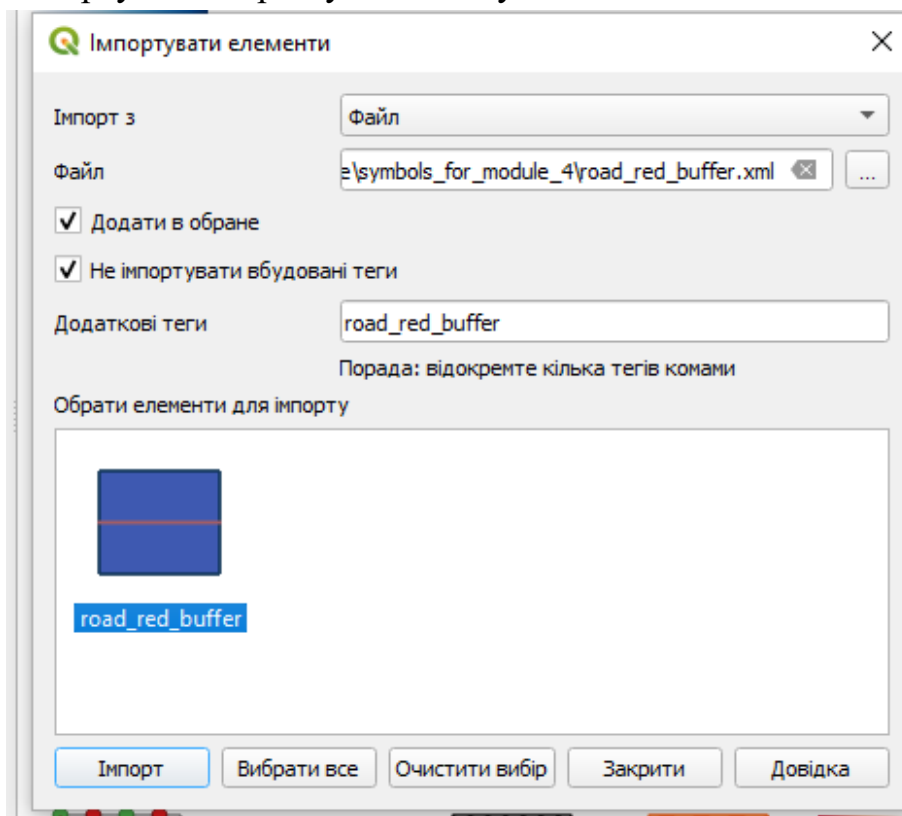
Застосування функцій Processing Toolbox одразу до об'єктів шару - режим "Edit Features in Place" – внесення змін в даний шар без створення нового.



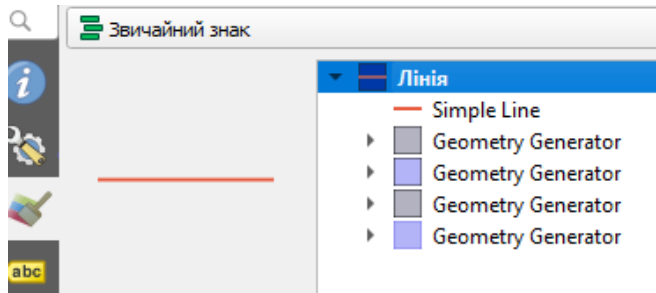
Видалимо тестову лінію і тимчасовий шар.

Внесення атрибутів для осей та підключення додаткової символіки, яка візуалізує ширину проїжджої частини та червоних ліній за атрибутами

Імпортуємо потрібну символіку:



Присвоїмо символіку шару:

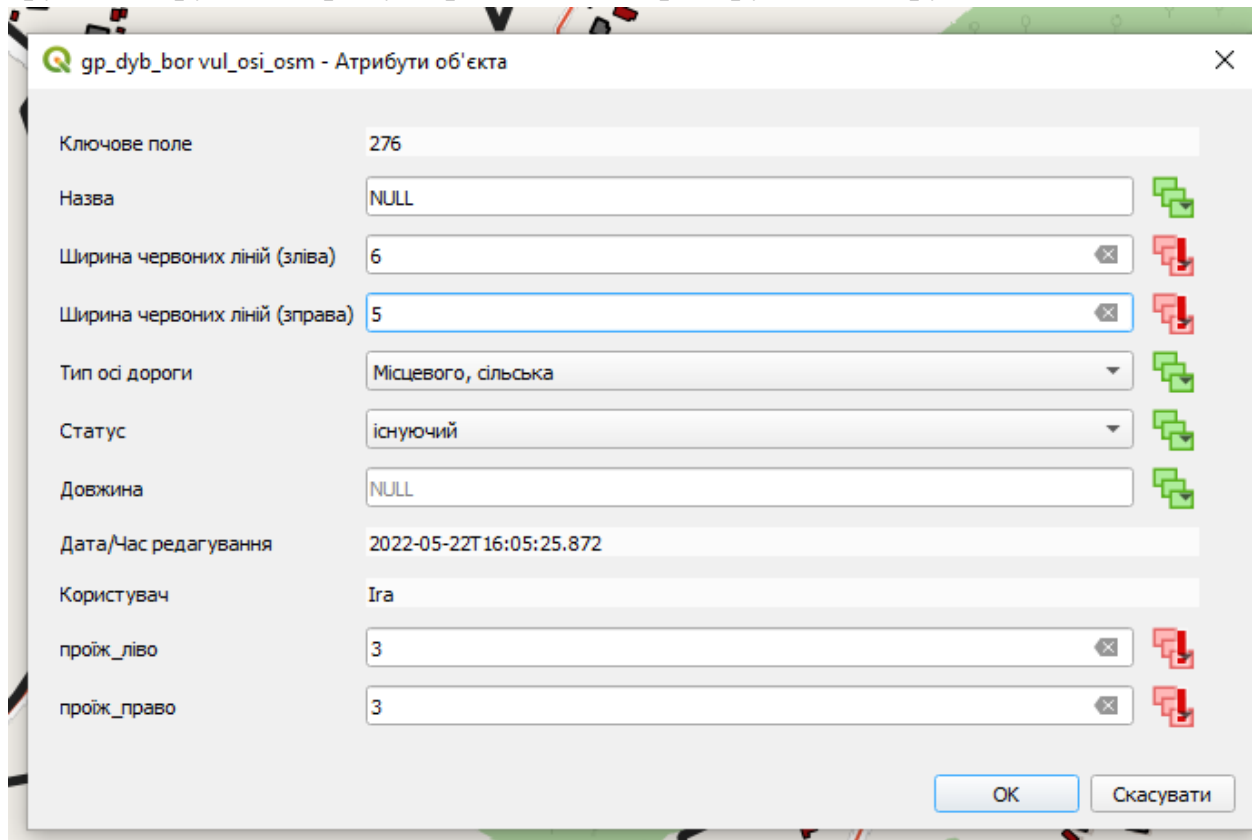


Ця символіка складається з 5 шарів,

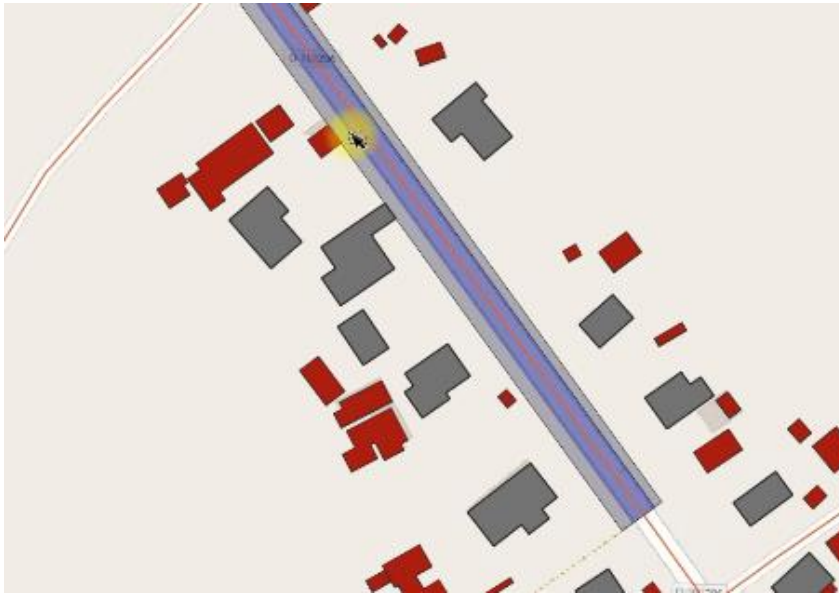
Перший – звичайна лінія. Всі інші – генератор геометрії

Два генератори геометрії відповідають за побудову полігонів шириною яка задана для червоних ліній і два – за побудову полігонів шириною яка задана в атрибутах для проїзної частини.

Давайте для однієї ділянки введемо ширину проїзної частини 3 м праворуч і ліворуч, а ширину червоних ліній праворуч 5 і ліворуч 6.

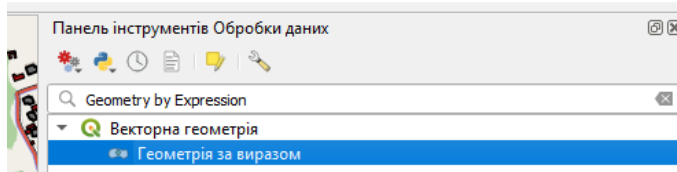


Та переглянемо візуалізацію осі:



Занесемо дані про розмір червоних ліній та проїзну частину в таблицю атрибутів.

Побудова полігону проїжджої частини на основі атрибутів осей
 Побудова лівої та правої сторони (полігонів) проїжджої частини з використанням - Geometry by Expression (геометрія за виразом)



Нанесення червоних ліній доріг

Нижче наведено вирази для інструменту "Geometry expression":

- для побудови буферу проїзної частини зліва від осі:

```
CASE WHEN "road_l" >0 THEN single_sided_buffer( $geometry, "road_l" , 30, 1) END
```

- для побудови буферу проїзної частини зправа від осі:

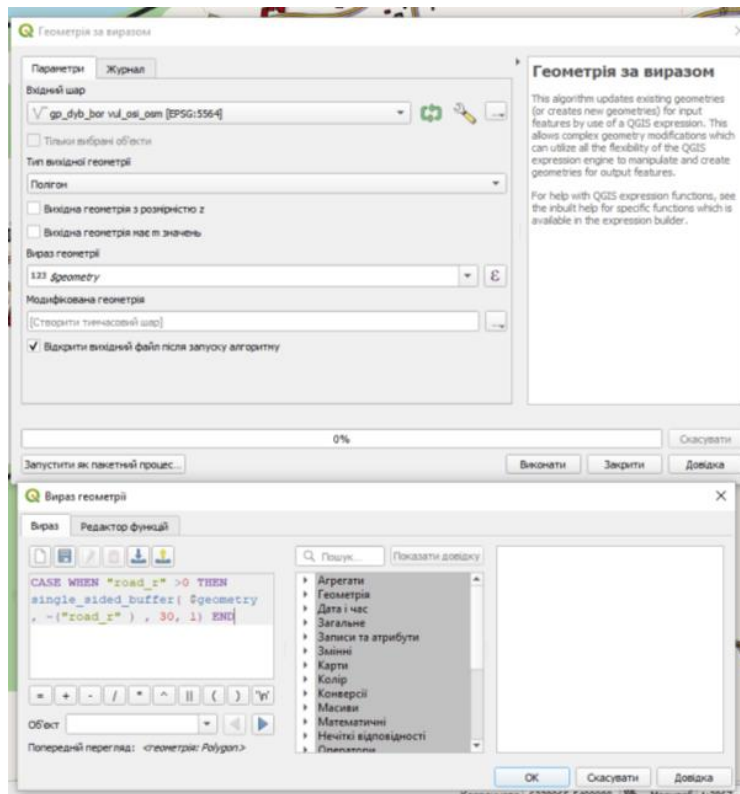
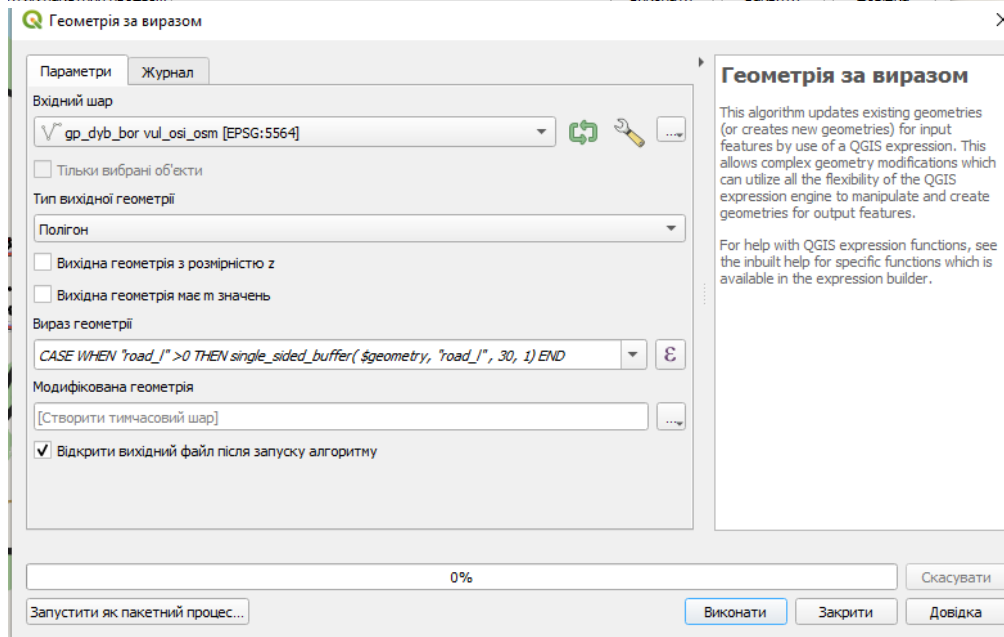
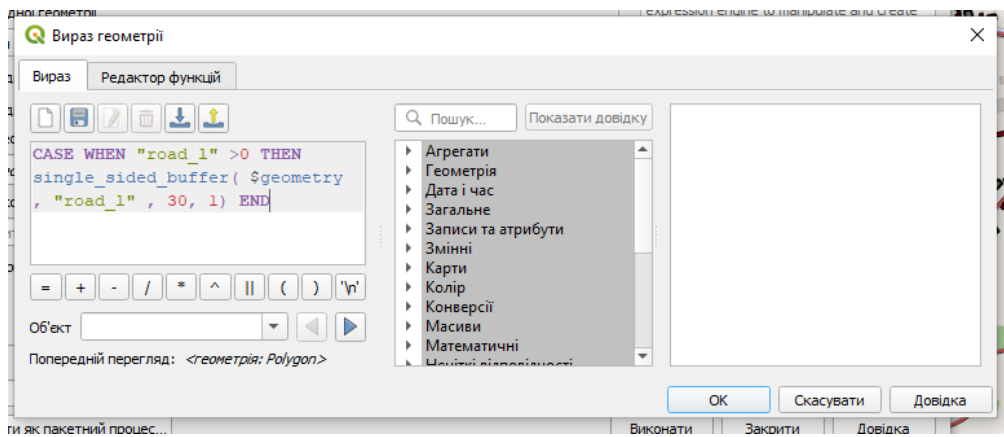
```
CASE WHEN "road_r" >0 THEN single_sided_buffer( $geometry, -("road_r" ) , 30, 1) END
```

- ❖ для побудови буферу червоних ліній зліва від осі:

```
CASE WHEN "chl_l" >0 THEN single_sided_buffer( $geometry, "chl_l" , 30, 1) END
```

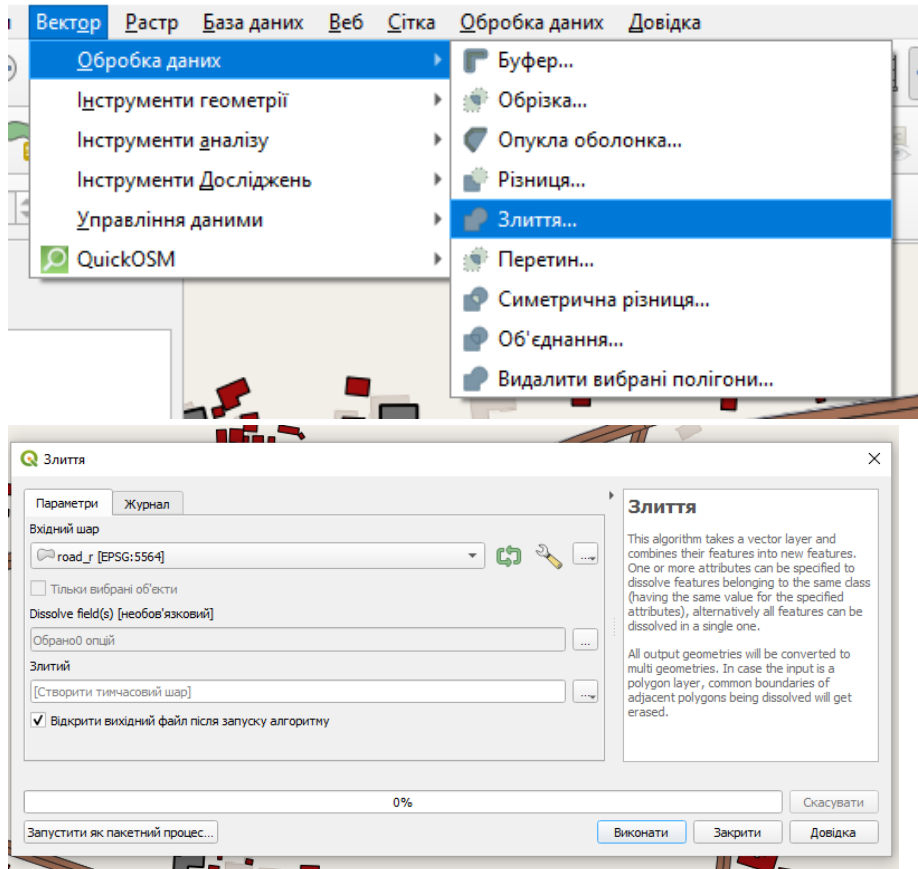
- ❖ для побудови буферу червоних ліній зправа від осі:

```
CASE WHEN "chl_r" >0 THEN single_sided_buffer( $geometry, -("chl_r" ) , 30, 1) END
```

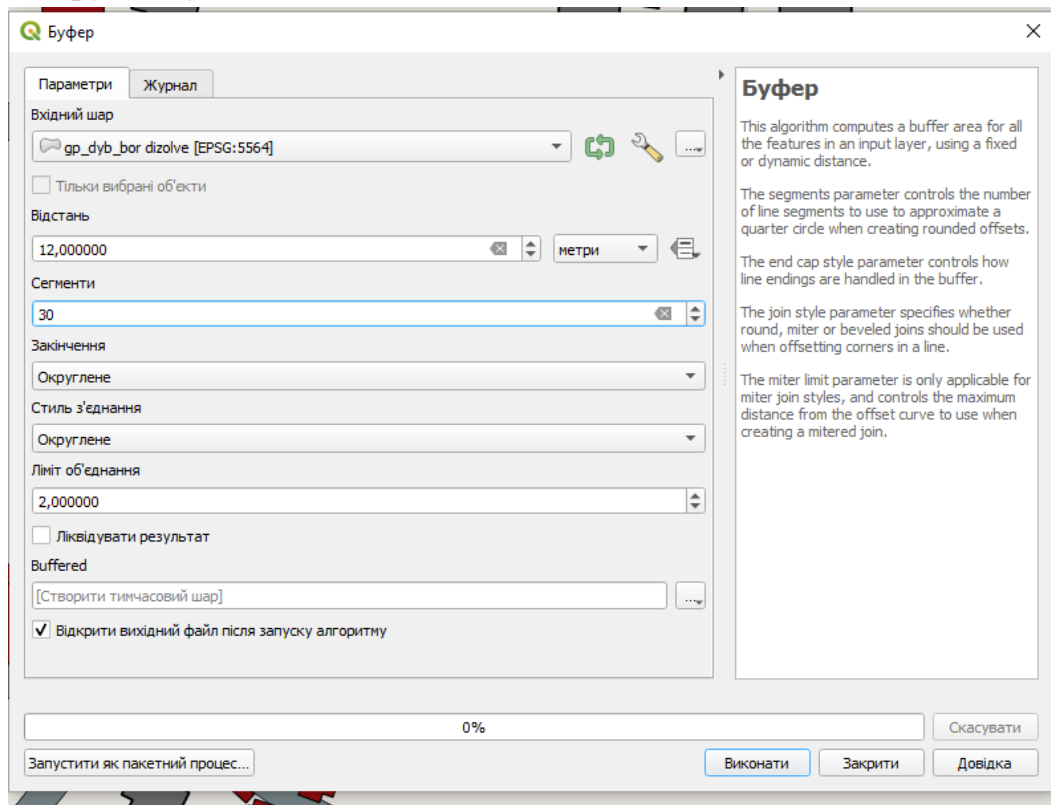



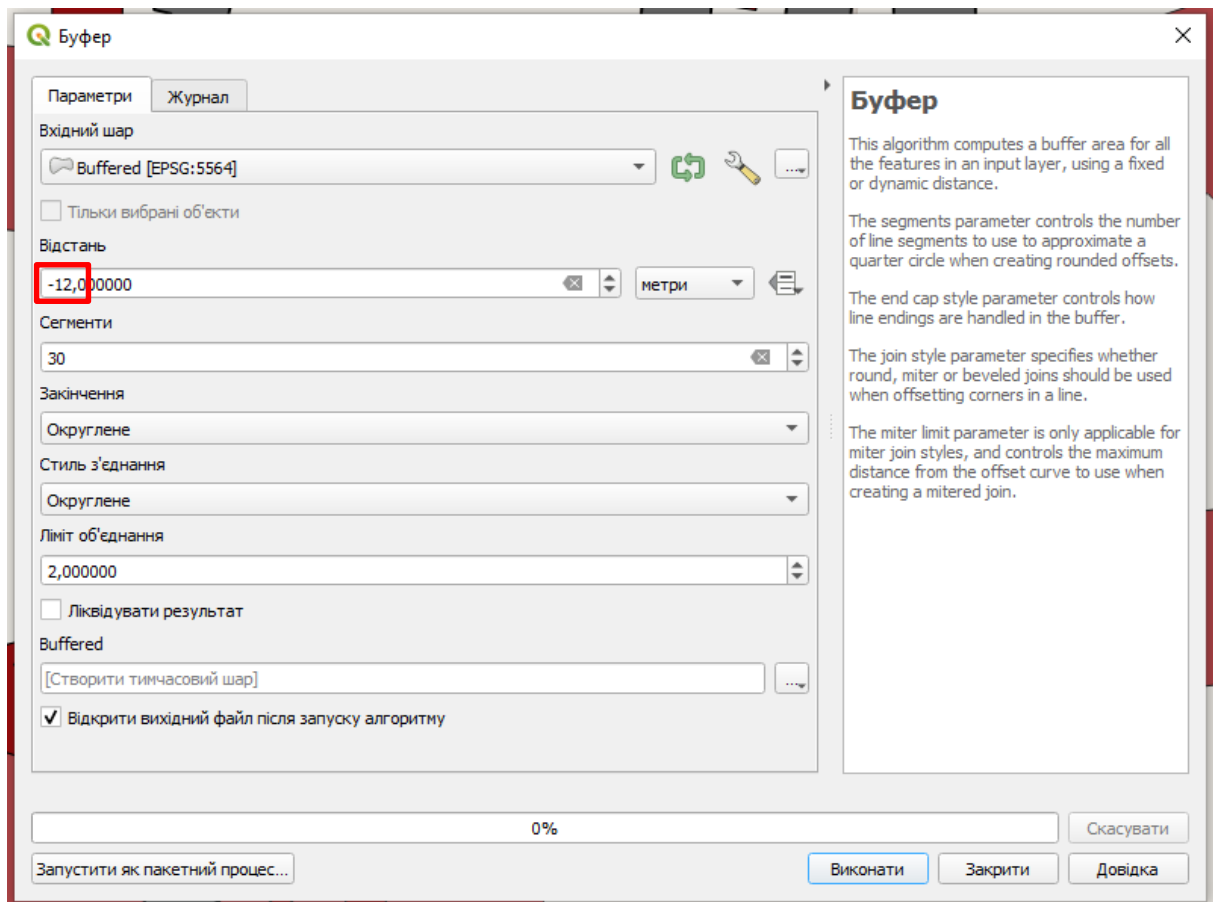
Скопіюємо всі полігони з road_1 в road_r.

Злиття всіх полігонів в один з використанням функції Dissolve

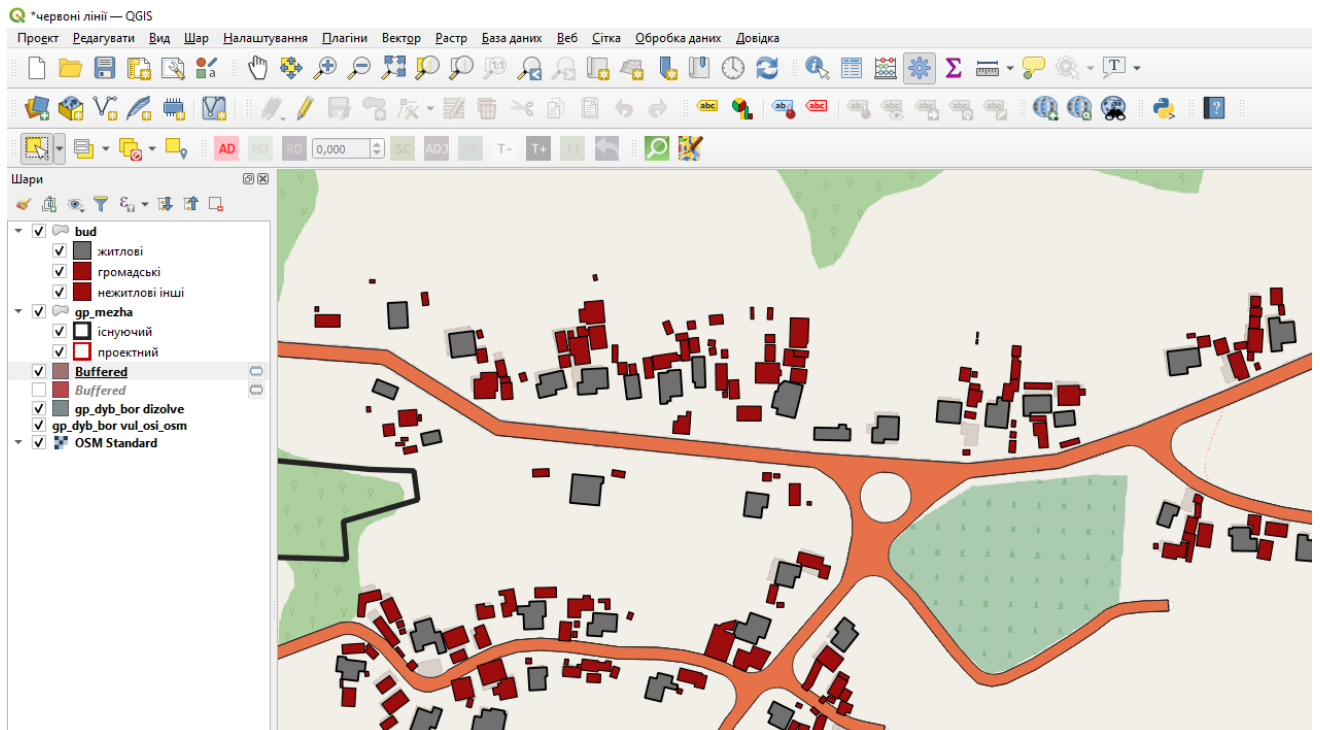


Створення заокруглення радіусом 12 м на перехрестях з використанням інструменту Buffer:

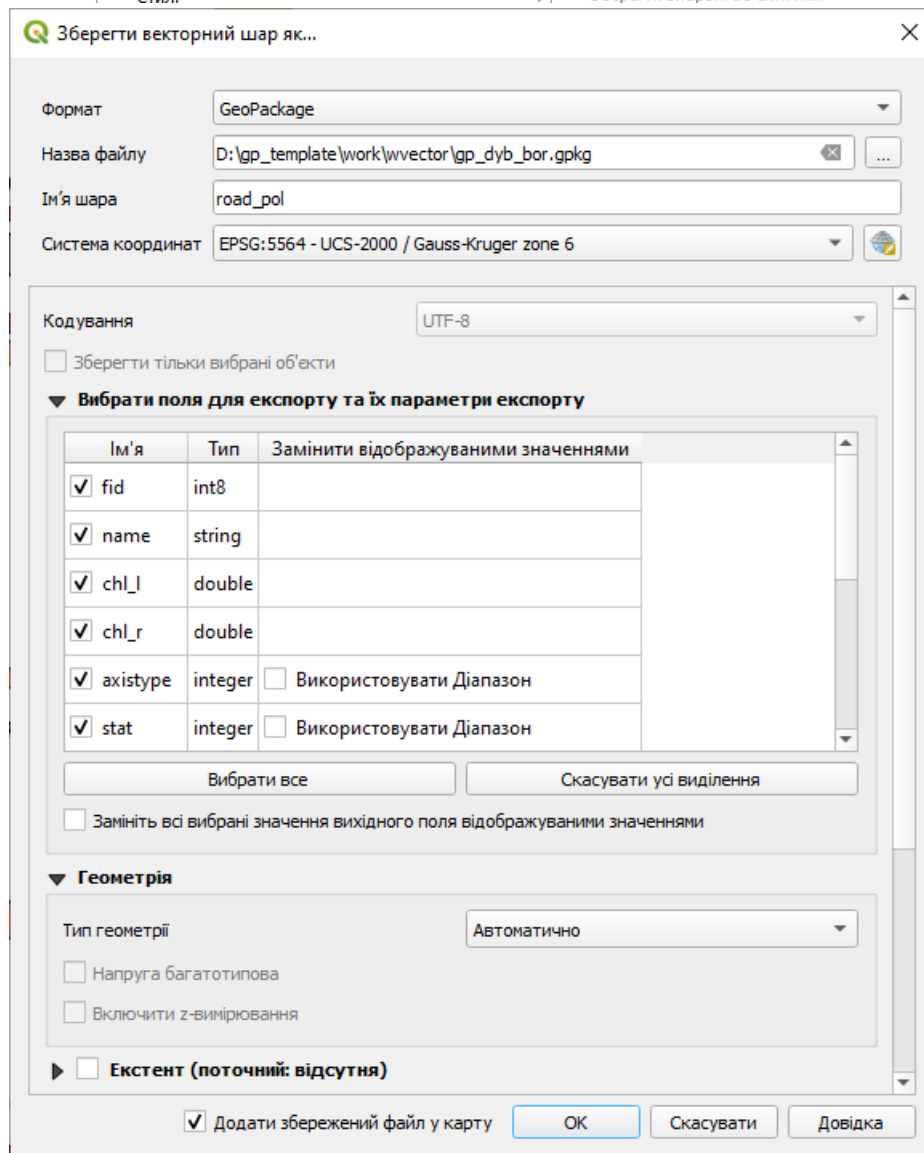
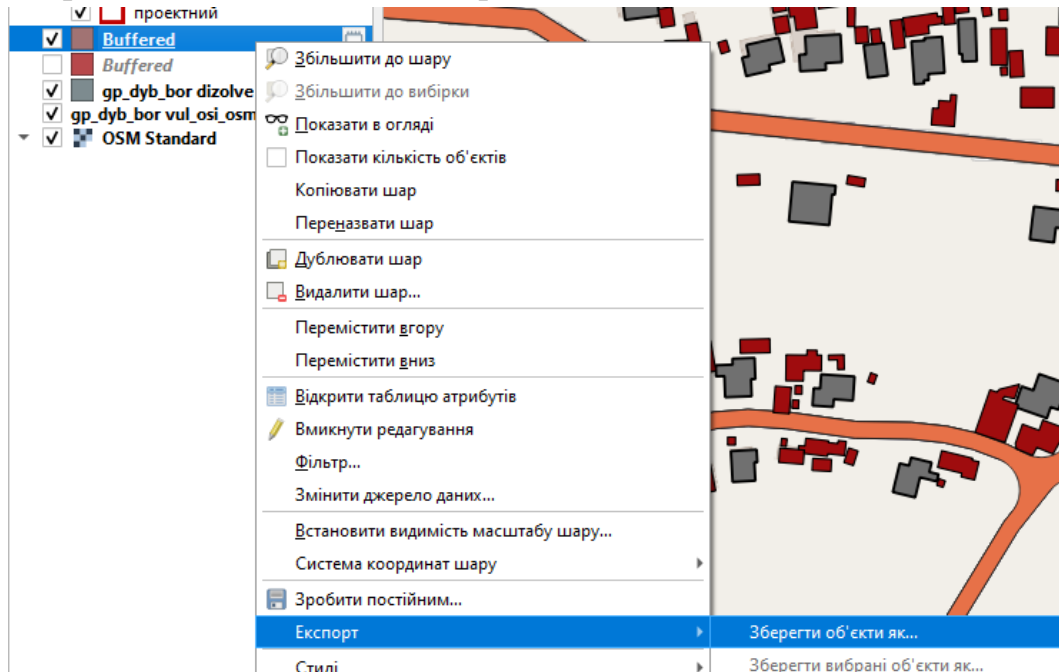




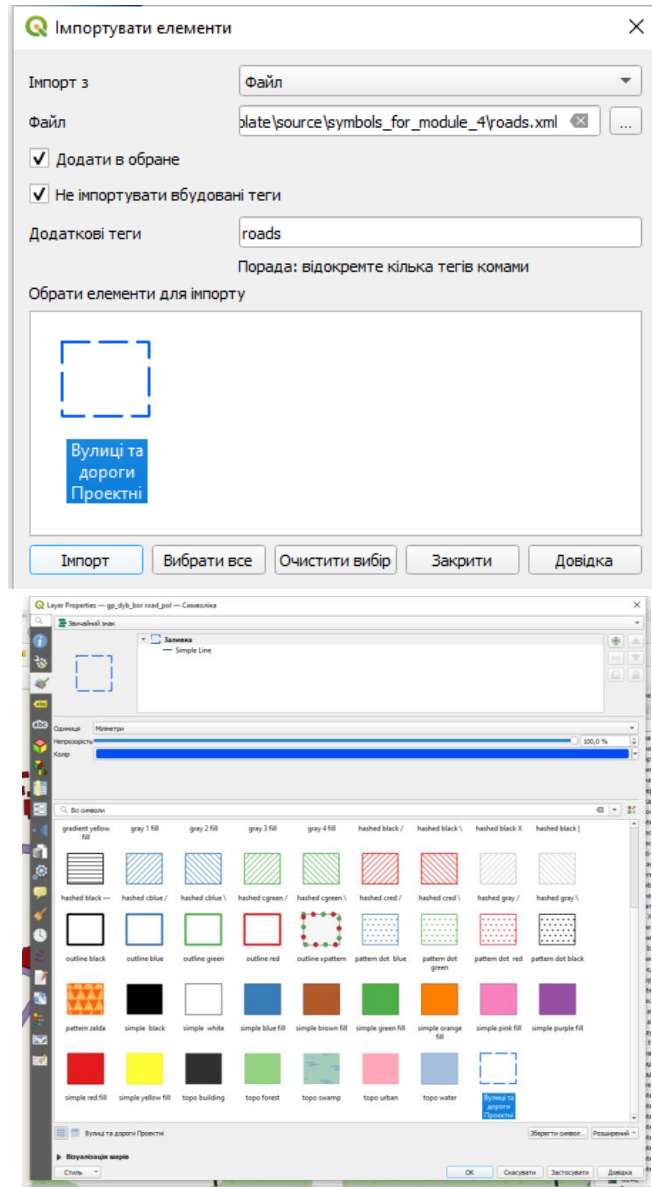
Отримаємо шар із заокругленнями на перехрестях радіусом 12 м:



Збереження полігонів доріг до бази даних та їх візуалізація



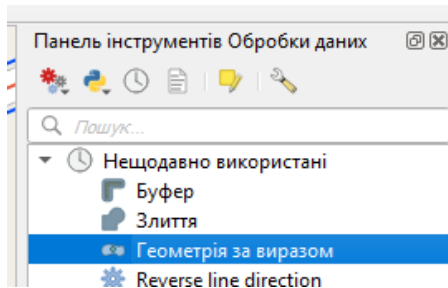
Підключимо умовний знак roads до шару з вихідних даних:



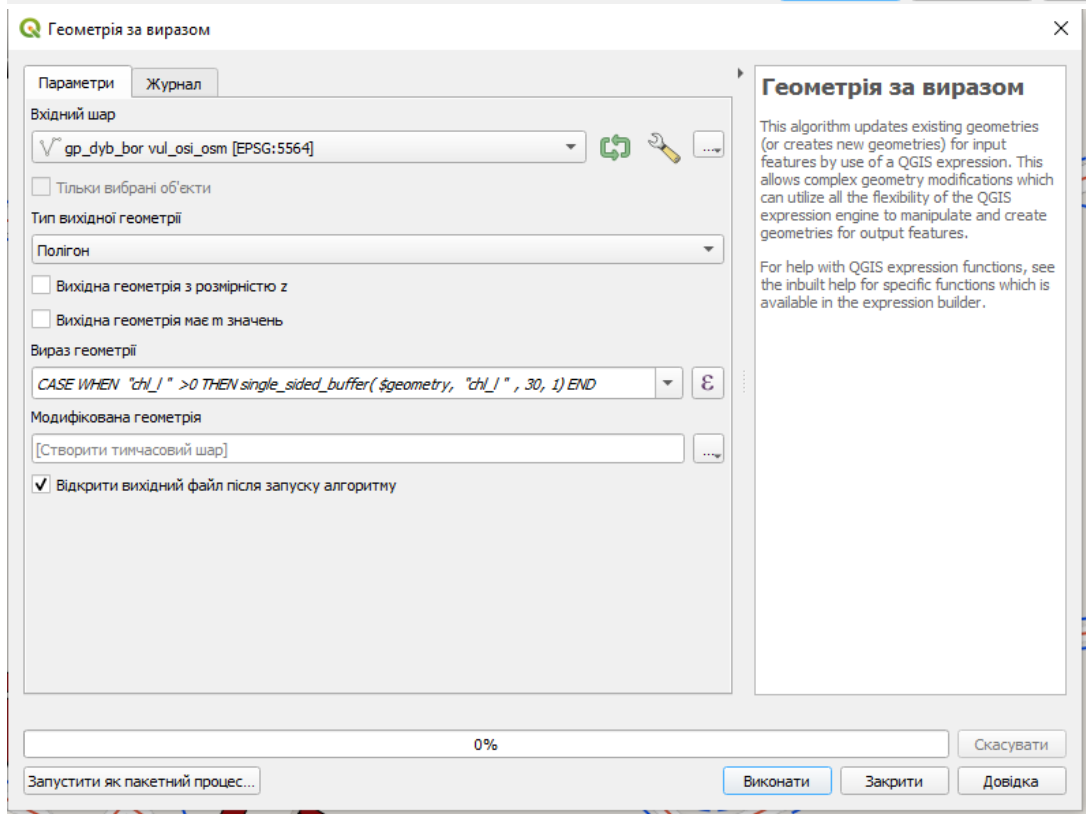
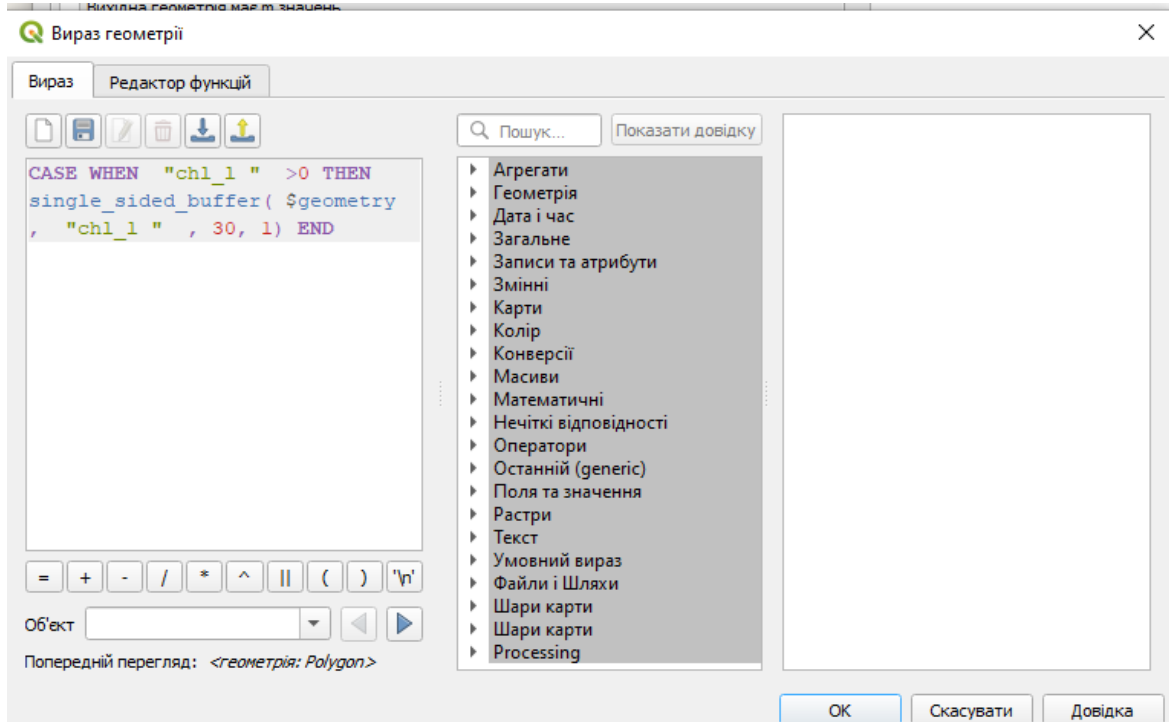
Отримаємо:



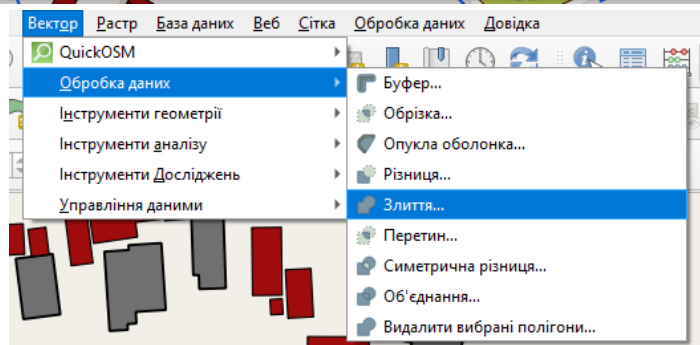
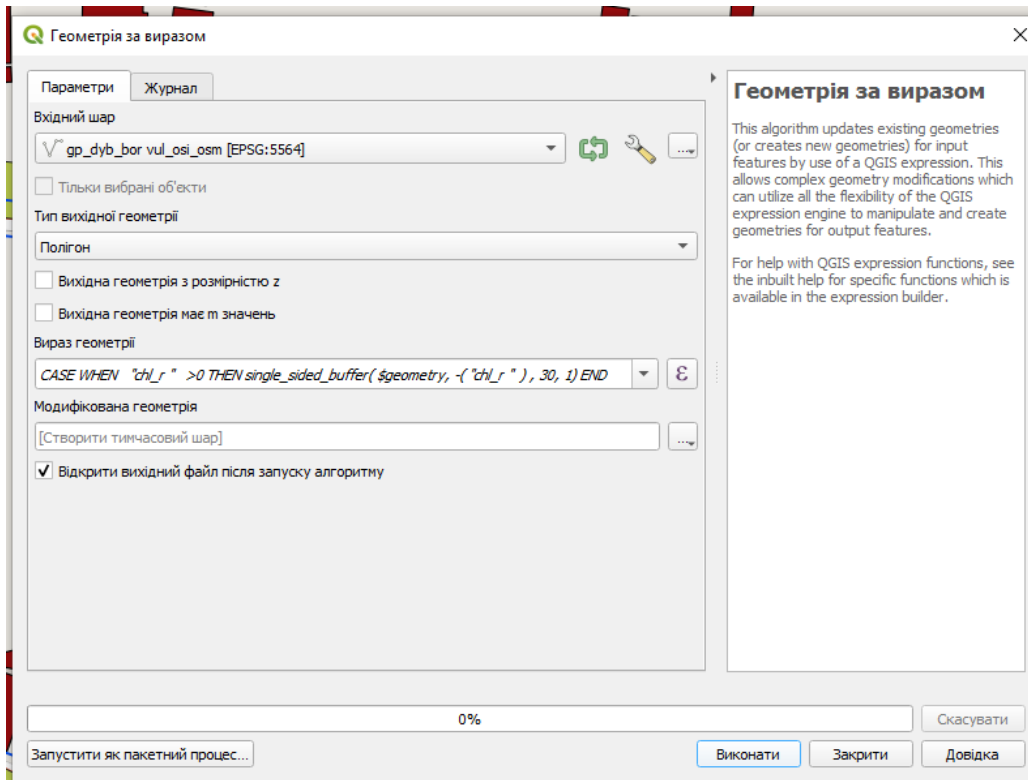
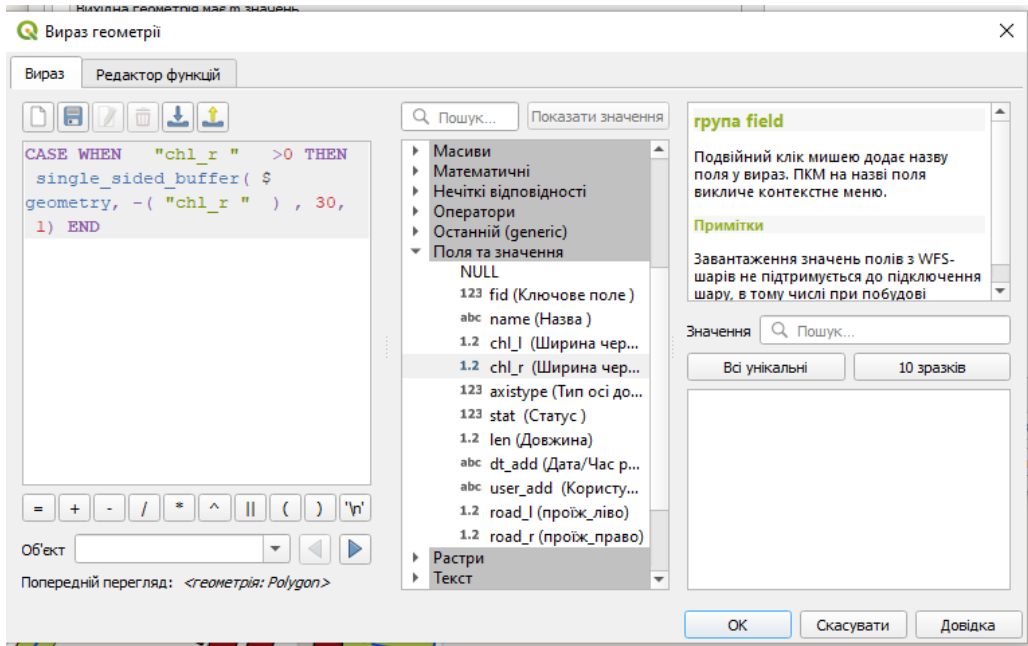
Побудова полігону червоних ліній на основі атрибутів осей

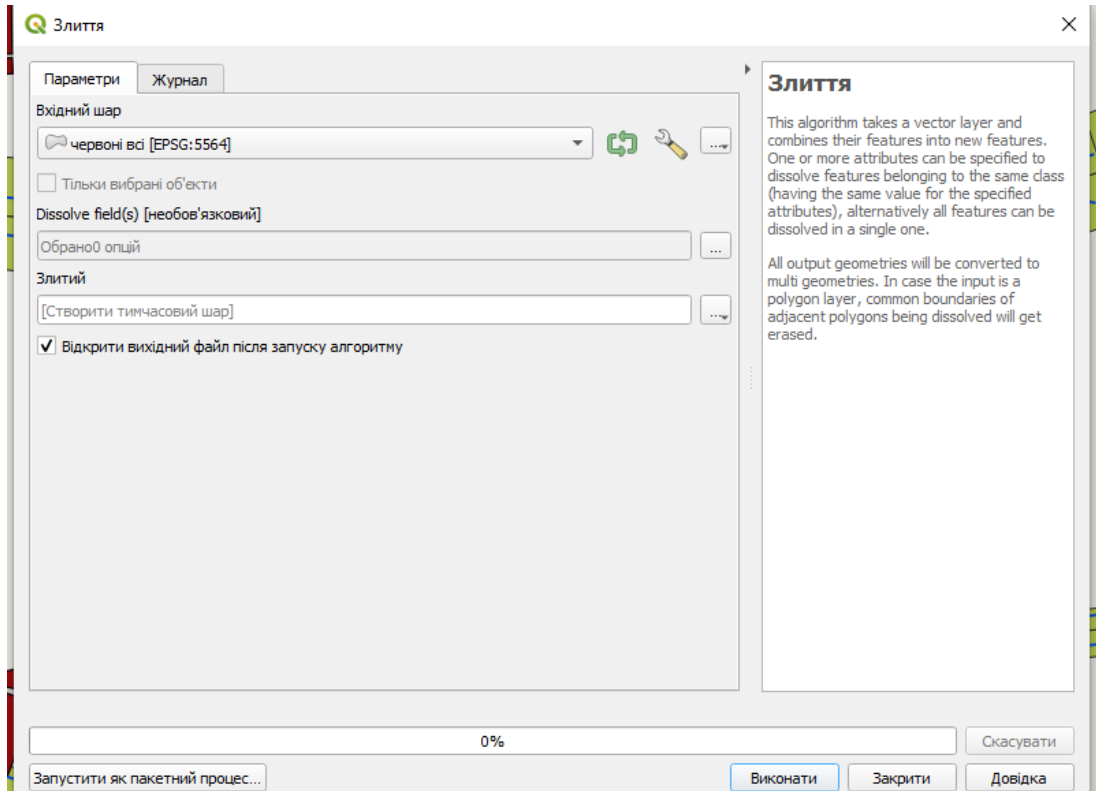


Червоні лінії ліворуч:

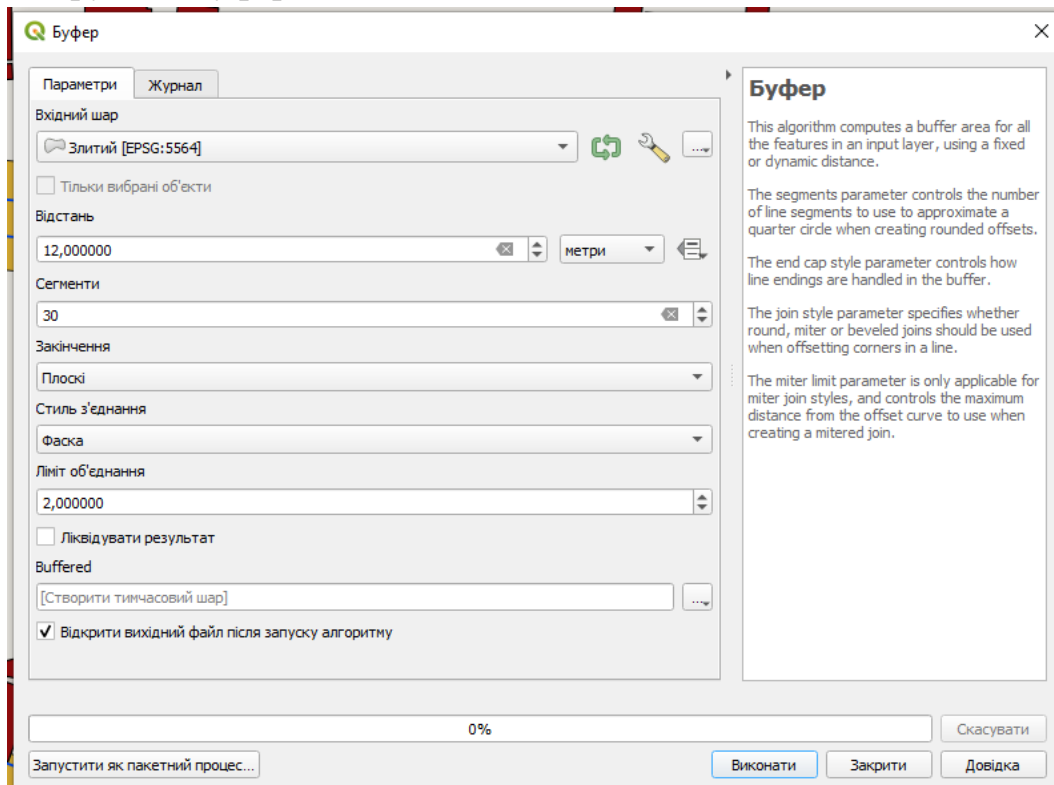


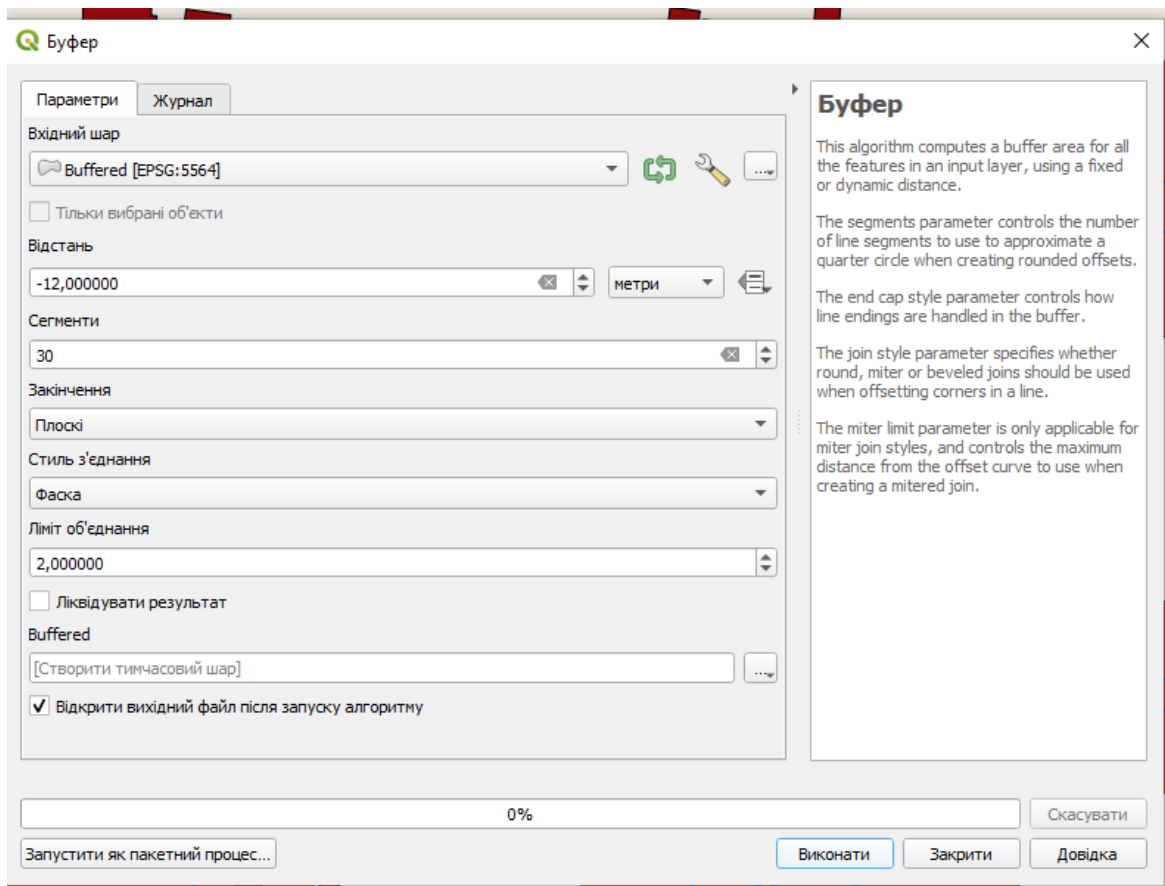
Червоні лінії праворуч:



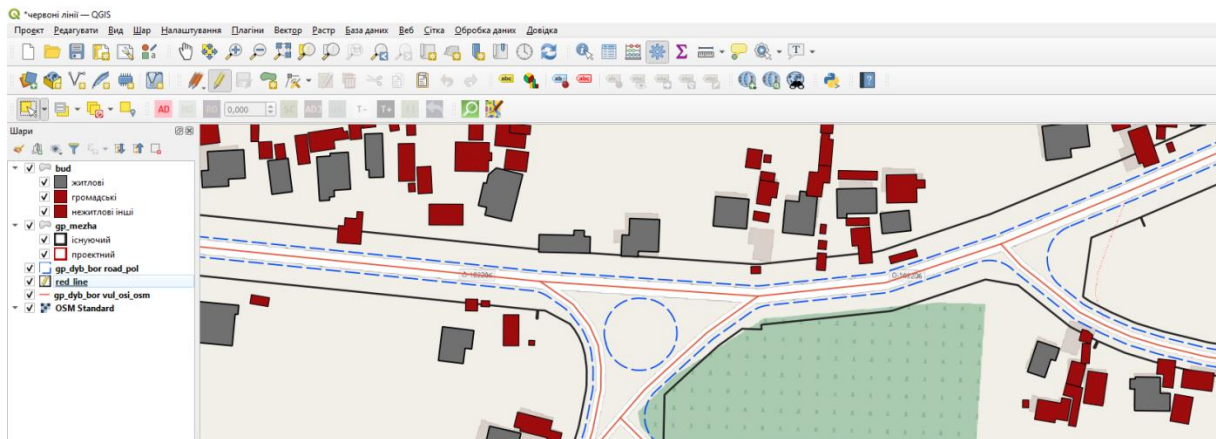


Тепер треба отримати на перехрестях фаски для цього виокристовуємо також інструмент буфер





Скопіюємо дані утвореного шару в шар нашої БД red line, отримаємо:



Висновки до третього розділу

1. Створено базу даних з умовними знаками Transport_networks в ГІС QGIS, яка складається з наступних шарів: автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів, спеціалізовані дороги та проїзди, польові та лісові дороги, мережа доріжок, які включають налаштовані таблиці атрибутивних даних відповідно до затвердженої Наказом Міністерства

розвитку громад та територій України структури 22 лютого 2022 року № 56.

2. Створено шари бази даних та символіку для об'єктів благоустрою автомобільних доріг та вулично-дорожньої мережі, зокрема станції технічного обслуговування, гаражі, автостоянки для постійного зберігання автомобілів, майданчики для відстою вантажного автотранспорту, транспортно-складські комплекси, термінали, логістичні центри, пункти пропуску через державний кордон, локалізація мостових переходів та шляхопроводів, об'єкти мостових переходів та шляхопроводів, локалізація тунелів, об'єкти автотранспортних перевезень, пункти сервісу на автошляхах, автозаправні станції.
3. Виконано експериментальне вертикальне планування вулично-шляхової мережі населеного пункту в ГІС QGIS.
4. В ГІС QGIS автоматизовано побудовано басейни водозбору та розраховано їх площі.
5. Виконано автоматизоване відображення ширини проїзної частини та червоних ліній вулиць в ГІС QGIS.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізований історичний розвиток геоінформаційних систем. Виділено три етапи розвитку: I етап (1950-1980 рр.) – створення комп'ютера, створення перших ГІС; II етап (1980-1990 рр.) – значні інвестиції в розробку і застосування ГІС, розробляються майбутні лідери світового програмного ГІС-забезпечення; III етап (поч. 90-х рр. ХХ ст. – по теперішній час) – прогрес у ГІС, створення ГІС в Україні, нормування запровадження ГІС-технологій для автомобільних доріг.
2. Проаналізовано основні відмінності між ГІС та САПР програмами для застосування в проектуванні автодоріг. ГІС програми зберігають атрибутивні дані в реляційних таблицях, що дозволяє виконувати різноманітний аналіз даних, тоді як в САПР можливо розробити лише технічну документацію. ВІМ – це поєднання переваг ГІС та САПР.
3. Виконано аналіз існуючих вітчизняних та зарубіжних досліджень в області застосування геоінформаційних систем для автомобільних доріг та вулиць. Досліджено праці наступних українських науковців: Ряпухіна В.М., Фоменко Г.Р., Арсенєвої Н.О., Синовець О.С., Сизоненко В.В., Рибіцького Л.Л. Харченко Г.А., Тимощук О.Ю., Рахуби О.І. , Пальчик А.М., Савчук С.О. тощо. Вчені розглядають особливості використання ГІС під час паспортизації автомобільних доріг. Вивчають тенденції розвитку управління дорожнім господарством на основі новітніх світових геоінформаційних технологій. Розглядають геоінформаційну систему управління автомобільними дорогами України як допомогу водіям. Досліджують впровадження ГІС для удосконалення процесу управління автомобільними дорогами.

Використання геоінформаційних технологій широко розглядаються зарубіжними вченими (M. Yadav, P. Khan, A. K. Singh, A. K. Singh, B. Lohani, Yu, Wenhao, Andrew Larkin, Xiang Gu, Lizhong Chen, Perry Hystad, Naoras Khalil, Mohannad Mhanna, Eng.Haidar Assaf, Amirhassan

Kermanshah та Sybil Derrible) для аналізу даних на автомобільних дорогах та вулицях. Це і методи збору даних за допомогою ГІС, і визначення оптимального варіанту траси, методи прогнозування затоплення, доступність та сприйняття вулично-дорожнього середовища, тощо.

4. Розроблена методика створення проекту на основі геопросторової бази даних, яка складається з чотирьох етапів: 1. Створення бази даних GeoPackage; 2. Кастомізація (налаштування) форм атрибутивних даних; 3. Налаштування умовних знаків для кожного шару; 4). Наповнення бази даних та виконання аналізу.
5. Узагальнена послідовність підключення зовнішніх карт у QGIS, зокрема підключення публічної кадастрової карти, OpenStreetMap, Google Maps, Google Satellite, Google Satellite Hybrid, Google Terrain, Google Roads тощо.
6. Сформульована послідовність дій для створення цифрової моделі місцевості рельєфу та побудови карти ухилів території.
7. Створено базу даних з умовними знаками Transport_networks в ГІС QGIS, яка складається з наступних шарів: автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів, спеціалізовані дороги та проїзди, польові та лісові дороги, мережа доріжок, які включають налаштовані таблиці атрибутивних даних відповідно до затвердженої Наказом Міністерства розвитку громад та територій України структури бази даних від 22 лютого 2022 року № 56.
8. Створено шари бази даних та символіку для об'єктів благоустрою автомобільних доріг та вулично-дорожньої мережі, зокрема станції технічного обслуговування, гаражі, автостоянки для постійного зберігання автомобілів, майданчики для відстою вантажного автотранспорту, транспортно-складські комплекси, термінали, логістичні центри, пункти пропуску через державний кордон, локалізація мостових переходів та шляхопроводів, об'єкти мостових

переходів та шляхопроводів, локалізація тунелів, об'єкти автотранспортних перевезень, пункти сервісу на автошляхах, автозаправні станції.

9. Виконано експериментальне вертикальне планування вулично-шляхової мережі населеного пункту в ГІС QGIS.
10. В ГІС QGIS автоматизовано побудовано басейни водозбору та розраховано їх площі.
11. Виконано автоматизоване відображення ширини проїзної частини та червоних ліній вулиць в ГІС QGIS.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Доля К.В., Доля О.Є. *Геоінформаційні системи на транспорті: навч. посібник*. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018, 230 с.
2. *ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ*. Ряпухін В.М., Фоменко Г.Р., Арсеньєва Н.О, Синовець О.С. 2019 р., Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. - Том 30 (69). Ч.2. № 2., сс. 211-215.
3. *Особливості визначення просторових координат автомобільних доріг*. Артюх К., Арсеньєва Н. 2020 р р., Матеріали 82-ї міжнародної студентської наукової конференції "Інноваційні методи проектних та геодезичних робіт" (14 травня 2020 року), сс. 14-24.
4. *Тенденції розвитку управління дорожнім господарством на основі новітніх світових геоінформаційних технологій*. Сизоненко В.В., Рибіцький Л.Л. 2008 р., Дорожня галузь України, сс. 62-63.
5. *Впровадження геоінформаційних технологій для удосконалення процесу управління автомобільними дорогами*. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. № 5 (247)., 2015 р р., Автомобільні дороги. , сс. 44–46.

6. *Проект ДСТУ. «УкрНДНЦ»*, ДП. Київ : автор невідомий, 2021. Геоінформаційна система автомобільних доріг загального користування.
7. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Burrough, P.A. 1986 p. p., Oxford University Press.
8. *Геоінформаційна система управління автомобільними дорогами Укра-*. Рибіцький Л.Л., Харченко Г.А. No 1, 2010. p., Дорожня галузь України., сс. С. 49–52.
9. *Використання GPS-технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг*. Пальчик А.М., Савчук С.О. Вип. 90. , 2013 р. р., Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, сс. С. 12–19.
10. *Створення розрахункової моделі злітно-посадочної смуги (ЗПС) в програмному продукті Autocad Civil 3D для обчислення об'ємів земляних робіт в варіантах прокладки ЗПС*. Мельник О.В., Одинец О.М. К: НАУ, 2012 р. р., Проблеми розвитку міського середовища:науково-технічний збірник, Т. Вип.8, сс. с. 166-170.
11. *новий підхід до концепції автоматизованого проектування в будівництві, що ґрунтується на BIM*. А.І, Теселкін. Полтава: ПолтНТУ, 2013 р. р., Збірник галузеве машинобудування та будівництво, Т. Том 2., сс. 208-214.
12. Смірнова Н.В., Павленко Н.В. інноваційні технології проектування об'єктів транспортного будівництва в програмному комплексі CREDO. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: науково-технічний збірник*. Київ: НТУ Вип.88 2013 р., сс. 32-37.
13. *GENERATING GIS DATABASE OF STREET TREES USING MOBILE LIDAR DATA*. M. Yadav, P. Khan, A. K. Singh, A. K. Singh, B. Lohani. Vol. IV-5, Vol. IV-5 Nov 2018, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences , Vols. https://login.research4life.org/tacsgr1doi_org/10.5194/isprs-annals-IV-5-233-2018, pp. pp. 233 – 237 .

14. *Assessing the implications of the recent community opening policy on the street centrality in China: A GIS-based method and case study.* Yu, Wenhao. DOI:10.1016/j.apgeog.2017.10.008, December 2017, Applied Geography, Vol. 89, pp. Pages 61-76.

15. *Predicting perceptions of the built environment using GIS, satellite and street view image approaches.* Andrew Larkin, Xiang Gu, Lizhong Chen, Perry Hystad. 216, 2021, Landscape and Urban Planning, Vol. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104257>, p. 104257.

16. *Horizontal corridor optimization of highway using GIS & CFSC method in mountainous areas.* Naoras Khalil, Mohannad Mhanna, Eng.Haidar Assaf. Vol. 24, 2021, Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol. no. 3, pp. 509 – 514 .

17. *Robustness of road systems to extreme flooding: using elements of GIS, travel demand, and network science.* Amirhassan Kermanshah, Sybil Derrible . <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2678-1>, 2017, Nat Hazards , Vol. 86, pp. 151–164.

18. Ботвіновська С. І. Дискретне моделювання обрисів магістральних перехресть за керуючими чинниками параметрів натуральних рівнянь: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка» / С. І. Ботвіновська. – Київ, 2003. – 22 с.

19. Приходько Т. О. Автоматизація прийняття рішень при проектуванні стратегії експлуатації автодорожніх мостів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.12 «Системи автоматизації проектувальних робіт» / Т. О. Приходько. – Київ, 2007. – 18 с.

20. Белятинський А. О. Застосування програмного комплексу автоматизованого проектування автомобільних доріг CREDO в навчальному процесі / А. О. Белятинський, В. М. Чешуйко // Вісн. Нац. авіац. ун-ту. - 2006. - № 2. - С. 137-138.

21. Барабаш М.С. Новые возможности информационных технологий для сквозного проектирования от архитектора к сметчику / М.С. Барабаш // Проблемы розвитку міського середовища: наук.-техн. зб. - К.: НАУ, 2011. - Вип. 5-6. - С. 9-14.

22. Безрукавий Д.В., Береза О.А., Дорошенко А.В., Юдін А.В. Розробка проекту виконання робіт з використанням комп'ютерних технологій. / Д.В. Безрукавий, О.А. Береза, А.В. Дорошенко, А.В. Юдін // Матеріали Всеукраїнської інтернет-конференції молодих учених і студентів «Проблеми сучасного будівництва» (21–22 листопада 2012 р.). – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 272–273.

23. Василевський О.В. Геометричне та комп'ютерне моделювання кінематичних поверхонь / О.В. Василевський // Проблемы розвитку міського середовища: науково-технічний збірник. – К.: НАУ, 2012. – Вип.8. – С. 44–48.

24. Мельник О.В. Створення розрахункової моделі злітно-посадочної смуги (ЗПС) в програмному продукті Autocad Civil 3D для обчислення об'ємів земляних робіт в варіантах прокладки ЗПС. / О.В. Мельник, О.М. Одинец // Проблемы розвитку міського середовища: науково-технічний збірник. – К.: НАУ, 2012. – Вип.8. – С. 166–170.

25. Теселкін А.І. Новий підхід до концепції автоматизованого проектування в будівництві / А.І. Теселкін // Збірник галузеве машинобудування та будівництво. Том 2. – Полтава.: ПолтНТУ, 2013. – Вип. 4 (39). – С. 208–214.

26. Пензій Д.М. Особливості проектування геометричних елементів транспортної розв'язки з застосуванням САПР CREDO // Збірник статей міжнародної науково-практичної конференції "Покращення конструктивних, технологічних та експлуатаційних показників автомобільних доріг і штучних споруд на них в дослідженнях студентів і молодих науковців".- Харків: ХНАДУ, 2014 р. С. 52-55.

27. Смірнова Н.В. Павленко Н.В. Інноваційні технології проектування об'єктів транспортного будівництва в програмному комплексі CREDO //

Автомобільні дороги і доржнє будівництво. Науково-технічний збірник-Київ, НТУ, 2013.-випуск 88. С. 32-37.

28. Смірнова Н.В. Розвиток методів трасування автомобільних доріг з використанням САПР // Матеріали міжнародної научно-практичної конференції с участієм студентів и молодих учених "Современные компьютерно-инновационные технологии проектирования, строительства, эксплуатации автомобильных дорог и аэродромов", Харків, ХНАДУ, 01-04 листопада, 2012 р. С. 290-295.

29. Вітринська І. В. Використання програмного комплексу «Allplan» у геодезії та проектуванні автомобільних доріг / І. В. Вітринська // Автомобільні дороги і доржнє будівництво: науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2010. – Вип.78. – С.18–22.

30. Архітектурне проектування в САПР [Електронний ресурс]: сайт «Список електронних навчальних посібників ЛНТУ». – Режим доступу:<http://lib.lntu.info>

31. Крутій І.А., Станов О.І., Ткаченко І.В. Особливості проектування об'єктів доржньої інфраструктури в САПР Allplan / І.А. Крутій, О.І. Станов, І.В. Ткаченко // Збірник наукових праць студентів будівельного факультету. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – Вип. 4. – С. 162–167.

32. AutoCAD [Електронний ресурс]: сайт "Вікіпедія - вільна енциклопедія". – Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>.

33. Литвиненко Т.П. Формування просторових коридорів для розміщення елементів благоустрою автомобільних доріг / Т.П. Литвиненко, І.В. Ткаченко // Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн. збірник. – К.: НАУ, 2012. – Вип. 8. – С. 155–160.

34. ДБН Б.2.2- 12:2019. Планування і забудова територій. – К., 2019. – 177 с.

35. ДБН В.2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2018. - 64 с.

36. ДБН В.2.3-14-2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування.

37. ДБН В.2.3-15:2007 Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів.

38. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво, затверджені наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 21.09.2015 № 234.

39. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. - К., 2018. – 55 с.

Додаток А. Пакег візуального супроводження