

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями

Кафедра: Геоінформатики і фотограмметрії

Освітній рівень: «магістр за ОПП»

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Спеціалізація: Геоінформаційні системи і технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

_____доцент., к.т.н. Олена НЕСТЕРЕНКО

« 3 » грудня 2025 року

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

Колесник Аніта Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Геоінформаційне моделювання малих річок Вінницької міської територіальної громади

затверджена наказом ректора КНУБА №1844/22/25 від « 31 » жовтня 2025 року

2. Керівник роботи Кінь Данило Олексійович , PhD

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту: « 4 » грудня 2025 року

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Аналіз проблематики дослідження малих річок у територіальних громадах

1.1. Аналіз стану малих річок у Вінницькій міській територіальній громаді

1.2. Аналіз досліджень щодо геоінформаційного моделювання водних об'єктів

1.3. Опис вихідних даних та матеріалів дослідження

Р. 2. Розроблення бази геопросторових даних малих річок Вінницької МТГ

2.1. Методика геоінформаційного моделювання малих річок Вінницької МТГ

2.2 Розроблення концептуальної моделі ГІС малих річок Вінницької МТГ

2.3 Розроблення логічної моделі ГІС малих річок Вінницької МТГ

Р. 3. Практична реалізація геоінформаційної моделі малих річок Вінницької МТГ

3.1. Створення бази геопросторових даних малих річок Вінницької МТГ в ПЗ QGIS

3.2. Опрацювання вихідних даних та наповнення БГД малих річок Вінницької МТГ

3.3. Побудова тематичних карт за даними ГІС малих річок Вінницької МТГ в ПЗ QGIS

3.4. Візуалізація тематичних карт за даними ГІС малих річок Вінницької МТГ на платформі ArcGIS Online

5. Графічний матеріал за розділами

P1. Схема розміщення гаражів поряд із малими річками; Схема новобудов у заплавної зоні; UML-діаграма класів «Гідромережа» (структура просторових об'єктів); Інтерфейс платформи RiverMap з типологією річок; Візуалізація річкової мережі Великої Британії на платформі Ecology Map.

P2. Блок-схема методики геоінформаційного моделювання малих річок Вінницької МТГ; Концептуальна модель БГД малих річок Вінницької МТГ; Логічна модель бази геопросторових даних малих річок Вінницької МТГ.

P3. Візуалізація тематичної карти «Регулярність водотоку»; Візуалізація тематичної карти «Сезонні річки»; Візуалізація тематичної карти «Фізична прохідність берегів»; Візуалізація тематичної карти «Захист малих річок»; Візуалізація тематичної карти «Забрудненість малих річок»; Візуалізація тематичної карти «Відкритість річок».

6. Календарний план виконання роботи:

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)
Проект завдання дипломної роботи	13.10.2025
Проект вступу та Розділ 1. Аналіз проблематики дослідження малих річок у територіальних громадах	27.10.2025
Розділ 2. Розроблення бази геопросторових даних малих річок Вінницької МТГ	10.11.2025
Розділ 3. Практична реалізація геоінформаційної моделі малих річок Вінницької МТГ	24.11.2025
Попередній захист роботи на кафедрі	04.12.2025
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	08.12.2025
Захист роботи на кафедрі	23.12.2025

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.	Лазоренко Н.Ю.		
Розділ 2.	Лазоренко Н.Ю.		
Розділ 3.	Кінь Д.О.		

8. Дата видачі завдання: 13.10.2025 року

Зав. кафедри _____ **Юрій КАРПІНСЬКИЙ**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ **Данило КІНЬ**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ **Аніта КОЛЕСНИК**
(підпис) (прізвище та ініціали)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

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

на тему:

Геоінформаційне моделювання малих річок Вінницької міської
територіальної громади

Колесник Аніта Сергіївна

Київ – 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ проф., д.т.н. Юрій КАРПІНСЬКИЙ
“ _____ ” _____ 2025 року

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

Геоінформаційне моделювання малих річок Вінницької міської
територіальної громади

Виконала студентка групи ГСТм-24
193 «Геодезія та землеустрій»
Геоінформаційні системи і технології
Колесник А.С.

Керівник: Кінь Д.О., доц., PhD
Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАЛИХ РІЧОК У ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ	10
1.1 Аналіз стану малих річок у Вінницькій міській територіальній громаді	11
1.2 Аналіз досліджень щодо геоінформаційного моделювання водних об'єктів	18
1.3 Опис вихідних даних та матеріалів дослідження	23
Висновки до розділу 1	27
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ	30
2.1 Методика геоінформаційного моделювання малих річок Вінницької МТГ	31
2.2 Розроблення концептуальної моделі ГІС малих річок Вінницької МТГ	42
2.3 Розроблення логічної моделі ГІС малих річок Вінницької МТГ	46
Висновки до розділу 2	63
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ	65
3.1. Створення бази геопросторових даних малих річок Вінницької МТГ в ПЗ QGIS	66
3.2 Опрацювання вихідних даних та наповнення БГД малих річок Вінницької МТГ	72
3.3 Побудова тематичних карт за даними ГІС малих річок Вінницької МТГ в ПЗ QGIS	93
3.4 Візуалізація тематичних карт за даними ГІС малих річок Вінницької МТГ на платформі ArcGIS Online	98
Висновки до розділу 3	103
ВИСНОВОК	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	107

ВСТУП

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ		
Виконала		Колесник А.С.			Літ.	Арк.	Аркшів
Керівник		Кінь Д.О.				6	3
Консультант					КНУБА, група ГСТм-24		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.					

Малі річки відіграють ключову роль у підтриманні екологічної та кліматичної стійкості міських територій, виконуючи функції природного дренажу, регулювання мікроклімату та збереження біорізноманіття [1, 2]. Однак у більшості українських міст ці системи залишаються неврахованими в просторовому плануванні, що призводить до їх деградації, втрати прибережних смуг і зниження екосистемних послуг.

У межах урбанізованих територій, таких як Вінницька міська територіальна громада, ці водні об'єкти зазнають значного антропогенного навантаження, що призводить до деградації русел, забруднення води, втрати природної цілісності та зниження екологічної стійкості [3, 4].

У Вінниці проблема збереження водних екосистем набуває особливої актуальності на тлі кліматичних змін. За результатами техніко-економічного обґрунтування кліматичної компоненти, проекту «Алея 12,7 км» [5] кількість випадків теплових хвиль у місті за останні десятиліття зросла більш ніж удвічі. Одночасно річна кількість опадів зменшилася приблизно на 13%, що підвищує ризики пересихання малих водотоків, деградації рослинності та формування теплових островів.

Проєкт «Малі річки», реалізований КП «Інститут розвитку міст» Вінницької міської ради, встановив, що у межах громади існує 64 малі річки з загальною протяжністю понад 110 км, з яких 12 річок є притоками Південного Бугу. До 2023 року відсутність офіційно верифікованих даних викликала дискусію щодо класифікації цих водних об'єктів. Лише спільне дослідження Басейнового управління водних ресурсів та кафедри географії ВДПУ підтвердило їхній статус як річкових систем [6]. Але це дослідження мало свої обмеження, а саме відсутність картографічних даних про русла річок та ситуацію по доступності до них. Відсутність єдиної геопросторової бази даних не дозволяла оцінити масштаби деградації прибережних територій та планувати їх відновлення. Саме ця прогалина зумовила необхідність створення геоінформаційної системи (ГІС) для малих річок Вінниці - як інструменту обліку, моніторингу та інтеграції водних екосистем у міське планування.

Отже, це дослідження спрямоване на заповнення наукової та практичної прогалини - створення інтегрованої геоінформаційної бази даних для малих річок міста як інструменту аналізу, візуалізації та управління водними екосистемами. Такий підхід формує основу для розроблення науково обґрунтованих стратегій відновлення малих річок у контексті урбаністичної кліматичної стійкості.

Актуальність обумовлена кризовим станом мережі малих річок у межах територіальної громади, які перебувають на межі зникнення, масового забруднення побутовими, будівельними та хімічними відходами, з порушенням їх гідрологічного режиму, а також екосистем та біорізноманіття.

Мета роботи – розробити геоінформаційну модель для збереження та відновлення мережі малих річок на прикладі Вінницької міської територіальної громади, що дозволить здійснювати екологічний моніторинг, тематичне картографування та підтримку водогосподарського планування.

Об’єкт дослідження – малі річки Вінницької міської територіальної громади.

Предмет дослідження – геоінформаційна модель гідрографічної мережі малих річок у межах територіальної громади.

Завданнями цієї роботи є:

- аналіз сучасного стану малих річок у межах Вінницької міської територіальної громади;
- узагальнення наукових підходів до геоінформаційного моделювання водних об’єктів;
- опис вихідних даних, що використовуються для побудови геоінформаційної моделі;
- розроблення каталогу об’єктів і атрибутів гідрографічної мережі малих річок;
- формування функціональної, концептуальної та логічної моделей геоінформаційної системи;
- створення бази геопросторових даних у середовищі QGIS;

- внесення просторової та атрибутивної інформації про малі річки, їх гідрологічні характеристики, екологічні обмеження та інфраструктурні елементи;
- проведення топологічної перевірки просторових об'єктів;
- створення тематичних карт малих річок Вінницької МТГ;
- візуалізація результатів геоінформаційного моделювання на платформі ArcGIS Online.

Вихідними даними для роботи є:

- 1) ортофотоплани масштабу 1:2000 території Вінницької МТГ;
- 2) геосервіси Google Satellite та OpenStreetMap, інтегровані у середовище QGIS;
- 3) векторні шари гідрографічної мережі, отримані з цифрової топографічної основи, які потребували оновлення;
- 4) GPS-треки та фотофіксація польових обстежень здійснених волонтерами;
- 5) історичні топографічні карти Вінницької області.

**РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАЛИХ РІЧОК
У ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ**

					ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Геоінформаційне моделювання малих річок Вінницької міської територіальної громади	Літ.	Арк.	Аркушів
Виконала		Колесник А.С.					10	19
Керівник		Кінь Д.О.						
Консультант		Лазоренко Н.Ю.						
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.						
						КНУБА, група ГСТМ-24 10		

1.1 Аналіз стану малих річок у Вінницькій міській територіальній громаді

Малі річки Вінницької міської територіальної громади (МТГ) є важливими елементами гідрографічної мережі басейну Південного Бугу. Вони виконують локальні водогосподарські, екологічні та рекреаційні функції, проте в умовах урбанізованого середовища зазнають значного антропогенного навантаження. За результатами гідрологічних обстежень, проведених у 2023 році фахівцями Басейнового управління водних ресурсів річки Південний Буг, більшість малих річок мають порушену структуру русел, фрагментарну водність, а деякі - втратили природний характер течії [6].

У межах Вінниці протікає щонайменше 64 водотоки, з яких понад 50 є безіменними або мають локальні назви, не закріплені офіційно. Частина з них є притоками першого порядку до Південного Бугу (наприклад, річки Вишня, П'ятничанка, Тяжилівка, Вінничка), інші - притоками другого і третього порядку [7]. Водночас, ці об'єкти є складовою блакитно-зеленої інфраструктури, що має стратегічне значення для сталого розвитку міста [8].

Гідрологічні характеристики малих річок Вінниці [7]:

- Загальна довжина їхньої мережі в межах міста - орієнтовно 109 км, довжина Південного Бугу в межах міста - 14 км.
- Густина мережі малих річок - 1,05 км/км²
- Загальна площа водного дзеркала натуральних водних об'єктів (37 річок і 9 ставків) - 336,1737 га.
- Загальний об'єм води - 7,7816 млн м²
- Живлення річок - мішане - 51 % дощових, 23 % талих снігових, 26 % підземних вод, тому водний режим характеризується весняними повеннями (березень - початок квітня), дощовими паводками протягом року, літніми й зимовими меженнями (малими рівнями води).
- Береги малих річок у межах міста оточені такими біотопами - луки, водно-болотні угіддя, ліси, чагарники, скелясті території, штучні суходоли (сади, городи, пасовища, орні землі, забудова).

- Заселеним міським територіям притаманна наявність не природних, а саме штучних водойм, створених на основі малих річок - ставків. У межах Вінниці налічується понад 20 ставків, зокрема каскадами, на берегах річок Вишня, П'ятничанка, Тяжилівка, Вінничка, Лісова.

- Мережа малих річок є ключовим елементом регулювання мікроклімату міста. У доброму екологічному стані вона здатна підвищувати відносну вологість повітря та знижувати температуру повітря в період спеки.

Нижче, у табл.1.1 наведено перелік малих річок Вінницької МТГ із зазначенням назв згідно з оновленим реєстром (каталогом) малих річок Вінницької МТГ, а також нумерацій і довжин [7].

Таблиця 1.1

Перелік малих річок Вінницької МТГ

Назва річки, порядковий номер на схемі	Довжина, м
№ 1 р. Вишня	5085
№ 2 р. Вінничка	5988
№ 3 р. П'ятничанка	3580
№ 4 р. Тяжилівка	11400
№ 5 р. Лісова (іст. Перемиля)	4396
№ 6 р. Вербижівка	8035
№ 7 р. Сониця	2620
№ 8 р. Шереметка	2971
№ 9 р. Дьогтянець	2729
№ 10 р. Дьогтянчик	1592
№ 11 р. Каліча	1182
№ 12 р. Скакунка	2512
№ 13 р. Крутнів Яр	827
№ 14 р. Чернишка	2308
№ 15 р. Лісова	416
№ 16 р. Скельна	962

Продовження табл. 1.1

№ 17 р. Соня	819
№ 18 р. Борть	425
№ 19 р. Звіринець	649
№ 20 р. Паліїв Яр	1644
Безіменна річка № 21	1216
Безіменна річка № 22	1050
Безіменна річка № 23	118
Безіменна річка № 24	2540
Безіменна річка № 25	1930
Безіменна річка № 26	514
№ 27 р. Качатна	1017
№ 28 р. Підгородня	550
Безіменна річка № 29	866
Безіменна річка № 30	455
Безіменна річка № 31	541
Безіменна річка № 32	948
№ 33 р. Вербовець	789
№ 34 р. Садки	271
№ 35 р. Кумбари	279
Безіменна річка № 36	1004
№ 37 р. Семенка	308
Безіменна річка № 38	2235
Безіменна річка № 39	1026
№ 40 р. Малий Тяжилів	5048
Безіменна річка № 41	1067
Безіменна річка № 42	147
Безіменна річка № 43	1477
Безіменна річка № 44	458
Безіменна річка № 45	178
№ 46 р. Деркачка	1648
Безіменна річка № 47	702
Безіменна річка № 48	450
Безіменна річка № 49	770
№ 50 р. Каракова	2019
№ 51 р. Чиста Долина	874

№ 52 р. Кам'яна Долина	382
№ 53 р. Вовчище	1450
№ 54 р. Довбнина	637
№ 55 р. Тетерівка	1660
№ 56 р. Казаниха	4150
№ 57 р. Габрелі	700
№ 58 р. Новоселівка	987
Безіменна річка № 59	1329
Безіменна річка № 60	1812
Безіменна річка № 61	2123
№ 62 р. Сабарівка	379
Безіменна річка № 63	389
Безіменна річка № 64	997

Відповідно до наукового звіту «Послуги у сфері охорони довкілля (розробка локальної схеми екомережі міста Вінниці)» [9], у межах Вінниці відзначається незадовільний стан поверхневих вод. Для річок та ставків та водосховища міста характерні механічне, хімічне, біотичне та фізичне забруднення.

Житлові квартали міста характеризуються низьким ступенем забруднення поверхневих вод - це 74 % загальної довжини річок Вінниці. Майже 19 % довжини всіх водотоків має середній ступінь забруднення, 6 % - високий ступінь - на річках Південний Буг, Тяжилівка та Дьогтянець [9].

Відповідно до кліматичного дослідження Алеї 12,7, малі річки є основним джерелом забруднення Південного Бугу: «Якість води й достатня водність малих річок, недопущення забруднення поверхневих і підземних вод у басейнах малих річок є необхідними умовами для забезпечення доброго стану р. Південний Буг, підтримання біорізноманіття в річкових долинах і прибережних зонах р. Південний Буг. Загальний солевміст води в Південному Бугі є практично незмінним і становить 400 мг/дм³, у той час як малі річки, що впадають у Південний Буг на лівому березі, мають відносно підвищений

солевміст - 650 - 1000 мг/дм³ завдяки додатковим джерелам забруднення на міській території» [10].

Джерелами забруднення поверхневих і підземних вод території міста Вінниці є: промислові підприємства, житлова забудова, транспортна інфраструктура (дороги, гаражні кооперативи, автозаправні станції). Види забруднень: побутові скиди, некоректно організовані вуличні вбиральні та вигрібні ями, промислові скиди, тверді побутові відходи (стихійні сміттєзвалища) [6].

Серед основних проблем, виявлених під час обстежень, слід відзначити замулення русел, забруднення побутовими та промисловими стоками, фрагментацію течії через трубчаті переїзди, дамби, забудову, а також знищення заплавної рослинності та порушення берегової зони. Частина водотоків функціонує лише сезонно, а деякі ділянки повністю втратили гідрологічну функцію. За даними звіту, понад 30% малих річок Вінниці мають тимчасовий характер течії [6]. Приклади деградованих ділянок наведено на рисунках 1.1, 1.2.



Рис.1.1. Обезводнене днище верхньої частини водойми та русла річки №25

[6]



Рис.1.2. Затоплена заплавна частина річки №5 [6]

Урбанізація спричинила трансформацію русел: частина водотоків замурована в колектори, інші - втратили водність і функціонують лише як дренажні канали. У багатьох випадках русла перекриті забудовою або інженерними спорудами, що унеможлиблює природну циркуляцію води. Водночас, малі річки залишаються важливими для формування локального мікроклімату, зменшення ризиків підтоплення та збереження біорізноманіття.

Особливої уваги заслуговують приклади хаотичного розміщення об'єктів інфраструктури в безпосередній близькості до водотоків. На рисунку 1.3 представлено схему розміщення гаражів поряд із малими річками, що призводить до порушення природного дренажу, ущільнення ґрунтів і потенційного забруднення води, оскільки гаражні кооперативи характеризуються великою наявністю автовідходів. На рисунку 1.4 ілюстровано схему новобудов, зведених у заплавної зоні, що не лише ускладнює водовідведення, а й створює ризики підтоплення та втрати екосистемних функцій річки.

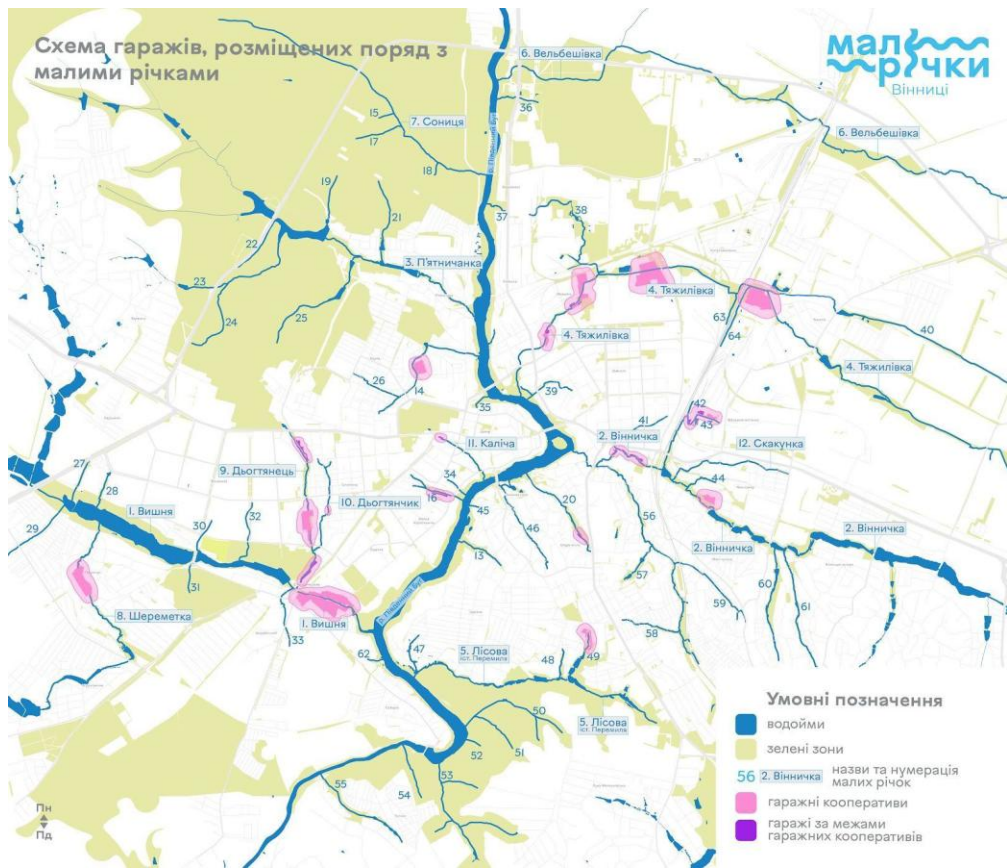


Рис.1.3. Розміщення гаражів поряд із малими річками [7]

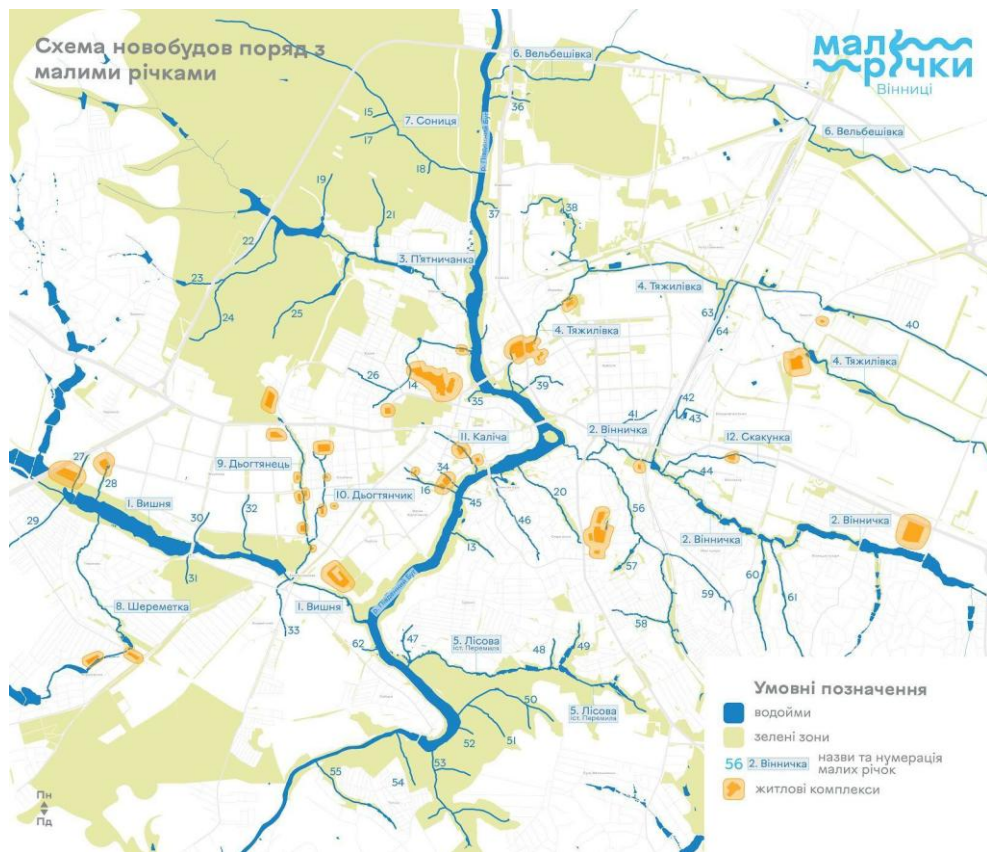


Рис.1.4. Розміщення новобудов поряд із малими річками [7]

Ще одним негативним чинником є самозахоплення земель у прибережних захисних смугах. У межах Вінницької МТГ зафіксовано численні випадки самовільного розширення приватних ділянок, облаштування парканів, господарських споруд та навіть малих архітектурних форм без погодження з водогосподарськими органами. Такі дії не лише порушують Водний кодекс України, а й унеможливають доступ до водотоків для обслуговування, очищення та екологічного моніторингу. В окремих випадках самозахоплені території повністю перекривають природну заплаву, що спричиняє локальні підтоплення та втрату водного балансу.

Порівняння сучасних даних із історичними топографічними картами (1840–1986 рр.) свідчить про значну трансформацію гідрографічної мережі. Частина річок, які раніше мали чітко виражене русло, нині існують лише у вигляді балок або заболочених ділянок. Наприклад, притока №25 р. П'ятничанка, яка на карті 1845 року позначена як Звіринець, нині має фрагментарну течію і частково втрачена [11].

Сучасний стан малих річок Вінницької МТГ характеризується високим рівнем деградації, що потребує термінового втручання. Геоінформаційне моделювання дозволяє систематизувати дані, виявити проблемні ділянки, оцінити водність, топологію та екологічні ризики. Це створює основу для інтеграції малих річок у міське планування, реалізації заходів з відновлення та включення їх у блакитно-зелену інфраструктуру.

1.2 Аналіз досліджень щодо геоінформаційного моделювання водних об'єктів

Геоінформаційне моделювання водних об'єктів - це процес створення структурованої бази геопросторових даних, що дозволяє здійснювати моніторинг, аналіз і управління водними ресурсами з урахуванням їх гідрологічних, екологічних та соціальних характеристик. У контексті малих річок територіальних громад, особливо урбанізованих, цей підхід набуває особливої актуальності, оскільки дозволяє виявити деградовані ділянки,

оцінити доступність до водотоків, визначити джерела забруднення та сформувані рекомендації щодо їх ревіталізації. У наукових дослідженнях останніх років простежується тенденція до формалізації структури геопросторових даних водних об'єктів, зокрема через створення концептуальних, логічних та фізичних моделей, які забезпечують цілісність і масштабованість інформації [12; 13].

У нормативному полі України геоінформаційне моделювання водних об'єктів пов'язане з веденням державного водного кадастру, екологічного моніторингу, а також реалізацією положень Водної рамкової директиви ЄС. Відповідно до положень цієї директиви, кожна країна-член повинна забезпечити структуровану подачу даних про водні об'єкти, включаючи їх типологію, гідрологічний режим, екологічний стан, антропогенне навантаження та заходи з управління [14].

У роботах українських дослідників [15] розглядаються методи побудови тривимірного кадастру водних об'єктів, що включає не лише геометричні параметри (довжина, ширина, глибина), але й атрибутивні характеристики (тип течії, площа водозбору, наявність течії, швидкість, витрати води). Особлива увага приділяється формалізації топологічних зв'язків між об'єктами, що дозволяє моделювати гідрографічну мережу як цілісну систему.

Європейська ініціатива INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) є основою для побудови геоінформаційних систем у сфері водних ресурсів, забезпечуючи сумісність, відкритість і стандартизовану структуру просторових даних для всіх країн-членів ЄС.

Специфікація Hydrography [16] визначає набір об'єктів, які охоплюють річки, озера, канали, водозбори, гідротехнічні споруди та їх топологічні зв'язки. Вона базується на трьох ключових технологіях: UML-моделюванні (Unified Modeling Language) для візуального опису структури даних, GML-розмітці (Geography Markup Language) для кодування геометрії об'єктів у форматі XML, та OCL-обмеженнях (Object Constraint Language) для формалізації логічних правил і зв'язків між класами.

У контексті моделювання гідрографічної мережі, INSPIRE пропонує чітко визначену структуру класів, таких як HydroObject, WatercourseLink, HydroNode, WatercourseSeparatedCrossing, які дозволяють описати як лінійні, так і точкові елементи водної системи. Кожен об'єкт має унікальний ідентифікатор, категорію, геометрію та часові атрибути, що забезпечує можливість ведення історичних записів та версіювання даних. Зв'язки між об'єктами реалізуються через композицію та асоціацію, що дозволяє будувати логічно узгоджену мережу водотоків з напрямками течії, початковими та кінцевими вузлами. Візуальне представлення структури гідрографічної моделі згідно з INSPIRE наведено на рисунку 1.5.

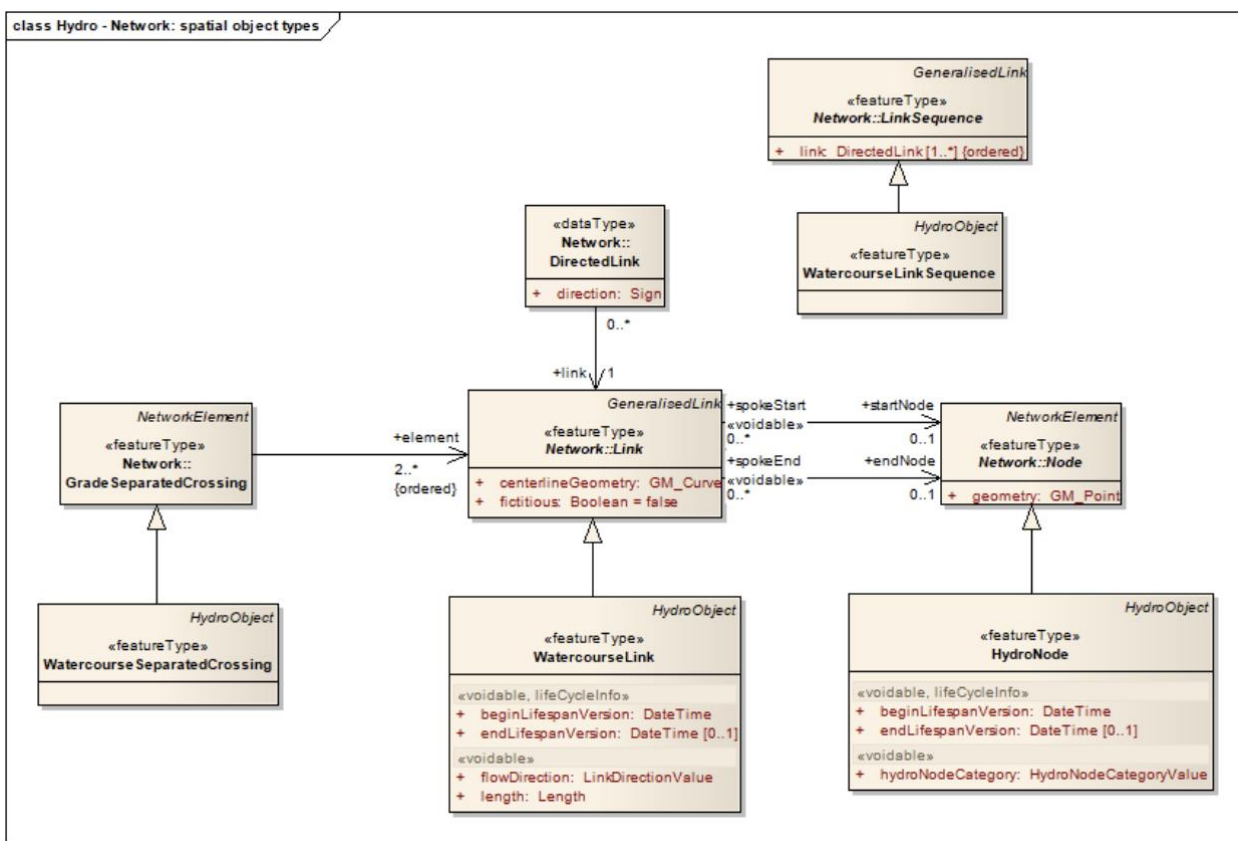


Рис.1.5. Діаграма класів UML: типи просторових об'єктів «Гідромережа» [16]

У міжнародній практиці прикладом ефективного геоінформаційного моделювання є платформа RiverMap, яка дозволяє переглядати річкову мережу Європи з типологією течії, доступністю, екологічним станом та джерелами

забруднення [17]. Інтерфейс платформи (Рис.1.6) дозволяє вмикати/вимикати тематичні шари, що відповідає принципам відкритих даних та інтерактивного управління.

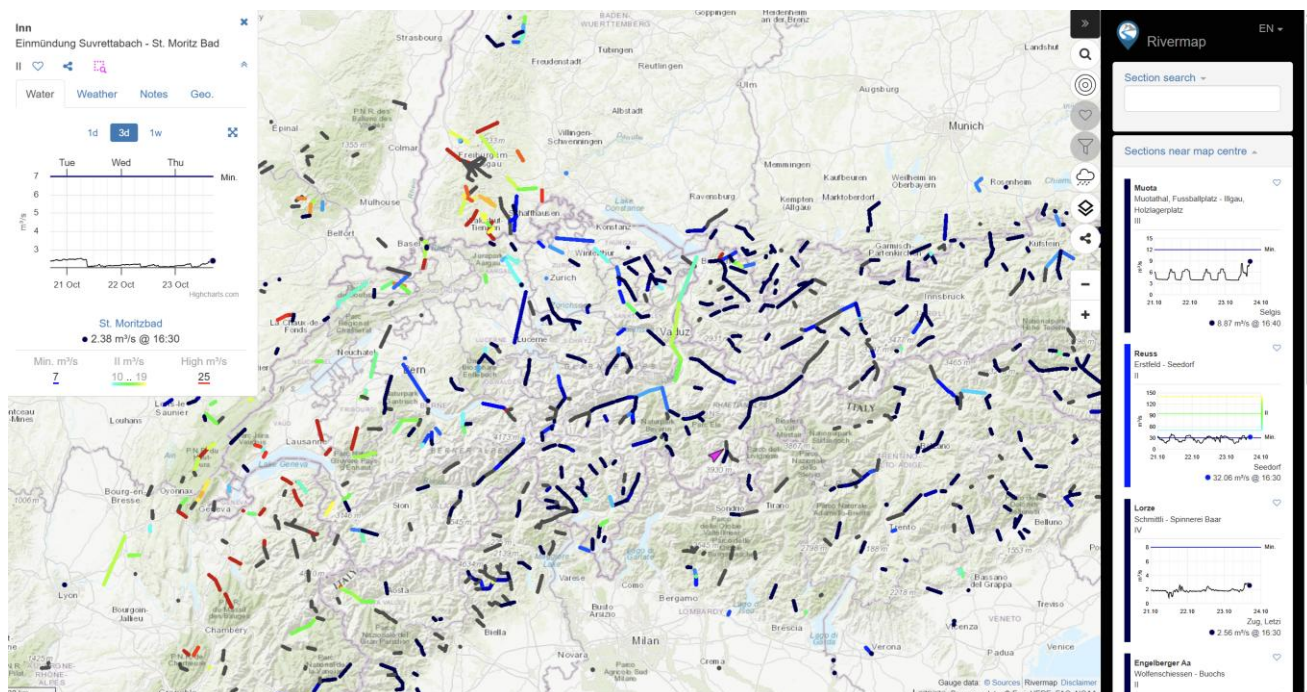


Рис.1.6. Інтерфейс платформи RiverMap з типологією річок

Ще одним прикладом є платформа Ecology Map від організації The Rivers Trust, яка використовується для оцінки екологічного стану річок Великої Британії [18]. Просторове охоплення та щільність річкової мережі, що лягли в основу цієї платформи, ілюструє гідрографічна карта Великої Британії, наведена на рисунку 1.7.

Платформа об'єднує дані про якість води, біорізноманіття, джерела забруднення, інвазивні види та гідротехнічні споруди. Користувачі можуть переглядати інтерактивні тематичні шари, що охоплюють фізичні характеристики річок, екологічні показники та антропогенний вплив. Система дозволяє визначати пріоритетні ділянки для очищення, контролю інвазивних видів та планування природоохоронних заходів. Такий підхід демонструє, як геоінформаційні платформи можуть підтримувати екологічну політику на локальному рівні.

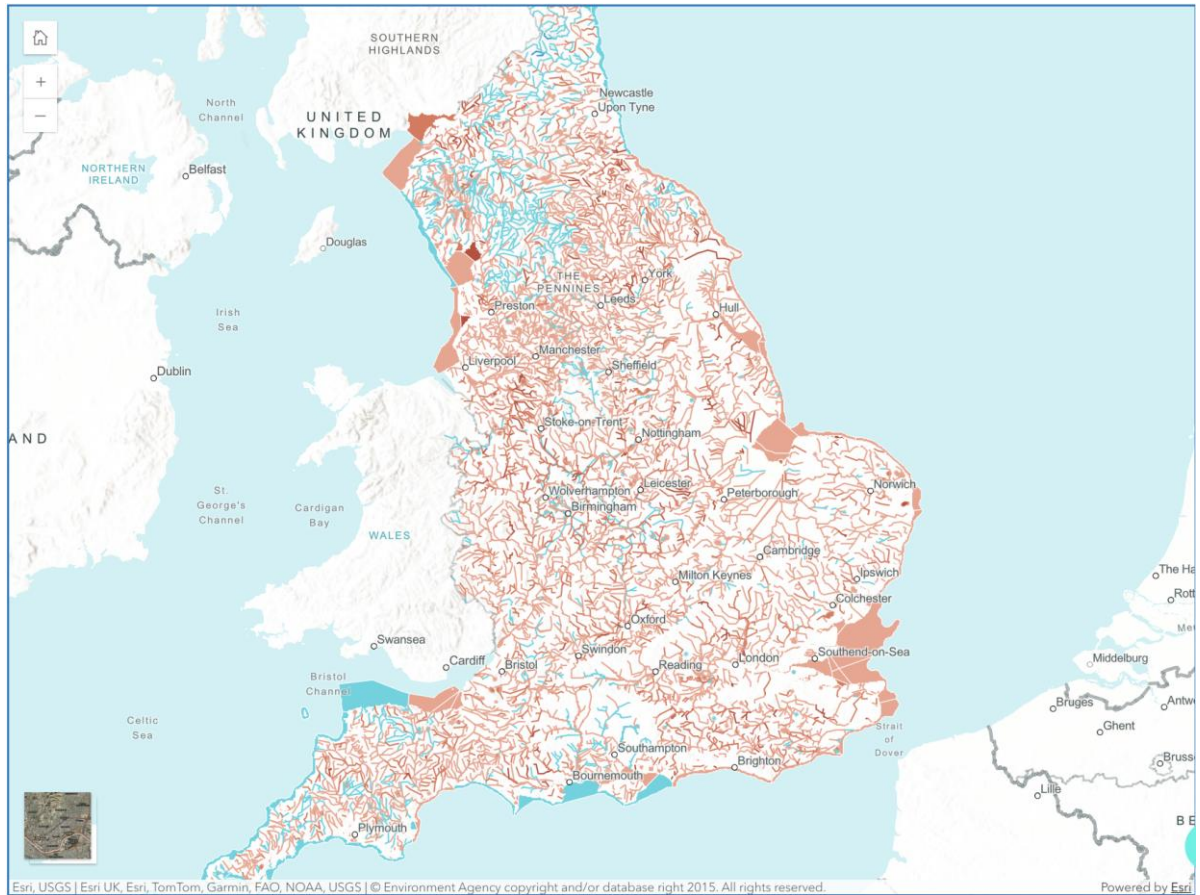


Рис.1.7. Візуалізація річкової мережі Великої Британії на платформі Ecology
 Map

У роботах [19; 20] розглядаються прикладні аспекти використання геоінформаційних систем для оцінки екологічних наслідків інфраструктурних проєктів, зокрема в контексті водних об'єктів. У Німеччині впроваджено систему просторового аналізу екологічних ризиків, яка дозволяє моделювати потенційний вплив транспортних коридорів, забудови та інженерних споруд на гідрографічну мережу ще на етапі планування. Такий підхід базується на інтеграції ГІС з нормативними екологічними критеріями, що дає змогу виявляти конфліктні зони, прогнозувати зміну гідрологічного режиму та оцінювати ризики деградації водних екосистем. Застосування просторових сценаріїв дозволяє обґрунтовано коригувати проєктні рішення, мінімізуючи негативний вплив на природне середовище.

Таким чином, геоінформаційне моделювання водних об'єктів слід розглядати не лише як інструмент технічної інвентаризації, а як багатофункціональну платформу для підтримки екологічно збалансованого управління. Воно забезпечує можливість системного аналізу стану водних ресурсів, виявлення вразливих ділянок, оцінки антропогенного навантаження та формування адаптивних стратегій управління. Особливої актуальності набуває включення малих річок до таких моделей, оскільки вони часто залишаються поза увагою державних кадастрів, але відіграють критичну роль у локальних екосистемах. Їх інтеграція у геоінформаційні системи дозволяє не лише підвищити якість екологічного моніторингу, а й забезпечити участь громад у процесах прийняття рішень щодо збереження водних ресурсів.

1.3 Опис вихідних даних та матеріалів дослідження

Для побудови геоінформаційної моделі малих річок Вінницької міської територіальної громади було використано різнопланові джерела, що охоплюють просторові, картографічні, польові, нормативні, аналітичні та технічні компоненти. Вихідні дані забезпечили основу для створення актуальної, логічно узгодженої та структурованої моделі водної мережі, яка відображає сучасний стан малих річок, їх екологічні особливості та взаємодію з урбанізованим середовищем.

Вихідні дані та матеріали використані для збирання, опрацювання та аналізу поточного стану мережі малих річок при створенні геоінформаційної моделі малих річок Вінницької МТГ, а саме для створення геометрії об'єктів та атрибутивних даних, описано в таблицях 1.3, 1.4.

Таблиця 1.2

Вихідні дані та матеріали для геометрії об'єктів

Офіційні джерела	Відкриті джерела
Про малі річки	
Ортофотоплан М 1:2000 м. Вінниці (2019 р.)	Схеми Малі річки Вінниці
Топографічний план М 1:2000 м. Вінниці (2013 р.)	Звіт «Проведення етимологічних досліджень водних об'єктів м. Вінниці», 2023
Дані Державного водного агентства України	Історичні картографічні матеріали
	Геосервіси Google Satellite, Google Planet Earth та OpenStreetMap
Про інші об'єкти	
Дані Смарагдової мережі	KadasterLive
Комплексний план просторового розвитку території Вінницької міської територіальної громади	iNaturalist
	Дані Смарагдової мережі
	Історичні картографічні матеріали

Таблиця 1.3

Вихідні дані та матеріали для атрибутивної інформації

Офіційні джерела	Відкриті джерела
Про малі річки	
Ортофотоплан М 1:2000 м. Вінниці (2019 р.)	Схеми Малі річки Вінниці
Топографічний план М 1:2000 м. Вінниці (2013 р.)	Звіт «Проведення етимологічних досліджень водних об'єктів м. Вінниці», 2023

План управління річковим басейном Південного Бугу 2025-2030	Історичні картографічні матеріали
Звіт «Проведення етимологічних досліджень водних об'єктів м. Вінниці», 2023	Геосервіси Google Satellite, Google Planet Earth та OpenStreetMap
Схеми ГО «Малі річки Вінниці»	
Концепція розвитку малих річок до 2035 р.	
Попередній реєстр малих річок	
Про інші об'єкти	
Дані Смарагдової мережі	KadasterLive
Комплексний план просторового розвитку території Вінницької міської територіальної громади	iNaturalist
	Дані Смарагдової мережі
	Історичні картографічні матеріали

Більшість картографічних матеріалів є відкритими або архівними. Ортофотоплани та цифрові топографічні основи були отримані через офіційні запити до органів місцевого самоврядування. Історичні карти було зібрано з відкритих джерел [21, 22], що дозволило охопити різні періоди трансформації водної мережі.

Для уточнення фактичного стану водної мережі, доповнення геометричних та атрибутивних характеристик, а також забезпечення нормативної та технічної узгодженості моделі, були використані польові матеріали, офіційна документація та спеціалізоване програмне забезпечення. Їх роль полягає у деталізації просторової структури, перевірці достовірності даних, формуванні логічних зв'язків між об'єктами та забезпеченні інтерактивної реалізації моделі.

1) Польові дані та результати обстежень:

- GPS-треки, фотофіксація та описові матеріали, зібрані волонтерами в рамках проєкту «Малі Річки Вінниці»;
- Точкові, лінійні та полігональні об'єкти, зафіксовані під час польових обстежень, включаючи ділянки деградації, джерела забруднення, гідротехнічні споруди та рекреаційні зони;
- Атрибутивна інформація, зібрана на місцевості, що включає тип водного об'єкта, стан русла, наявність бар'єрів, доступність для громадськості;
- Оцінка доступності водотоків, фрагментації, антропогенних впливів, наявності природних і техногенних перешкод.

Польові дані є унікальним джерелом актуальної інформації, що дозволяє уточнити конфігурацію водної мережі, перевірити відповідність картографічних матеріалів реальному стану та сформуванню тематичні шари, які не представлені в офіційних джерелах.

2) Нормативно-правова та інституційна документація:

- Водний кодекс України;
- Постанова КМУ № 554 «Про затвердження Порядку ведення державного водного кадастру»;
- Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС;
- Постанова КМУ № 632 щодо формату електронної містобудівної документації;
- Офіційні звіти та структура Басейнового управління водних ресурсів річки Південний Буг.

Ці документи визначають правові засади, вимоги до структури геопросторових даних, форматів подання інформації, типології водних об'єктів та інтеграції з кадастровими системами. Інституційна інформація була синтезована для презентаційних матеріалів та обґрунтування моделі.

3) Програмне середовище, форматування даних та методика моделювання:

- Середовище QGIS як основна платформа для обробки, векторизації, валідації та візуалізації геопросторових даних;
- Формат GeoPackage забезпечив зручне зберігання, редагування та структурування тематичних шарів, включаючи лінійні, полігональні та точкові об'єкти;
- Застосовано принципи реляційного моделювання, що дозволило побудувати логічну структуру бази даних з чіткими взаємозв'язками між об'єктами;
- Виконано топологічну перевірку: кожен об'єкт проходив валідацію на наявність розривів, перетинів, дублювання, що забезпечило логічну узгодженість моделі;
- Модель була адаптована та інтегрована в ArcGIS Online, де створено та опубліковано інтерактивну тематичну карту, що дозволяє здійснювати моніторинг, оновлення та аналітичний аналіз водних об'єктів у режимі реального часу.

Ретельна класифікація вихідних даних дозволила сформувати багаторівневу структуру геоінформаційної моделі, в якій кожна категорія джерел виконує специфічну функцію. Картографічні матеріали забезпечують геометричну основу, польові дані - уточнення фактичного стану об'єктів, нормативно-правові документи - типологічну рамку. Такий розподіл дозволяє не лише систематизувати інформацію, а й забезпечити її логічну узгодженість у межах реляційної структури, що є критично важливим для подальшої топологічної валідації та аналітичного аналізу.

Висновки до розділу 1

У межах першого розділу було здійснено комплексний аналіз проблематики дослідження малих річок у територіальних громадах на прикладі Вінницької міської територіальної громади, а також розглянуто сучасні підходи до геоінформаційного моделювання водних об'єктів.

Проведене дослідження дозволило сформувати низку узагальнень та висновків.

Здійснено детальний аналіз поточного стану малих річок Вінницької міської територіальної громади, який показав їхню важливу роль у забезпеченні водорегулювальних, екологічних та рекреаційних функцій міського ландшафту, одночасно виявивши високий рівень деградації річкової мережі. Встановлено масштабну трансформацію русел унаслідок урбанізації - замулення, фрагментацію течії, колекторизацію, втрату постійної водності та часткове зникнення окремих ділянок, а також наявність значних джерел забруднення (побутові й промислові стоки, дифузні джерела, самозахоплення прибережних смуг). Ці факти підкреслюють критичну необхідність системного підходу до охорони, моніторингу й ревіталізації малих річок у межах міста.

Огляд наукових підходів і міжнародного досвіду засвідчив, що геоінформаційне моделювання є ефективним інструментом для інвентаризації, моніторингу та управління водними об'єктами; воно забезпечує формалізацію просторових і атрибутивних даних, відтворення топології гідрографічної мережі та інтеграцію екологічних показників у процеси планування. Аналіз існуючих стандартів і платформ (зокрема підходів INSPIRE, Hydrography, а також прикладів реалізації на рівні Європи) показав доцільність застосування уніфікованих структур даних, версіонування та відкритих інтерактивних сервісів для визначення пріоритетних ділянок втручання, оцінки джерел забруднення й залучення громадськості до прийняття рішень.

Опис вихідних даних і методики підтвердив багаторівневий підхід до формування геоінформаційної моделі: поєднання картографічних основ і ортофотопланів, історичних матеріалів, польових обстежень, нормативно-правової документації та відповідного програмного забезпечення забезпечує надійну основу для створення актуальної, логічно узгодженої й валідуваної моделі. Застосування реляційного моделювання, топологічної валідації, використання GeoPackage і інтеграція результатів у онлайніві сервіси

підвищують оперативність оновлення даних і їхню придатність для аналітики та управління. У цілому, зібрані матеріали й обрана методологія створюють практично спрямовану основу для подальшої реалізації заходів з відновлення, збереження та інтеграції малих річок у блакитно-зелену інфраструктуру міста.

Отже, проведений аналіз засвідчує актуальність проблеми деградації малих річок у межах урбанізованих територій та доводить доцільність використання геоінформаційних методів як основи для їх обліку, оцінювання та відновлення. Результати розділу створюють науково-методичне підґрунтя для подальшого формування структури геоінформаційної моделі та практичної реалізації комплексу робіт із просторового моделювання гідрографічної мережі Вінницької МТГ у наступних розділах дипломної роботи.

**РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ
МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ**

					ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Геоінформаційне моделювання малих річок Вінницької міської територіальної громади	Літ.	Арк.	Аркушів
Виконала		Колесник А.С.						
Керівник		Кінь Д.О.					30	34
Консультант		Лазоренко Н.Ю.				КНУБА, група ГСТ _{м-24} 30		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.						

2.1 Методика геоінформаційного моделювання малих річок

Вінницької МТГ

Геоінформаційне моделювання малих річок Вінницької міської територіальної громади реалізовано як поетапний процес створення, структурування та аналітичного опрацювання геопросторових даних.

Методика геоінформаційного моделювання малих річок Вінницької міської територіальної громади передбачає реалізацію системного підходу до формування, структуризації та аналізу геопросторових даних про гідрографічну мережу. Вона базується на принципах комплексності, багатоджерельності, топологічної узгодженості та подальшої візуалізації результатів у цифровому середовищі геоінформаційних систем.

Загальна схема методики включає вісім взаємопов'язаних етапів, кожен з яких спрямований на забезпечення повноти, достовірності та аналітичної цінності створюваної бази геопросторових даних.

Етапи методології геоінформаційного моделювання малих річок Вінницької МТГ:

1. Аналіз поточного стану мережі малих річок: інвентаризація наявних офіційних та довідкових даних та матеріалів, визначення переліку малих річок, які будуть досліджені.

На першому етапі було здійснено аналіз поточного стану водної мережі, що включав інвентаризацію та оцінювання офіційних, аналітичних і картографічних матеріалів, відкритих та довідкових джерел щодо гідрографічної мережі Вінницької міської територіальної громади.

До опрацьованих матеріалів належали топографічний плани масштабу 1:2000, ортофотоплан масштабу 1:2000, історичні топографічні карти (1840–1986 рр.), звіти Басейнового управління водних ресурсів річки Південний Буг, а також матеріали Концепції розвитку малих річок Вінниці – 2035.

У результаті аналізу було уточнено перелік малих річок (64 водотоки), визначено їх протяжність, гідрологічні характеристики, сучасний екологічний стан, а також окреслено проблемні ділянки деградації та фрагментації русел.

Отримані дані стали базовим аналітичним підґрунтям для подальшого формування геоінформаційної моделі.

2. Збирання геопросторових даних про стан річки та навколишніх об'єктів місцевості за допомогою застосування Map Marker волонтерами проєкту.

Польові дані щодо стану малих річок та прилеглих територій були отримані шляхом краудсорсингового збору інформації із залученням волонтерів громадської ініціативи «Малі річки Вінниці». Для фіксації даних застосовувався мобільний застосунок Map Marker, який дозволяв здійснювати координатну реєстрацію точкових, лінійних та полігональних об'єктів, а також виконувати фотофіксацію та атрибутивний опис.

Зібрані у польових умовах дані містили відомості про морфологічний стан русел, наявність гідротехнічних споруд, джерела забруднення, рекреаційні зони, бар'єри, ділянки заростання та порушення берегової лінії, тощо. Після узагальнення дані експортувалися у форматах CSV та KML для подальшої інтеграції в ГІС-середовище.

3. Опрацювання отриманих волонтерських та офіційних наборів геопросторових даних, їх уніфікація та узгодження з топографічними матеріалами.

Отримані набори геопросторових даних різного походження було узгоджено в єдиній локальній системі координат UCS-2000 / LCS-05 Vinnytsia (EPSG:9832), яка використовується для просторового моделювання на території Вінницької області.

На цьому етапі здійснено інтеграцію волонтерських польових матеріалів із офіційними картографічними джерелами та наборами геопросторових даних, що забезпечило геометричну відповідність і просторову точність об'єктів. Було здійснено їх уніфікацію та узгодження з топографічними матеріалами, перевірку геометричної відповідності, корекцію розбіжностей, уточнення меж водних об'єктів та їх топологічних зв'язків. Особлива увага

приділялася узгодженню даних з різних джерел - офіційних, відкритих та польових - з метою забезпечення логічної цілісності моделі.

4. Розроблення бази геопросторових даних мережі малих річок у форматі GeoPackage та її наповнення.

На цьому етапі здійснювалося створення структурованої бази геопросторових даних (БГД), яка є основою геоінформаційної моделі малих річок Вінницької МТГ. Її формування проводилось у програмному середовищі QGIS із використанням універсального формату GeoPackage (.gpkg), що дозволяє одночасно зберігати в єдиному контейнері як просторові, так і атрибутивні дані кількох тематичних шарів.

Для забезпечення системності та узгодженості моделі було сформовано каталог об'єктів, який виконував роль концептуальної основи. Він містив перелік усіх типів гідрографічних і супутніх об'єктів, що підлягали моделюванню, із зазначенням їх геометричного типу (точкового, лінійного, полігонального), функціонального призначення та взаємозв'язків.

На основі цього каталогу було створено багат шарову структуру у форматі GeoPackage, що дозволяє зберігати всі просторові дані в одному файлі з підтримкою реляційних зв'язків. Для кожного класу об'єктів було створено окремий шар, що забезпечило зручність подальшої векторизації, топологічної перевірки та тематичного аналізу.

Процес формування бази даних передбачав створення структурної схеми, у якій визначалися основні класи просторових об'єктів, їх геометричний тип, атрибутивні поля та логічні зв'язки. Така схема відповідає принципам реляційного моделювання, що забезпечує узгодженість і можливість аналітичної обробки даних.

До складу бази геопросторових даних увійшли такі тематичні шари:

- Гідрографічні об'єкти/water_bodies;
- Гідротехнічні споруди/hydraulic_structures;
- Водотоки/water_course;
- Басейни річок/river_basins;

- Річки в колекторах/*rivers_in_collectors*;
- Фізично недоступні річки/*physically_inaccessible_rivers*;
- Придатні для прогулянок річки/ *walkable_river_sections*;
- Бар'єри/огорожі/забори /*barriers*;
- Інвазивні види /*invasive_species*;
- Буферна зона 100 м /*buffer_zone_100m*;
- Земельні ділянки в буферній зоні / *parcels_in_buffer_zone_100m*;
- Забруднення/ *pollution*;
- Рекреація / *recreation*;
- Сміття /*trash*;
- Мостові споруди/*bridges*;
- Рослинність/*vegetation*;
- Тварини/*animals*;
- Треки/*tracks*;
- Береги/*shorelines*;
- Самозахоплені території/*illegal_land_use*;
- Форми рельєфу/*relief_forms*;
- Стан води/*water_state*.

Для кожного шару було створено атрибутивну таблицю з унікальними ідентифікаторами, назвами об'єктів, типами, джерелами даних, геометричними характеристиками (довжина, площа) та статусами, що відображають функціональні особливості. Структура таблиць узгоджена між шарами, що забезпечує можливість побудови запитів, фільтрації та тематичного аналізу.

Після формування базової структури здійснювалося наповнення БГД просторовими об'єктами на основі результатів польових досліджень, картографічних матеріалів та ортофотопланів. Для забезпечення логічної узгодженості об'єкти проходили топологічну валідацію.

Використання формату GeoPackage дозволило:

- інтегрувати всі тематичні шари у єдину базу;

- забезпечити можливість багаторівневого редагування даних;
- зберегти атрибутивні зв'язки між об'єктами різних класів;
- спростити подальшу інтеграцію результатів у ArcGIS Online.

Таким чином, база геопросторових даних малих річок Вінницької МТГ є ключовим елементом геоінформаційного моделювання, який забезпечує структуроване зберігання, логічну узгодженість і можливість подальшого аналітичного використання зібраних матеріалів.

5. Моделювання мережі малих річок та об'єктів місцевості засобами геоінформаційної системи.

Етап геоінформаційного моделювання є ключовим у процесі створення просторової бази даних малих річок, оскільки забезпечує формування цифрового відображення гідрографічної мережі та пов'язаних із нею об'єктів місцевості. Основна мета цього етапу полягала у побудові топологічно узгодженої моделі, що відображає фактичний стан водотоків, водойм та елементів гідротехнічної інфраструктури в межах Вінницької міської територіальної громади.

Геоінформаційне моделювання виконувалося у середовищі QGIS на основі попередньо сформованої бази геопросторових даних у форматі GeoPackage. У процесі моделювання реалізовано такі основні етапи:

1) Оцифрування водних об'єктів.

На основі ортофотопланів масштабу 1:2000, топографічних карт та матеріалів польових спостережень проведено оцифрування лінійних об'єктів (русел малих річок, притоків, каналів) та полігональних об'єктів (ставків, озер, заплавних ділянок). Для кожного об'єкта було здійснено атрибутивне заповнення відповідно до структури бази геопросторових даних.

2) Інтеграція волонтерських тематичних шарів.

До моделі було додано шари, сформовані на основі польових даних, зібраних волонтерами через застосунок Map Marker. Ці шари включали точки спостережень, фотофіксації, джерела забруднення,

гідротехнічні споруди, рекреаційні зони та бар'єри у руслах річок. Дані проходили узгодження за системою координат UCS-2000 / LCS-05 Vinnytsia (EPSG:9832) та перевірку просторової відповідності з іншими об'єктами моделі.

3) Формування топологічних зв'язків.

Для забезпечення просторової цілісності та логічної коректності моделі виконано побудову топологічних відношень між об'єктами. За допомогою інструментів Topology Checker у середовищі QGIS було перевірено відповідність основним топологічним правилам («Must not overlap», «Must not have dangles», «Must not intersect»). Виявлені помилки геометрії (розриви, дублювання, перетини) були усунені шляхом редагування вузлів та лінійних об'єктів.

4) Узагальнення та підготовка моделі до візуалізації.

Після завершення топологічного редагування модель було узгоджено за структурою і змістом тематичних шарів. Кожен шар отримав уніфіковані стилі відображення, символіку та атрибутивні зв'язки. На основі цих шарів у подальшому здійснено побудову тематичних карт і підготовку даних до публікації у середовищі ArcGIS Online.

Результатом даного етапу стала структурована та топологічно узгоджена геоінформаційна модель малих річок Вінницької міської територіальної громади, яка відображає сучасний стан гідрографічної мережі, інтегрує офіційні та волонтерські дані та забезпечує основу для подальшої картографічної візуалізації та аналітичного використання.

6. Візуалізація на платформі ArcGIS Online уніфікованих геопросторових даних проєкту у форматі GeoJSON.

Після завершення етапу геоінформаційного моделювання та формування топологічно узгодженої бази геопросторових даних було здійснено візуалізацію отриманих результатів у хмарному середовищі ArcGIS Online.

Метою даного етапу стало створення інтерактивних тематичних карт, які відображають основні характеристики та екологічні параметри малих річок

Вінницької міської територіальної громади, а також забезпечення відкритого доступу до результатів дослідження.

Для публікації моделі дані з бази GeoPackage було експортовано у формат GeoJSON, який підтримує коректне відображення просторових і атрибутивних об'єктів у вебсередовищі. Далі виконано імпорт файлів до ArcGIS Online із збереженням структури тематичних шарів та символіки, узгодженої в QGIS.

У результаті створено інтерактивну веб-карту, до складу якої увійшли такі тематичні карти:

- «Регулярність водотоку» - відображає ступінь постійності течії малих річок;
- «Сезонні річки» - показує ризик вразливості до посух та водозбірні басейни малих річок;
- «Фізична прохідність берегів річок» - характеризує доступність берегової зони для пересування, наявність бар'єрів, заростань або забудови;
- «Захист малих річок» - відображає території, що мають природоохоронний статус, прибережні захисні смуги та зони екологічного контролю;
- «Забрудненість малих річок» - відображає місця фіксації сміття, скидів, замулення або локальних джерел забруднення, отриманих під час польових обстежень;
- «Відкритість річок» - демонструє ступінь доступності річок для громади (відкриті або колекторні ділянки).

Кожен тематичний шар має власну легенду, систему фільтрації та атрибутивні зв'язки, що забезпечує гнучкий пошук, перегляд і порівняльний аналіз об'єктів.

Завдяки інтерактивним інструментам ArcGIS Online користувач може виконувати панорамування, вимірювання, перегляд атрибутів, а також вмикати

або вимикати окремі тематичні шари для отримання комплексного уявлення про стан водної мережі.

Розроблена веб-карта реалізує принципи відкритих геоданих (Open Data) і може використовуватися як науково-дослідна, освітня та аналітична платформа для моніторингу стану малих річок Вінницької МТГ.

Її публікація сприяє підвищенню прозорості екологічної інформації, залученню громади до спостереження за станом природних водних об'єктів і формуванню інтегрованої системи управління міськими водними ресурсами.

7. Розроблення застосунку геоінформаційної системи «Малі річки Вінницької територіальної громади».

Перспективним напрямом подальшого розвитку проекту є створення вебзастосунку геоінформаційної системи «Малі річки Вінницької міської територіальної громади», який забезпечуватиме інтеграцію просторових даних, публічний доступ до результатів моніторингу та можливість участі громадськості у процесах екологічного спостереження.

Передбачається, що основою застосунку стане база геопросторових даних, сформована у форматі GeoPackage, із подальшою інтеграцією через ArcGIS Online або інші вебГІС-платформи (наприклад, ArcGIS Experience Builder або Web AppBuilder).

Функціонал майбутнього застосунку передбачатиме:

- інтерактивний перегляд тематичних карт, що відображають основні параметри стану малих річок (регулярність водотоку, сезонність, забруднення, прохідність берегів тощо);
- пошук і фільтрацію об'єктів за атрибутивними полями (назва річки, тип об'єкта, стан, джерело даних);
- перегляд фотофіксацій та коментарів користувачів, зібраних під час польових спостережень;
- візуалізацію змін у часі, пов'язаних зі станом водотоків або розвитком інфраструктури в межах прибережних зон;

- можливість зворотного зв'язку для подання громадських повідомлень про порушення або забруднення.

Застосунок розглядатиметься як інструмент для формування відкритої екологічної платформи, спрямованої на підтримку сталого управління водними ресурсами громади. Його реалізація сприятиме підвищенню ефективності взаємодії між органами місцевого самоврядування, науковими установами та громадськими ініціативами.

Розроблення такого вебзастосунку є логічним продовженням реалізованої геоінформаційної моделі та дозволить перевести напрацьовану базу геопросторових даних у динамічний аналітичний формат, придатний для постійного оновлення, моніторингу та управління станом малих річок Вінницької МТГ.

8. Підготовка аналітичних даних щодо стану мережі малих річок та формування заходів щодо їх збереження та відновлення.

Підсумковим етапом методики стало аналітичне узагальнення даних, отриманих у результаті геоінформаційного моделювання та створення бази геопросторових даних малих річок Вінницької міської територіальної громади.

Результати дослідження дозволили вперше сформулювати цілісну геоінформаційну базу даних, що комплексно відображає стан річкової мережі, особливості землекористування в межах прибережних зон та просторові чинники деградації малих водотоків.

За результатами просторового аналізу встановлено, що загальна протяжність річкової мережі громади, включно з ділянкою річки Південний Буг у межах міста (близько 13–14 км), становить 167,48 км, із яких 22,67 км перебувають у колекторах, а 144,81 км залишаються відкритими.

Оцінка фізичної доступності показала, що лише 102,11 км русел доступні для рекреації або екологічного моніторингу, тоді як 45,16 км залишаються недосяжними через забудову, техногенні бар'єри або відсутність прибережних смуг.

Отримані просторові дані також засвідчили наявність 1,78 га стихійних сміттєзвалищ і 4,76 га площ, зайнятих інвазивними видами рослин. У межах прибережних захисних смуг виявлено 3190 земельних ділянок, що свідчить про системні порушення у сфері землекористування та потребу в оновленні містобудівної документації.

Практична цінність створеної геоінформаційної системи полягає в тому, що вона формує науково-аналітичну основу для прийняття управлінських рішень, спрямованих на:

- ренатуралізацію замулених і колекторних ділянок русел;
- очищення водотоків і ліквідацію стихійних сміттєзвалищ;
- відновлення прибережних захисних смуг і рекреаційних зон;
- інтеграцію річкової мережі у систему зеленого та блакитного каркаса міста.

Перспективними напрямками подальших досліджень є:

- оцінювання потенціалу ренатуралізації - визначення ділянок, де відновлення русел можливе найпростішим та екологічно доцільним способом;
- аналіз вразливості водотоків до посух і змін клімату залежно від їх типу (ефемерні, тимчасові, постійні);
- створення інтегрованої системи моніторингу, що поєднує ГІС, супутникові дані, дрон-зйомку та громадські спостереження;
- включення отриманих результатів до міських екологічних програм і ініціатив «Зелений курс Вінниці».

Методичний підхід до геоінформаційного моделювання мережі малих річок Вінницької МТГ передбачає послідовне виконання етапів збору, опрацювання, уніфікації та аналізу геопросторових даних. Структурну логіку та взаємозв'язки між основними операціями геоінформаційного моделювання мережі малих річок наведено на блок-схемі (Рис. 2.1).

Методика геоінформаційного моделювання малих річок Вінницької МТГ

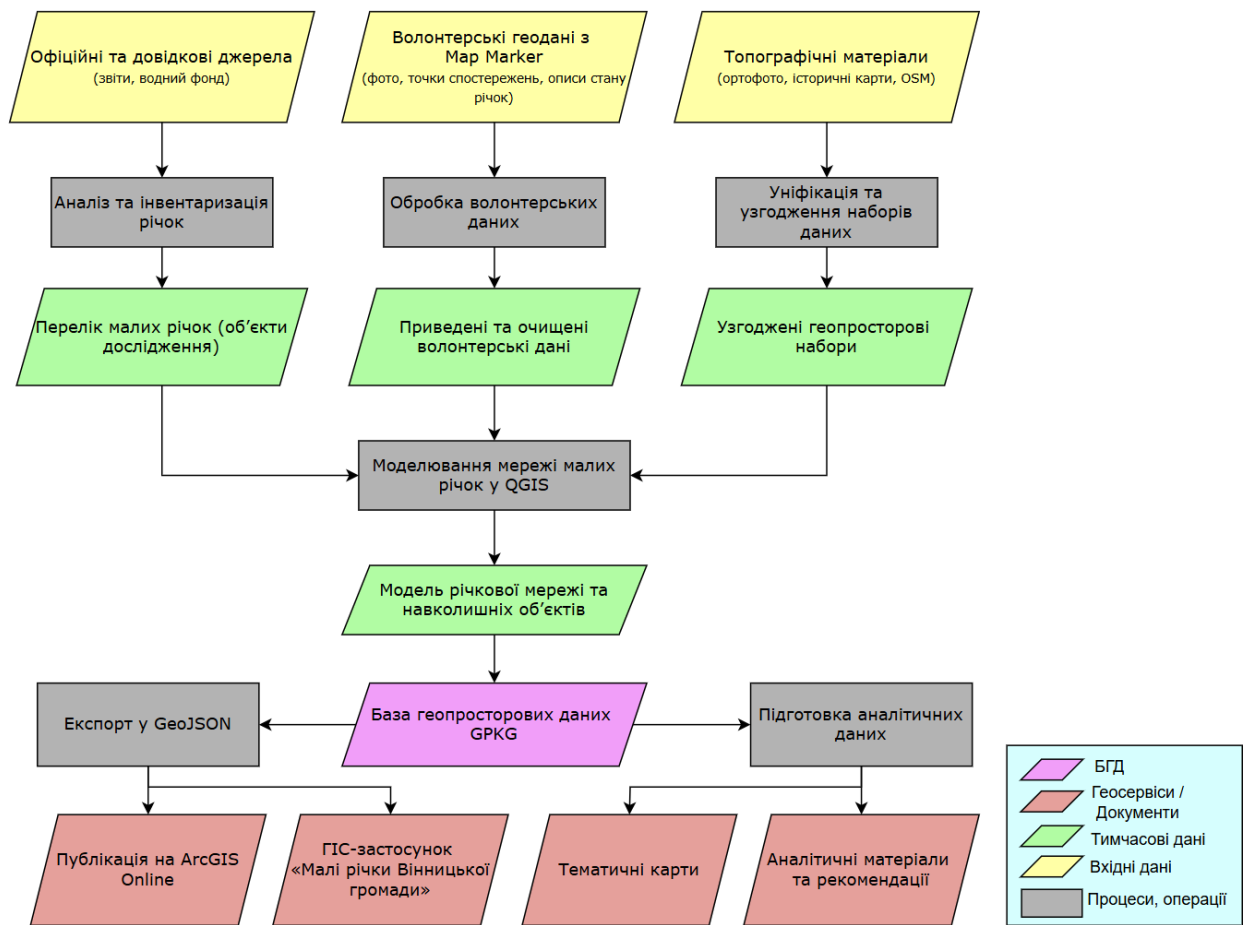


Рис.2.1. Блок-схема методики геоінформаційного моделювання малих річок
Вінницької МТГ

Підсумовуючи представлену на рис. X блок-схему, методологія моделювання малих річок Вінницької МТГ включає послідовний процес збирання, узгодження та аналізу офіційних, волонтерських і топографічних даних, формування єдиної геопросторової бази, моделювання річкової мережі та створення тематичних і аналітичних продуктів. Такий підхід забезпечує системність, відтворюваність та повноту дослідження стану малих водотоків.

Таким чином, сформована геоінформаційна модель малих річок є не лише інструментом просторового аналізу, а й науковим підґрунтям для стратегічного планування відновлення водних екосистем, що є ключовим елементом підвищення кліматичної стійкості та екологічної збалансованості міського середовища Вінницької міської територіальної громади.

2.2 Розроблення концептуальної моделі ГІС малих річок

Вінницької МТГ

Основна частина моделювання даних виконується на етапі проектування БГД, але його окремі види та елементи входять до складу інших етапів, в залежності від фаз життєвого циклу системи та бази даних, а також рівнів розгляду проблеми, завдань і об'єктів предметної сфери. В теорії та практиці проектування й реалізації БГД розрізняють три рівні розгляду предметної сфери та відповідно три рівні моделювання даних, а саме: концептуальний, логічний (зовнішній) та фізичний (внутрішній) [24].

Концептуальна модель бази геоданих (БГД) визначає структуру та взаємозв'язки між різними елементами геоданих у базі даних. Ця модель визначає, які дані будуть зберігатися, як вони будуть організовані та як вони будуть взаємодіяти між собою. Основна мета концептуальної моделі - це забезпечити зрозуміле та систематичне уявлення про дані та їх структуру для того, щоб розробники, аналітики та користувачі могли ефективно взаємодіяти з базою геоданих.

Концептуальна модель бази геоданих може включати такі складові:

- Сутності та їх взаємозв'язки: Це базові об'єкти, які визначаються в базі геоданих, такі як точки, лінії, полігональні області, атрибутивні дані тощо. Взаємозв'язки між цими сутностями визначаються зв'язками, такими як топологічні, просторові та атрибутивні зв'язки.

- Атрибутивна інформація: Це дані, що характеризують сутності в базі геоданих, такі як назви, розміри, висоти, та інші властивості. Ці дані можуть бути пов'язані з географічними об'єктами або з їх атрибутами.

- Просторова інформація: Це дані, що описують просторове розташування географічних об'єктів, такі як координати, геометрія та топологія. Ці дані дозволяють визначати місцеположення та взаємний зв'язок між географічними об'єктами.

- Інші складові: Залежно від конкретних потреб і цілей бази геоданих, концептуальна модель може включати інші елементи, такі як метадані, індекси, способи організації та доступу до даних тощо.

Основні типи зв'язків у базі даних:

1. Один до одного (One-to-One): У цьому типі зв'язку кожен запис в одній таблиці відповідає лише одному запису в іншій таблиці. Цей тип зв'язку використовується, коли між двома сутностями існує пряма однозначна взаємозалежність.

2. Один до багатьох (One-to-Many): У цьому типі зв'язку кожен запис в одній таблиці відповідає багатьом записам в іншій таблиці. Цей тип зв'язку найбільш поширений і використовується, коли одна сутність має

відношення до кількох записів в іншій сутності.

3. Багато до багатьох (Many-to-Many): У цьому типі зв'язку багато записів в одній таблиці відповідають багатьом записам в іншій таблиці. Для реалізації цього типу зв'язку використовується додаткова проміжна таблиця, яка виконує роль зв'язуючої таблиці між двома сутностями.

Таблиця 2.1 ілюструє кратність зв'язків між класами у структурі геоінформаційної бази даних.

Таблиця 2.1

Кратність зв'язків у діаграмах класів

Нотація	Опис
1..1 або 1-1	Один і тільки один
0..1 або 0-1	Нуль або один
0..* або 0-Б	Нуль і більше
1..* або 1-Б	Один та більше

У діаграмах класів UML, типи зв'язків (асоціацій) визначають взаємозв'язки між класами. Вони показують, які класи мають взаємодіяти між собою і яка є природа цієї взаємодії. Основні типи зв'язків, які можна використовувати в діаграмах класів, включають наступні [23] :

1. Асоціація (Association): Асоціація вказує на зв'язок між двома класами. Вона може бути однонаправленою або двонаправленою. Асоціацію зазвичай позначають лінією, яка з'єднує класи, і додають назву асоціації, яка описує природу зв'язку.

2. Агрегація (Aggregation): Агрегація вказує на відношення "частина-ціле" між класами. Один клас представляє собою ціле, а інший клас – частину цього цілого. Агрегацію зазвичай позначають стрілкою, яка вказує на клас-ціле, і додають назву агрегації.

3. Композиція (Composition): Композиція є спеціальним видом агрегації, де частина не може існувати без цілого. Вона вказує на тісне залежність між класами. Композицію зазвичай позначають заповненою стрілкою, яка вказує на клас-ціле, і додають назву композиції.

4. Наслідування (Inheritance): Наслідування вказує на відношення "єтипом". Один клас успадковує властивості і методи іншого класу. Наслідування зображають за допомогою стрілки з відкритим трикутником, яка вказує на базовий клас.

5. Залежність (Dependency): Залежність вказує на те, що один клас використовує інший клас, але без прямого відношення "частина-ціле" або "єтипом". Залежність зображають пунктирною стрілкою, яка вказує на клас, від якого залежить інший клас.

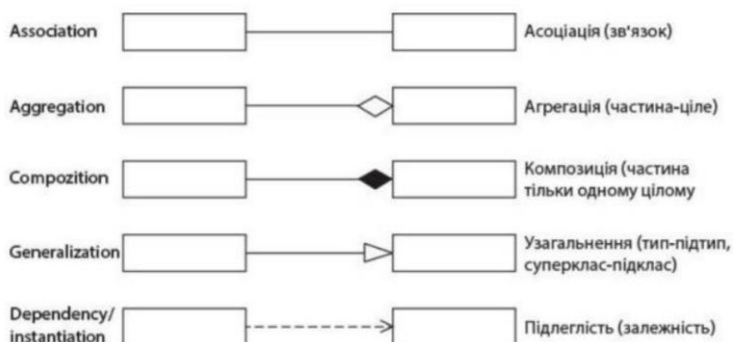


Рис.2.1. Типи зв'язків (асоціацій) в діаграмах класів [23]

Створену концептуальну модель показано на рис.2.2, у вигляді UML-діаграми БГД малих річок Вінницької МТГ, що складається із атрибутів та зв'язків між ними. Усього 21 сутностей та 20 зв'язків між ними.

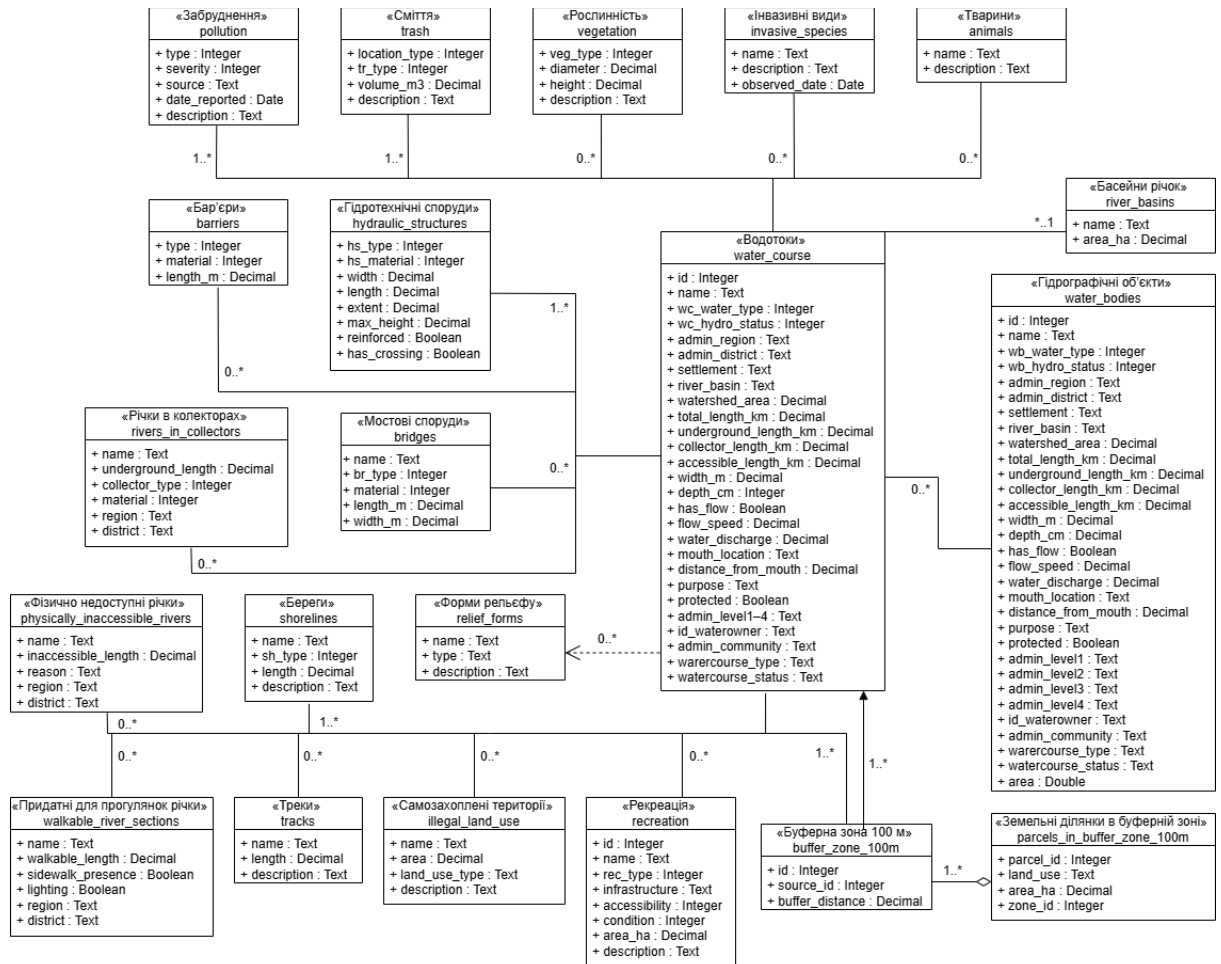


Рис.2.2. Концептуальна модель БГД малих річок Вінницької МТГ

2.3 Розроблення логічної моделі ГІС малих річок Вінницької МТГ

Для створення бази геопросторових даних було обрано реляційну модель як основний підхід. Така структура дає змогу організувати інформацію предметної області у вигляді взаємопов'язаних таблиць та застосовувати стандартні операції реляційної алгебри для ефективного опрацювання й аналізу даних.

Логічна модель геоінформаційної системи є результатом етапу логічного моделювання, на якому визначається структура бази геоданих з урахуванням особливостей обраної системи керування базами даних (СКБД). У цій моделі об'єкти відображаються такими, якими вони будуть реалізовані в базі даних, із зазначенням типів геометрії та атрибутивних характеристик. Логічна модель є проміжною ланкою між концептуальним баченням предметної області та фізичним втіленням структури даних у програмному середовищі.

Після формування концептуальної моделі гідрографічної бази геоданих наступним кроком стало деталізоване визначення складу та характеристик сутностей предметної області. З цією метою було укладено каталог об'єктів, який виступає проміжною ланкою між загальною структурою системи та її логічним представленням. У каталозі уточнено перелік об'єктів, їхні атрибути, домени значень і типи даних, що дає можливість однозначно описати властивості кожної сутності. Така формалізація створює основу для подальшої розробки логічної моделі БГД у вигляді UML-діаграм.

Об'єкти – це деяка сутність або елемент реального світу, який зберігається у вигляді таблиці в базі даних, рядки якої є примірниками об'єкта [25]. А також одна сутність відповідає одній таблиці. Записи також упорядковуються в таблиці, які містять відомості про зв'язки між різними полями, фактично вони встановлюють взаємодію між сутностями.

Атрибут – характеристика об'єкта, що має ім'я, тип даних та домен значень [26].

Домен – множина усіх можливих значень атрибута.

Тип даних – характеристика, яку призначено полю, що визначає набір допустимих значень, формат та розмір.

Типи даних, що будуть використовуватись при створенні баз даних у середовищі QGIS [27] , зазначено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Типи даних

Тип даних	Опис
Integer	Ціле число. Використовується для зберігання цілих чисел без десяткової частини.
Real/Decimal	Дійсне число. Числа з плаваючою комою, що дозволяють зберігати значення з десятковою частиною.
String/Text	Текст. Рядкові значення: назви, коди, коментарі та інші символні дані.
Date	Дата. Значення календарної дати (рік, місяць, день).
Time	Час. Значення часу (години, хвилини, секунди).
Boolean	Логічний тип даних, який може приймати лише два значення: TRUE або FALSE.

Проектування бази геопросторових даних малих річок Вінницької міської територіальної громади передбачає розв'язання комплексу спеціалізованих завдань, пов'язаних із структурованим поданням, аналізом та зберіганням просторової інформації. Основними цілями цього процесу є:

- забезпечення повноти та збереження всіх необхідних відомостей про річки, водотоки, гідротехнічні споруди та пов'язані об'єкти;
- формування чіткої, логічно узгодженої структури геоданих, яка забезпечує зручність подальшої обробки, оновлення та інтеграції інформації;
- мінімізація дублювання даних шляхом впорядкування просторових і атрибутивних сутностей;
- гарантування цілісності геоданих, включно з підтриманням узгодженості між об'єктами та запобіганням логічним суперечностям.

Каталог об'єктів, представлений у низці атрибутивних таблиць 2.3 – 2.22, є основою для побудови структури бази геоданих, забезпечує її масштабованість, логічну цілісність та можливість подальшої аналітичної обробки.

Таблиця 2.3

Гідрографічні об'єкти/water_bodies (Point/Line/Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Номер річки	id	Integer	
Назва водного об'єкта	name	Text	50
Тип водного об'єкта	wb_water_type	Integer	50
Статус гідрографії	wb_hydro_status	Integer	50
Адміністративна область	admin_region	Text	50
Адміністративний район	admin_district	Text	50
Населений пункт	settlement	Text	50
Басейн річки	river_basin	Text	50
Площа водозбору	watershed_area	Decimal (real)	
Протяжність загальна	total_length_km	Decimal (real)	
Протяжність під землею	underground_length_km	Decimal (real)	
Протяжність у колекторі	collector_length_km	Decimal (real)	
Протяжність у доступі	accessible_length_km	Decimal (real)	
Ширина	width_m	Decimal (real)	
Глибина	depth_cm	Decimal (real)	
Присутність течії	has_flow	Boolean	
Швидкість течії	flow_speed	Decimal (real)	
Витрати води	water_discharge	Decimal (real)	
Місцезнаходження гирла	mouth_location	Text	50
Відстань від гирла	distance_from_mouth	Decimal (real)	
Призначення	purpose	Text	50
Охорона	protected	Boolean	
Код КАТОТТГ, рівень 1	admin_level1	Text	
Код КАТОТТГ, рівень 2	admin_level2	Text	
Код КАТОТТГ, рівень 3	admin_level3	Text	
Водогосподарська ділянка	id_waterowner	Text	
Адміністративна громада	admin_community	Text	
Тип водного об'єкта	watercourse_type	Text	
Статус гідрографії	watercourse_status	Text	
Код КАТОТТГ, рівень 4	admin_level4	Text	
Площа	area	Double	

Domain table: wb_water_type_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Річка / River
2	Озеро / Lake
3	Ставок / Pond
4	Канал / Canal
5	Водосховище / Reservoir
6	Болото / Swamp
7	Струмок / Stream
8	Водотік / Water course
9	Дощова яма
10	Копанка
11	Річище
12	Гирло
13	Джерело
14	Витік

Domain table: wb_hydro_status_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Постійна річка / Perennial
2	Пересихаюча річка / drying river
3	Сухе русло / Dry channel
4	У колекторі / In the collector
5	Сезонна річка / Intermittent
6	Післядощова річка / Ephemeral
7	Підземна річка / Underground river
8	Умовна вісь водотоку

Таблиця 2.4

Гідротехнічні споруди/hydraulic_structures (Point/Line/Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Тип	hs_type	Integer	50
Матеріал	hs_material	Integer	50
Ширина	width	Decimal (real)	
Довжина	length	Decimal (real)	
Протяжність	extent	Decimal (real)	
Максимальна_висота	max_height	Decimal (real)	
Укріплення	reinforced	Boolean	
Наявність_переходу	has_crossing	Boolean	

Domain table:hs_type_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Колектор / Collector
2	Шлюз / Sluice gate
3	Переливна труба / Overflow pipe
4	Пірс
5	Зливна труба
6	Дощовий лоток

Domain table: hs_material_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Бетонна труба / Concrete pipe
2	Металева труба / Metal pipe
3	Пластикова труба / Plastic pipe
4	Кам'яна кладка / Stone masonry
5	Інше / Other

Таблиця 2.5

Водотоки / water_course (Line)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Номер річки	id	Integer	
Назва водотоку	name	Text	50
Тип водотоку	wc water type	Integer	
Тип гідрографії	wc hydro status	Integer	
Адміністративна область	admin region	Text	50
Адміністративний район	admin district	Text	50
Населений пункт	settlement	Text	50
Басейн річки	river basin	Text	50
Площа водозбору	watershed area	Decimal (real)	–
Протяжність загальна	total length km	Decimal (real)	–
Протяжність під землею	underground length km	Decimal (real)	–
Протяжність у колекторі	collector length km	Decimal (real)	–
Протяжність у доступі	accessible length km	Decimal (real)	–
Ширина	width_m	Decimal (real)	–
Глибина	depth_cm	Integer	–
Присутність течії	has flow	Boolean	–
Швидкість течії	flow speed	Decimal (real)	–
Витрати води	water discharge	Decimal (real)	–
Місцезнаходження гирла	mouth location	Text	50
Відстань від гирла	distance from mouth	Decimal (real)	–
Призначення	purpose	Text	50
Охорона	protected	Boolean (Yes/No)	–
Код КАТОТТГ, рівень 1	admin level1	Text	
Код КАТОТТГ, рівень 2	admin level2	Text	
Код КАТОТТГ, рівень 3	admin level3	Text	

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Водогосподарська ділянка	id waterowner	Text	
Адміністративна громада	admin community	Text	
Тип водного об'єкта	watercourse type	Text	
Статус гідрографії	watercourse status	Text	
Код КАТОТТГ, рівень 4	admin_level4	Text	

Domain table: wc_water_type_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Річка / River
2	Озеро / Lake
3	Ставок / Pond
4	Канал / Canal
5	Водосховище / Reservoir
6	Болото / Swamp
7	Струмочок / Stream

Domain table: hydro_status_water_course_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Постійна річка / Perennial
2	Пересихаюча річка / drying river
3	Сухе русло / Dry channel
4	У колекторі / In the collector
5	Сезонна річка / Intermittent
6	Післядощова річка / Ephemeral
7	Підземна річка / Underground river
8	Умовна вісь водотоку

Таблиця 2.6

Басейни річок/river_basins (Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва басейну	name	Text	50
Площа, га	area ha	Decimal	

Таблиця 2.7

Річки в колекторах/rivers_in_collectors (Line)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва річки	name	Text	50
Протяжність підземної частини, км	underground_length	Decimal	-
Тип колектора (труба, тунель тощо)	collector_type	Integer	50
Матеріал конструкції	material	Integer	50
Область	region	Text	50
Район	district	Text	50

Domain table: collector_type_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Труба / Pipe

Продовження таблиці 2.7

2	Тунель / Tunnel
3	Канал / Channel
4	Інше / Other

Domain table: material_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Бетон / Concrete
2	Метал / Metal
3	Пластик / Plastic
4	Цегла / Brick
5	Камінь / Stone
6	Комбінований матеріал / Composite material
7	Інше / Other

Таблиця 2.8

Фізично недоступні річки/physically_inaccessible_rivers (Line)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва річки	name	Text	50
Довжина недоступної частини, км	inaccessible_length	Decimal	-
Причина недоступності (зарослі, паркани)	reason	Text	50
Область	region	Text	50
Район	district	Text	50

Таблиця 2.9

Придатні для прогулянок річки/ walkable_river_sections (Line)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва річки	name	Text	50
Протяжність придатної частини, км	walkable_length	Decimal	-
Наявність тротуару	sidewalk_presence	Boolean	
Освітлення	lighting	Boolean	
Область	region	Text	50
Район	district	Text	50

Таблиця 2.8

Бар'єри/огорожі/забори /barriers (Line/Polygon/Point)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Тип бар'єру	type	Integer	50
Матеріал	material	Integer	50
Довжина, м	length m	Decimal	

Domain table: type_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Паркан / Fence
2	Споруда
3	Стіна / Wall
4	Живопліт / Hedge
5	Сітка / Mesh
6	Захисна конструкція / Protective structure
7	Хащі / Thicket
8	Болото
9	Інше / Other

Domain table: material_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Бетон / Concrete
2	Метал / Metal
3	Сітка / Mesh
4	Дерево / Wood
5	Камінь / Stone
6	Комбінований / Combined
7	Інше / Other

Таблиця 2.10

Інвазивні види /invasive_species (Point/Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва виду	name	Text	50
Коротка інформація про вплив	description	Text	100
Дата спостереження	observed_date	Date	

Таблиця 2.11

Буферна зона 100 м /buffer_zone_100m (Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Ідентифікатор буферної зони	id	Integer	
Ідентифікатор джерела буфера	source_id	Integer	
Відстань буфера (м)	buffer_distance	Decimal	

Таблиця 2.12

Земельні ділянки в буферній зоні / parcels_in_buffer_zone_100m (Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Ідентифікатор земельної ділянки	parcel_id	Integer	
Тип землекористування	land use	Text	100
Площа, га	area ha	Decimal	
Ідентифікатор буферної зони	zone_id	Integer	

Таблиця 2.13

Забруднення/ pollution (Point/Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Тип забруднення	type	Integer	
Ступінь забруднення	severity	Integer	
Джерело забруднення	source	Text	100
Дата виявлення	date reported	Date	
Опис	description	Text	50

Domain table: type_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Нафтопродукти / Oil products
2	Побутове сміття / Household waste
3	Пластикові відходи / Plastic waste
4	Хімічне забруднення / Chemical pollution
5	Будівельне сміття / Construction debris
6	Металеві відходи / Metal waste
7	Біологічне забруднення / Biological pollution
8	Інше / Other

Domain table: severity_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Дуже низький
2	Низький
3	Середній
4	Високий
5	Дуже високий

Таблиця 2.14

Рекреація / recreation (Point/Line/Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Ідентифікатор	id	Integer	
Назва зони	name	Text	50
Тип рекреації	rec type	Integer	
Інфраструктура	infrastructure	Text	100
Доступність	accessibility	Integer	
Стан території	condition	Integer	
Площа	area ha	Decimal	
Опис	description	Text	100

Domain table: rec_type_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Пляж / Купання
2	Риболовля
3	Пікнік / Барбекю
4	Прогулянки / Туристичні стежки
5	Спортивна активність
6	Дитячі майданчики
7	Тиха заводь
8	Кемпінг / Ночівля
9	Культурно-освітні зони
10	Інше

Domain table: accessibility_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Вільний доступ
2	Обмежений
3	Платний

Domain table: condition_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Добрий
2	Задовільний
3	Потребує покращення

Таблиця 2.15

Сміття /trash (Point/Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Розташування	location type	Integer	
Тип сміття	tr type	Integer	
Орієнтовний об'єм, м ³	volume m3	Decimal	
Опис	description	Text	50

Domain table: location_type_domain

Code	Value (UA / EN)
1	У воді
2	Біля води

Domain table: location_type_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Побутове сміття
2	Скло
3	Метал
4	Будівельне сміття
5	Деревина
6	Шини
7	Текстиль
8	Перешкоди у воді
9	Інше

Таблиця 2.16

Мостові споруди/bridges (Point/Line/Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва	name	Text	50
Тип мостової споруди	br_type	integer	
Матеріал	material	integer	
Довжина моста	length_m	Decimal	
Ширина	width_m	Decimal	

Domain table: br_type _ domain

Code	Value (UA / EN)
1	Міст
2	Тунель
3	Труба

Domain table: material _ domain

Code	Value (UA / EN)
1	Бетон
2	Залізобетон
3	Метал
4	Дерево

Таблиця 2.17

Рослинність/vegetation (Point/Line/Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Тип рослинності	veg_type	integer	
Діаметр стовбура/крони	diameter	Decimal	
Висота (м)	height	Decimal	
Опис	description	Text	50

Domain table: veg_type _ domain

Code	Value (UA / EN)
1	Дерево
2	Чагарник
3	Інше

Таблиця 2.18

Тварини/animals (Point)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва	name	Text	50
Опис	description	Text	50

Таблиця 2.19

Треки/tracks (Line)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва	name	Text	50
Довжина треку	length	Decimal	
Опис	description	Text	50

Таблиця 2.20

Береги/shorelines (Line)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва річки або водойми	name	Text	50
Тип берега	sh type	integer	
Довжина берегу	length	Decimal	
Опис	description	Text	50

Domain table: sh_type _ domain

Code	Value (UA / EN)
1	Природний
2	Штучний

Таблиця 2.21

Самозахоплені території/illegal_land_use (Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва або ідентифікатор території	name	Text	50
Площа території	area	Decimal	
Тип використання	land_use type	Text	50
Опис	description	Text	100

Форми рельєфу/relief_forms (Polygon)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва форми рельєфу	name	Text	50
Тип форми рельєфу	type	Text	50
Опис	description	Text	100

Каталог об'єктів та їхніх атрибутів забезпечує упорядкування інформації про просторові елементи й їхні характеристики, що є важливим етапом формування повноцінної та функціональної геопросторової бази даних. Якісно розроблений каталог спрощує подальшу роботу з даними, сприяє уніфікації їх структури та забезпечує зручний доступ до потрібної інформації.

На основі сформованого каталогу об'єктів і атрибутів буде створено базу даних, що описує малі річки Вінниці та пов'язані з ними природні об'єкти. Така база може слугувати основою для подальшого геоінформаційного моделювання, моніторингу стану водотоків і підтримки управлінських рішень у сфері водних ресурсів міста.

У процесі логічного проєктування здійснюється перетворення концептуальної моделі бази даних у логічну модель, яка враховує особливості використовуваної СКБД. Основною метою етапу є усунення надмірності даних із застосуванням спеціальних правил нормалізації. Мета нормалізації – мінімізувати повторення даних і можливі структурні зміни бази даних при процедурах оновлення. Результат цього етапу – логічна схема бази даних у вигляді взаємопов'язаних таблиць. Отримана логічна структура бази даних може бути оцінена кількісно за допомогою різних характеристик (кількість звернень до логічних записів, обсяг даних у кожному додатку, загальний обсяг даних). На основі цих оцінок логічна структура може бути вдосконалена з метою досягнення більшої ефективності [28].

Задля продуктивної роботи каталог об'єктів БД, який розроблений в попередньому пункті, обов'язково необхідно логічно узгодити, а також

правильно зв'язати між собою. Логічне проєктування моделі полягає в створенні логічної моделі на основі вибраної моделі даних [29].

Першим етапом логічного проєктування є:

- 1) Перетворення каталогу об'єктів і атрибутів в локальну логічну модель.
- 2) Визначення набору відносин, виходячи зі структури локальної логічної моделі даних.

- 3) Перевірка моделі за допомогою правил нормалізації.

- 4) Перевірка моделі щодо транзакцій користувачів.

- 5) Встановлення «сутність-зв'язок» до класів.

- 6) Визначення вимог підтримки цілісності даних.

Другий етап проєктування виглядає як сукупність таких процесів:

- 1) Злиття локальних моделей в єдину глобальну модель даних (аналіз імен сутностей і зв'язків, встановлення первинного ключа).

- 2) Перевірка глобальної логічної моделі даних (нормалізація і транзакція).

- 3) Перевірка можливостей розширення моделі в майбутньому.

- 4) Створення остаточного варіанта моделі сутність-зв'язок .

- 5) Обговорення глобальної моделі даних з користувачем [30].

Логічна модель бази геопросторових даних поєднана разом з моделлю «сутність-зв'язок». У літературі [31, 32] уточнення моделі «сутність-зв'язок» виконують на основі математичних понять (теорії множин, ґраток, графів) [33].

Базовими елементами моделі «сутність-зв'язок» є сутності, атрибути і зв'язки.

Сутність – це об'єкт визначеного типу, будь-який помітний об'єкт (який ми можемо відрізнити від іншого), інформацію про який необхідно зберігати в певній базі даних. Тип сутності визначає набір однорідних сутностей деякого типу. Множина всіх сутностей типу сутності в деякий момент часу називається множиною сутності. Сутність предметної області – це тип реального або уявного об'єкта предметної області [33].

Взаємовідношення сутностей виражається зв'язками. Тип зв'язку – це осмислена асоціація між типами сутностей (зокрема, асоціація може бути задана на одному типі сутності). Зв'язок – це асоціація між сутностями, що належать відповідним типам сутностей, які беруть участь у даному типі зв'язку; асоціювання двох або більше сутностей. Множина зв'язку – це множина всіх зв'язків типу зв'язку в деякий момент часу [31].

Перший тип – зв'язок «один до одного» (1:1): у кожен момент часу кожному атрибуту сутності А відповідає 1 чи 0 атрибутів сутності В (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Зв'язок «один до одного»

Другий тип – зв'язок «один до багатьох» (1:1...*): одному атрибуту сутності А відповідають 0, 1 або кілька атрибутів сутності В (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Зв'язок «один до багатьох»

У логічній моделі бази даних первинний ключ (Primary Key) забезпечує унікальну ідентифікацію кожного запису та гарантує цілісність даних. Зовнішній ключ (Foreign Key) встановлює зв'язки між таблицями, використовуючи значення первинного ключа іншої таблиці. Завдяки цьому реалізуються відношення між сутностями та підтримується узгодженість даних у моделі [34].

Підрозділ, присвячений проектуванню логічної моделі бази геопросторових даних малих річок Вінницької міської територіальної громади, став ключовим етапом у формуванні структури та визначенні взаємозв'язків

між об'єктами та їхніми атрибутами. Розроблення каталогу просторових об'єктів і характеристик дало змогу формалізувати річкову мережу та пов'язані з нею природні й антропогенні елементи, що значно підвищило узгодженість і ефективність майбутньої бази геопросторових даних.

Створена логічна модель дала можливість чітко окреслити структуру інформації, забезпечити її впорядкування та спростити подальшу обробку. Завдяки встановленим зв'язкам між різними компонентами річкової системи - водотоками, прибережними територіями, гідротехнічними спорудами, джерелами забруднення та іншими об'єктами - стало можливим виконання комплексних аналітичних операцій та оперативний доступ до необхідних даних.

Для практичної реалізації та перевірки працездатності розробленої логічної структури було використано дані щодо малих річок Вінницької МТГ, які демонструють різноманітні умови просторового розташування, особливості гідромережі, ступінь урбанізованості, наявність бар'єрів, колекторів, гідротехнічних об'єктів і проблемних ділянок. Такий підхід дав змогу комплексно відобразити специфіку річкової мережі та забезпечити її подальше геоінформаційне моделювання.

Логічну модель створеної бази геопросторових даних у вигляді UML – діаграми наведено на рисунку 2.5.

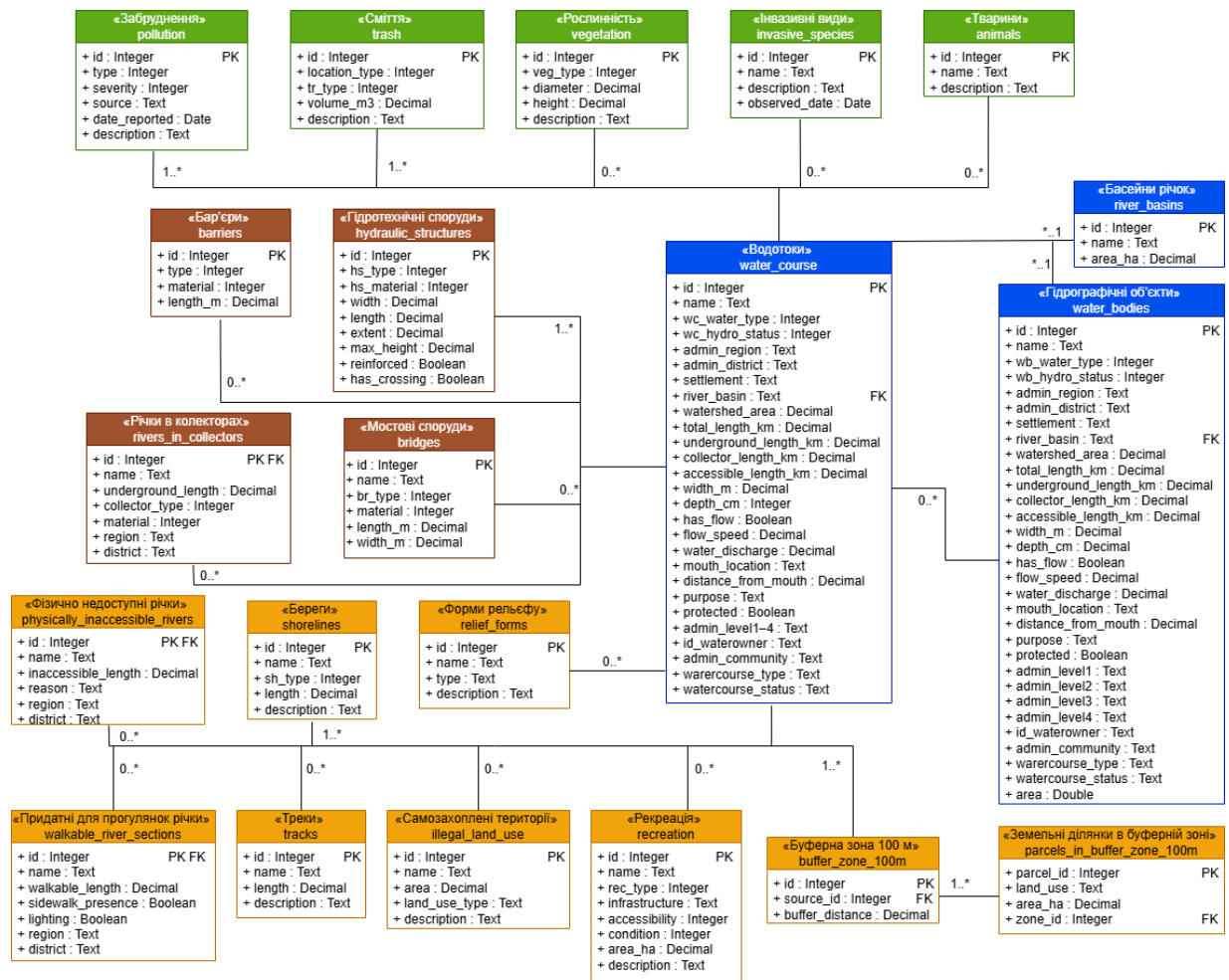


Рис. 2.5. Логічна модель бази геопросторових даних малих річок

Вінницької МТГ

Висновки до розділу 2

У другому розділі було послідовно реалізовано три ключові етапи, що забезпечили формування цілісної геоінформаційної системи малих річок Вінницької міської територіальної громади.

Методика геоінформаційного моделювання визначає системний підхід до створення бази геопросторових даних, який включає аналіз джерел, збір польових матеріалів, їх узгодження та інтеграцію. Методика базується на принципах комплексності, багатоджерельності та топологічної узгодженості, що забезпечує достовірність та аналітичну цінність отриманих результатів.

При розробленні концептуальної моделі сформовано каталог сутностей та визначено їх взаємозв'язки на концептуальному рівні. Концептуальна

модель відображає предметну область малих річок, окреслює основні класи об'єктів та їх функціональне призначення, створюючи основу для подальшої деталізації та переходу до логічного моделювання.

У процесі розроблення логічної моделі концептуальні положення було трансформовано у структуровану схему бази геоданих. Логічна модель реалізована у вигляді UML – діаграми із визначенням типів геометрії, атрибутивних полів та реляційних зв'язків. Це забезпечило узгодженість даних, можливість виконання запитів та підготовку до фізичної реалізації у форматі GeoPackage.

Таким чином, розділ 2 демонструє завершений процес переходу від методологічних засад до формування концептуальної та логічної моделей бази геопросторових даних. Результатом є структурована інформаційна основа, яка забезпечує цілісність, системність та придатність для подальшого аналітичного використання й управління станом малих річок Вінницької МТГ.

**РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ
МОДЕЛІ МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ**

					ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Геоінформаційне моделювання малих річок Вінницької міської територіальної громади	Літ.	Арк.	Аркушів
Виконала		Колесник А.С.						
Керівник		Кінь Д.О.					65	38
Консультант		Кінь Д.О.				КНУБА, група ГСТм-24 65		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.						

3.1. Створення бази геопросторових даних малих річок Вінницької МТГ в ПЗ QGIS

Для реалізації бази геопросторових даних та геоінформаційної моделі малих річок Вінницької міської територіальної громади було обрано програмне середовище QGIS (Quantum GIS) (рис 3.1). QGIS є однією з найпоширеніших геоінформаційних систем із відкритим кодом, що розповсюджується на умовах ліцензії GNU General Public License та підтримується проєктом Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) [35].

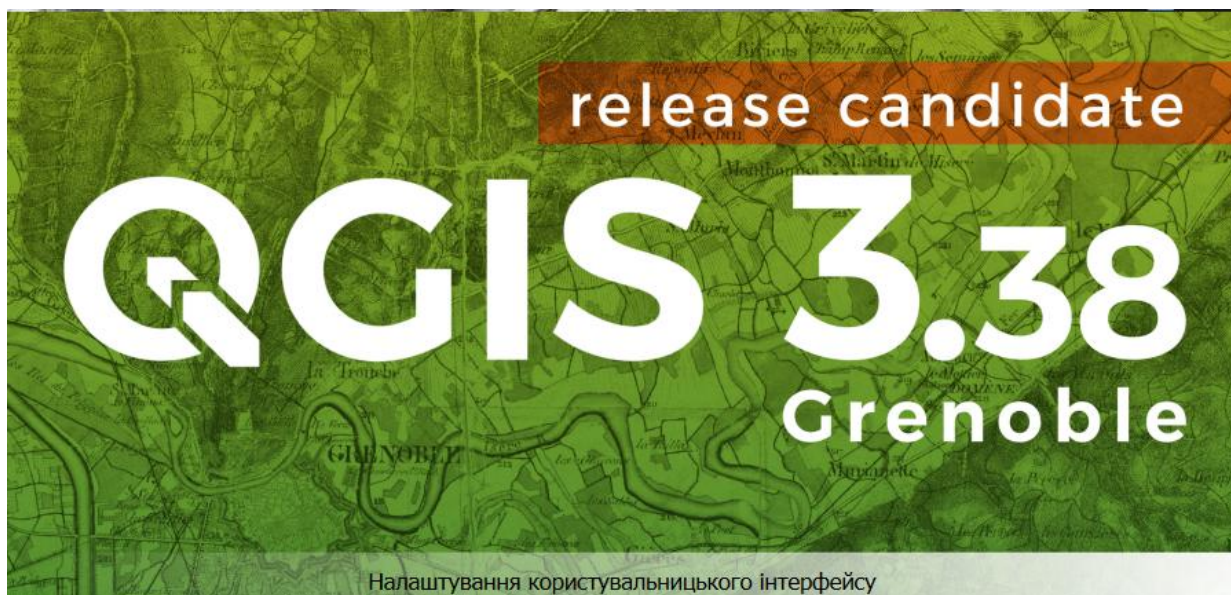


Рис 3.1. Вікно завантаження Quantum GIS (QGIS)

Система функціонує на різних операційних платформах (Linux, Unix, MacOS, Windows, Android) та підтримує широкий спектр форматів геопросторових даних, зокрема Shapefile, GeoJSON, KML, GeoTIFF, що робить її універсальною для інтеграції даних з різних джерел.

Завдяки використанню плагінів і модулів QGIS легко розширюється та адаптується до специфічних завдань користувача, забезпечуючи гнучкість та можливість налаштувань. У порівнянні з іншими популярними ГІС-платформами (ArcGIS, Google Earth Engine, MapInfo Professional) QGIS

відрізняється доступністю, відкритістю та широким функціоналом, що робить її оптимальним вибором для наукових, освітніх та прикладних проєктів.

Таким чином, QGIS є однією з найбільш функціональних і динамічно розвиваних настільних геоінформаційних систем, яка забезпечує ефективне створення, обробку та візуалізацію геопросторових даних у межах дослідження малих річок Вінницької МТГ.

Вікно QGIS версії 3.38 з панеллю управління, закріпленими функціями, браузером, вікном шарів та інструментів аналізу, відображено на рисунку 3.2.

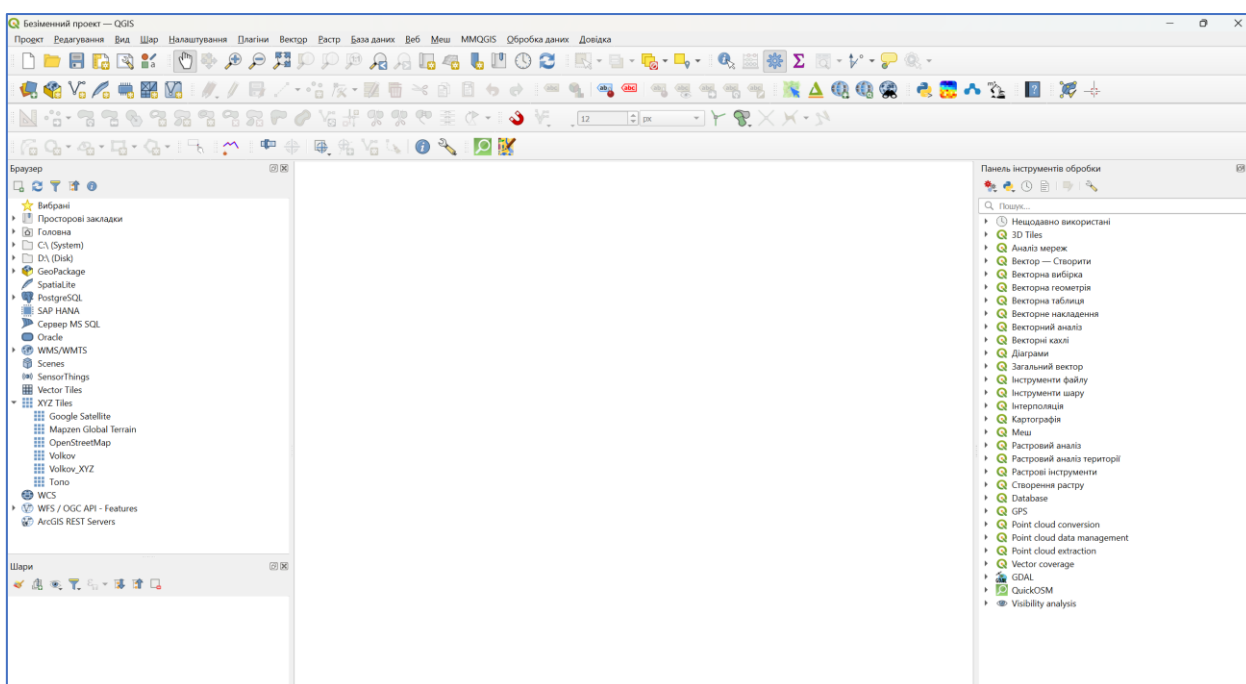


Рис. 3.2. Вхідне вікно QGIS версії 3.38

Практична реалізація геоінформаційної моделі малих річок Вінницької міської територіальної громади здійснювалася у програмному середовищі QGIS, яке забезпечує комплексні інструменти для створення, редагування та аналізу просторових даних. Основним завданням цього етапу було формування структурованої бази геопросторових даних (БГД), що інтегрує результати польових досліджень, офіційні картографічні матеріали та відкриті джерела.

Для реалізації моделі використано універсальний формат зберігання даних GeoPackage (.gpkg), який дозволяє зберігати просторові та атрибутивні дані в єдиному контейнері, підтримує багатошаровість та реляційні зв'язки між об'єктами.

Отже, першим кроком було створення у середовищі QGIS нового контейнеру з назвою HydroNetwork_Vinnytsia.gpkg (рис. 3.3), який забезпечує зберігання просторових та атрибутивних даних у єдиній структурі.

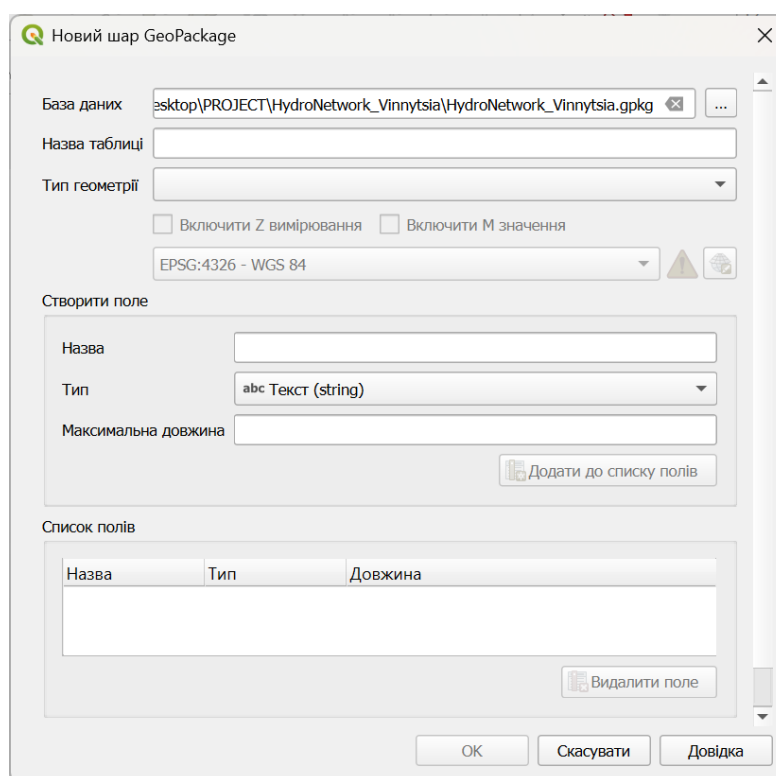


Рис. 3.3. Вікно створення нового GeoPackage у QGIS

На основі сформованого каталогу об'єктів здійснюється подальше структурування бази геопросторових даних у QGIS. Для кожного класу сутностей створюється окремий шар, що містить атрибутивну таблицю з визначеними полями - унікальним ідентифікатором, назвою, типом та геометричними характеристиками. Такий підхід забезпечує узгодженість між шарами та створює основу для подальшого наповнення БГД просторовими об'єктами. На рисунку 3.4 відображено вікно створення нової таблиці для

лінійного шару водотоків water_course, у якій визначаються основні атрибутивні поля.

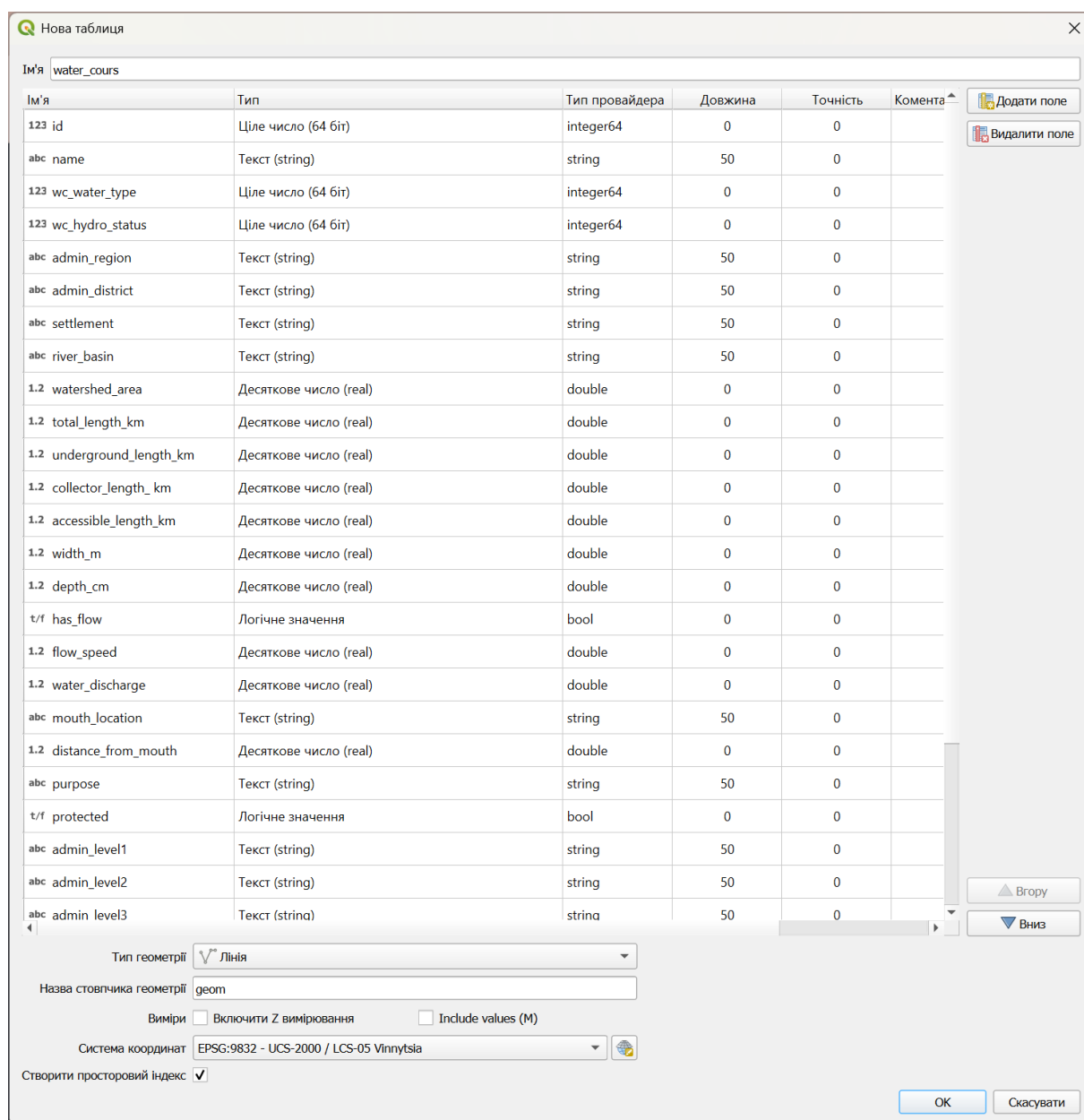


Рис. 3.4. Створення нового шару у GeoPackage

За таким самим принципом було створено всі інші таблиці відповідно до сформованого каталогу об'єктів. Для кожного тематичного шару - гідрографічних об'єктів, гідротехнічних споруд, перешкод, джерел забруднення, рекреаційних територій та інших сутностей - визначалися атрибутивні поля, унікальні ідентифікатори та геометричні характеристики. Це

забезпечило єдину логіку побудови бази геопросторових даних та узгодженість між усіма класами об'єктів, що у подальшому дозволяє виконувати комплексний просторовий аналіз і підтримувати реляційні зв'язки між шарами. Повний перелік створених таблиць зображено на рисунку 3.5.

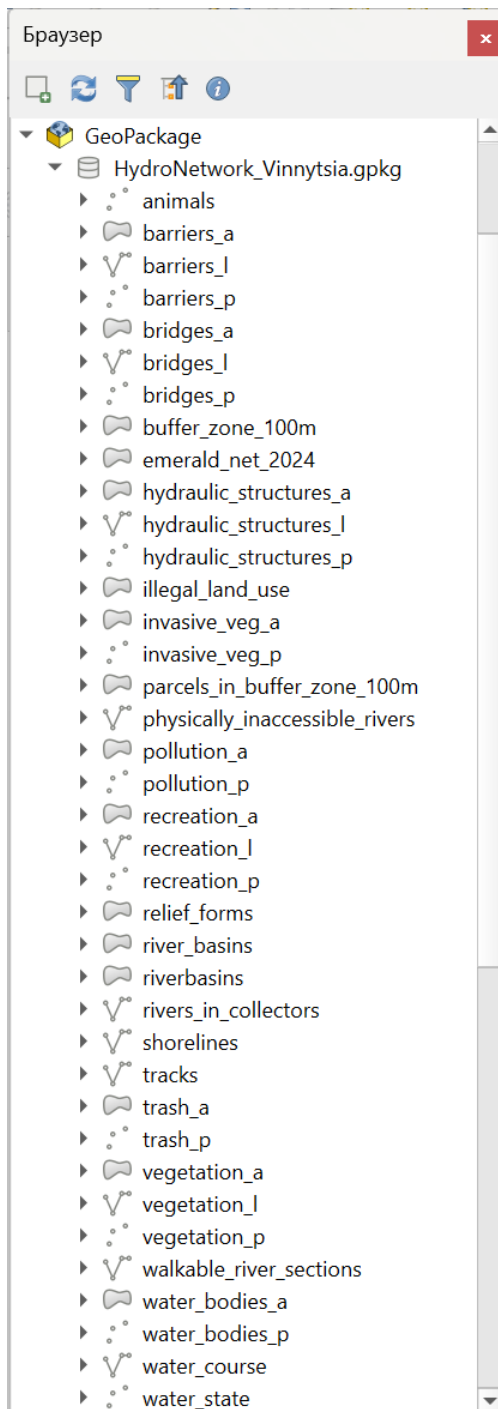


Рис. 3.5. Вікно браузера з відображенням усіх створених таблиць БГД малих річок Вінницької МТГ

У процесі формування бази геопросторових даних було передбачено використання доменів атрибутів для окремих таблиць. Це дозволило обмежити значення певних полів до визначеного переліку, що забезпечує узгодженість та коректність введених даних.

У налаштуваннях шару в розділі Attributes Form (рис.3.6) для атрибутів, що мають визначені домени, було задано їх допустимі значення. Це забезпечило стандартизований вибір категорій та мінімізувало ризик введення некоректних даних. Аналогічні дії виконано для кожного атрибута з доменами у всіх таблицях бази геопросторових даних. Такий підхід дозволив знизити ймовірність помилок під час ручного введення інформації та значно пришвидшив процес збору й подальшого опрацювання даних.

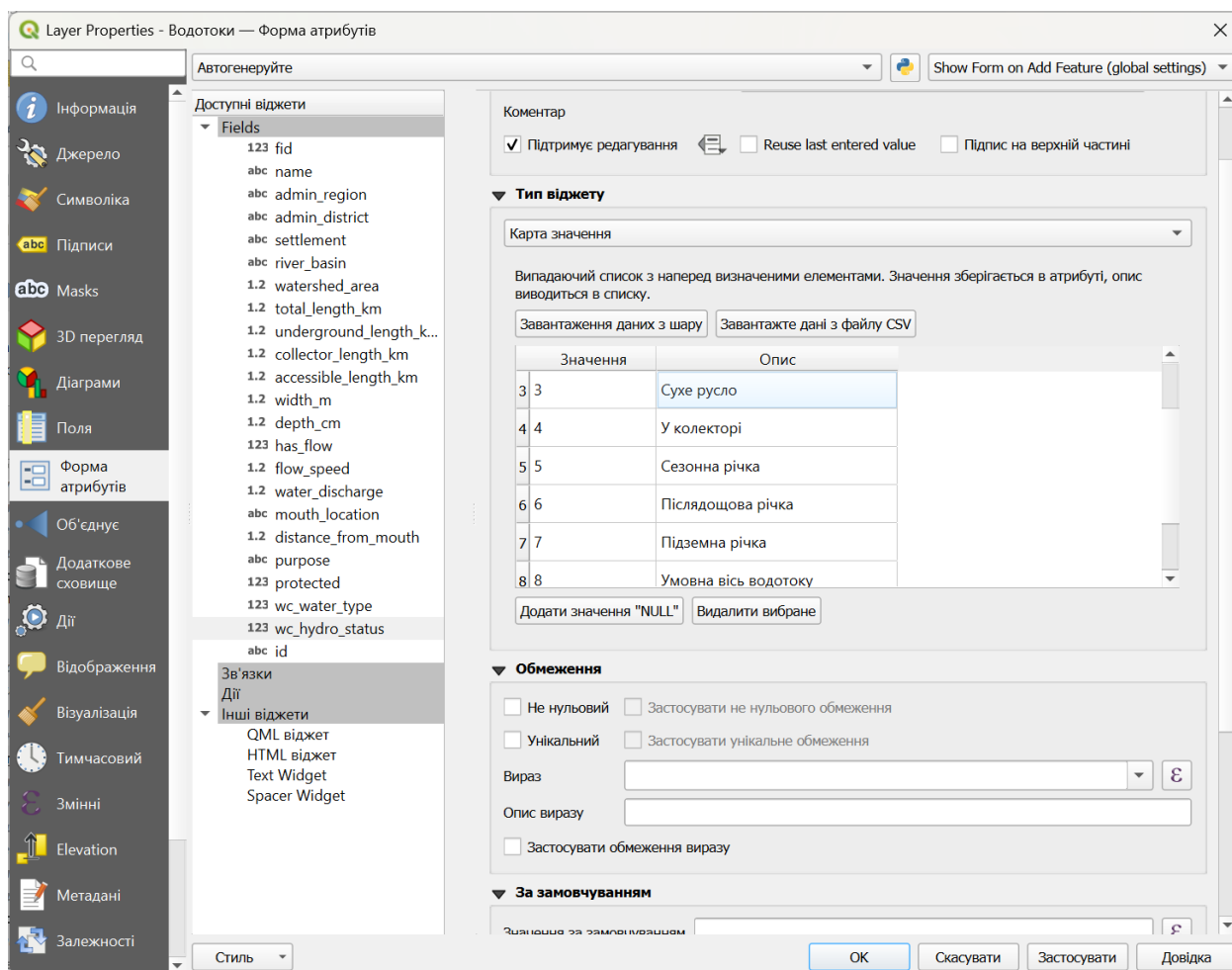


Рис. 3.6. Налаштування зі значеннями доменів шару Водотоки (water_course)

Таким чином, у середовищі QGIS було сформовано повну структуру бази геопросторових даних малих річок Вінницької МТГ. Визначено тематичні шари, створено атрибутивні таблиці з унікальними ідентифікаторами та доменами для окремих полів. Отримана структура є узгодженою, системною та готовою до подальшого наповнення просторовими й атрибутивними даними, що буде реалізовано на наступному етапі дослідження.

3.2 Опрацювання вихідних даних та наповнення БГД малих річок Вінницької МТГ

Формування бази геопросторових даних (БГД) малих річок Вінницької міської територіальної громади є ключовим етапом практичної реалізації геоінформаційної моделі. БГД була створена у форматі GeoPackage, що забезпечує компактне зберігання багатьох класів геометрії в одному файлі, підтримує редагування та забезпечує узгодженість між просторовими і атрибутивними даними.

Структурна модель БГД включала лінійні, полігональні та точкові об'єкти, а також комплекс тематичних шарів, які доповнюють опис гідрографічної мережі.

Опрацювання вихідних матеріалів передбачало уніфікацію різномірних джерел, їх перевірку, співставлення та приведення до єдиної системи координат EPSG:9832 - UCS-2000 / LCS-05 Vinnytsia.

Ортофотоплан масштабу 1:2000 (рис. 3.7), наданий Вінницькою міською радою, виступив основою для векторизації водотоків, точного визначення їх конфігурації та меж полігональних водних об'єктів. Завдяки високій деталізації стало можливим виділити навіть малі канали, ставки та підтоплені ділянки.



Рис. 3.7. Ортофотоплан масштабу 1:2000 м. Вінниця 2019 року

Цифровий топографічний план М 1:2000 (рис. 3.8) використовувався для підтвердження положення струмків, ставків, озер річок із різними типами берегових ліній, каналів та каналів, дощових ям та споруд для збору води станом на 2013 рік, а також дозволив уточнити межі об'єктів, які частково перекривалися або були приховані під рослинністю.

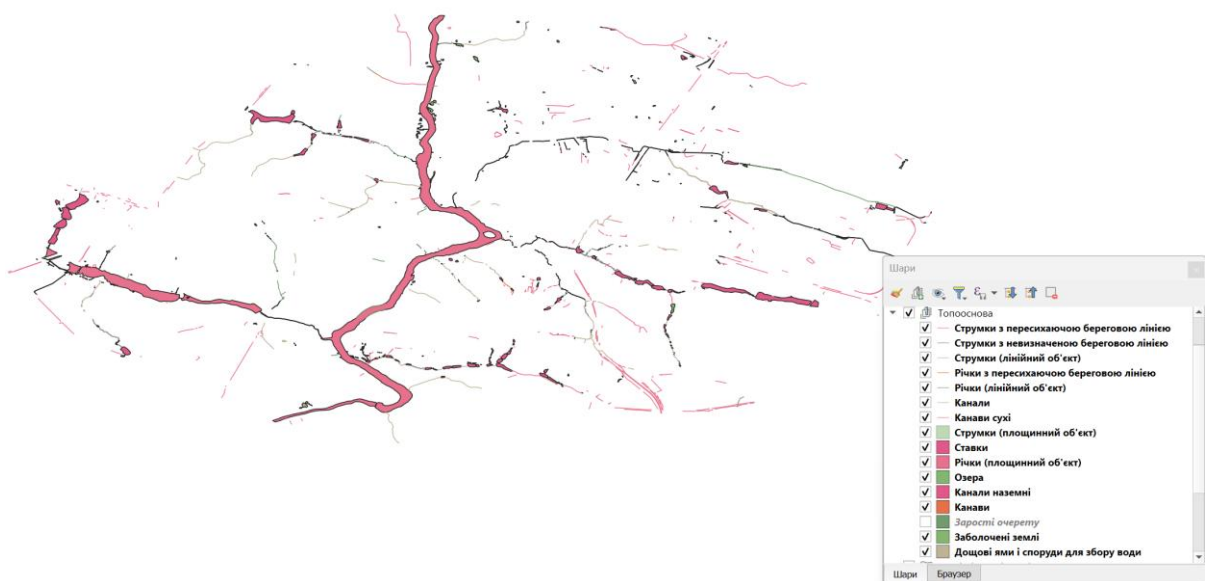


Рис. 3.8. Відображення топоплану м. Вінниці в QGIS із гідрографічними елементами

Як додатковий аналітичний матеріал використовувались історичні картографічні матеріали. Історичні карти дозволили простежити трансформацію русел та визначити ділянки, де річки були спрямлені або переведені в колектори. Порівняння історичного русла та сучасного положення річки можна побачити в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Порівняння історичного русла та сучасного положення річки № 21

	
<p>Положення № 21 на мапі</p>	<p>Фрагмент мапи 1845 року: р. П'ятничанка з притоками №19, 21,23,24,25</p>

Дані OpenStreetMap застосовувалися як допоміжне джерело структури гідрографічної мережі, однак аналіз показав, що дані OSM містять значні розбіжності з фактичним станом річок - спрощені траси водотоків, пропущені сегменти, відмінності в топології. Тому здійснювалося комплексне порівняння OSM з польовими даними, топопланом та ортофото.

Польові дані волонтерів стали основою для уточнення русел та актуального фізичного стану річкових ділянок.

Польові обстеження виконувалися волонтерами проекту «Малі Річки Вінниці». За допомогою мобільного застосунку Map Marker фіксувалися GPS-

треки русла, точки з описом об'єктів, фотографії берегової лінії, мостів, місць забруднення.

Для перегляду геотегів, місця де було зроблено фото волонтерами використано додаток GeoSetter, робоче вікно якого відображено на рисунку 3.9. Також додаток дозволяє експортувати необхідні дані у GPX, для подальшого завантаження та опрацювання у QGIS.

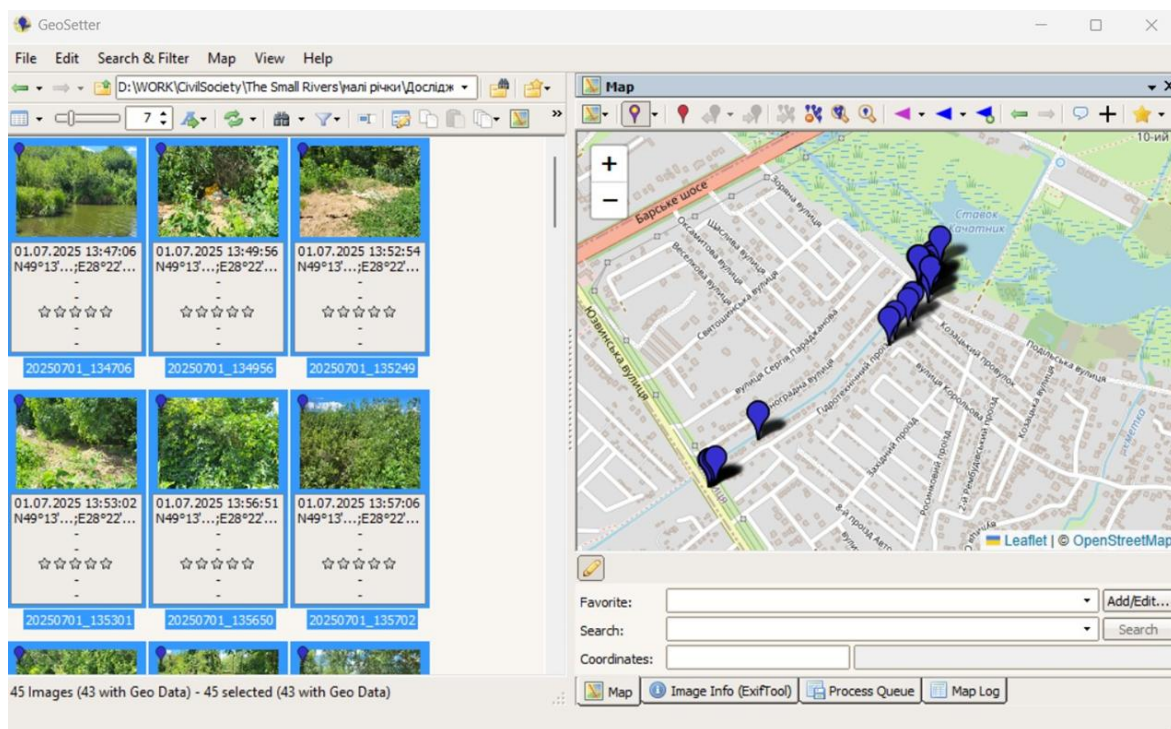


Рис. 3.9. Вікно додатку GeoSetter із відображенням геотегів фото вздовж річки №29

Усі дані зібрані волонтерами було завантажено до QGIS. Усього було зібрано 1062 точкових об'єкти, 235 лінійних та 368 полігональних (рис. 3.10, 3.11).

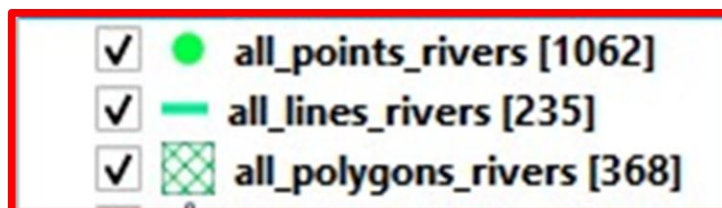


Рис. 3.10. Імпортовані до QGIS дані зібрані волонтерами



Рис. 3.11. GPS-треки (точки) русла річки Вельбишівка

На основі опрацьованих вихідних матеріалів виконано векторизацію лінійних та полігональних елементів гідромережі Вінницької міської територіальної громади.

Створення лінійних водотоків є ключовим етапом побудови геоінформаційної моделі гідромережі. Для початку було створено лінійний водотік річки Південний Буг - як головний елемента гідрографічної мережі. Для цього застосовано інструмент Skeleton (рис. 3.12), який автоматично будує «хребет» водного полігону, що дозволило сформувати центральну лінію русла на основі полігонального зображення водної поверхні Південного Бугу. Отриманий результат був доопрацьований вручну для уточнення напрямку течії та з'єднання з іншими об'єктами (рис. 3.13.).

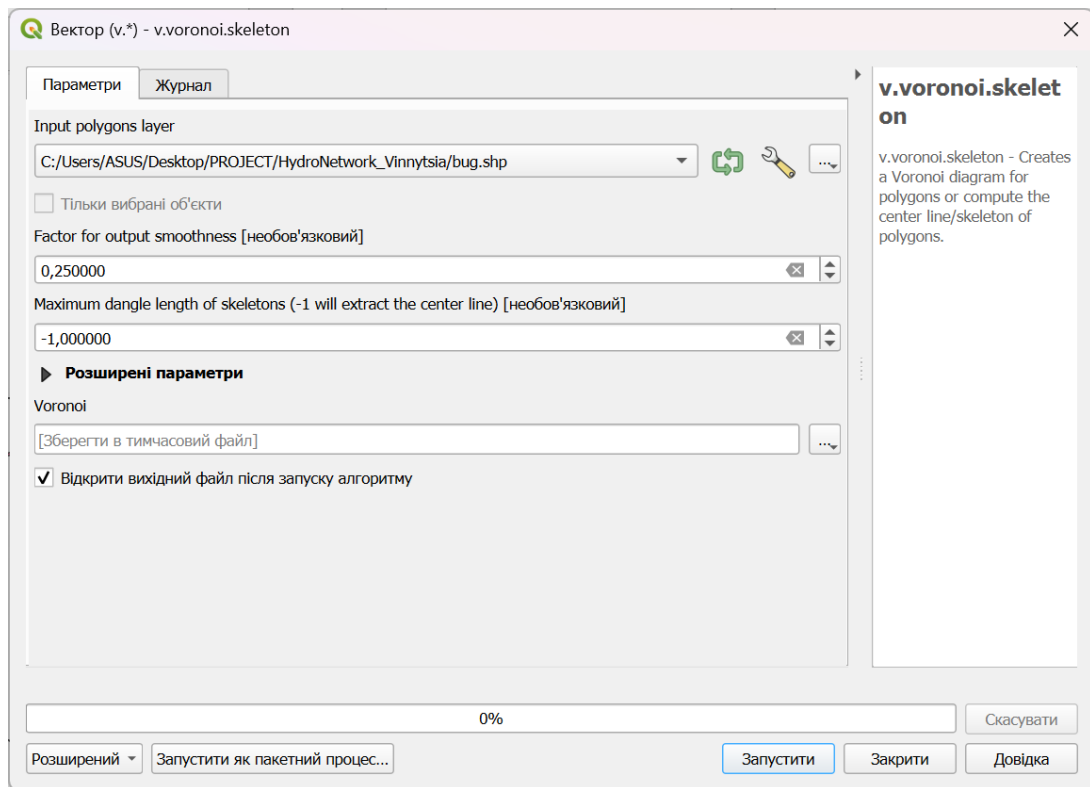


Рис. 3.12. Вікно інструменту Skeleton при створенні водотоку річки Південний Буг

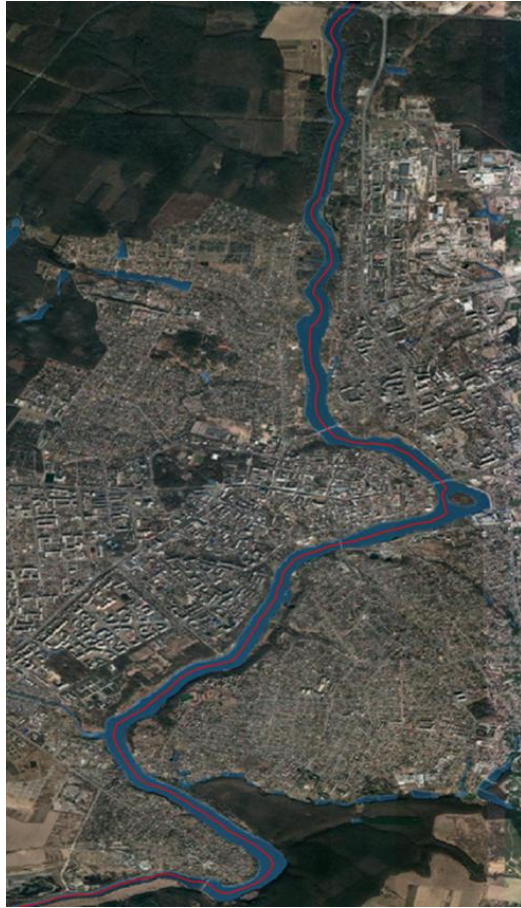


Рис. 3.13. Лінійний водотік річки Південний Буг, створений інструментом Skeleton

Після цього було здійснено векторизацію усіх лінійних водотоків - малих річок, струмків і каналів, які впадають у Південний Буг або є ізольованими ділянками. Усі об'єкти створювались із урахуванням гідрологічної логіки, уникненням самоперетинів та узгодженням із полігональними ділянками, були оцифровані вручну за ортофотопланами та GPS-треками з використанням інструментів «Snapping» та «Vertex Tool» для забезпечення коректного з'єднання.

Цей процес вимагав порівняння та узгодження кількох незалежних джерел, оскільки реальна конфігурація русел малих річок Вінницької МТГ суттєво відрізняється в різних наборах даних. Для кожної річки виконувалося накладання та аналіз.

У результаті порівняння було встановлено, що різні джерела відображають русло не однаково, що пов'язано з різним роком оновлення даних, методом збору або похибками в координуванні. Це підтверджується на наступних фрагментах.

На рисунку 3.14 показано ділянку річки Каліча, де дані OpenStreetMap не збігаються з фактичним положенням русла, а також відрізняються від топографічного плану.

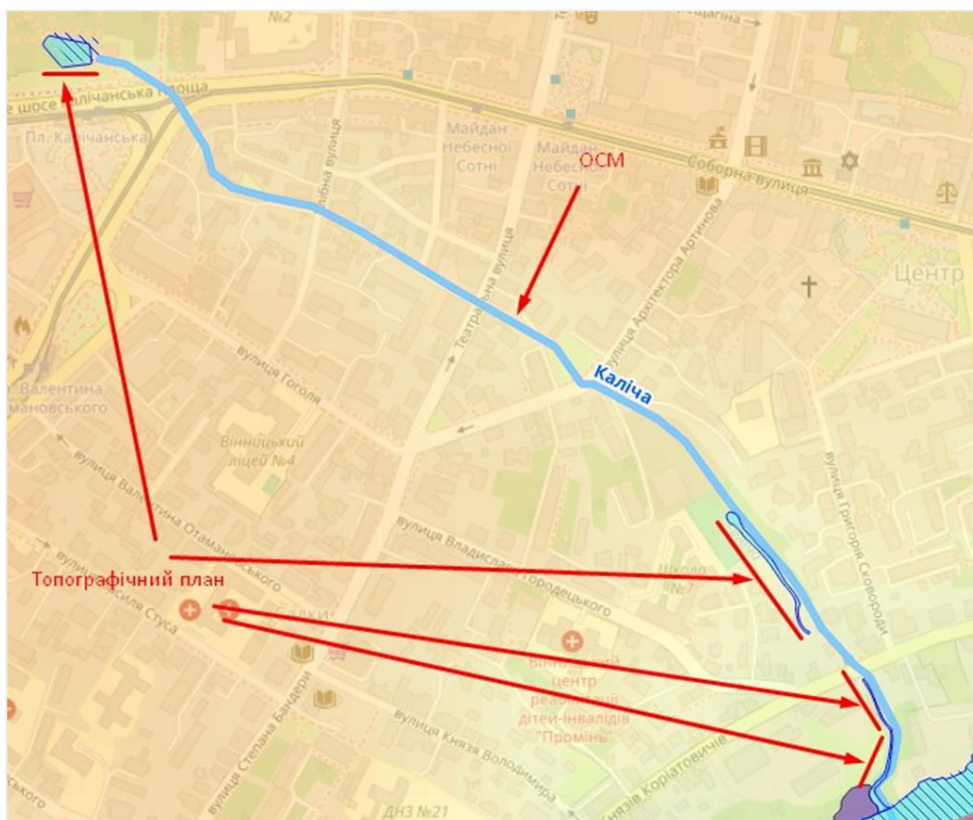


Рис. 3.14. Порівняння водотоку за OSM і топопланом

OpenStreetMap подає русло значно узагальнено: траєкторія згладжена, окремі вигини відсутні, а в деяких місцях лінія зміщена від фактичної осі русла. Топоплан, навпаки, демонструє більш деталізовану форму, але в межах густої рослинності або забудови можуть бути також похибки.

На ділянці річки Вишня (рис. 3.15) спостерігається суттєва різниця між даними Держводагентства, топографічним планом, OSM та польовими треками. Тут і виникає основне питання: “Що є водотоком річки Вишня?”.

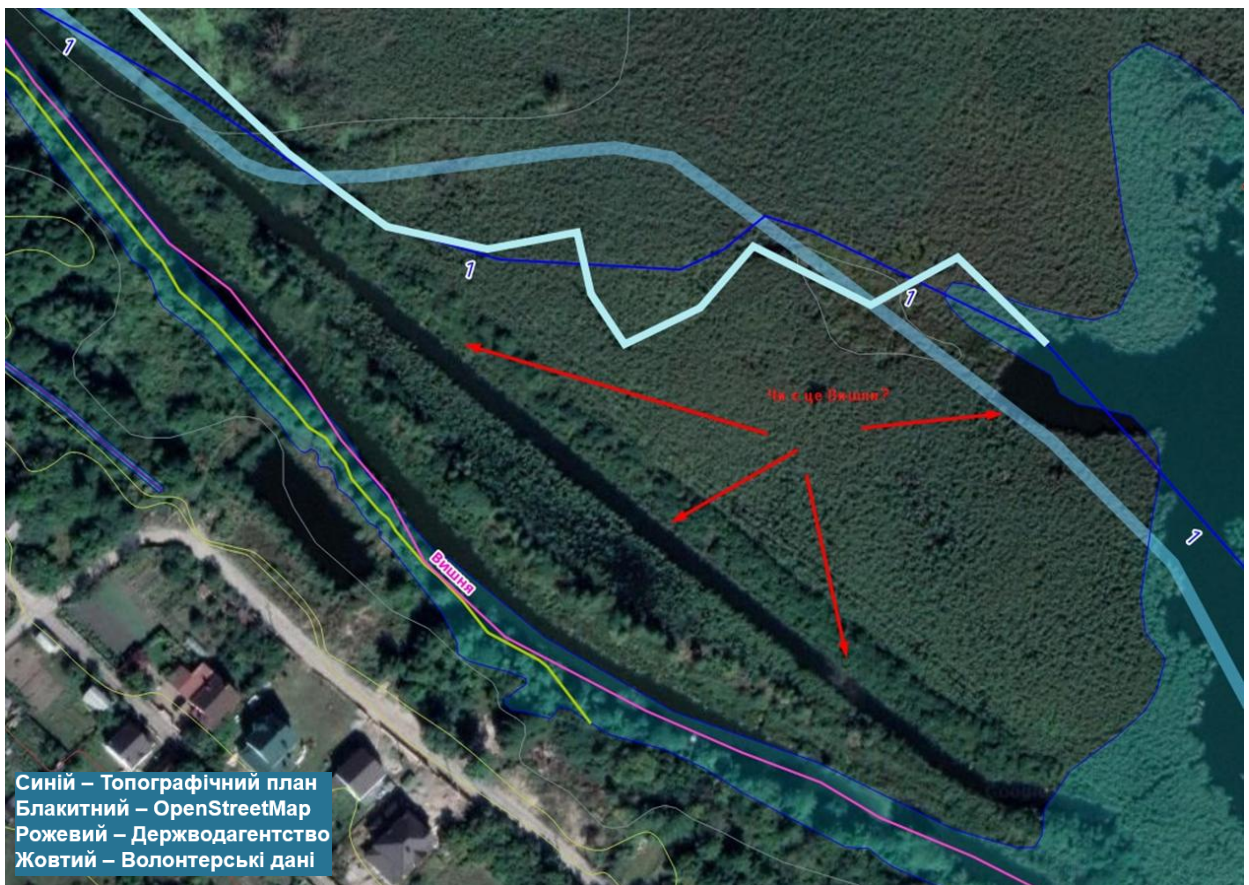


Рис. 3.15. Порівняння водотоку річки Вишня за OSM, Держводагентством, топографічним планом та польовими треками

Як результат польові GPS-треки показали найбільш актуальне положення русла, яке в ряді випадків не збігається з жодним офіційним джерелом, що підтверджує швидку динаміку малих річок і антропогенний вплив на їх русла.

На окремих ділянках значні розбіжності спостерігаються між даними топографічного плану та GPS-треками волонтерів. Це особливо помітно у місцях, де русло виходить із переливної труби. Як показано на рисунку 3.16, згідно з топопланом русло річки №29 продовжується як одна лінія, тоді як польові спостереження фіксують фактичне роздвоєння водотоку одразу після виходу з труби.

Це роздвоєння не відображене жодними офіційними джерелами, а відтак могло б залишитися непоміченим у разі використання лише картографічних матеріалів.

Такі випадки підкреслюють важливість польових обстежень як джерела актуальної інформації, особливо для малих річок, які часто змінюють конфігурацію русла під впливом природних та антропогенних факторів.

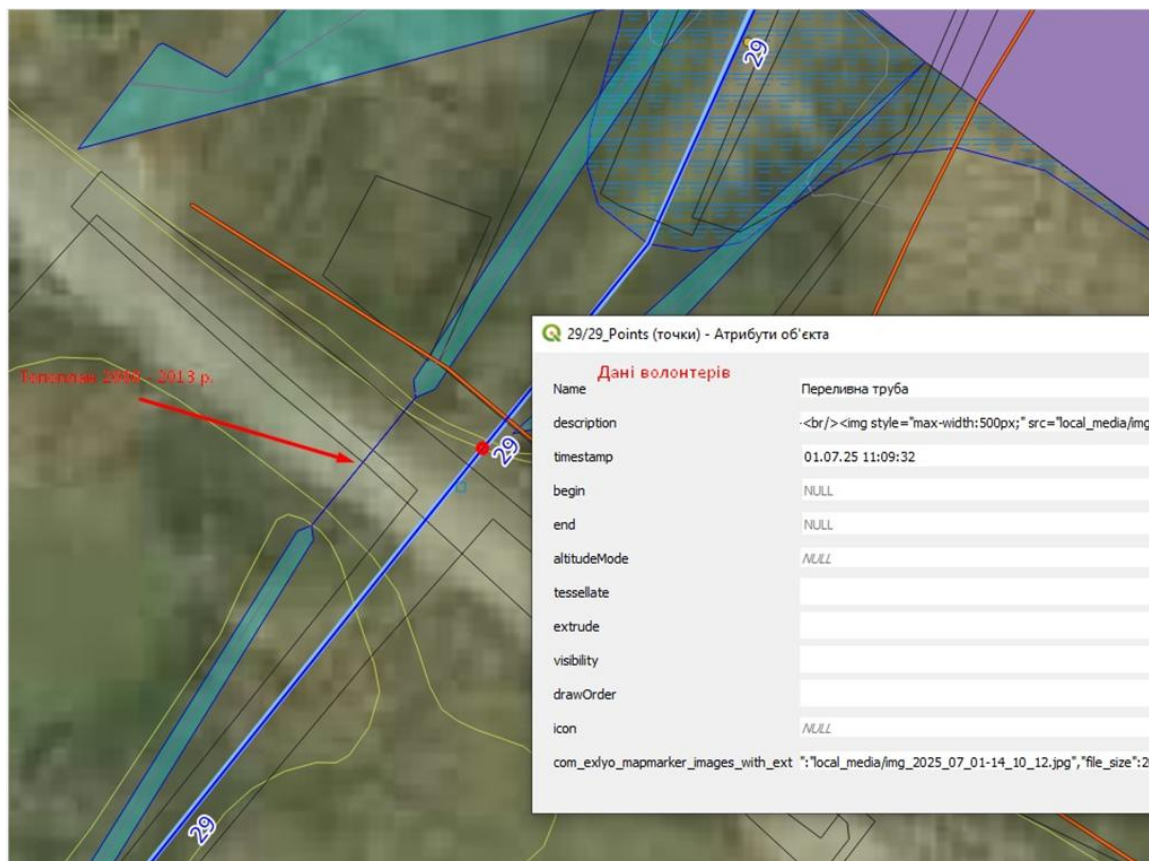


Рис. 3.16. Порівняння топоплану та волонтерських даних на ділянці роздвоєння русла річки №29

У процесі векторизації та узгодження геометрії всіх лінійних водотоків було здійснено їх атрибутивне наповнення. Атрибутивні дані відіграють важливу роль у подальшому аналізі, дозволяючи описати характерні властивості кожної ділянки річки, її статус, особливості та просторові характеристики.

Для кожного об'єкта водотоку під час створення активувалася стандартна форма введення атрибутів, де фіксувалися ключові параметри. Форма таблиці water_course відображена на рисунку 3.17.

Рис. 3.17. Форма атрибутів об'єктів таблиці water_course

Після заповнення форми вся інформація відображається в таблиці атрибутів (рис. 3.18).

fid	name	admin_region	admin_district	settlement	river_basin	total_length_km	id	admin_level1	admin_level2	admin_level3	id_waterowner	admin_community	admin_level4	access_type
4	10 Семєнка	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.054	37	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
5	11 П'ятичанка	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.108	3	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
6	12 Черниська	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.08	14	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
7	13 Кублиари	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.092	35	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
8	14 Тажів	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.081	4	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
9	15 NULL	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.084	39	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
10	16 Південний Буг	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.699	0	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
11	17 Вінничка	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.06	2	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
12	18 Палів Яр	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.108	20	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
13	20 Деркачка	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.05	46	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
14	21 Каліча	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.056	11	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
15	22 Сади	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.068	34	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
16	23 Скельна	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.065	16	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
17	24 NULL	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.06	45	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
18	25 Крунів Яр	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.084	13	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
19	28 Лісова/Перем...	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.07	5	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
20	29 Карасова	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.103	50	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
21	30 Кам'яна долина	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.093	52	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
22	31 Вовчине	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.088	53	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
23	32 Доблина	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.032	54	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
24	33 Тертева	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.033	55	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
25	34 Каліча	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.151	11	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
26	35 Каліча	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.07	11	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	У колекторі/гр...
27	36 Каліча	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.16	11	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
28	37 Каліча	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.526	11	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	У колекторі/гр...
29	38 Каліча	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.05	11	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
30	39 Каліча	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.236	11	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	У колекторі/гр...
31	40 Скаука	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.041	12	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки
32	41 Скаука	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.222	12	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	У колекторі/гр...
33	42 Селівка	Вінницька обл.	Вінницький ра.	NULL	Південний Буг	0.068	12	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	M5.4.0.2	Вінницька місь...	NULL	Відкриті ділянки

Рис. 3.18. Фрагмент атрибутивної таблиці water_course із заповненою інформацією

Таким чином, детальне порівняння різних вихідних даних - ортофотопланів, топографічного плану, відкритих картографічних ресурсів, даних Держводагентства та особливо волонтерських GPS-треків - дало можливість отримати максимально точну й актуальну інформацію про реальну конфігурацію річкової мережі.

Поєднання цих джерел дозволило не лише усунути похибки окремих наборів даних, а й виявити ділянки, де русло змінювалося, роздвоювалося або проходило через колектори. На основі цього аналізу була сформована повноцінна мережа лінійних водотоків, що на рисунку 3.19, яка відображає фактичний сучасний стан малих річок Вінницької МТГ.

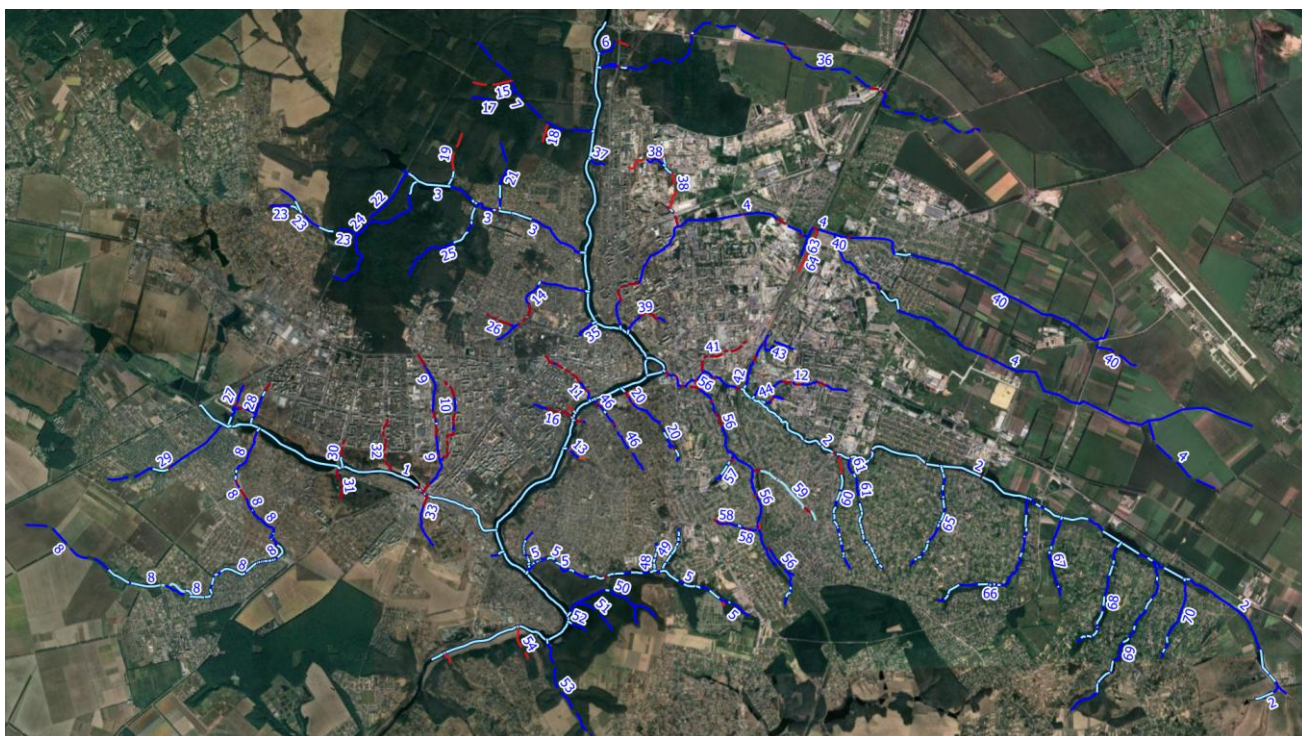


Рис. 3.19. Узагальнене відображення повної мережі водотоків малих річок Вінницької МТГ із нумерацією

Наступним етапом стало створення полігональних водних об'єктів. До них належать полігональні ділянки річок, озера, ставки, дощові ями, тощо. Полігональні об'єкти створювались вручну на основі візуального аналізу ортофотопланів, з уточненням меж за допомогою інструментів «Add Polygon

Feature» та «Vertex Tool». Результат створених лінійних водотоків та полігональних водних об'єктів можна побачити на рисунку 3.20.

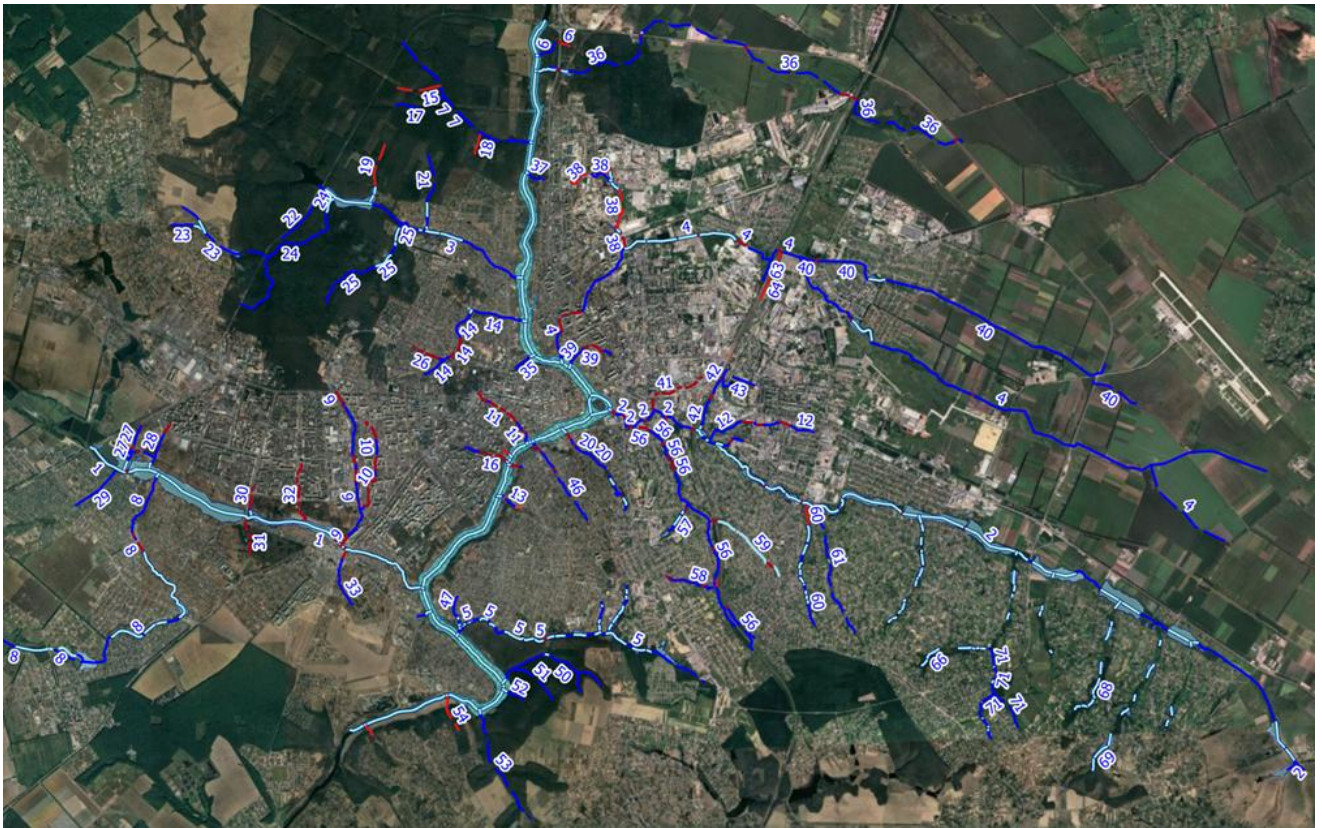


Рис. 3.20. Узагальнене відображення повної мережі водотоків та полігональних гідрографічних об'єктів малих річок Вінницької МТГ

Для кожного полігонального об'єкта гідрографії було заповнено форму атрибутів (рис. 3.21), і як результат створено повну атрибутивну таблицю, що відображено на рисунку 3.22.

Рис. 3.21. Форма атрибутів об'єктів таблиці waterbodies_a

fid	OBJECTID	name	wb_water_type	wb_hydro_status	admin_region	admin_district	settlement	admin_level1	admin_level2	admin_level3	admin_level4	admin_community	waterbodies_status	waterbodies_type	area	river_basin
1	1	1 Південний Буг	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	121947.09	NULL
2	2	2 Південний Буг	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	2023885.89	NULL
3	3	3 NULL	2	2	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Пересікаючий	Озеро	10314.43	NULL
4	4	4 NULL	3	2	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Пересікаючий	Створок	5443.95	NULL
5	5	5 Гуральня	3	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Створок	115890.53	NULL
6	6	6 Заверинець	1	2	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Пересікаючий	Річка	4874.98	NULL
7	7	7 Ніжис	2	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Озеро	426912.78	NULL
8	8	8 NULL	3	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Створок	10544.57	NULL
9	9	9 П'ятичанка	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	37888.69	NULL
10	10	10 П'ятичанка	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	4202.96	NULL
11	11	11 Кошарок	2	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Озеро	8141.09	NULL
12	12	12 Соцьке озеро	2	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Озеро	1154.74	NULL
13	13	13 Соцьке озеро	2	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Озеро	16497.32	NULL
14	14	14 Качаньк	3	2	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502000000...	UA0502006686	Вінницька міс...	Пересікаючий	Створок	52279.98	NULL
15	15	15 Палів Яр	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	1725.79	NULL
16	16	16 Палів Яр	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	1168.2	NULL
17	17	17 NULL	9	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Долина яма	6294.19	NULL
18	18	18 NULL	1	2	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Пересікаючий	Річка	14585.28	NULL
19	19	19 Тажиліське	2	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Озеро	12818.97	NULL
20	20	20 Віничка	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	13728.06	NULL
21	21	21 Перекиця	2	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Озеро	3278.88	NULL
22	22	22 NULL	9	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Долина яма	1846.87	NULL
23	23	23 NULL	2	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Озеро	2209.98	NULL
24	24	24 Лісова	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	5479.84	NULL
25	25	25 Лісова	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	1771.8	NULL
26	26	26 Лісова	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	2742.25	NULL
27	27	27 Лісова	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	4955.23	NULL
28	28	28 Лісова	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	3875.53	NULL
29	29	29 Лісова	1	1	Вінницька обл.	Вінницький ра...	NULL	UA0500000000...	UA0502000000...	UA0502003000...	NULL	Вінницька міс...	Постійний	Річка	7775.44	NULL

Рис. 3.22. Фрагмент атрибутивної таблиці waterbodies_a із заповненою інформацією

Важливим елементом побудови комплексної геоінформаційної моделі малих річок Вінницької МТГ стало формування тематичних шарів, у яких відображено ключові характеристики річкових ділянок, стан берегової лінії,

екологічні проблеми, природні та штучні об'єкти. Основним джерелом інформації для створення таких шарів також стали польові дані волонтерів, які детально фіксували об'єкти різних типів під час обстеження річок.

Волонтери під час роботи з мобільними застосунками здійснювали фіксацію різноманітних об'єктів у вигляді точок, ліній і полігонів, більшість об'єктів мали фотографію, текстовий опис, коментар щодо сутності об'єкта та GPS – координати.

Оскільки волонтерські дані охоплювали великий спектр об'єктів - колектори, містки, дерева, труби, рослини, інвазивні види, тварин, сміття, рекреаційні зони, бар'єри, штучні споруди тощо - усі ці точки були переглянуті вручну, проаналізовані та розподілені за тематичними категоріями. На основі цього створено відповідні тематичні шари. Розташування численних тематичних точок уздовж річки можна побачити на рисунку 3.23.

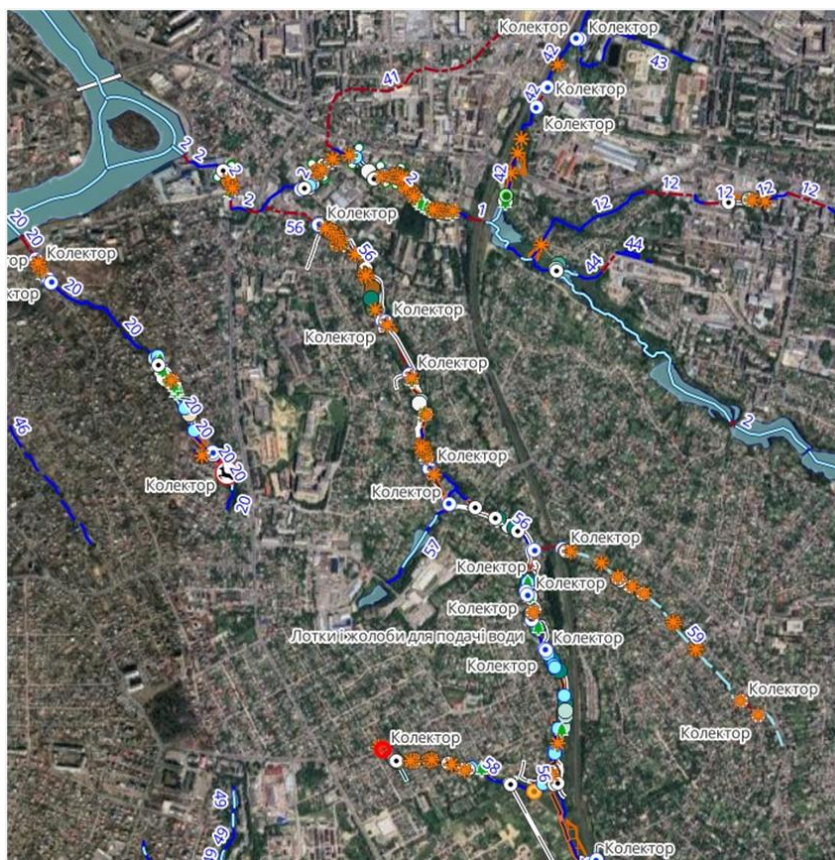


Рис. 3.23. Приклад добре обстеженої річки з великою кількістю тематичних об'єктів

Під час створення об'єктів виконувалося атрибутивне наповнення тематичних шарів. Кожен тематичний шар мав власну структуру таблиці, складену відповідно до специфіки об'єктів.

Під час створення нового об'єкта використовувалася форма введення атрибутів, що на рисунку 3.24.

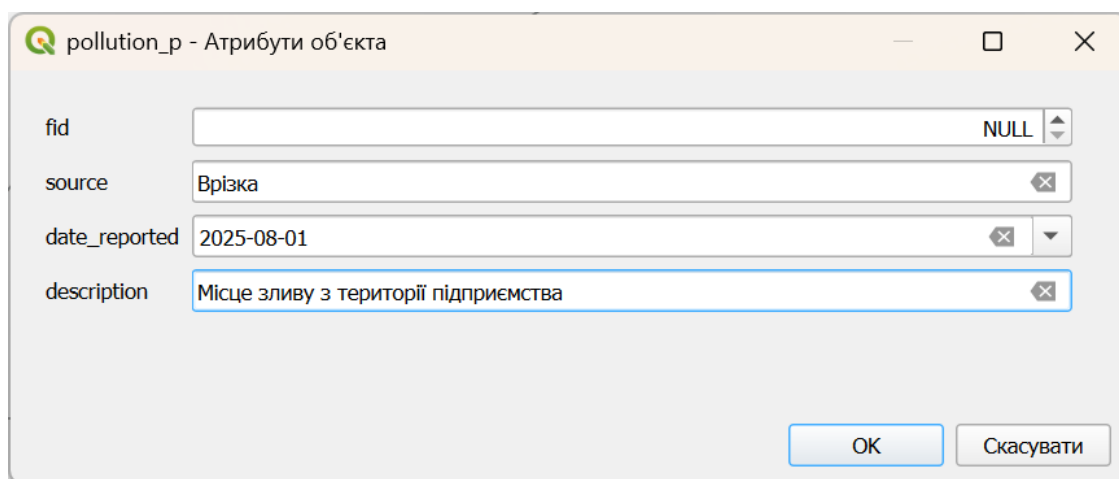


Рис. 3.24. Форма введення атрибутів тематичного об'єкта забруднення pollution

Під час атрибутивного наповнення інформація для поля description та низки інших атрибутів бралася безпосередньо з текстових коментарів волонтерів (рис. 3.25). Усі записи були переглянуті вручну, після чого зміст кожного коментаря було інтерпретовано та розподілено по відповідних стовпцях таблиці. Наприклад, якщо у волонтерському описі зазначалося: «дуб, висота приблизно 15 м, діаметр стовбура близько 40 см», то значення «дуб» вносилося у поле name, 15 м - у поле height, 40 см - у поле diameter, а повний оригінальний опис - у поле description. Таким чином, коментарі волонтерів слугували детальним джерелом інформації для формування атрибутів тематичних шарів.

426	<pre id="com.exlyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Глибина </td><td><pre>1 метр</pre></td></tr><tr><td>Довжина </td><td></td></tr></table></pre>	Маркер 1
427	<pre id="com.exlyo.mapmarker.description_p_tag"></pre>	Маркер 1
428	<pre id="com.exlyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Ширина</td><td><pre></pre></td></tr><tr><td>Глибина</td><td></td></tr></table></pre>	Маркер 1
429	NULL	Маркер 1
430	NULL	Маркер 2
431	<pre id="com.exlyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Ширина</td><td><pre></pre></td></tr><tr><td>Глибина</td><td></td></tr></table></pre>	Маркер 20
432	<pre id="com.exlyo.mapmarker.description_p_tag"></pre>	Маркер 24
433	<pre id="com.exlyo.mapmarker.description_p_tag"></pre>	Маркер 24
434	<pre id="com.exlyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Ширина </td><td><pre>140 см</pre></td></tr><tr><td>Глибина </td><td></td></tr></table></pre>	Маркер 25
435	<pre id="com.exlyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Ширина </td><td><pre>140 см</pre></td></tr><tr><td>Глибина </td><td></td></tr></table></pre>	Маркер 25
436	<pre id="com.exlyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Ширина</td><td><pre></pre></td></tr><tr><td>Швидкість</td><td></td></tr></table></pre>	Маркер 29
437	NULL	Маркер 5

Рис. 3.25. Приклад таблиці із волонтерськими коментарями до кожного маркера, з якої вручну переносилися атрибути

Після заповнення всіх полів об'єкти зберігалися у відповідній атрибутивній таблиці тематичного шару (рис. 3.26). Повністю заповнена таблиця містила всі ключові поля, що дозволяли класифікувати, групувати та візуалізувати інформацію у ГІС.

	fid	source	date_reported	description
1	1	Врізка	01.08.2025	Забетонувана пластикова чорна труба діаметром 30 см з лівого берега
2	2	Невідомо	01.08.2025	NULL
3	3	Невідомо	01.08.2025	NULL
4	4	Невідомо	01.08.2025	NULL
5	5	Невідомо	01.08.2025	NULL
6	6	Невідомо	01.08.2025	NULL
7	7	Невідомо	01.08.2025	NULL
8	8	Врізка	01.08.2025	Місце зливу з території підприємства
9	9	Врізка	01.08.2025	NULL
10	10	Врізка	01.08.2025	NULL
11	11	Врізка	01.08.2025	NULL
12	12	Врізка	01.08.2025	Викопана траншея 30 см з приватної території, має стік у річку. На момент обстеження не...
13	13	Врізка	01.08.2025	Викопана траншея з приватної території, яка слугує ливневою. На момент обстеження бе...
14	14	Врізка	01.08.2025	Або гілка річки в колекторі з врізкою відкритого типу, періодично течія мутного відтінку в ...
15	15	Врізка	01.08.2025	NULL
16	16	Врізка	01.08.2025	NULL
17	17	Врізка	01.08.2025	NULL
18	18	Невідомо	01.08.2025	Забруднена, присутнє сміття

Рис. 3.26. Фрагмент атрибутивної таблиці pollution із заповненою інформацією

За аналогічним принципом здійснювалося наповнення всіх тематичних шарів, оскільки волонтерські дані були різномірні й містили інформацію про об'єкти багатьох типів. Тому кожна отримана точка, лінія та полігон були:

- переглянуті вручну;
- ідентифіковані відповідно до змісту опису;
- віднесені до відповідної тематичної категорії;
- оцифровані як об'єкт тематичного шару;
- заповнені атрибутами згідно з типом шару.

Завдяки цьому було сформовано понад 30 тематичних класів перелік яких можна побачити на рисунку 3.27.

<input checked="" type="checkbox"/>		Тварини [5]
<input checked="" type="checkbox"/>		Бар'єри [152]
<input checked="" type="checkbox"/>		Мостові споруди [134]
<input checked="" type="checkbox"/>		Гідротехнічні споруди [67]
<input checked="" type="checkbox"/>		Інвазивні види [14]
<input checked="" type="checkbox"/>		Рослинність [67]
<input checked="" type="checkbox"/>		Стан води [87]
<input checked="" type="checkbox"/>		Рекреація [24]
<input checked="" type="checkbox"/>		Забруднення [17]
<input checked="" type="checkbox"/>		Сміття [211]
<input checked="" type="checkbox"/>		Рекреація [0]
<input checked="" type="checkbox"/>		Бар'єри [53]
<input checked="" type="checkbox"/>		Мостові споруди [4]
<input checked="" type="checkbox"/>		Гідротехнічні споруди [6]
<input checked="" type="checkbox"/>		Фізично недоступні річки [0]
<input checked="" type="checkbox"/>		Річки в колекторах [0]
<input checked="" type="checkbox"/>		Придатні для прогулянок річки [0]
<input checked="" type="checkbox"/>		Береги [11]
<input checked="" type="checkbox"/>		Треки [104]
<input checked="" type="checkbox"/>		Рослинність [10]
<input checked="" type="checkbox"/>		Водотоки [583]
<input checked="" type="checkbox"/>		Сміття [46]
<input checked="" type="checkbox"/>		Забруднення [0]
<input checked="" type="checkbox"/>		Інвазивні види [62]
<input checked="" type="checkbox"/>		Рекреація [23]
<input checked="" type="checkbox"/>		Рослинність [23]
<input checked="" type="checkbox"/>		Бар'єри [96]
<input checked="" type="checkbox"/>		Мостові споруди [4]
<input checked="" type="checkbox"/>		Форми рельєфу
<input checked="" type="checkbox"/>		Самозахоплені території
<input checked="" type="checkbox"/>		Гідротехнічні споруди [0]
<input checked="" type="checkbox"/>		Буферна зона 100м [0]
<input checked="" type="checkbox"/>		Земельні ділянки в буферній зоні [0]
<input checked="" type="checkbox"/>		Басейни річок [0]
<input checked="" type="checkbox"/>		Гідрографічні об'єкти

Рис. 3.27. Перелік тематичних шарів, що формують модель водної мережі

Вінницької МТГ у QGIS

Таким чином, у результаті ґрунтового опрацювання волонтерських точкових даних та їх подальшої категоризації було сформовано повний набір тематичних об'єктів, які комплексно описують стан кожної річки, екологічні проблеми та інфраструктурні особливості. Це дозволило створити повноцінну та багаторівневу систему тематичних шарів, що детально характеризує водні об'єкти та прибережні території в межах Вінницької МТГ.

На рисунку 3.28 можна побачити повну структуру геоінформаційної моделі малих річок Вінницької міської територіальної громади.

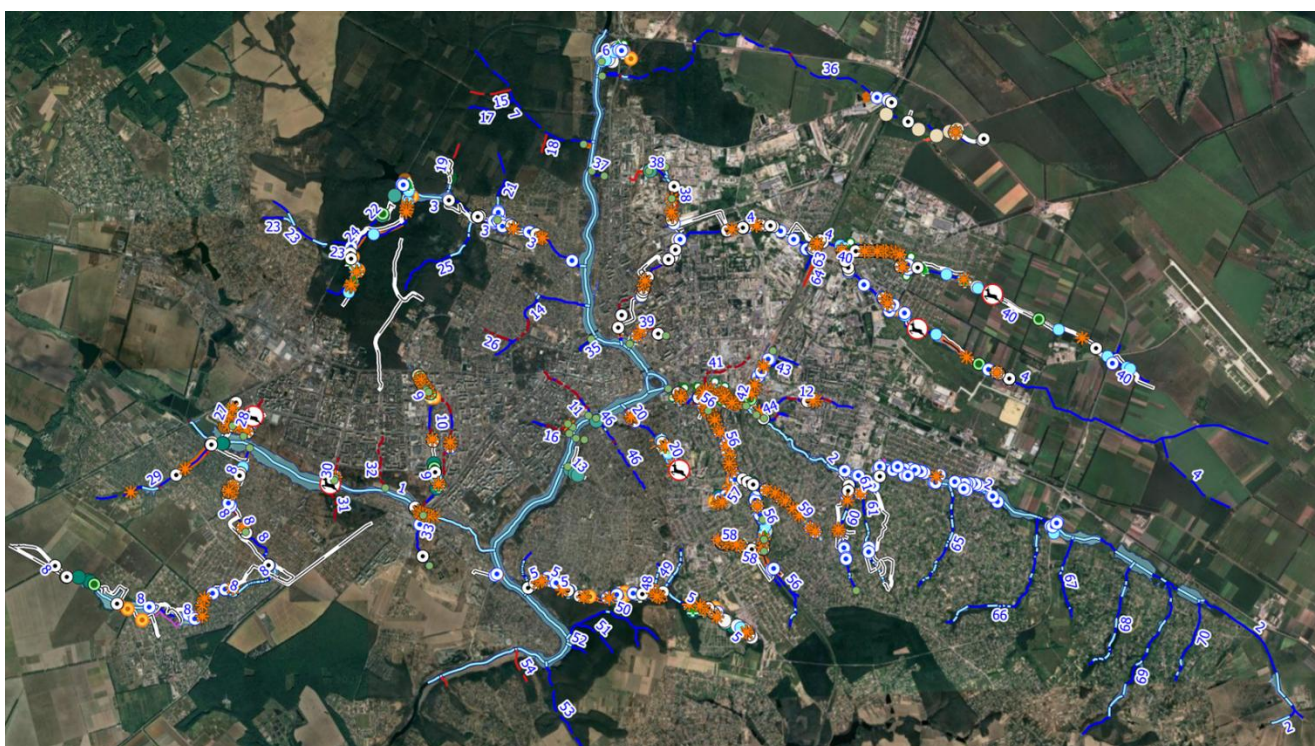


Рис. 3.28. Геоінформаційна модель водної мережі Вінницької МТГ у QGIS

Після завершення векторизації гідрографічних об'єктів було проведено топологічну перевірку моделі з метою виявлення просторових помилок і забезпечення логічної узгодженості між об'єктами. Перевірка здійснювалась у середовищі QGIS із використанням модуля Topology Checker (рис. 3.29).

До основних застосованих топологічних правил належать:

- «Must not have duplicates» - для запобігання дублюванню лінійних і полігональних об'єктів;

- «Must not overlap» - для водойм, щоб уникнути накладання меж;
- «Must not intersect» - для водотоків, щоб виключити некоректні перетини між лініями;
- «Must not have dangling nodes» - для водотоків, щоб забезпечити з'єднання з джерелами, впадінням у водойми або продовженням русла.

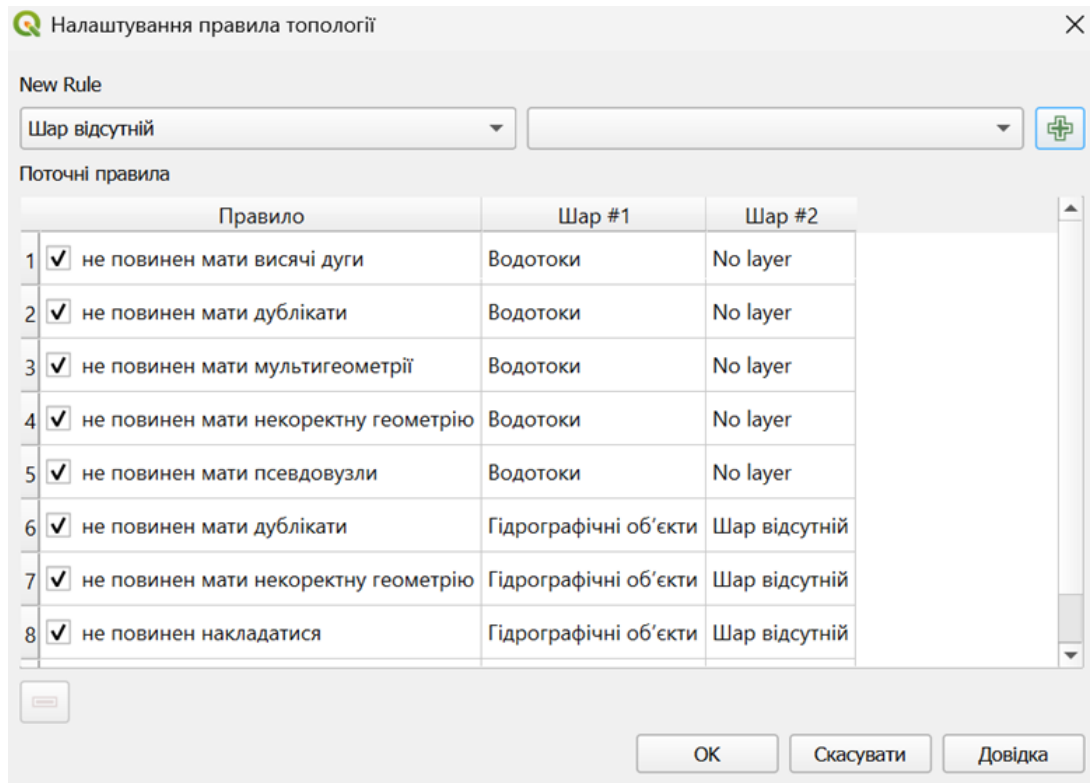


Рис. 3.29. Налаштування правил топології

Окрім топологічної перевірки, було здійснено геометричну корекцію об'єктів (рис. 3.30). Зокрема:

- приведення геометрії до стандарту valid geometry - з виявленням і виправленням самоперетинів, пустих геометрій та некоректних контурів;
- перевірка просторового входження лінійних водотоків зі статусом 8 у межі полігональних гідрографічних об'єктів.

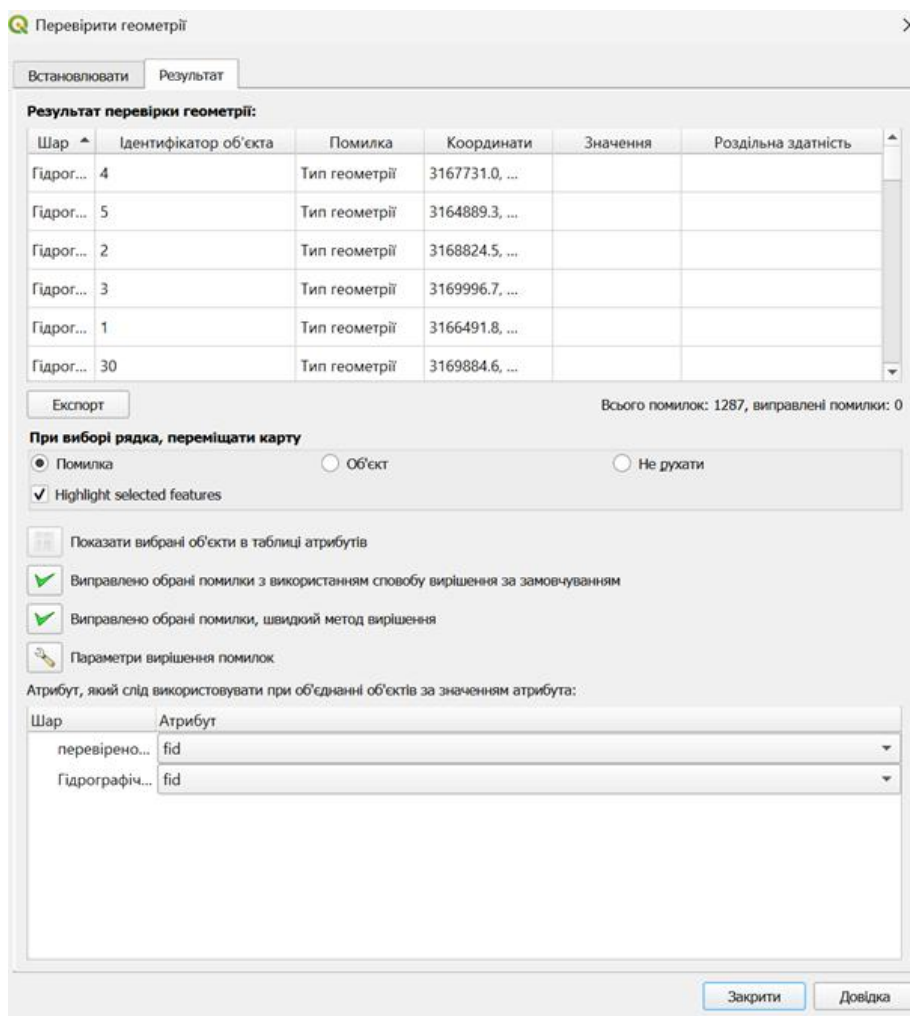


Рис. 3.30. Отриманий результат перевірки геометрії

Така структура забезпечує гнучкість моделі, її масштабованість та придатність для подальшого використання в екологічному моніторингу, плануванні водоохоронних заходів і наукових дослідженнях. У результаті було сформовано топологічно узгоджену та геометрично коректну модель, яка водночас є гнучкою та масштабованою і повністю готова до подальшої інтеграції в інтерактивну ГІС-платформу ArcGIS Online.

3.3 Побудова тематичних карт за даними ГІС малих річок Вінницької МТГ в ПЗ QGIS

Створення тематичних карт у середовищі QGIS є важливим етапом узагальнення та візуалізації результатів геоінформаційного моделювання малих річок Вінницької МТГ. Після завершення формування бази геопросторових даних та впорядкування лінійних, полігональних і тематичних шарів, дані були підготовлені до картографічного представлення у вигляді серії окремих тематичних карт.

Для забезпечення чіткої та мінімалістичної візуалізації як картографічну підложку було обрано ESRI Gray (light) - нейтральний сірий фон, який не переважує зображення та дозволяє акцентувати увагу на тематичних шарах.

У проєкт QGIS були завантажені всі необхідні шари з БГД малих річок, а саме лінійні водотоки, полігональні водні об'єкти, підготовлені тематичні шари (сміття, бар'єри, рекреація, гідроспороди, річки у колекторах, інвазивні види тощо).

На основі моделі, створеної у підрозділі 3.2, було сформовано шість тематичних карт:

1. Регулярність водотоку;
2. Сезонні річки;
3. Фізична прохідність берегів річок;
4. Захист малих річок;
5. Забрудненість малих річок;
6. Відкритість річок;

Кожна карта відображає окремий аспект функціонування та стану малих річок, а її зміст формується на основі відповідних тематичних шарів, створених у процесі опрацювання волонтерських точкових даних.

Проводимо вибірку доменів об'єктів, які важливі для повної візуалізації на карті, у кожній створеній таблиці. За необхідності вивантажуємо об'єкти, які нас цікавлять, в окремі файли. Для кращого читання карти задаємо Стиль

відображення для кожного шару, що буде відображено на кожній із тематичних карт. Приклади візуалізації шарів для різних тематичних карт відображено на рисунках 3.31 та 3.32.

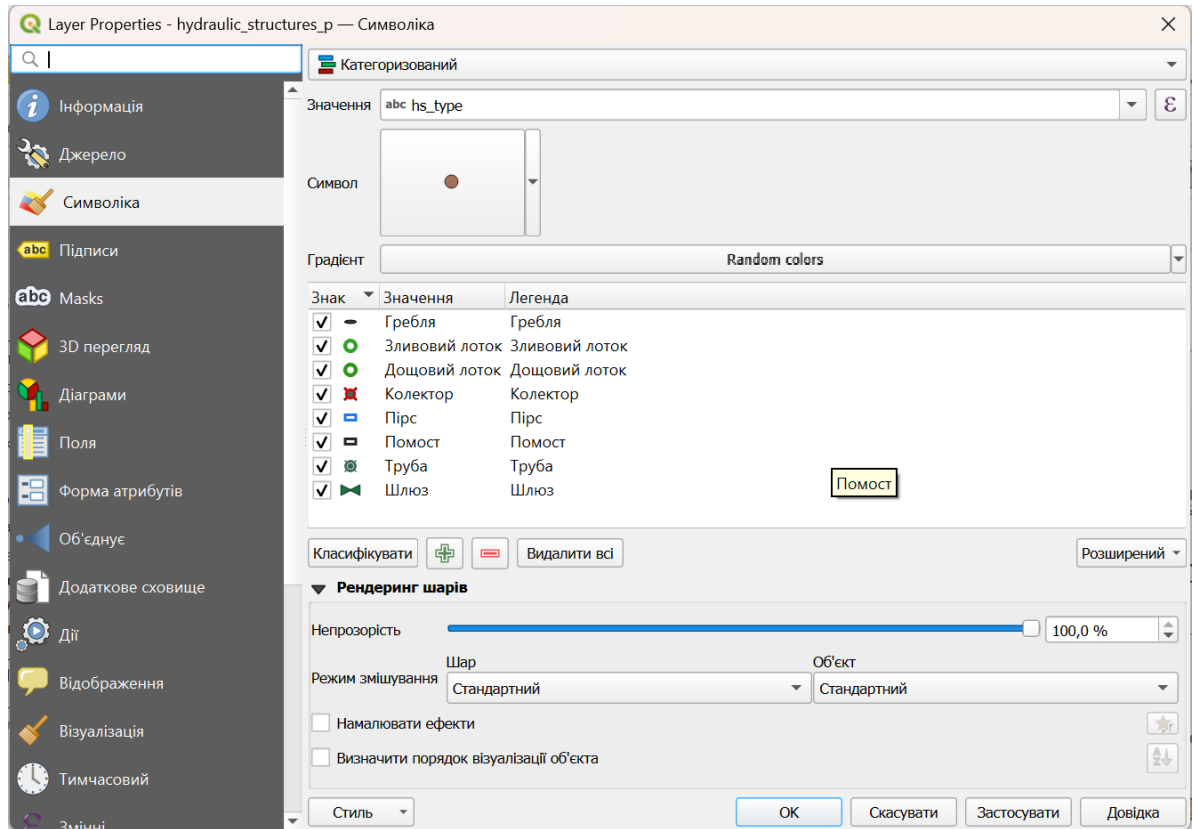


Рис. 3.31. Категоризована візуалізація шару гідротехнічних споруд для карти регулярності водотоку

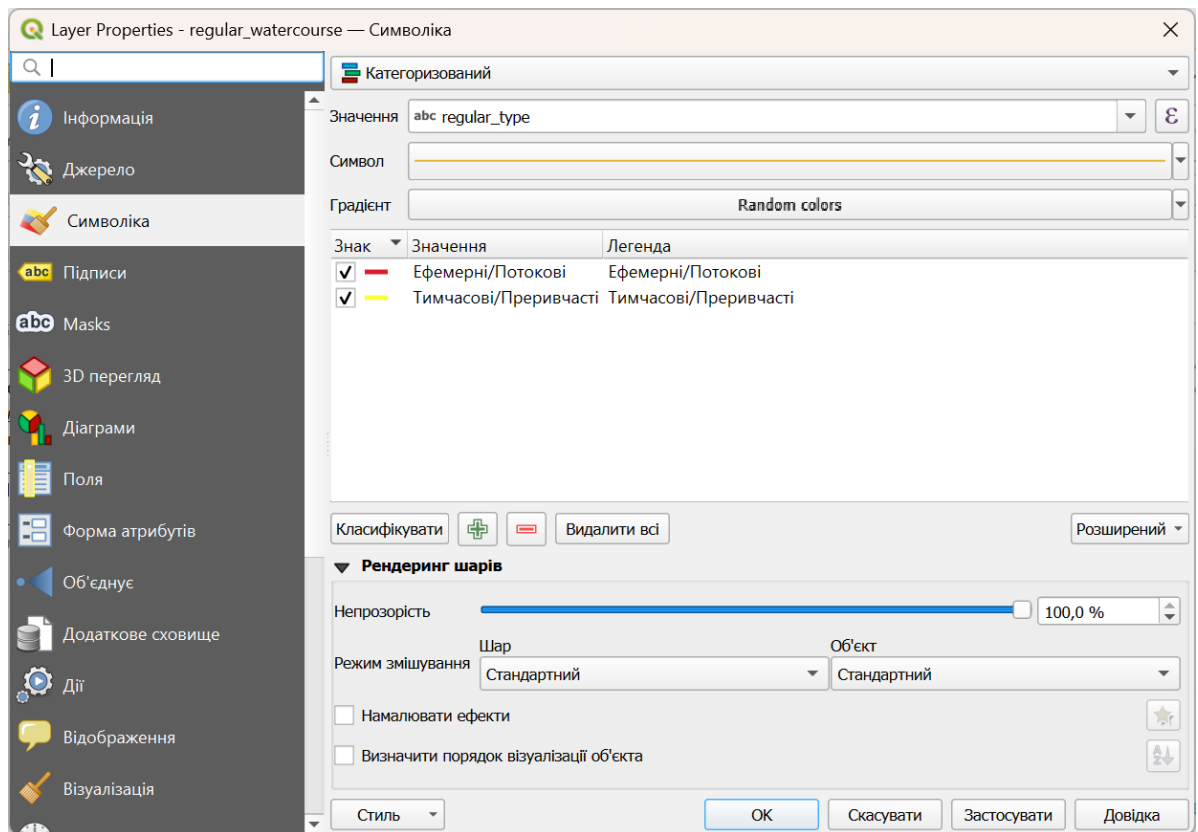


Рис. 3.31. Категоризована візуалізація шару регулярності водотоку

Після структурування даних виконано організацію шарів у QGIS із встановленням правильного порядку відображення: 1. Точкові, 2.Лінійні, 3. Площинні. Це забезпечить коректне накладання всіх елементів. Таким чином сформовано загальне відображення карти (рис. 3.32) та підготовка до створення тематичної карти завершено.

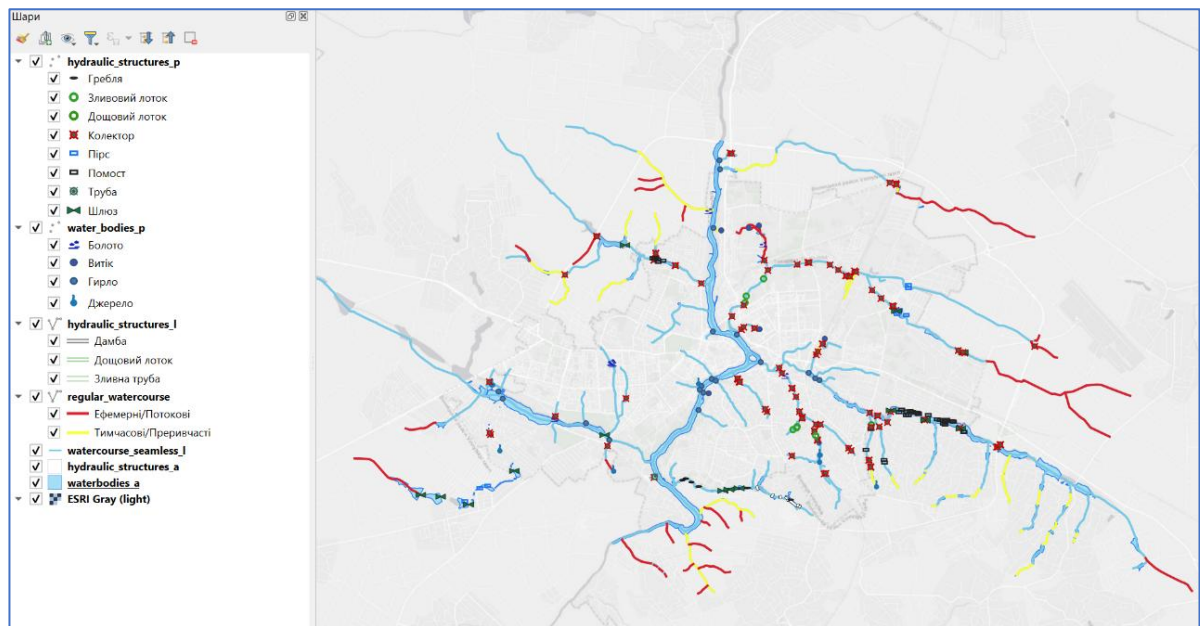


Рис. 3.32. Загальне відображення створеної тематичної карти у QGIS

Після налаштування стилів здійснювалося створення тематичних карт у середовищі Менеджера макетів QGIS.

У макети додавалися:

- заголовок тематичної карти,
- легенда з категоризованими позначеннями,
- стрілка «Північ»,
- масштабна лінійка,

На рисунку 3.33 подано вікно редагування макетів зі створеною тематичною картою сезонних річок Вінницької МТГ.

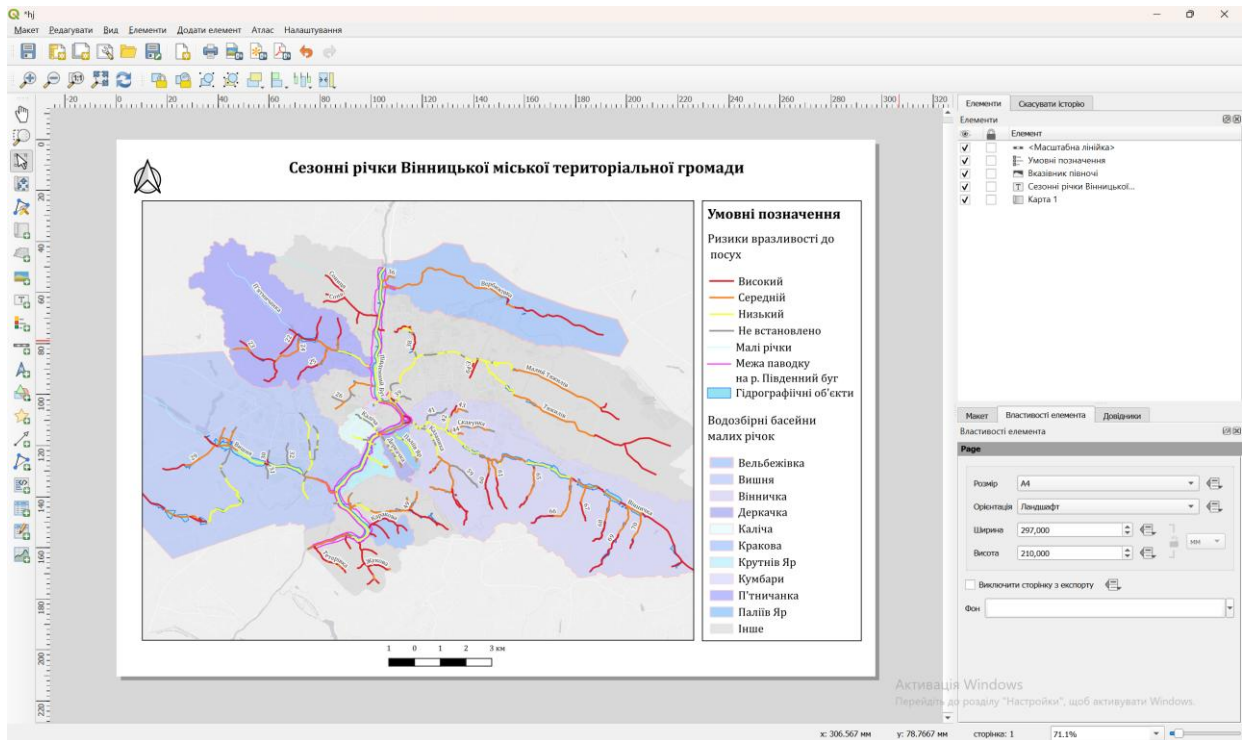


Рис. 3.33. Вікно редагування макетів із створеною тематичною картою
Сезонні річки Вінницької МТГ

Тематичні карти малих річок Вінницької міської територіальної громади подано у Додатках А-Д.

Створені тематичні карти дозволяють комплексно оцінити стан малих річок Вінницької МТГ: визначити регулярність і сезонність течії, проаналізувати фізичну доступність берегів, виявити ділянки з екологічними проблемами, зокрема сміттям та забрудненнями, а також простежити розташування гідротехнічних споруд і зон захисту річок. Крім того, карти дають змогу візуалізувати ступінь відкритості або закритості русла, що включає ділянки в колекторах та трубопроводах, і здійснити комплексний просторовий аналіз гідромережі в межах МТГ. Таким чином, тематичне картографування виступає важливим інструментом для екологічного моніторингу, прийняття управлінських рішень і планування заходів із захисту малих річок Вінницької міської територіальної громади.

3.4 Візуалізація тематичних карт за даними ГІС малих річок Вінницької МТГ на платформі ArcGIS Online

Після завершення формування бази геопросторових даних та побудови тематичних карт у середовищі QGIS було виконано публікацію створеної геоінформаційної моделі у вебсередовищі ArcGIS Online. Метою цього етапу було забезпечення відкритого доступу до результатів дослідження, а також створення інтерактивних тематичних карт, зручних для перегляду, аналізу та використання зацікавленими сторонами.

Для публікації дані з бази геопросторових даних були переформатовані у формат GeoJSON, що забезпечує сумісність із вебплатформами та оптимізує відображення даних у браузері. У формат GeoJSON було експортовано всі ключові набори даних: лінійні водотоки, полігональні водні об'єкти та тематичні шари, сформовані на основі польових волонтерських даних.

На основі експортованих даних у ArcGIS Online було створено шість інтерактивних тематичних карт, аналогічних тим, що були сформовані у QGIS:

1. Регулярність водотоку;
2. Сезонні річки;
3. Фізична прохідність берегів річок;
4. Захист малих річок;
5. Забрудненість малих річок;
6. Відкритість річок.

Кожна карта відображає відповідні тематичні шари та атрибути, а також містить налаштовану символіку, що відтворює стилі оригінальних карт у QGIS. Таке дублювання візуальної структури дозволило забезпечити однакове інтерпретаційне навантаження як у середовищі настільного ГІС-аналізу, так і у вебверсії.

Візуалізацію тематичних карт на ArcGIS Online подано на рисунках 3.34 - 3.39.

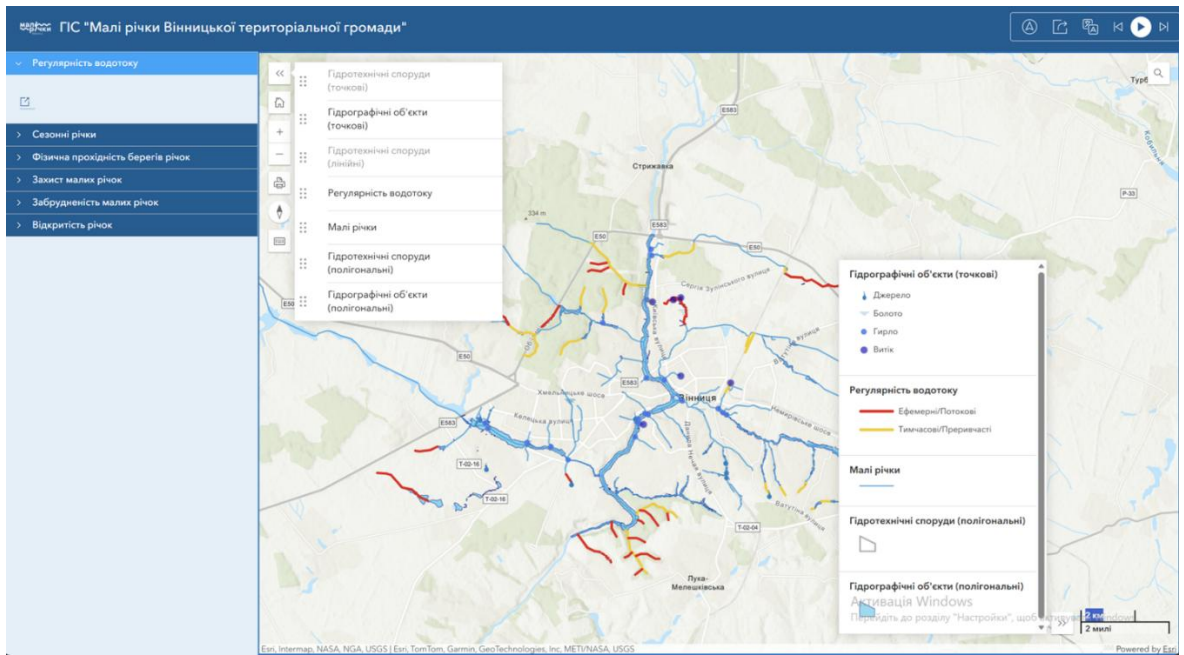


Рис. 3.34. Візуалізація тематичної карти “Регулярність водотоку” на ArcGIS Online

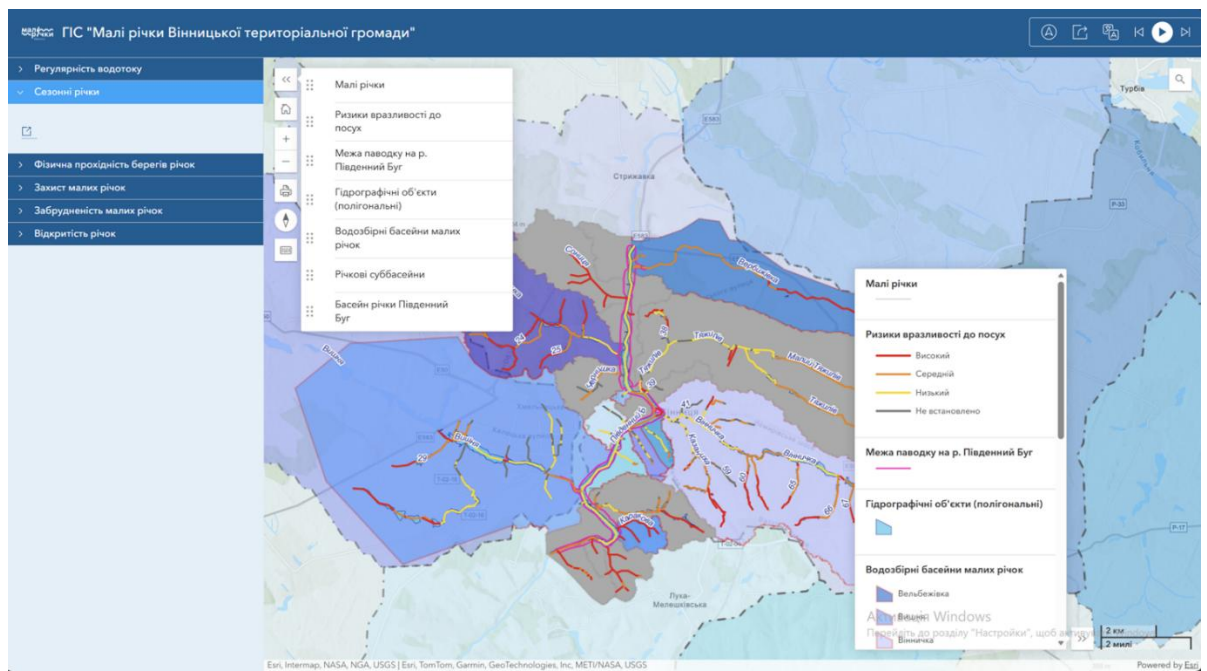


Рис. 3.35. Візуалізація тематичної карти “Сезонні річки” на ArcGIS Online

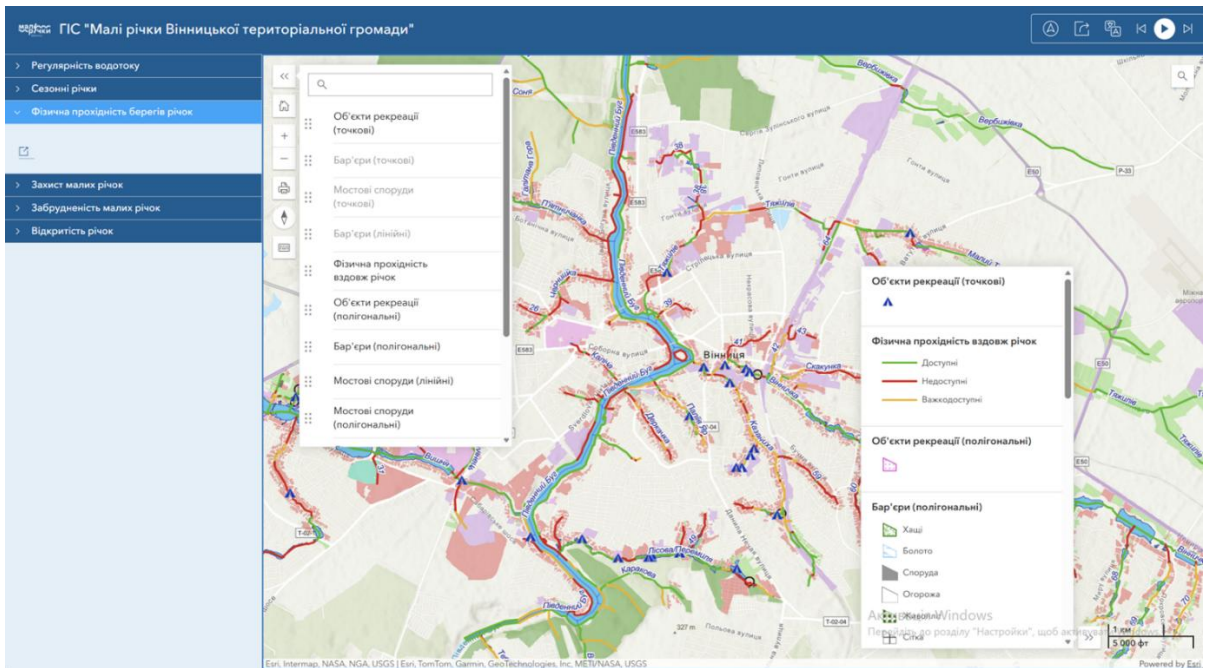


Рис. 3.36. Візуалізація тематичної карти “Фізична прохідність берегів” на ArcGIS Online

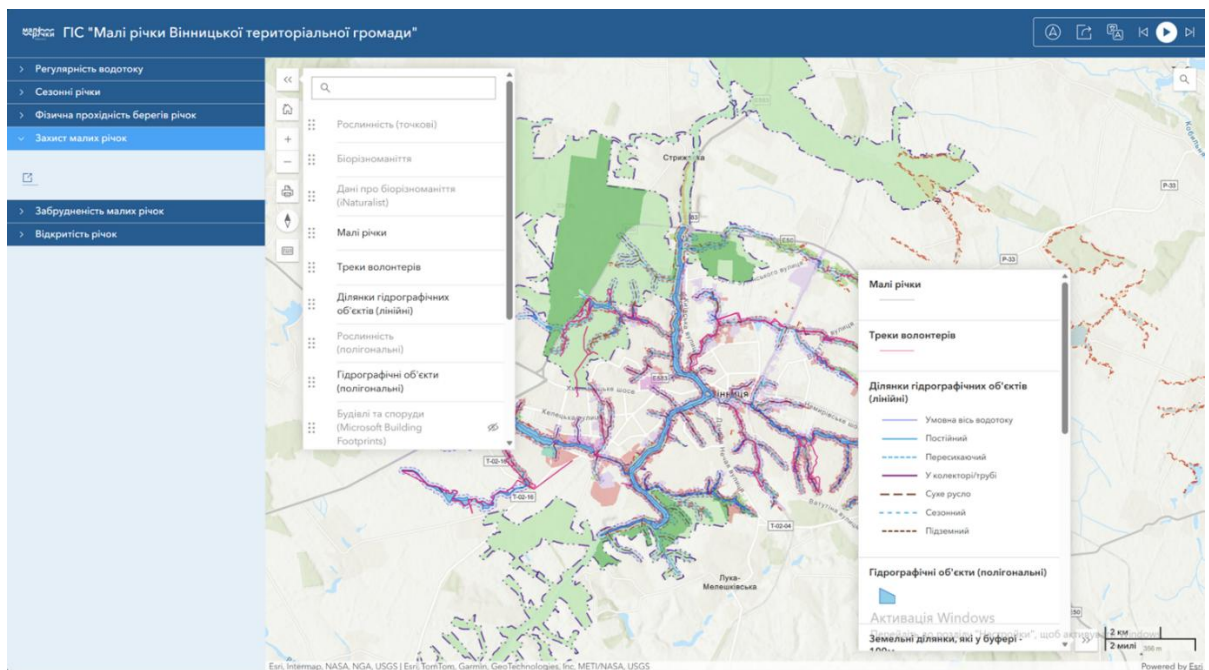


Рис. 3.37. Візуалізація тематичної карти “Захист малих річок” на ArcGIS Online

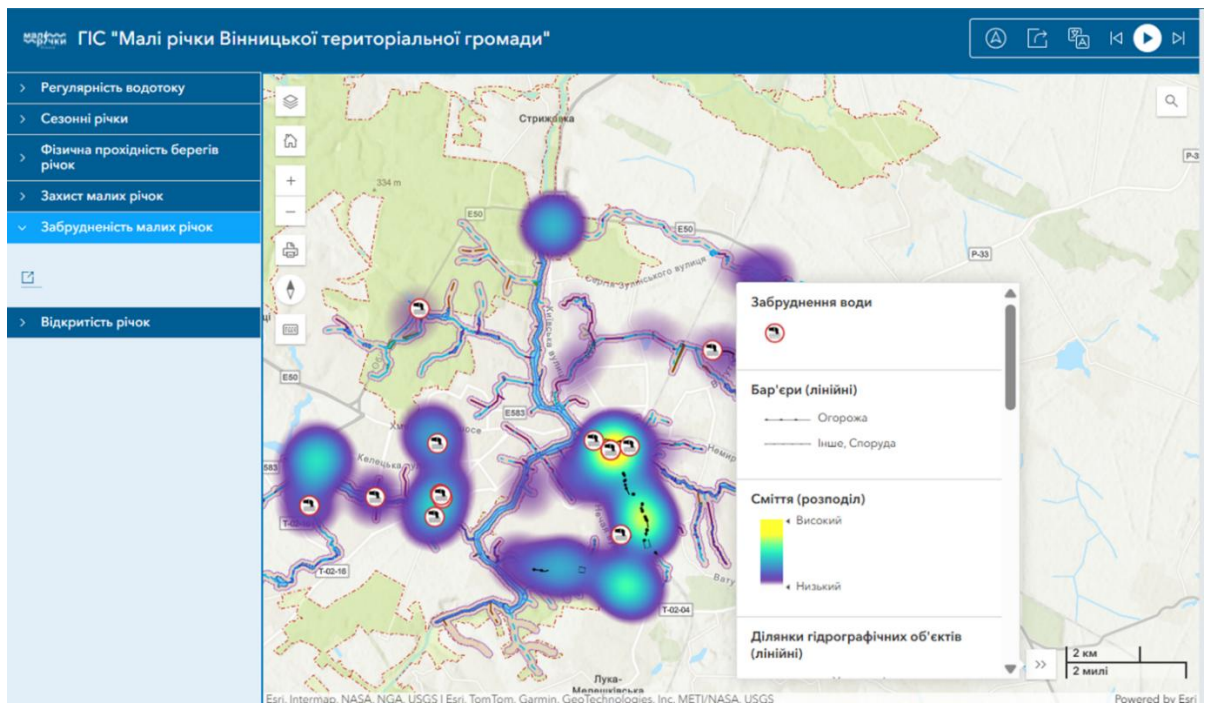


Рис. 3.38. Візуалізація тематичної карти “Забрудненість малих річок” на ArcGIS Online

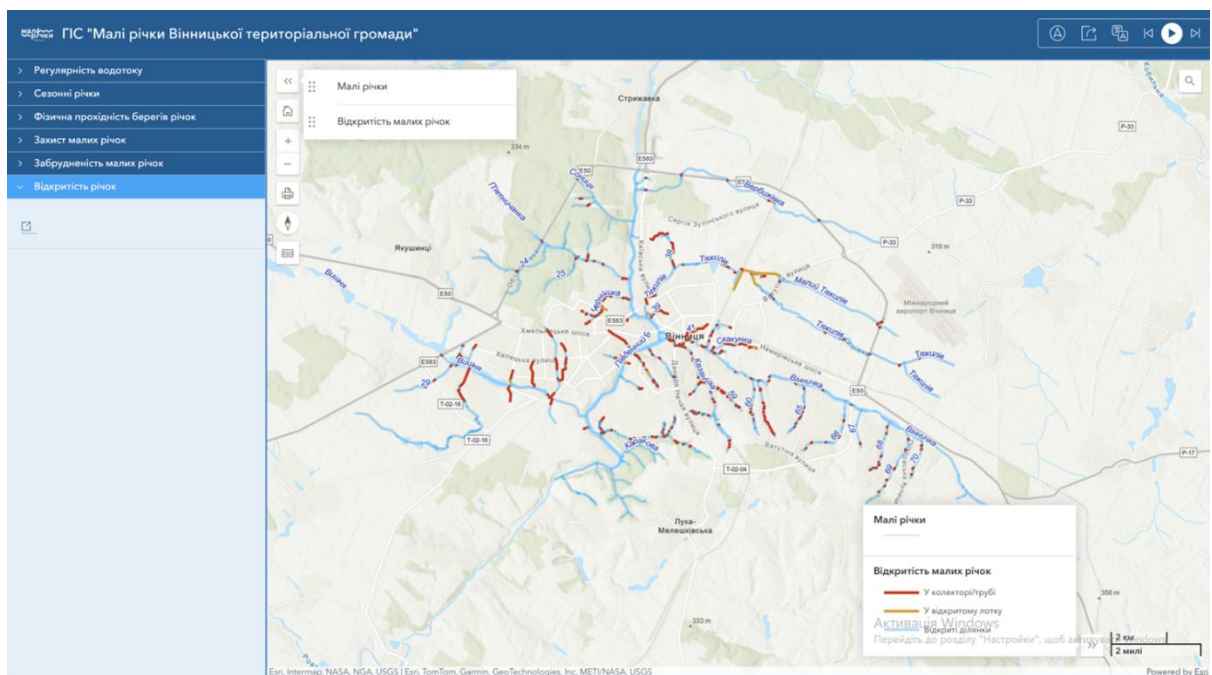


Рис. 3.39. Візуалізація тематичної карти “Відкритість річок” на ArcGIS Online

Інтерактивні карти дозволяють користувачам переглядати атрибутивну інформацію кожного об’єкта, вмикати або вимикати окремі шари, змінювати

масштаб та виконувати базовий просторовий аналіз без необхідності встановлення настільного програмного забезпечення.

Для забезпечення вільного доступу до отриманих даних їх було додатково опубліковано на платформах Zenodo та GitHub, що сприяє довготривалому зберіганню, відкритості та можливості повторного використання результатів дослідження. QR-коди переходу до ресурсів на яких опубліковано набори даних відображено на рисунках 3.40 та 3.41.



Рис. 3.40. QR-код переходу на Zenodo

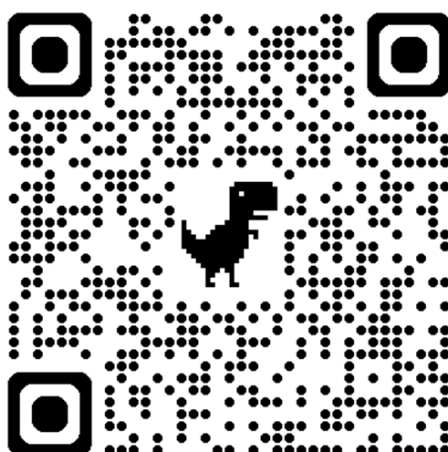


Рис. 3.41. QR-код переходу на GitHub

Опубліковані набори даних можуть бути використані дослідниками, урбаністами, екологами, а також органами місцевого самоврядування для подальшого аналізу, моніторингу та прийняття управлінських рішень щодо стану малих річок у межах Вінницької МТГ.

Висновки до розділу 3

У цьому розділі здійснено практичну реалізацію методичних, концептуальних та логічних засад геоінформаційного моделювання малих річок Вінницької МТГ. На основі логічної моделі сформовано повноцінну базу геопросторових даних, що включає класи гідрографічних об'єктів, їх атрибутивну структуру, домени значень, типи даних та правила топологічної узгодженості. Проведено наповнення БГД фактичними даними – водотоками, ділянками річок у колекторах, гідротехнічними спорудами, природними перешкодами та іншими просторовими елементами.

Атрибутивне наповнення забезпечило повний опис характеристик об'єктів, що створило умови для подальшого аналізу та моделювання. Проведений топологічний контроль усунув геометричні й логічні помилки, а структура гідромережі стала узгодженою та придатною для просторових обчислень.

На основі сформованої БГД створено тематичні карти у QGIS, які відобразили ключові особливості гідромережі. Для забезпечення відкритості та доступності даних здійснено їх публікацію на ArcGIS Online, що дозволяє використовувати результати у вебсередовищі та інтегрувати їх у роботу місцевих органів.

Таким чином, у розділі 3 реалізовано повний цикл побудови геоінформаційної бази малих річок Вінницької МТГ - від створення структури й наповнення до візуалізації та вебпублікації. Результати підтвердили практичну цінність моделі для подальших досліджень і управління водними ресурсами громади.

ВИСНОВОК

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ			
Виконала		Колесник А.С.			Геоінформаційне моделювання малих річок Вінницької міської територіальної громади	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Кінь Д.О.					104	2
Консультант						КНУБА, група ГСТ _{М-24}		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.				104		

У результаті проведеного дослідження виконано комплексне геоінформаційне моделювання малих річок Вінницької міської територіальної громади, що охопило весь цикл створення ГІС - від формування методичних засад до побудови бази геопросторових даних, її наповнення, аналізу та публікації результатів.

Під час роботи визначено особливості просторової організації малих річок у межах урбанізованого середовища, проаналізовано сучасні методи їх дослідження та обґрунтовано вибір ГІС-підходів для забезпечення комплексного моделювання гідрографічної мережі. Сформовано теоретичні положення та вимоги, що визначають структуру та зміст геоінформаційної моделі.

Розроблено концептуальну та логічну моделі системи, визначено основні класи об'єктів, їх атрибутивні характеристики, домени значень і типи даних, а також взаємозв'язки між компонентами моделі. Створені каталог об'єктів та логічна структура стали основою для подальшої реалізації бази геопросторових даних.

У програмному середовищі QGIS сформовано багат шарову базу геопросторових даних малих річок, виконано векторизацію гідрографічних об'єктів на основі ортофотопланів, топографічних планів, даних відкритих картографічних ресурсів та польових GPS-треків. Проведено атрибутивне наповнення всіх класів об'єктів, встановлено домени значень та здійснено топологічний контроль, що забезпечило коректність і цілісність даних.

На основі сформованої бази побудовано тематичні карти, які відображають ключові характеристики функціонування малих річок, їхній екологічний стан та інфраструктурні особливості. Для забезпечення відкритості та доступності результатів виконано публікацію матеріалів у вебсередовищі ArcGIS Online, що створило можливості інтерактивного перегляду та використання даних зацікавленими користувачами.

Результати проведеного дослідження підтверджують ефективність застосування геоінформаційних технологій для аналізу та моделювання

урбанізованих гідрографічних систем. Побудована геоінформаційна модель є цілісною, структурованою, масштабованою й методично вивіреною, що забезпечує її подальше застосування в контексті екологічного моніторингу, містобудівного планування, управління водними ресурсами та розвитку інтегрованих ГІС-рішень. Отримані результати становлять вагомий внесок у практику геоінформаційного моделювання водних об'єктів у межах міських територій та можуть слугувати основою для подальших наукових досліджень у галузі водної геоекології та просторового аналізу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dinić-Branković, M., Marković, M. Revitalizing small urban streams as an instrument of urban planning in creating resilient cities [Електронний ресурс] / M. Dinić-Branković, M. Marković // Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering. - 2021. - Vol. 19, № 2. - С. 193–205. - Режим доступу: <https://doi.org/10.2298/FUACE211203015D>
2. Goertzen, D., Schneider, A. K., Eggers, T. O., Suhling, F. Temporal changes of biodiversity in urban running waters – Results of a twelve-year monitoring study [Електронний ресурс] / D. Goertzen, A. K. Schneider, T. O. Eggers, F. Suhling // Basic and Applied Ecology. - 2022. - Vol. 58. - С. 74–87. - Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.11.007>
3. Гудзевич А. В. Проблеми й перспективи Південнобузького екокоридору в умовах міста Вінниці // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету ім. М. Коцюбинського. Серія: Географія. – 2014. – Вип. 26. – С. 12–16. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dspace.vspu.edu.ua/bitstreams/d2894c9a-cb0b-4501-aa26-198951d213a8/download>
4. Хільчевський В. К., Чунар'ов О. В., Ромась М. І. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу. – К. : Ніка-Центр, 2009. – 184 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ev.vue.gov.ua/publications/vodni-resursy-ta-iakest-richkovykh-vod-baseynu-pivdennoho-buhu-v-k-khilchevskyy-o-v-chunarov-m-i-romas-ta-in-za-red-v-k-khilchevskoho-k-nika-tsentr-2009-184s>
5. Агенція Zvidsy. (2023). Дослідження кліматичної складової проєкту «Алея 12.7». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zvidsy.org.ua/aleia127-climate-study>
6. Звіт по визначенню гідрологічних характеристик водних об'єктів м. Вінниця / Басейнове управління водних ресурсів річки Південний Буг. – Вінниця, 2023. – 28 с.

7. Концепція розвитку малих річок Вінниці – 2035 / КП «Інститут розвитку міст». – Вінниця, 2023. [Режим доступу: <https://www.vmr.gov.ua/u-vinnytsi-zatverdily-kontseptsiuu-rozvytku-malykh-richok-vinnytsi-2035>]
8. Європейський зелений курс – пакет політичних ініціатив Європейської Комісії. – 2019. [Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/eu-green-deal.html>]
9. Послуги у сфері охорони довкілля (Розробка локальної схеми екомережі міста Вінниці). Звіт про науково-дослідну роботу. – Вінниця, 2018. – 415 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/24772/52905.pdf?sequence=2>
10. Агенція Zvidsy. (2023). Дослідження кліматичної складової проекту «Алея 12.7». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zvidsy.org.ua/aleia127-climate-study>
11. Історичні топографічні карти Вінницької області (1840–1986 pp.) / Архів цифрових картографічних матеріалів. – [Електронний ресурс]. [Режим доступу: <https://mapstor.com/collections/ukraine/vinnytsia.html>]
12. Осадчий В.І. Оцінка та прогнозування стану водних екосистем України: презентаційні матеріали. – 2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.kdpu-nt.gov.ua/sites/default/files/work_files/presentation_osadchyy_0_0.pdf
13. Тривимірний кадастр водних об'єктів: методичні підходи / За ред. І.І. Смаль. – Київ: КНУ, 2024. – 112 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2025/01/m_3_monografiya_vodni_objekti-1.pdf
14. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework>
15. Рукавишніков О. Розробка геоінформаційної системи моніторингу водних об'єктів Одеської області: магістерська кваліфікаційна робота. – Одеський державний екологічний університет, 2023. – 78 с. – [Електронний

ресурс]. – Режим доступу:
http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/7030/1/Rukavishnikov_rozrobka_geoinf_sistemi.pdf

16. INSPIRE Thematic Working Group Hydrography. D2.8.I.8 Data Specification on Hydrography – Technical Guidelines. – European Commission, 2013. – 148 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/hy>

17. RiverMap: European river network viewer. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rivermap.org/map>

18. The Rivers Trust. Ecology Map. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://theriverstrust.org/ecology-map>

19. Bundesverkehrswegeplan 2030: Umweltbericht. – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. – Berlin, 2021. – 204 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/bundesverkehrswegeplan-2030-umweltbericht.html>

20. Geoportal.de – Das zentrale Internetportal für Geodaten in Deutschland. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.geoportal.de>

21. Історичні топографічні карти Вінницької області. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://oldmaps.com.ua/vinnysia/#15/49.2332/28.4791>

22. FreeMap – відкритий геопортал України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://freemap.com.ua/>

23. Типи зв'язків UML: асоціація, залежність, узагальнення [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.guru99.com/uk/uml-relationships-with-example.html>

24. Кейк Д. Геоінформаційні технології та інфраструктура геопросторових даних: навч. пос. / Кейк Д., Лященко А.А., Путренко В.В., Хмелевський, Ю., Дорошенко К.С., Говоров М. – Планета-Прінт, 2017. – 456 с.

25. Конспект лекцій з дисципліни "Бази даних у захисті навколишнього середовища" для студентів 2-го курсу спеціальності "Технології захисту

навколишнього середовища" / В. А. Настасюк, А. Я. Співак // Одеса, ОДЕКУ - 2018 р. - 49 с. Режим доступу: http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/858/1/Nastasuk_VA_Spivak_AYA_TZ_NS_Konspekt_2018.pdf

26. ISO/IEC 2382:2015. Information technology - Vocabulary [Електронний ресурс]. - Geneva: International Organization for Standardization, 2015. - Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/63598.html>

27. QGIS Development Team. Exploring Data Formats and Fields // QGIS User Guide. - 2025. - Режим доступу: https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user_manual/managing_data_source/supported_data.html

28. Поморцева О. Є. Основи геоінформаційних систем і бази даних: підручник/ О. Є. Поморцева – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022 – 346 с. Режим доступу: <http://surl.li/fysbr>

29. Лепетюк В. Б. Застосування ГІС-технологій для формування бази геопросторових даних гастрономічного туризму України / В. Б Лепетюк, О. А. Травкіна // Інформаційні технології управління – 2022. – с.206-218. Режим доступу: <http://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/273836/269157>

30. Добролюбова М. В. Програмування баз даних: конспект лекцій [Електронні ресурси] навч. посіб. для студ. спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 275 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/43918/1/Prohramuvannia_baz_dannykh.pdf

31. Chen, P. P. Entity-relationship modeling: historical events, future trends, and lessons learned / P.P. Chen // Entity-Relationship Approach to Software Engineering: international conference, November 27–30, 2001, Yokohama, Japan: proceedings. – 2001. – P. 71–77. - 27

32. Сільвейструк Л. М. Модель "сутність-зв'язок" – популярна семантична модель: історія, формалізація, бібліографія / Л. М. Сільвейструк // Вісн. Київ. ун-ту. Фіз.-мат. науки. – 2007. – Вип. 4. – С. 201–208.

33. Новікова К. Про особливості моделі даних «сутність-зв'язок» заданої предметної області/ К. Новікова, Н. В. Шамшина// Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця: Матеріали III Всесвітньої науково-практичної конференції, Суми – 2015 – с.31-33. Режим доступу: <http://fizmatsspu.sumy.ua/Konferencii/sbor/npk/NPK-2015-2-.pdf#page=31>

34. Felix Rante. Understanding Primary and Foreign Keys in SQL – Database Relationships and Constraints. - 2024. - Режим доступу: <https://felixrante.com/understanding-primary-and-foreign-keys-in-sql-database-relationships-and-constraints/>

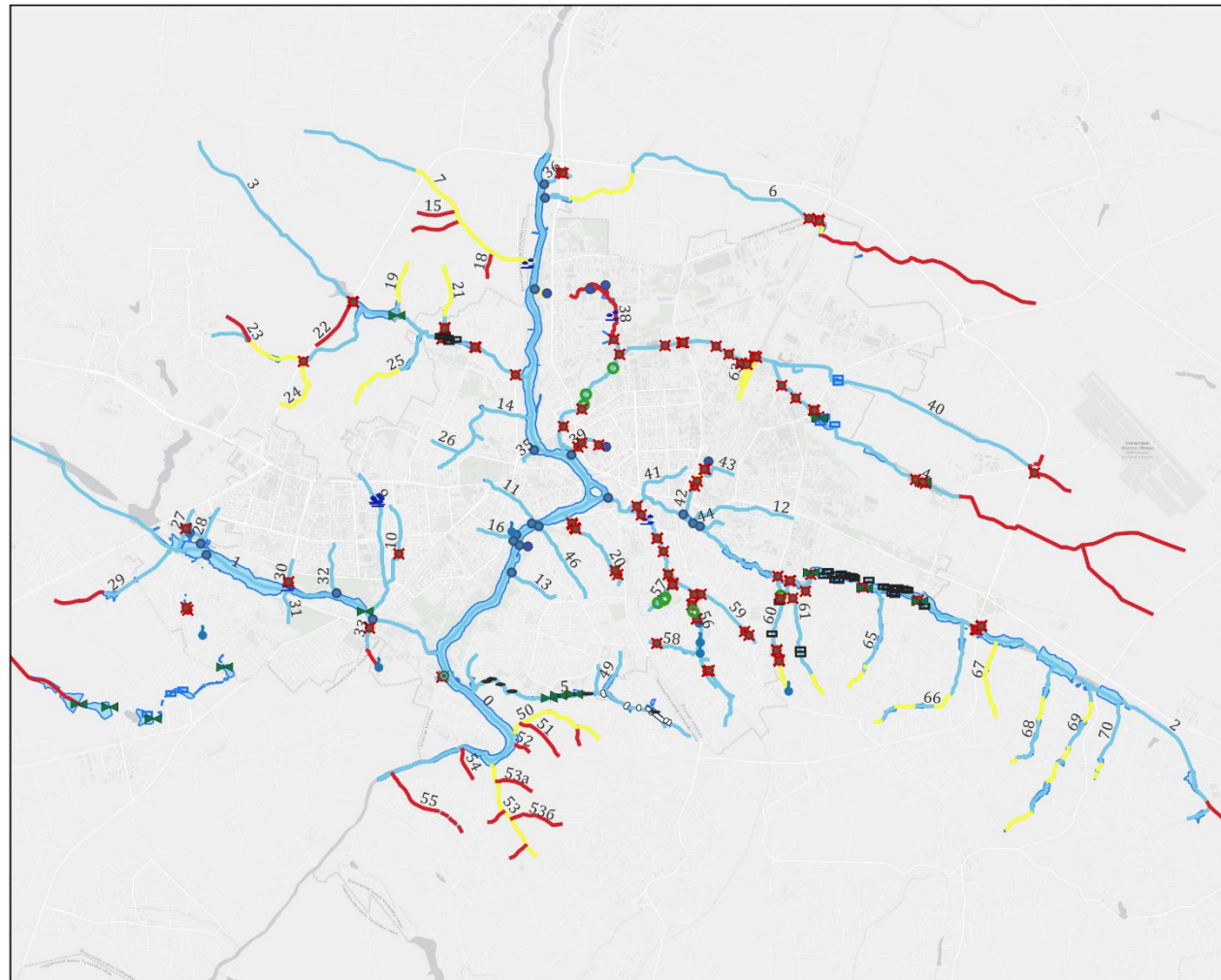
35. QGIS Development Team. QGIS User Guide. - Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). - Режим доступу: <https://qgis.org>

ДОДАТКИ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ			
Виконала		Колесник А.С.			Геоінформаційне моделювання малих річок Вінницької міської територіальної громади	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Кінь Д.О.					112	6
Консультант						КНУБА, група ГСТ _{М-24}		
Зав. каф.		Карпінський Ю.О.				112		



Регулярність водотоку малих річок Вінницької міської територіальної громади



Умовні позначення

Гідротехнічні споруди

- Гребля
- Зливовий лоток
- Дощовий лоток
- Колектор
- Пірс
- Помост
- Труба
- ▲ Шлюз

Гідрографічні об'єкти

- Болото
- Вітик
- Гирло
- Джерело

Гідротехнічні споруди

- Дамба
- Дощовий лоток
- Зливна труба

Регулярність водотоку

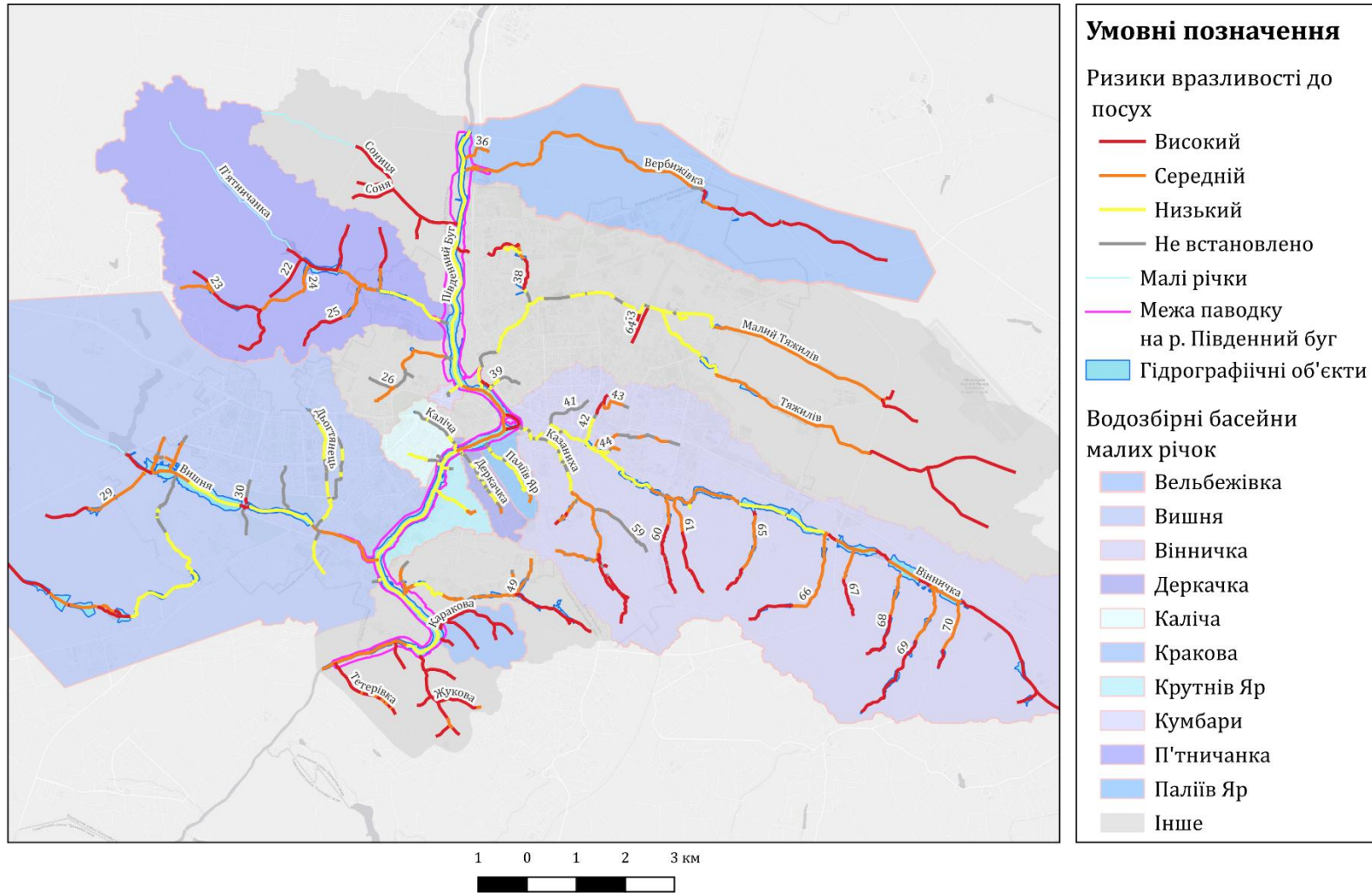
- Ефемерні/Потокові
- Тимчасові/Преривчасті
- Малі річки
- Гідротехнічні споруди
- Гідрографічні об'єкти



Додаток Б. Сезонні річки Вінницької міської територіальної громади



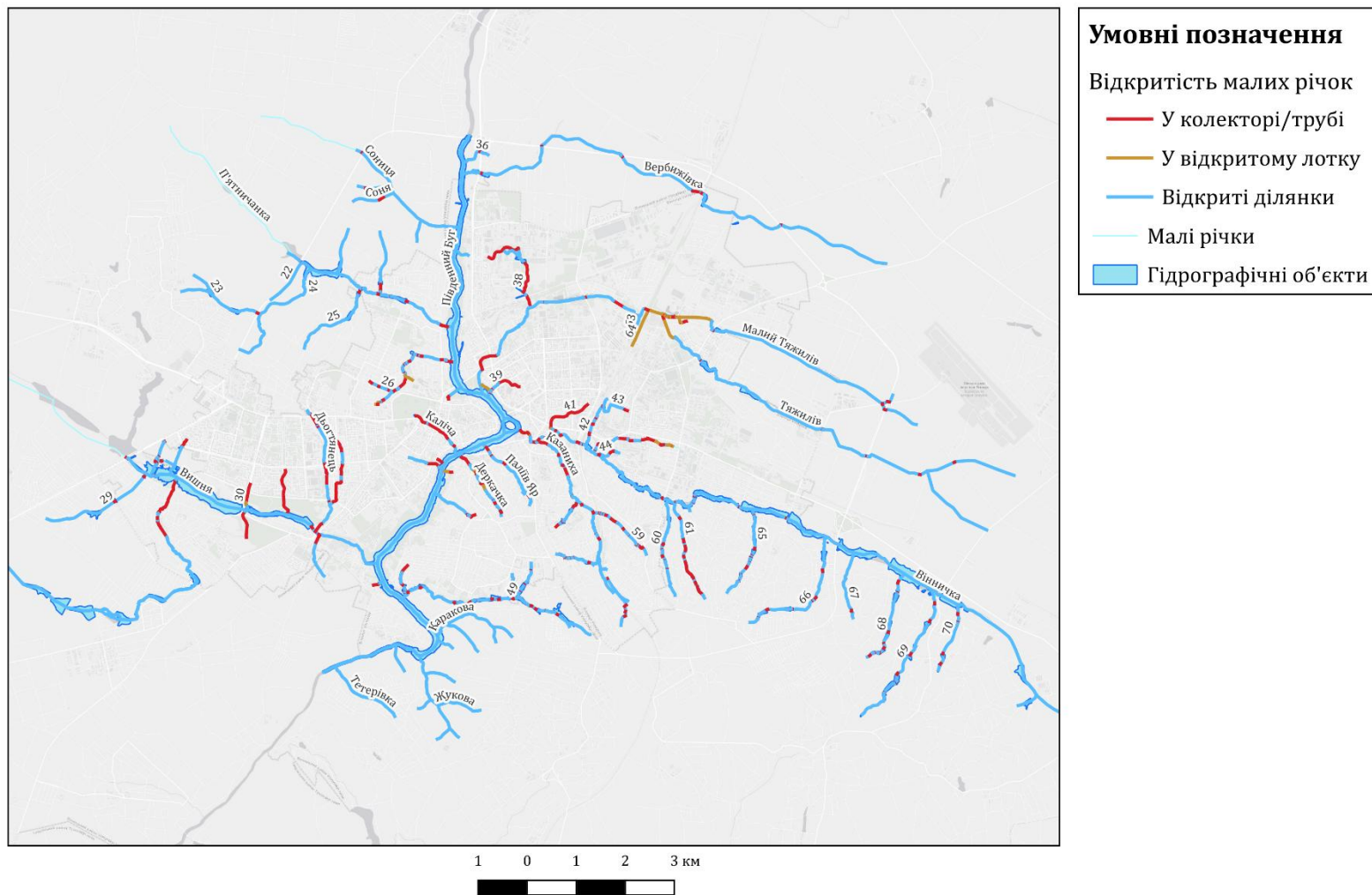
Сезонні річки Вінницької міської територіальної громади



Додаток В. Відкритість річок Вінницької міської територіальної громади

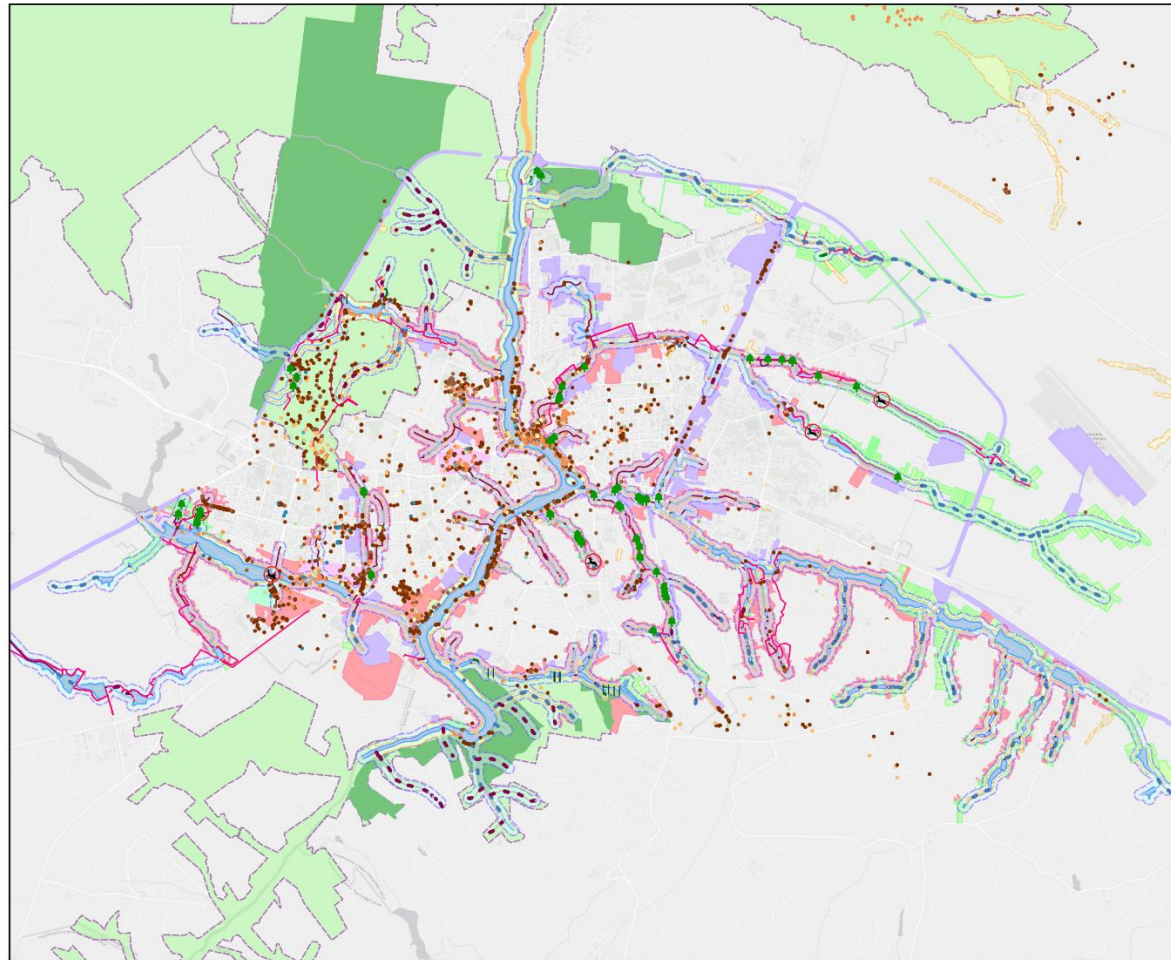


Відкритість річок Вінницької міської територіальної громади





Захист малих річок Вінницької міської територіальної громади



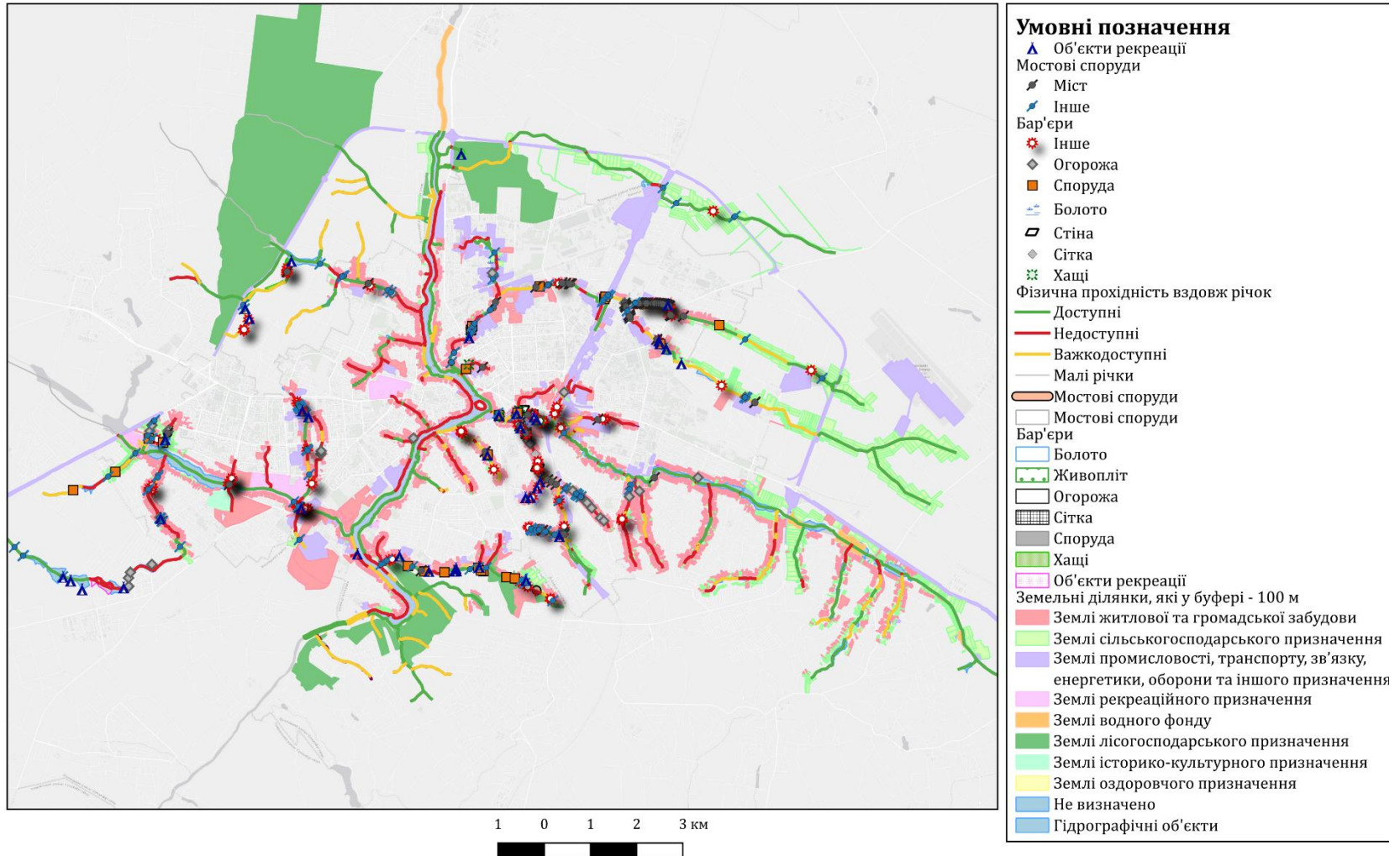
Умовні позначення

- Рослинність**
- ◆ Дерево
 - ▯ Інше
- Біорізноманіття**
- Дані про біорізноманіття (iNaturalist)
- Plantae
 - Insecta
 - Aves
 - Fungi
 - Mollusca
 - Arachnida
 - Amphibia
 - Mammalia
 - Animalia
 - Reptilia
 - Інше
- Ділянки гідрографічних об'єктів**
- Умовна вісь водотоку
 - Постійний
 - - - Пересихаючий
 - У колекторі/трубі
 - - - Сухе русло
 - Малі річки
 - Треки волонтерів
- Рослинність**
- Гідрографічні об'єкти
 - Прибережні захисні смуги (КП ТГ)
 - Буфер від гідрографічних об'єктів (100 м)
- Земельні ділянки, які у буфері - 100 м**
- Землі житлової та громадської забудови
 - Землі сільськогосподарського призначення
 - Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення
 - Землі рекреаційного призначення
 - Землі водного фонду
 - Землі лісогосподарського призначення
 - Землі історико-культурного призначення
 - Землі оздоровчого призначення
 - Не визначено
 - Території Смарагдової мережі

Додаток Г. Фізична прохідність берегів малих річок Вінницької міської територіальної громади



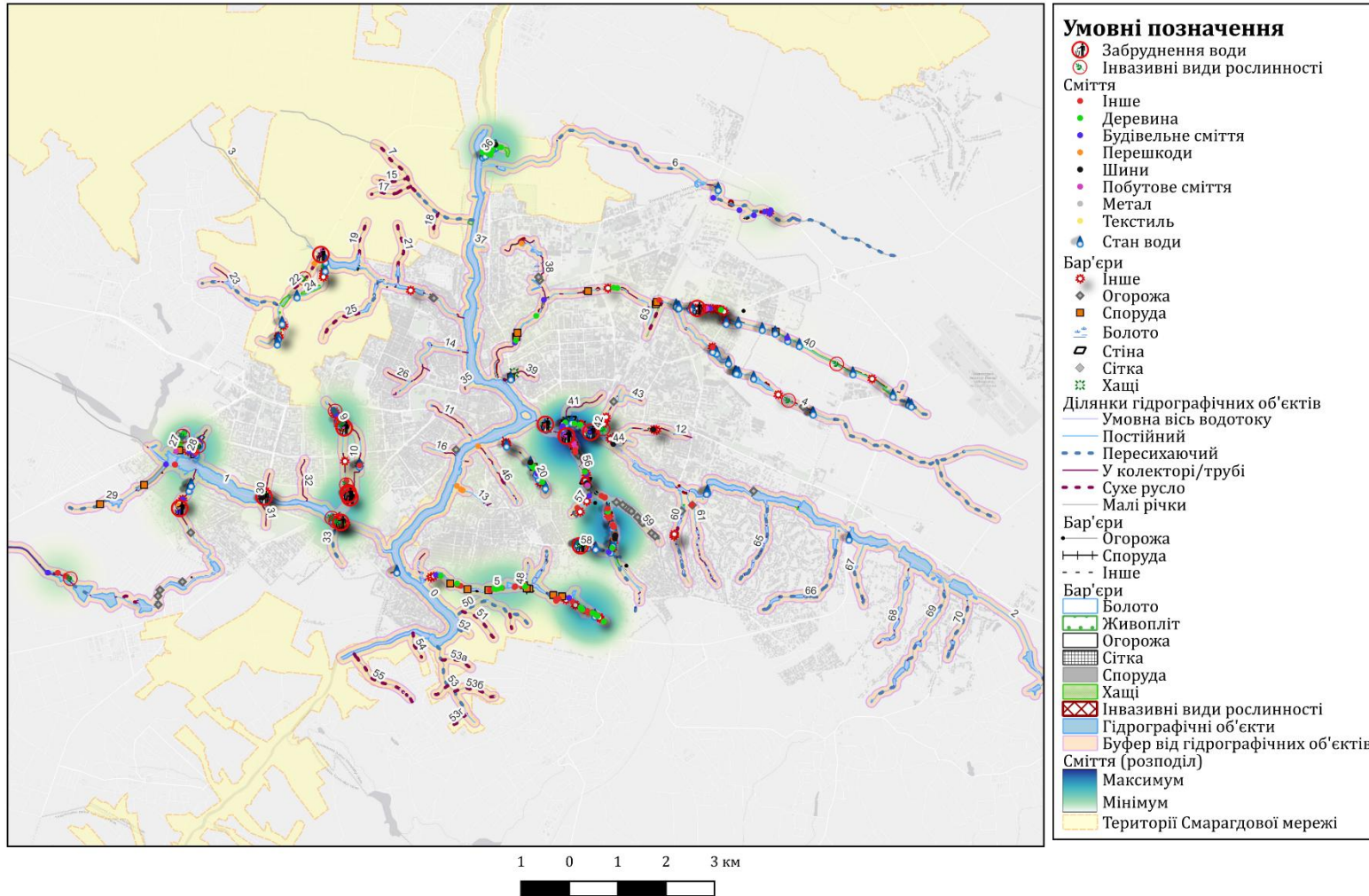
Фізична прохідність берегів річок Вінницької міської територіальної громади



Додаток Д. Забрудненість малих річок Вінницької міської територіальної громади



Забрудненість малих річок Вінницької міської територіальної громади





Міністерство освіти та науки України
Київський національний університет будівництва та
архітектури



ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Виконала: студентка 6 курсу, групи ГСТм-24
Спеціальності: 193 «Геодезія та землеустрій»,
Спеціалізації: «Геоінформаційні системи та технології»

Колесник А.С.

Керівник: PhD, доц. кафедри ГІФ Кінь Д.О.

Київ - 2025

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОБОТИ

- Мета дипломного проекту полягає у розробці геоінформаційної моделі для збереження та відновлення мережі малих річок на прикладі Вінницької міської територіальної громади, що дозволить здійснювати екологічний моніторинг, тематичне картографування та підтримку водогосподарського планування.
- Предметом дослідження цієї роботи є геоінформаційна модель гідрографічної мережі малих річок у межах територіальної громади.
- Об'єктом дослідження малі річки Вінницької міської територіальної громади..
- Основними завданнями дипломного проекту є :
 1. аналіз сучасного стану малих річок у межах Вінницької міської територіальної громади;
 2. узагальнення наукових підходів до геоінформаційного моделювання водних об'єктів;
 3. опис вихідних даних, що використовуються для побудови геоінформаційної моделі;
 4. розроблення каталогу об'єктів і атрибутів гідрографічної мережі малих річок;
 5. формування функціональної, концептуальної та логічної моделей геоінформаційної системи;
 6. створення бази геопросторових даних у середовищі QGIS;
 7. внесення просторової та атрибутивної інформації про малі річки, їх гідрологічні характеристики, екологічні обмеження та інфраструктурні елементи;
 8. проведення топологічної перевірки просторових об'єктів;
 9. створення тематичних карт малих річок Вінницької МТГ;
 10. візуалізація результатів геоінформаційного моделювання на платформі ArcGIS Online.

СТАН МАЛИХ РІЧОК У ВІННИЦЬКІЙ МІСЬКІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ

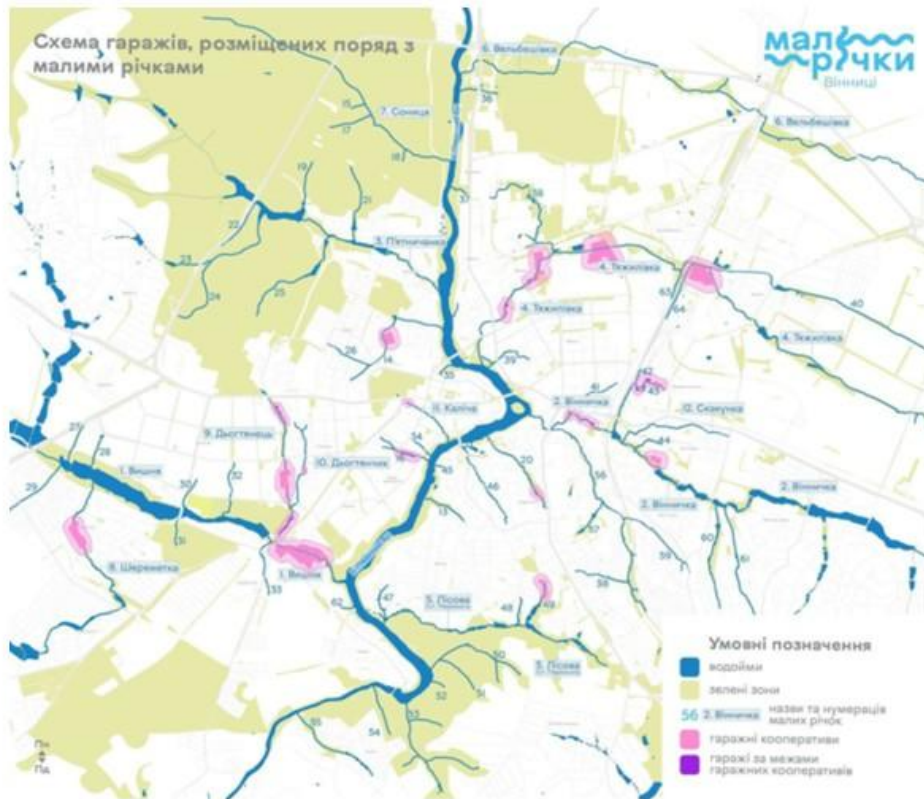


Затоплена заплавна частина річки №5

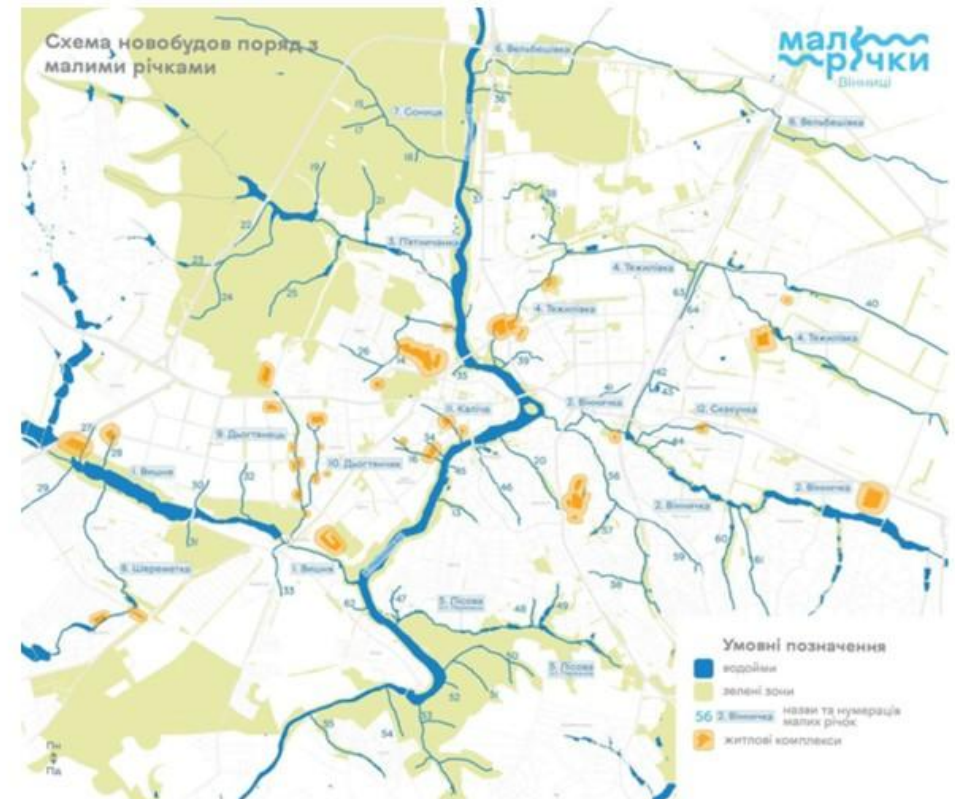


Обезводнене днище верхньої частини водойми та русла річки №25

СТАН МАЛИХ РІЧОК У ВІННИЦЬКІЙ МІСЬКІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ

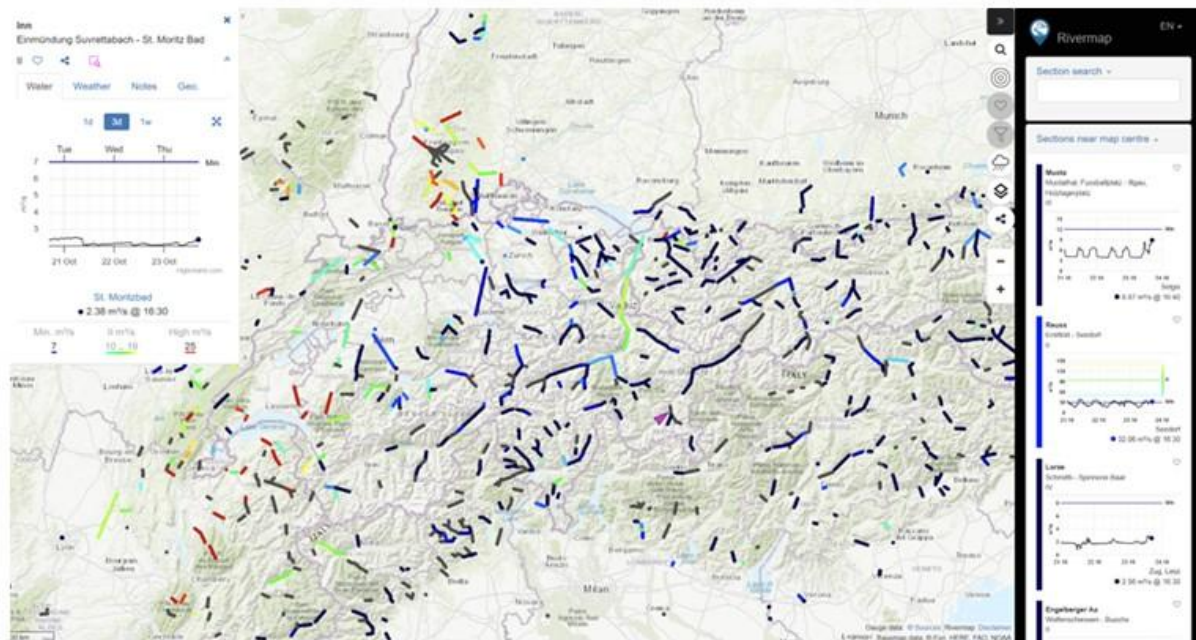


Розміщення гаражів поряд із малими річками



Розміщення новобудов поряд із малими річками

ПРИКЛАДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ



Інтерактивні карти річкових мереж:

- Платформа RiverMap (Європа):
<https://rivermap.org/map>
- Платформа Ecology Map (Велика Британія):
<https://theriverstrust.org/ecology-map>

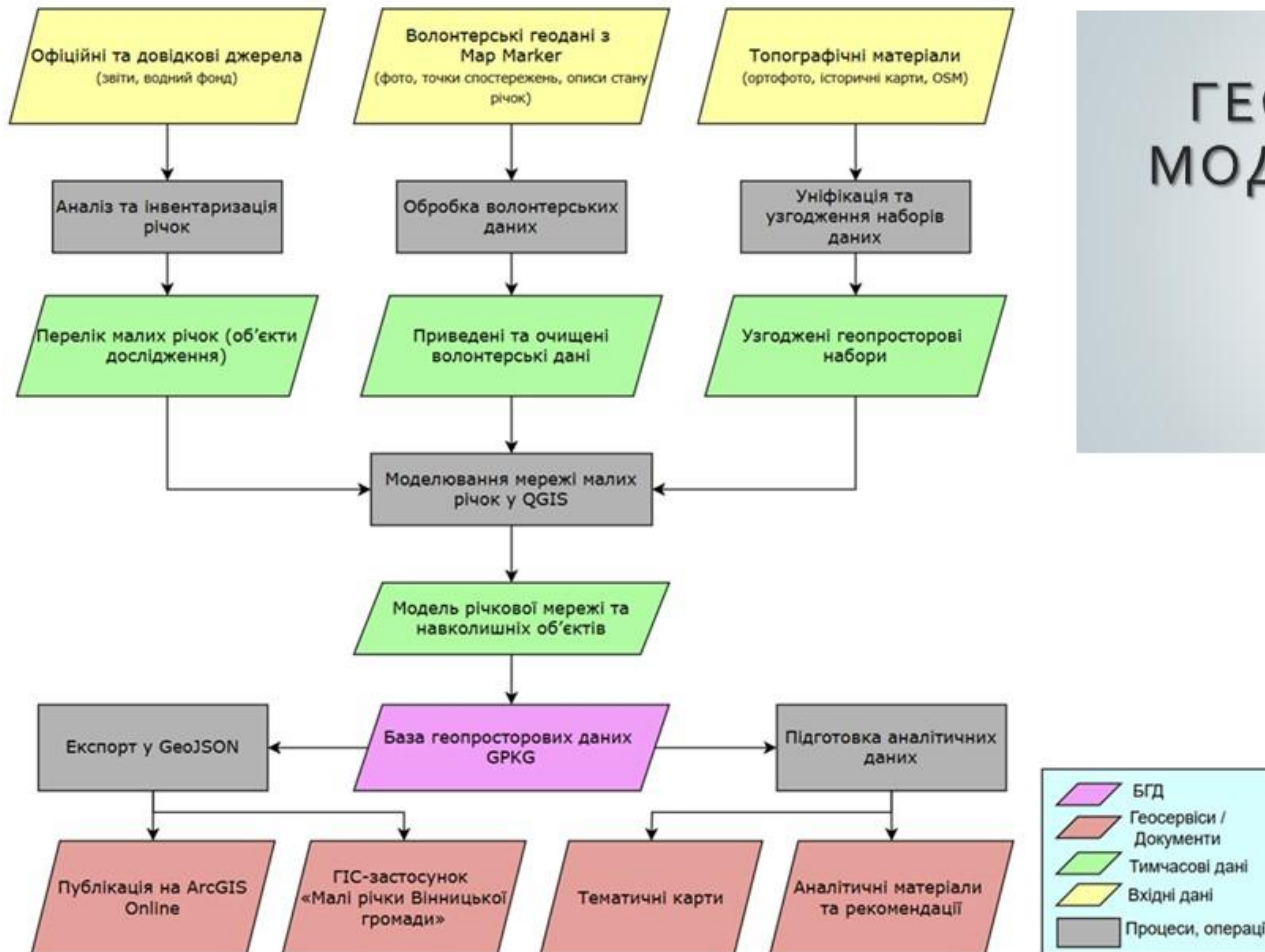
ВИХІДНІ ДАНІ ТА МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ

ДЛЯ ГЕОМЕТРІЇ ОБ'ЄКТІВ

ДЛЯ АТРИБУТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

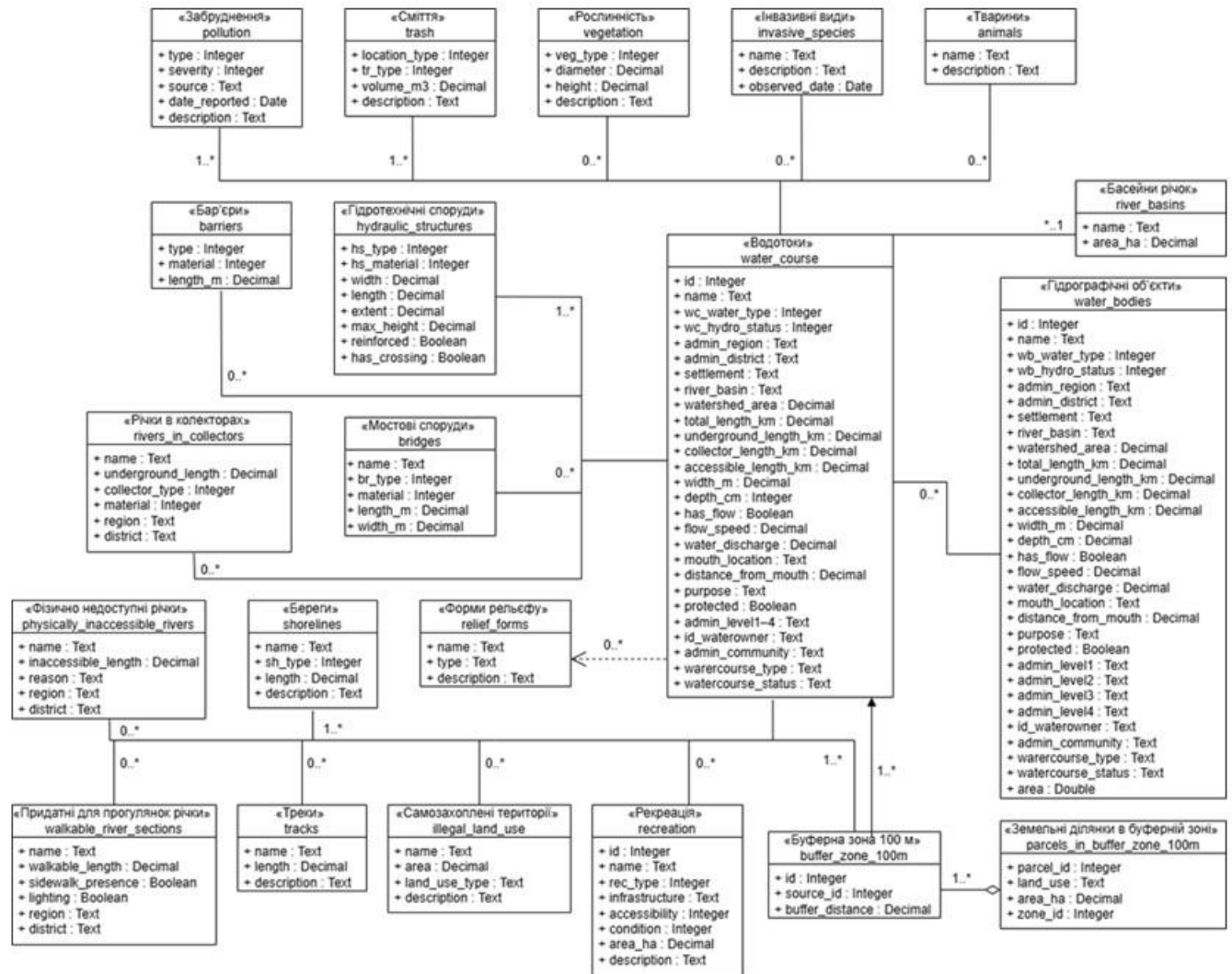
Офіційні джерела	Відкриті джерела	Офіційні джерела	Відкриті джерела
Про малі річки		Про малі річки	
Ортофотоплан М 1:2000 м. Вінниці (2019 р.)	Схеми Малі річки Вінниці	Ортофотоплан М 1:2000 м. Вінниці (2019 р.)	Схеми Малі річки Вінниці
Топографічний план М 1:2000 м. Вінниці (2013 р.)	Звіт «Проведення етимологічних досліджень водних об'єктів м. Вінниці», 2023	Топографічний план М 1:2000 м. Вінниці (2013 р.)	Звіт «Проведення етимологічних досліджень водних об'єктів м. Вінниці», 2023
Дані Державного водного агентства України	Історичні картографічні матеріали	План управління річковим басейном Південного Бугу 2025-2030	Історичні картографічні матеріали
Польові дані та результати обстежень річок волонтерами	Геосервіси Google Satellite, Google Planet Earth та OpenStreetMap	Звіт «Проведення етимологічних досліджень водних об'єктів м. Вінниці», 2023	Геосервіси Google Satellite, Google Planet Earth та OpenStreetMap
Про інші об'єкти		Про інші об'єкти	
Дані Смарагдової мережі	KadasterLive	Схеми ГО «Малі річки Вінниці»	
Комплексний план просторового розвитку території Вінницької міської територіальної громади	iNaturalist Дані Смарагдової мережі Історичні картографічні матеріали	Концепція розвитку малих річок до 2035 р.	Польові дані та результати обстежень річок волонтерами
		Попередній реєстр малих річок	
		Про інші об'єкти	
		Дані Смарагдової мережі	KadasterLive
		Комплексний план просторового розвитку території Вінницької міської територіальної громади	iNaturalist Дані Смарагдової мережі Історичні картографічні матеріали

Методика геоінформаційного моделювання малих річок Вінницької МТГ



МЕТОДИКА
ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ
РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ
МІСЬКОЇ
ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ
ГРОМАДИ

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ГІС МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ



КАТАЛОГ ОБ'ЄКТІВ БГД МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ

Водотоки / water_course (Line)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Номер річки	id	Integer	
Назва водотоку	name	Text	50
Тип водотоку	wc_water_type	Integer	
Тип гідрографії	wc_hydro_status	Integer	
Адміністративна область	admin_region	Text	50
Адміністративний район	admin_district	Text	50
Населений пункт	settlement	Text	50
Басейн річки	river_basin	Text	50
Площа водозбору	watershed_area	Decimal (real)	-
Протяжність загальна	total_length_km	Decimal (real)	-
Протяжність під землею	underground_length_km	Decimal (real)	-
Протяжність у колекторі	collector_length_km	Decimal (real)	-
Протяжність у доступі	accessible_length_km	Decimal (real)	-
Ширина	width_m	Decimal (real)	-
Глибина	depth_cm	Integer	-
Присутність течії	has_flow	Boolean	-
Швидкість течії	flow_speed	Decimal (real)	-
Витрати води	water_discharge	Decimal (real)	-
Місцезнаходження гирла	mouth_location	Text	50
Відстань від гирла	distance_from_mouth	Decimal (real)	-
Призначення	purpose	Text	50
Охорона	protected	Boolean (Yes/No)	-
Код КАТОТТГ, рівень 1	admin_level1	Text	
Код КАТОТТГ, рівень 2	admin_level2	Text	
Код КАТОТТГ, рівень 3	admin_level3	Text	
Водогосподарська ділянка	id_waterowner	Text	
Адміністративна громада	admin_community	Text	
Тип водного об'єкта	watercourse_type	Text	
Статус гідрографії	watercourse_status	Text	
Код КАТОТТГ, рівень 4	admin_level4	Text	

Domain table: wc_water_type_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Річка / River
2	Озеро / Lake
3	Ставок / Pond
4	Канал / Canal
5	Водосховище / Reservoir
6	Болото / Swamp
7	Струмок / Stream

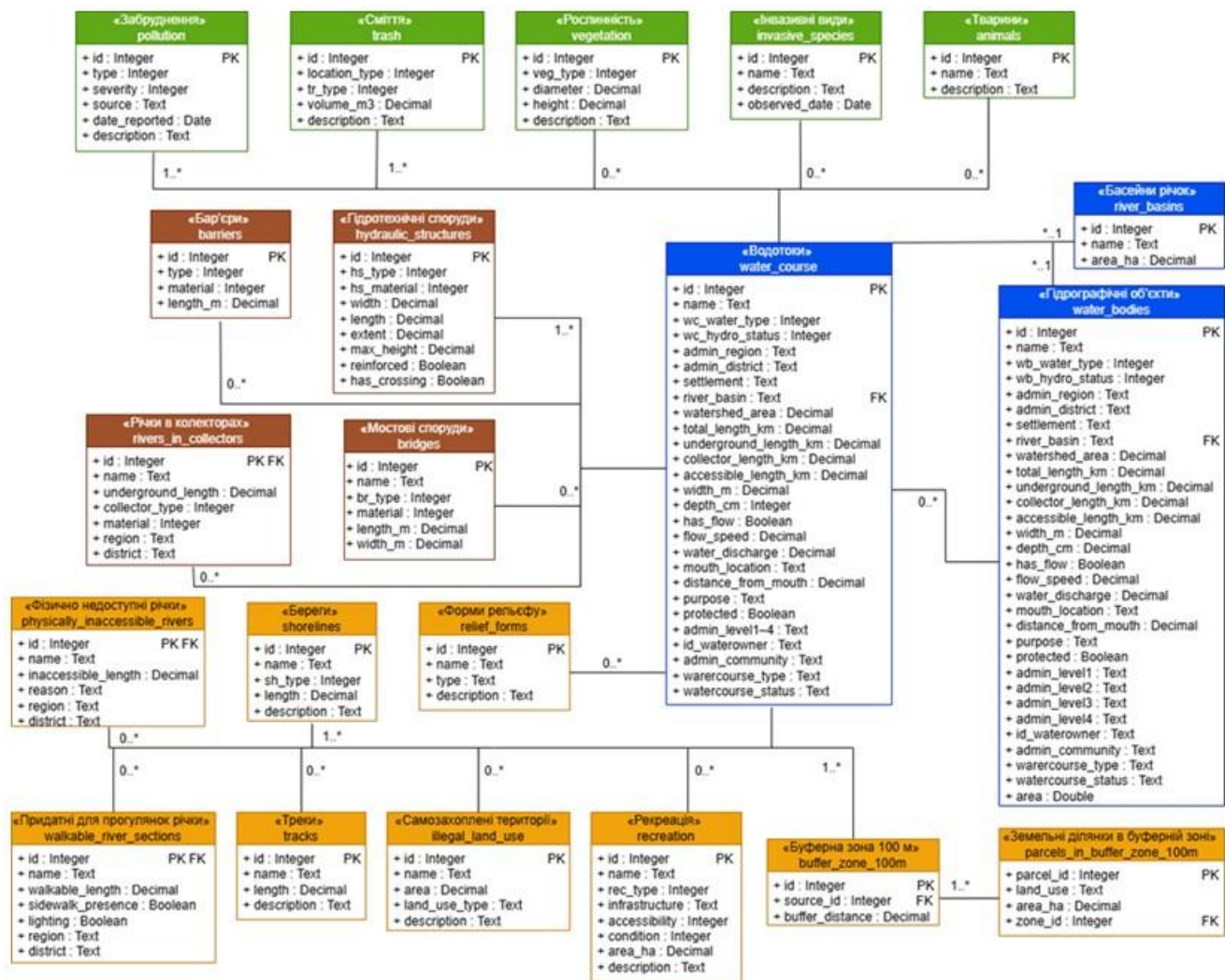
Domain table: hydro_status_water_course_domain

Code	Value (UA / EN)
1	Постійна річка / Perennial
2	Пересихаюча річка / drying river
3	Сухе русло / Dry channel
4	У колекторі / In the collector
5	Сезонна річка / Intermittent
6	Післядощова річка / Ephemeral
7	Підземна річка / Underground river
8	Умовна вісь водотоку

Фізично недоступні річки/physically_inaccessible_rivers (Line)

Назва	Назва в базі даних	Тип даних	Довжина
Назва річки	name	Text	50
Довжина недоступної частини, км	inaccessible_length	Decimal	-
Причина недоступності (зарослі, паркани)	reason	Text	50
Область	region	Text	50
Район	district	Text	50

ЛОГІЧНА МОДЕЛЬ БГД МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ



СТВОРЕННЯ БГД МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ В ПЗ QGIS

QGIS table

id	Тип	Тип проєкції	Довжина	Точність	Коментарі	Додати поле	Видалити поле
132 id	Ціле число (34 біт)	integer64	0	0			
401 name	Текст (string)	string	50	0			
133 wv_water_type	Ціле число (34 біт)	integer64	0	0			
133 wv_hydro_status	Ціле число (34 біт)	integer64	0	0			
401 admin_region	Текст (string)	string	50	0			
401 admin_district	Текст (string)	string	50	0			
401 settlement	Текст (string)	string	50	0			
401 river_basin	Текст (string)	string	50	0			
1.2 watershed_area	Двозначне число (real)	double	0	0			
1.2 total_length_km	Двозначне число (real)	double	0	0			
1.2 underground_length_km	Двозначне число (real)	double	0	0			
1.2 collector_length_km	Двозначне число (real)	double	0	0			
1.2 accessible_length_km	Двозначне число (real)	double	0	0			
1.2 width_m	Двозначне число (real)	double	0	0			
1.2 depth_cm	Двозначне число (real)	double	0	0			
1.1 has_flow	Логічне значення	bool	0	0			
1.2 flow_speed	Двозначне число (real)	double	0	0			
1.2 water_discharge	Двозначне число (real)	double	0	0			
401 mouth_location	Текст (string)	string	50	0			
1.2 distance_from_mouth	Двозначне число (real)	double	0	0			
401 riparian	Текст (string)	string	50	0			
1.1 protected	Логічне значення	bool	0	0			
401 admin_level1	Текст (string)	string	50	0			
401 admin_level2	Текст (string)	string	50	0			
401 admin_level3	Текст (string)	string	50	0			

Новий шар GeoPackage

База даних:

Назва таблиці:

Тип геометрії:

Включити Z вимірювання Включити M значення

EPSG:4326 - WGS 84

Створити поле

Назва:

Тип:

Максимальна довжина:

Layer Properties - Водопоки - Форма атрибутів

Доступні атрибуты

- 132 id
- 401 name
- 401 admin_region
- 401 admin_district
- 401 settlement
- 401 river_basin
- 1.2 watershed_area
- 1.2 total_length_km
- 1.2 underground_length_k...
- 1.2 collector_length_km
- 1.2 accessible_length_km
- 1.2 width_m
- 1.2 depth_cm
- 1.1 has_flow
- 1.2 flow_speed
- 1.2 water_discharge
- 401 mouth_location
- 1.2 distance_from_mouth
- 401 riparian
- 133 wv_water_type
- 133 wv_hydro_status
- 401 id

Записи

- Для
- Виділяти
- QML віджет
- HTML віджет
- Text Widget
- Spacer Widget

Коментар

Підтримувати редагування Reset last entered value Підпис на верхній частині

Тип віджету

Карта значення

Вибірочний список з попередньо вибраними елементами. Значення зберігаються в атрибуті, опис виводиться в списку.

Завантаження даних з шару Завантажити дані з файлу CSV

Значення	Опис
3	Суше русло
4	У колекторі
5	Сезонна річка
6	Полководна річка
7	Підземна річка
8	Ущельна річка водотоку

Обмеження

Не нульовий Застосувати не нульового обмеження

Унікальний Застосувати унікальне обмеження

Версія:

Опис версії:

Застосувати обмеження версії

За замовчуванням

Чисельне на заповнення

- Браузер
- GeoPackage
 - HydroNetwork_Vinnitsia.gpkg
 - animals
 - barriers_a
 - barriers_l
 - barriers_p
 - bridges_a
 - bridges_l
 - bridges_p
 - buffer_zone_100m
 - emerald_net_2024
 - hydraulic_structures_a
 - hydraulic_structures_l
 - hydraulic_structures_p
 - illegal_land_use
 - invasive_veg_a
 - invasive_veg_p
 - parcels_in_buffer_zone_100m
 - physically_inaccessible_rivers
 - pollution_a
 - pollution_p
 - recreation_a
 - recreation_l
 - recreation_p
 - relief_forms
 - river_basins
 - riverbasins
 - rivers_in_collectors
 - shorelines
 - tracks
 - trash_a
 - trash_p
 - vegetation_a
 - vegetation_l
 - vegetation_p
 - walkable_river_sections
 - water_bodies_a
 - water_bodies_p
 - water_course
 - water_state

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

ОПРАЦЮВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА НАПОВНЕННЯ БГД МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ

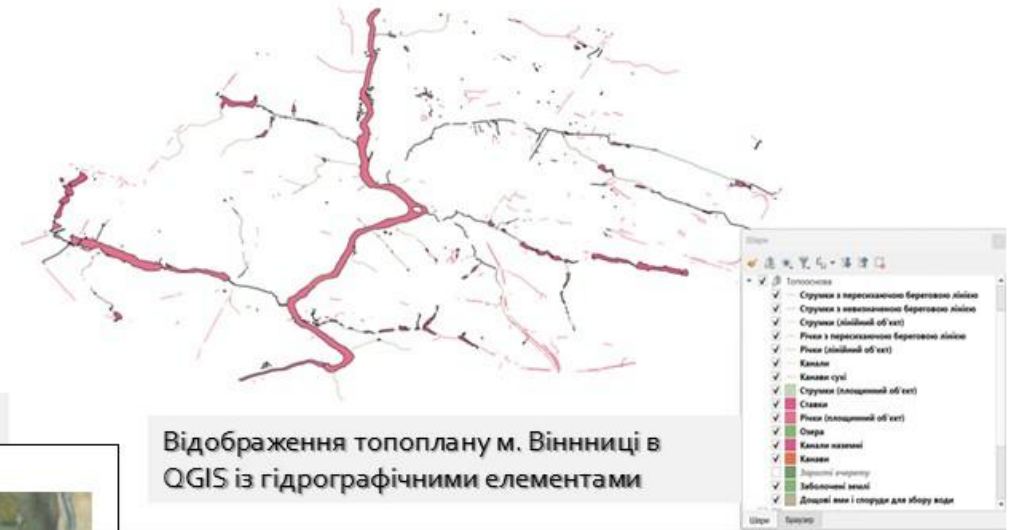
Порівняння історичного русла та сучасного положення річки № 21



Положення № 21 на mapі



Фрагмент mapи 1845 року: р. П'ятничанка з притоками №19, 21, 23, 24, 25

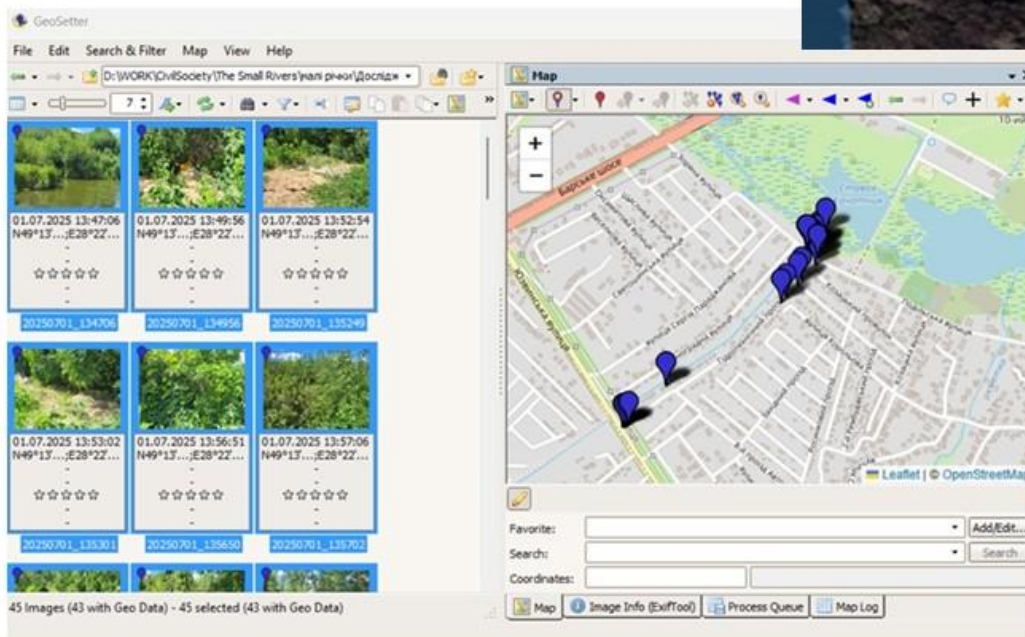


Відображення топоплану м. Вінниці в QGIS із гідрографічними елементами



Ортофотоплан масштабу 1:2000 м. Вінниця 2019 року

ОПРАЦЮВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА НАПОВНЕННЯ БГД МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ



GPS-треки (точки) русла річки Вельбишівка

- ✓ ● all_points_rivers [1062]
- ✓ — all_lines_rivers [235]
- ✓ ▨ all_polygons_rivers [368]

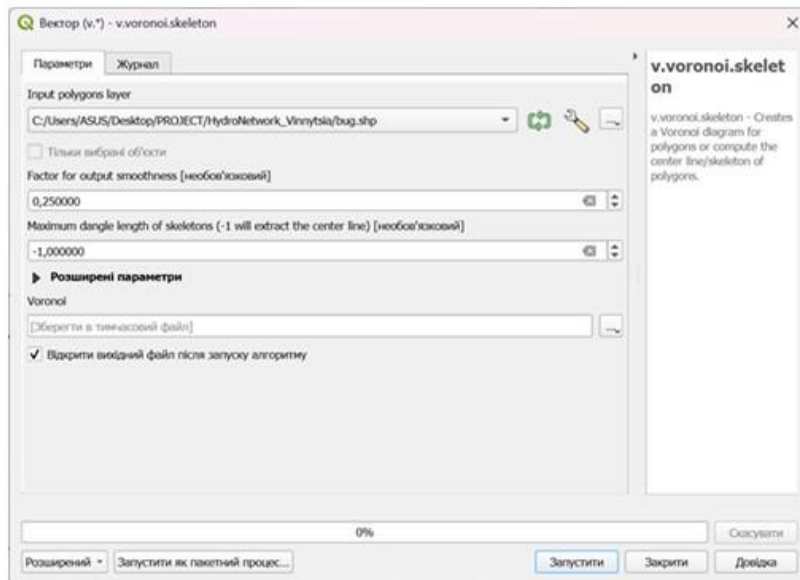
Дані зібрані волонтерами

Вікно додатку GeoSetter із відображенням геотегів фото вздовж річки № 29

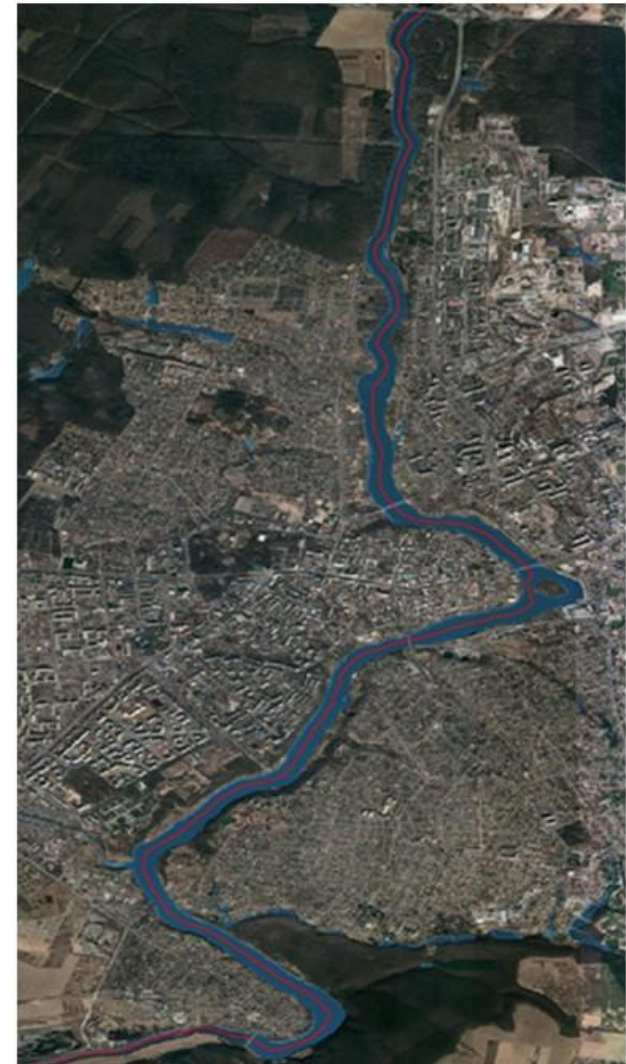
ОПРАЦЮВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА НАПОВНЕННЯ БГД МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ

СТВОРЕННЯ ВОДОТОКУ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ

- QGIS інструмент v.voronoi.skeleton

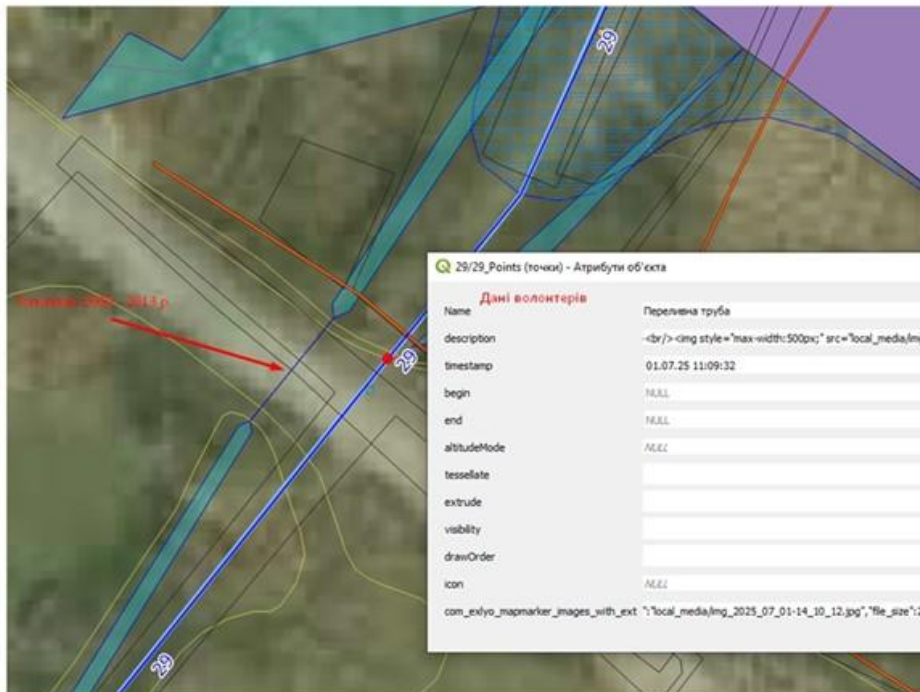


ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

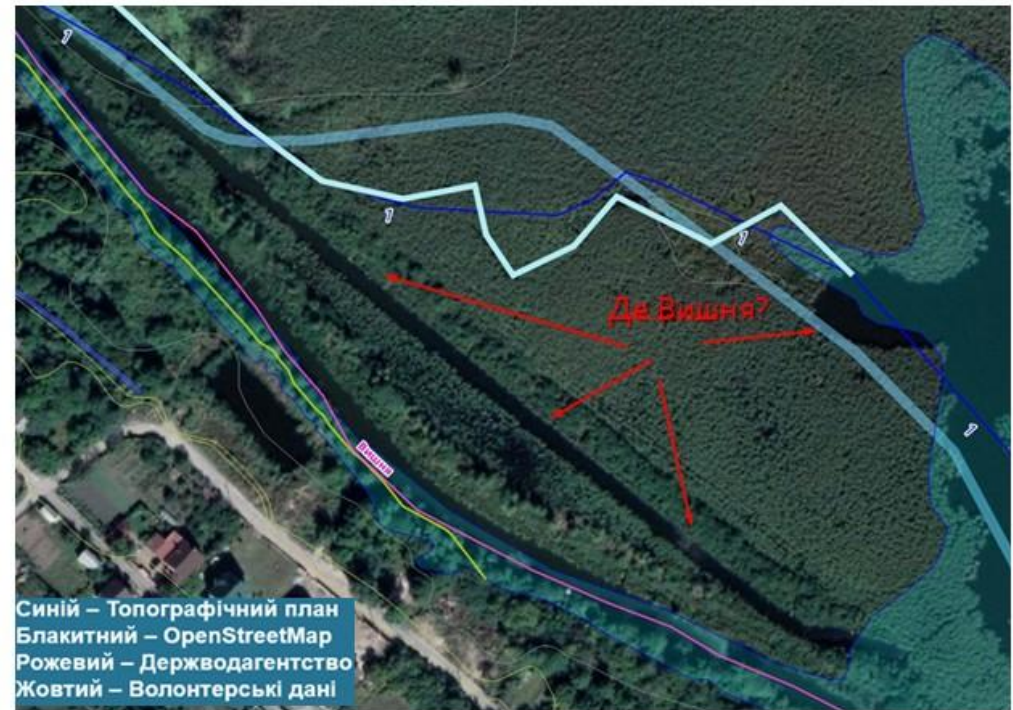


ОПРАЦЮВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА НАПОВНЕННЯ БГД МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ

СТВОРЕННЯ ВОДОТОКІВ МАЛИХ РІЧОК



ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ



Синій – Топографічний план
Блакитний – OpenStreetMap
Рожевий – Держводагентство
Жовтий – Волонтерські дані

Порівняння водотоку річки Вишня за OSM, Держводагентством, топографічним планом та польовими треками

Порівняння топоплану та волонтерських даних на ділянці роздвоєння русла річки № 29

ОПРАЦЮВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА НАПОВНЕННЯ БГД МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ

access_watercourse -- Feature Total 842 | Filtered 842 | Selected 0

fid	name	admin_region	admin_district	settlement	river_basin	total_length_km	id	admin_level1	admin_level2	admin_level3	id_waterowner	admin_community	admin_level4	access_type
4	10	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.054	37	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
5	11	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.108	3	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
6	12	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.09	14	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
7	13	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.092	25	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
8	14	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.091	4	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
9	15	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.094	29	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
10	16	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.089	8	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
11	17	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.08	7	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
12	18	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.108	28	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
13	19	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.05	46	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
14	20	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.026	17	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
15	21	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.088	34	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
16	22	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.063	76	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
17	24	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.08	45	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
18	25	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.084	13	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
19	26	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.07	5	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
20	28	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.103	38	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
21	29	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.093	52	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
22	30	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.088	13	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
23	31	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.032	54	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
24	32	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.033	55	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
25	33	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.103	11	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
26	34	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.07	11	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
27	35	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.16	11	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
28	36	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.028	11	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі
29	37	Вінницька обл.	Вінницький р-н.	Підземний б-р.	Південний Буг	0.05	11	UA050000000	UA050200000	UA050200000	M5.4.0.02	Вінницька м-сть.	МТГ	Відкриті діляночі



access_watercourse - Атрибути об'єкта

fid	NULL
name	Вівицька
admin_region	Вінницька область
admin_district	Вінницький район
settlement	NULL
river_basin	Південний Буг
total_length_km	NULL
id	2
admin_level1	UA05000000000010236
admin_level2	UA05020000000026686
admin_level3	UA05020030000031457
id_waterowner	M5.4.0.02
admin_community	Вінницька міська ТГ
admin_level4	NULL
access_type	Відкриті діляночі

OK Скасувати

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

ОПРАЦЮВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА НАПОВНЕННЯ БГД МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ

СТВОРЕННЯ ТЕМАТИЧНИХ ШАРІВ

426	<pre id="com.esriyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Глибина</td><td><pre>1 метр</pre></td></tr><tr><td>Довжина</td><td><pre>1 метр</pre></td></tr></table></pre>	Маркер 1
427	<pre id="com.esriyo.mapmarker.description_p_tag"></pre>	Маркер 1
428	<pre id="com.esriyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Шарпана</td><td><pre></pre></td></tr><tr><td>Глибина</td><td><pre></pre></td></tr></table></pre>	Маркер 1
429	NULL	Маркер 1
430	NULL	Маркер 2
431	<pre id="com.esriyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Шарпана</td><td><pre>NULL</pre></td></tr><tr><td>Глибина</td><td><pre></pre></td></tr></table></pre>	Маркер 20
432	<pre id="com.esriyo.mapmarker.description_p_tag"></pre>	Маркер 24
433	<pre id="com.esriyo.mapmarker.description_p_tag"></pre>	Маркер 24
434	<pre id="com.esriyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Шарпана</td><td><pre>140 см</pre></td></tr><tr><td>Глибина</td><td><pre></pre></td></tr></table></pre>	Маркер 25
435	<pre id="com.esriyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Шарпана</td><td><pre>140 см</pre></td></tr><tr><td>Глибина</td><td><pre></pre></td></tr></table></pre>	Маркер 25
436	<pre id="com.esriyo.mapmarker.description_p_tag"></pre> <table border="1"><tr><td>Шарпана</td><td><pre></pre></td></tr><tr><td>Шарписть</td><td><pre></pre></td></tr></table></pre>	Маркер 29
437	NULL	Маркер 5

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

fid	source	date_reported	description
1	Врізка	01.08.2025	Забитована пластикова чорна труба діаметром 30 см з лівого берега
2	Невідомо	01.08.2025	NULL
3	Невідомо	01.08.2025	NULL
4	Невідомо	01.08.2025	NULL
5	Невідомо	01.08.2025	NULL
6	Невідомо	01.08.2025	NULL
7	Невідомо	01.08.2025	NULL
8	Врізка	01.08.2025	Місце зливу з території підприємства
9	Врізка	01.08.2025	NULL
10	Врізка	01.08.2025	NULL
11	Врізка	01.08.2025	NULL
12	Врізка	01.08.2025	Викопана траншея 30 см з приватної території
13	Врізка	01.08.2025	Викопана траншея з приватної території
14	Врізка	01.08.2025	Або гілка річки в колекторі з врізкою
15	Врізка	01.08.2025	NULL
16	Врізка	01.08.2025	NULL
17	Врізка	01.08.2025	NULL
18	Невідомо	01.08.2025	Забруднена, присутні сміття

pollution_p - Атрибути об'єкта

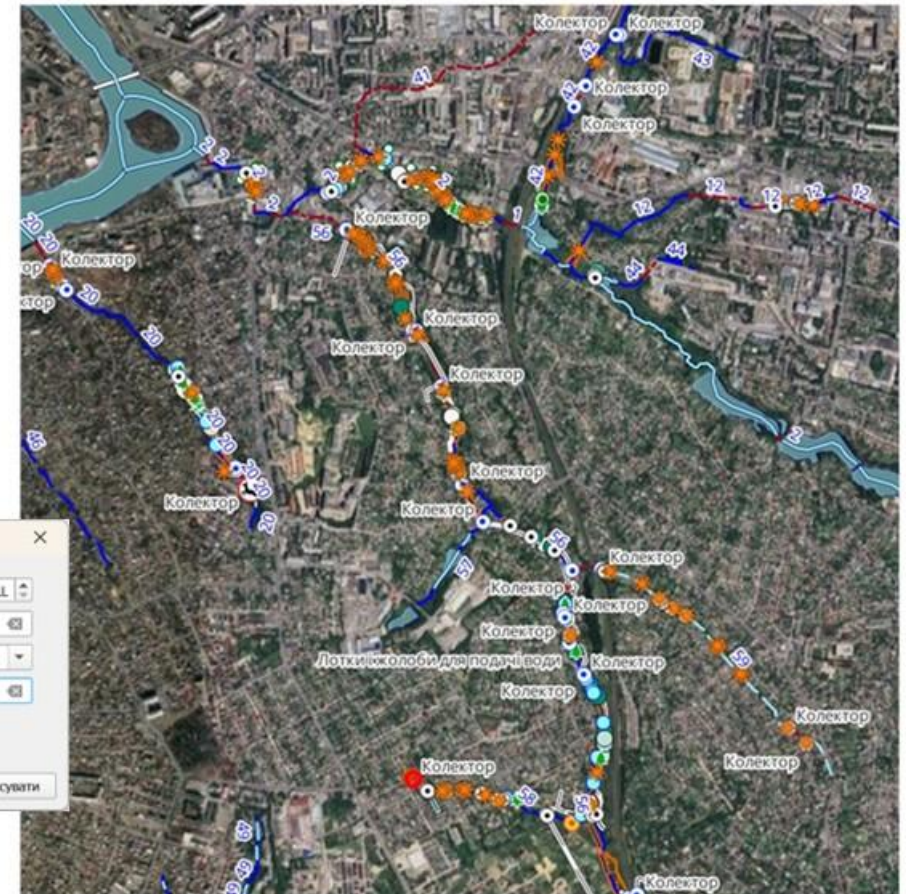
fid: NULL

source: Врізка

date_reported: 2025-08-01

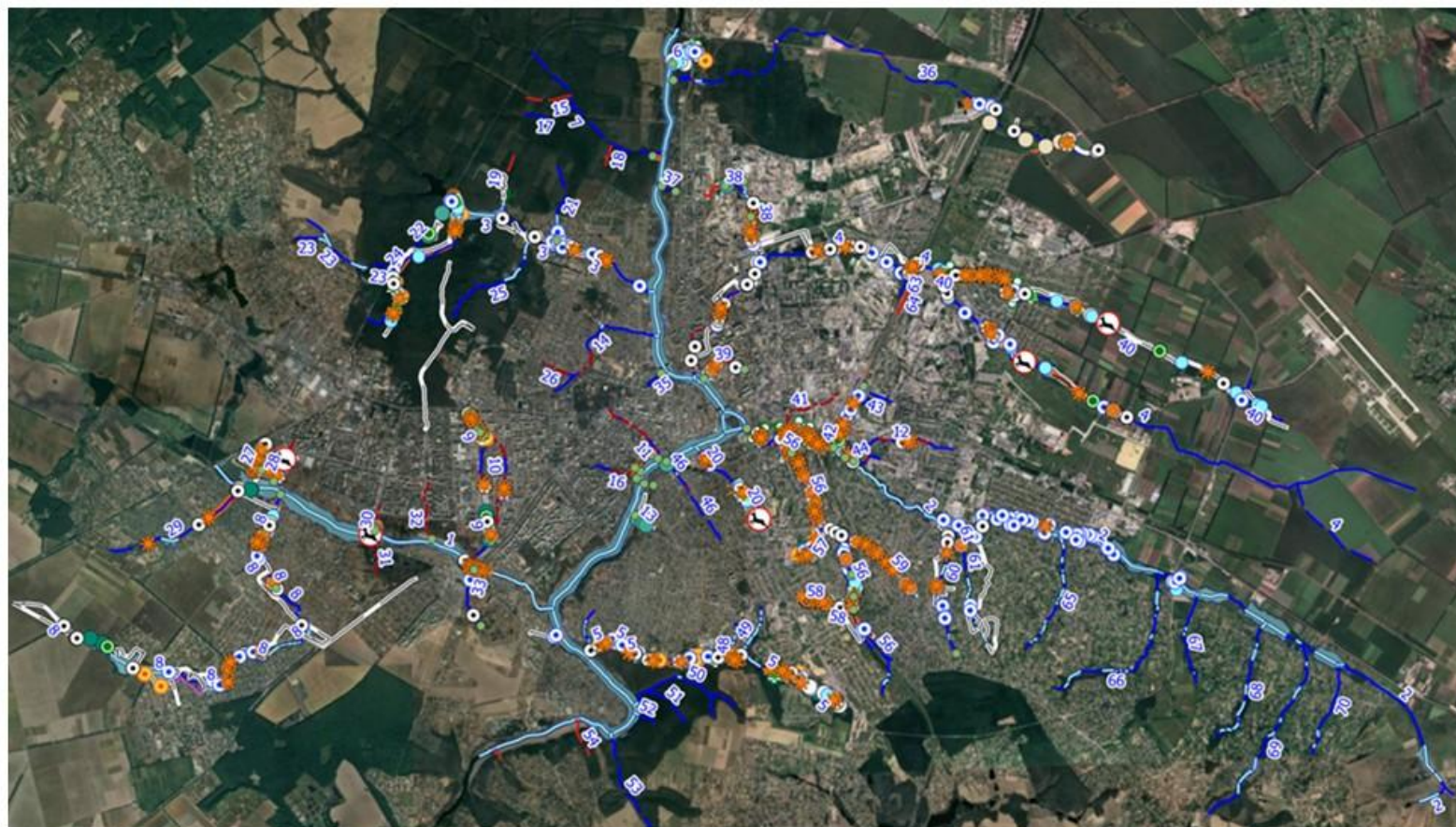
description: Місце зливу з території підприємства

OK Скасувати



ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

ОПРАЦЮВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА НАПОВНЕННЯ БГД МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ

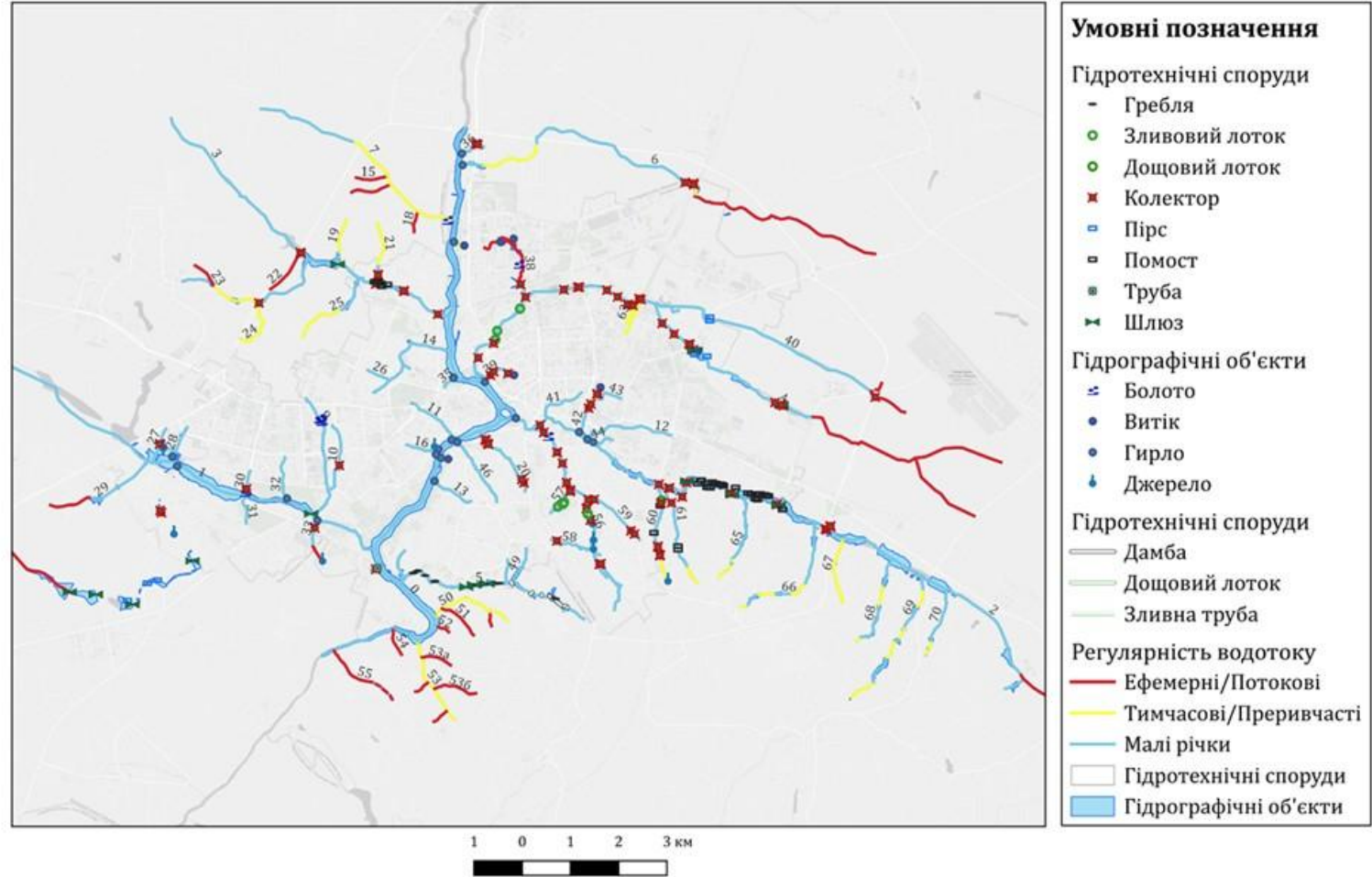


✓	🚫	Тварини [5]
✓	🌟	Бар'єри [152]
✓	🗨️	Мостові споруди [134]
✓	🔍	Гідротехнічні споруди [67]
✓	🌿	Інвазивні види [14]
✓	🌱	Рослинність [67]
✓	💧	Стан води [87]
✓	🏖️	Рекреація [24]
✓	🗑️	Забруднення [17]
✓	🗑️	Сміття [211]
✓	🏖️	Рекреація [0]
✓	🚧	Бар'єри [53]
✓	🗨️	Мостові споруди [4]
✓	🚧	Гідротехнічні споруди [6]
✓	🚫	Фізично недоступні річки [0]
✓	🚫	Річки в колекторах [0]
✓	🚫	Придатні для прогулянок річки [0]
✓	🏠	Береги [11]
✓	🚶	Треки [104]
✓	🌿	Рослинність [10]
✓	🚰	Водотоки [583]
✓	🗑️	Сміття [46]
✓	🗑️	Забруднення [0]
✓	🌿	Інвазивні види [62]
✓	🏖️	Рекреація [23]
✓	🌱	Рослинність [23]
✓	🚧	Бар'єри [96]
✓	🗨️	Мостові споруди [4]
✓	🏞️	Форми рельєфу
✓	🏞️	Самозахплені території
✓	🚧	Гідротехнічні споруди [0]
✓	🏞️	Буферна зона 100м [0]
✓	🏞️	Земельні ділянки в буферній зоні [0]
✓	🏞️	Басейни річок [0]
✓	💧	Гідрографічні об'єкти



Регулярність водотоку малих річок Вінницької міської територіальної громади

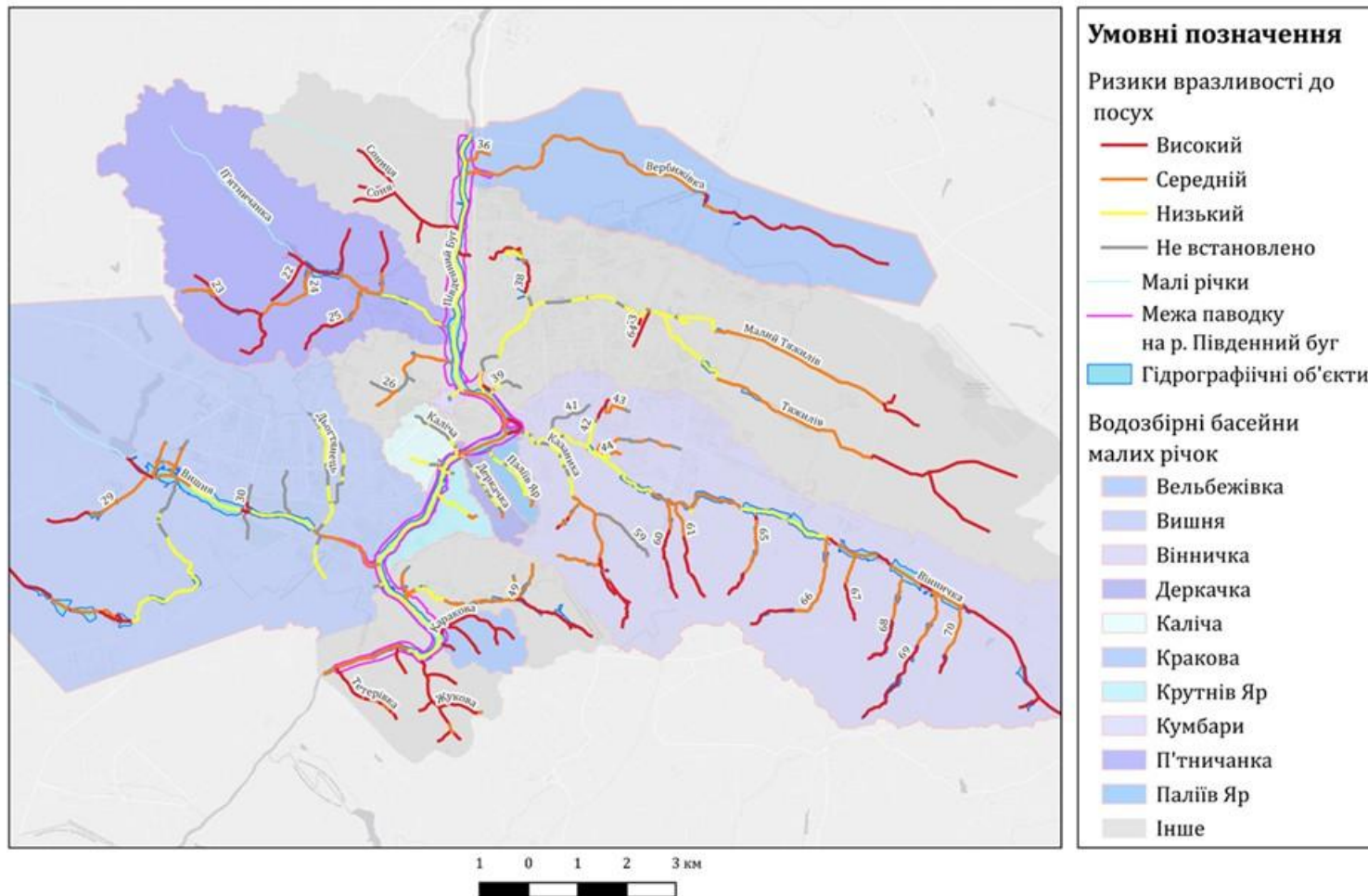
ТЕМАТИЧНІ
КАРТИ ЗА
ДАНИМИ ГІС
МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МТГ
В ПЗ QGIS





Сезонні річки Вінницької міської територіальної громади

ТЕМАТИЧНІ
КАРТИ ЗА
ДАНИМИ ГІС
МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МТГ
В ПЗ QGIS

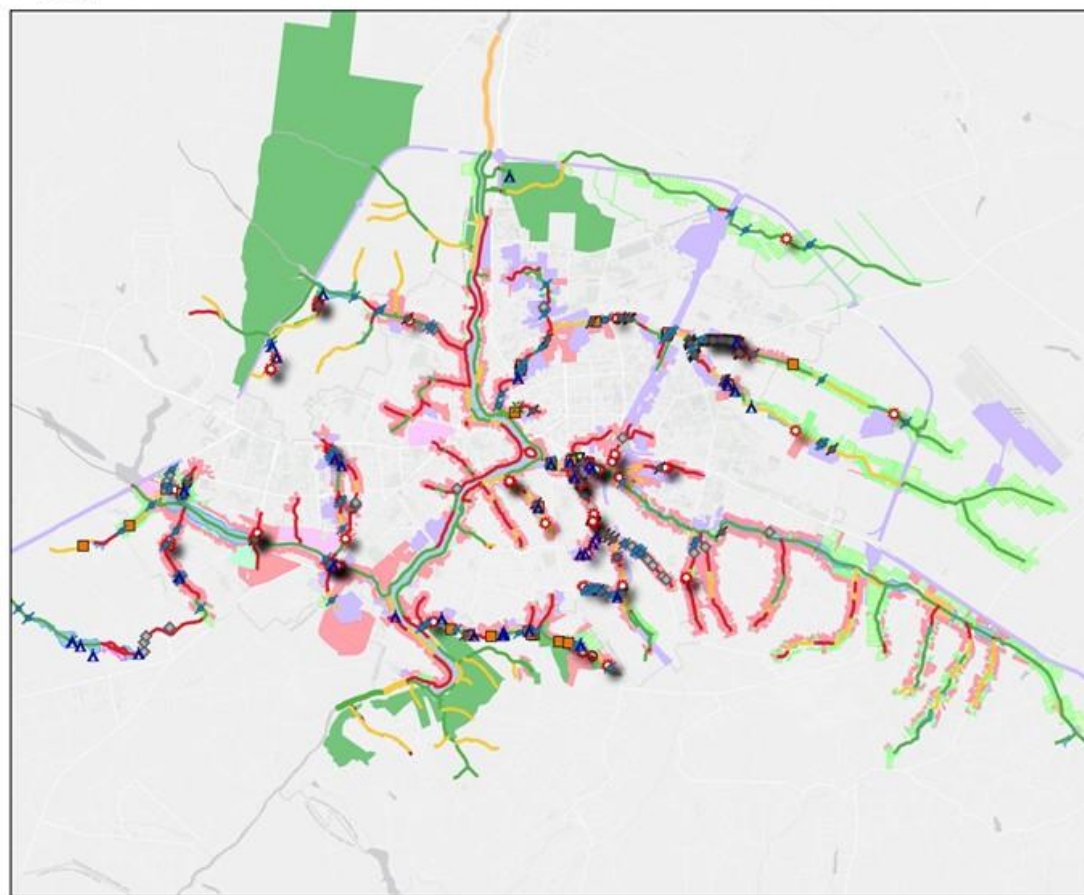


ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

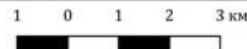


Фізична прохідність берегів річок Вінницької міської територіальної громади

ТЕМАТИЧНІ
КАРТИ ЗА
ДАНИМИ ГІС
МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МТГ
В ПЗ QGIS



Умовні позначення	
▲	Об'єкти рекреації
—	Мостові споруди
✂	Міст
✂	Інше
—	Бар'єри
○	Інше
◇	Огорожа
■	Споруда
■	Болото
■	Стіна
■	Сітка
■	Хаці
Фізична прохідність вздовж річок	
—	Доступні
—	Недоступні
—	Важкодоступні
—	Малі річки
—	Мостові споруди
—	Мостові споруди
—	Бар'єри
—	Болото
—	Живопліт
—	Огорожа
—	Сітка
—	Споруда
—	Хаці
—	Об'єкти рекреації
Земельні ділянки, які у буфері - 100 м	
■	Землі житлової та громадської забудови
■	Землі сільськогосподарського призначення
■	Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення
■	Землі рекреаційного призначення
■	Землі водного фонду
■	Землі лісгосподарського призначення
■	Землі історико-культурного призначення
■	Землі оздоровчого призначення
■	Не визначено
■	Гідрографічні об'єкти

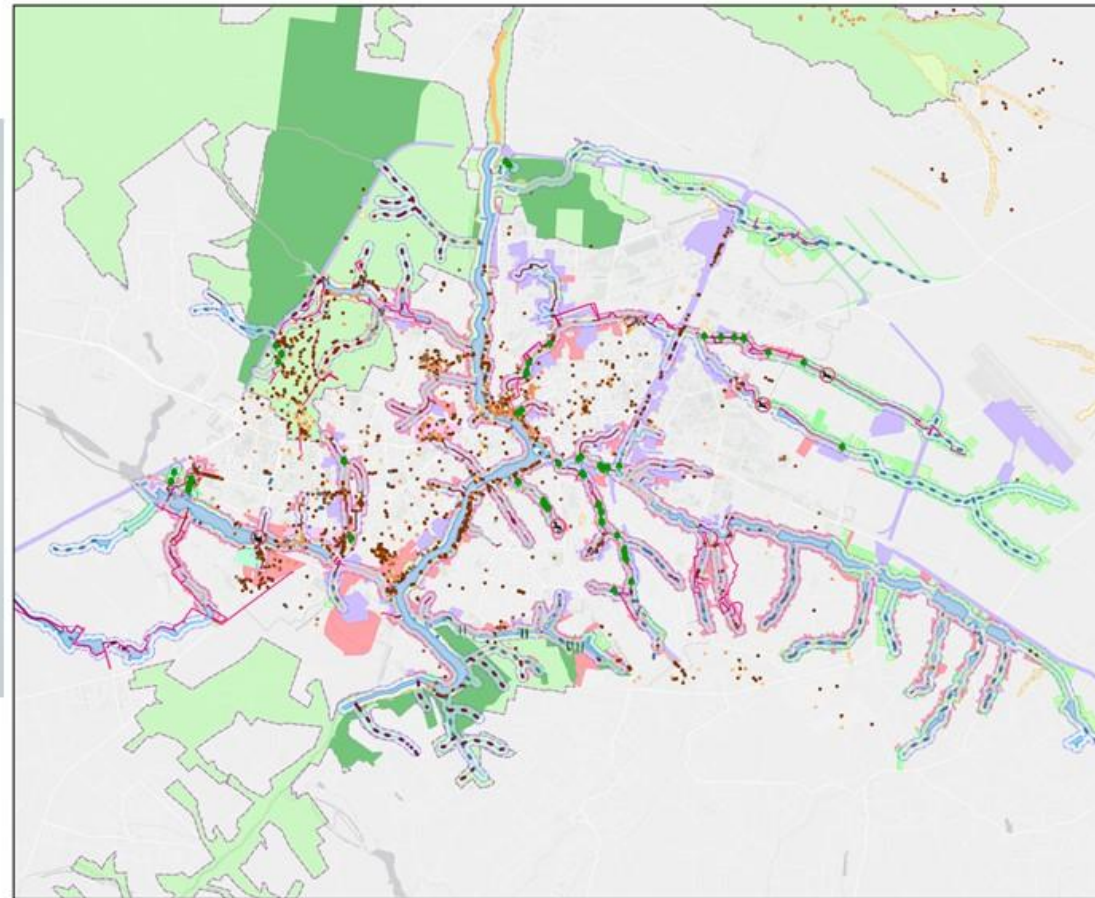


ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ



Захист малих річок Вінницької міської територіальної громади

ТЕМАТИЧНІ
КАРТИ ЗА
ДАНИМИ ГІС
МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МТГ
В ПЗ QGIS



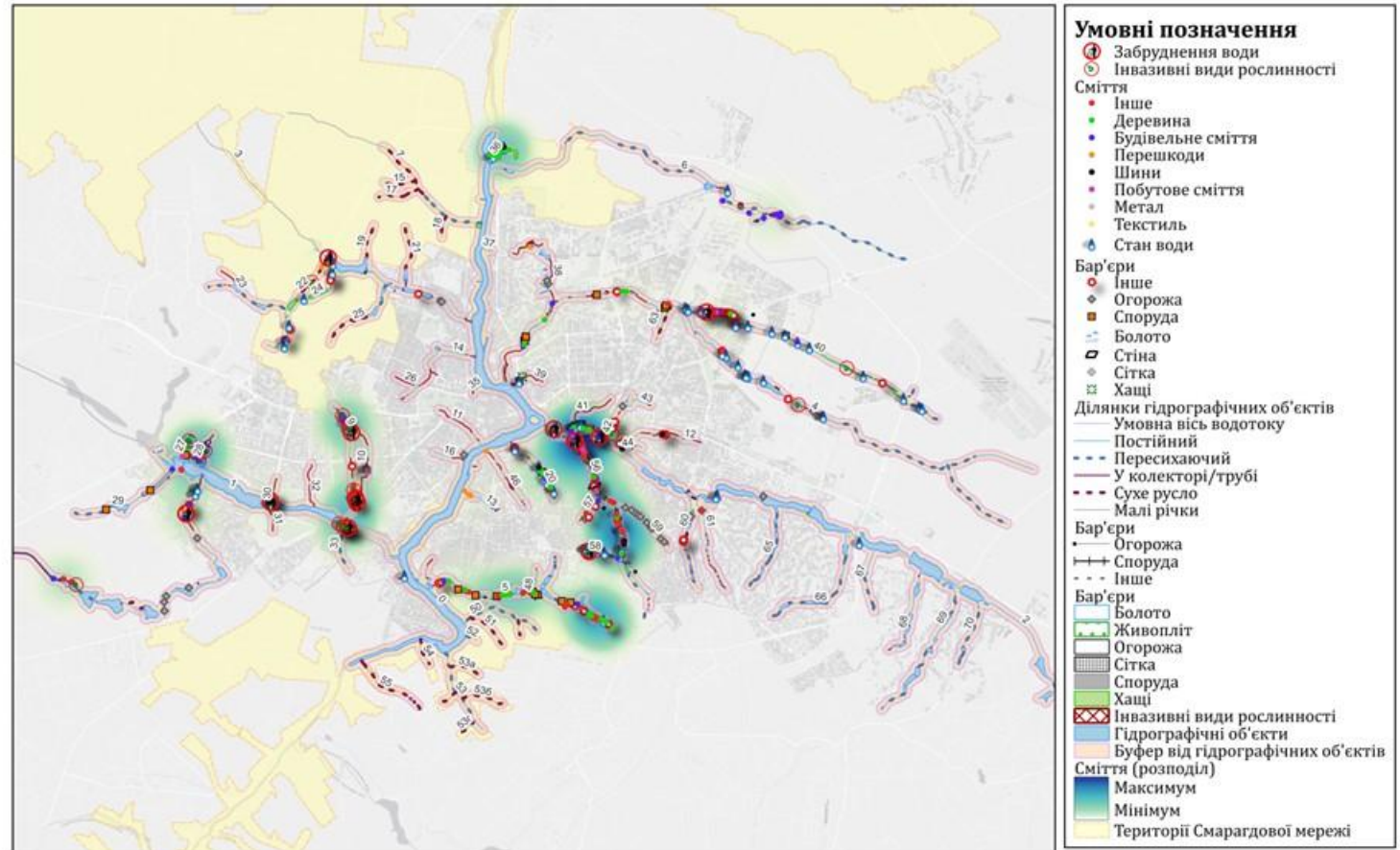
Умовні позначення

- Рослинність**
- Дерево
 - || Інше
- Біорізноманіття**
- Дані про біорізноманіття (iNaturalist)
- Plantae
 - Insecta
 - Aves
 - Fungi
 - Mollusca
 - Arachnida
 - Amphibia
 - Mammalia
 - Animalia
 - Reptilia
 - Інше
- Ділянки гідрографічних об'єктів**
- Умовна вісь водотоку
 - Постійний
 - - - Пересихаючий
 - У колекторі/трубі
 - - - Сухе русло
 - Малі річки
 - Треки волонтерів
- Рослинність**
- Гідрографічні об'єкти
 - Прибережні захисні смуги (КП ТГ)
 - Буфер від гідрографічних об'єктів (100 м)
- Земельні ділянки, які у буфері - 100 м**
- Землі житлової та громадської забудови
 - Землі сільськогосподарського призначення
 - Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення
 - Землі рекреаційного призначення
 - Землі водного фонду
 - Землі лісогосподарського призначення
 - Землі історико-культурного призначення
 - Землі оздоровчого призначення
 - Не визначено
 - Території Смарагдової мережі



Забрудненість малих річок Вінницької міської територіальної громади

ТЕМАТИЧНІ
КАРТИ ЗА
ДАНИМИ ГІС
МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МТГ
В ПЗ QGIS



1 0 1 2 3 км

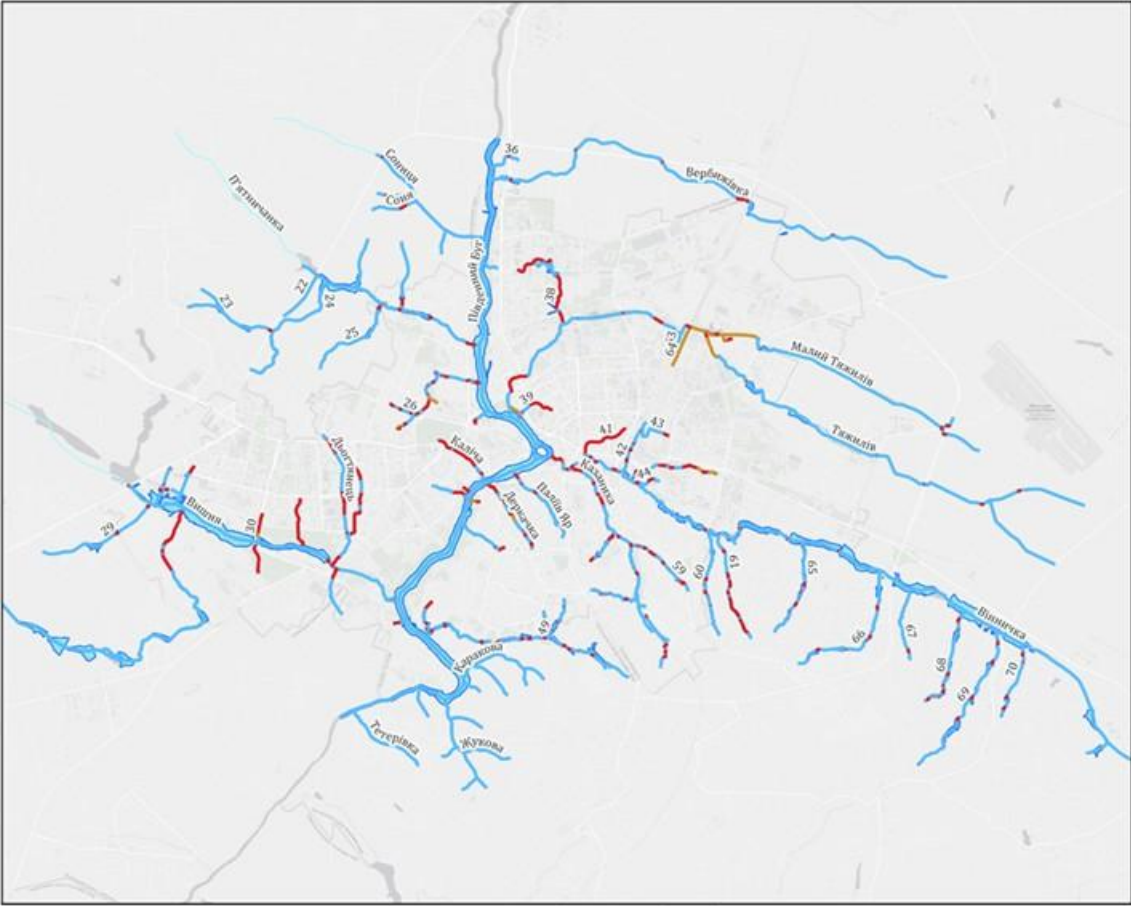


ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

ТЕМАТИЧНІ
КАРТИ ЗА
ДАНИМИ ГІС
МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МТГ
В ПЗ QGIS



Відкритість річок Вінницької міської територіальної громади



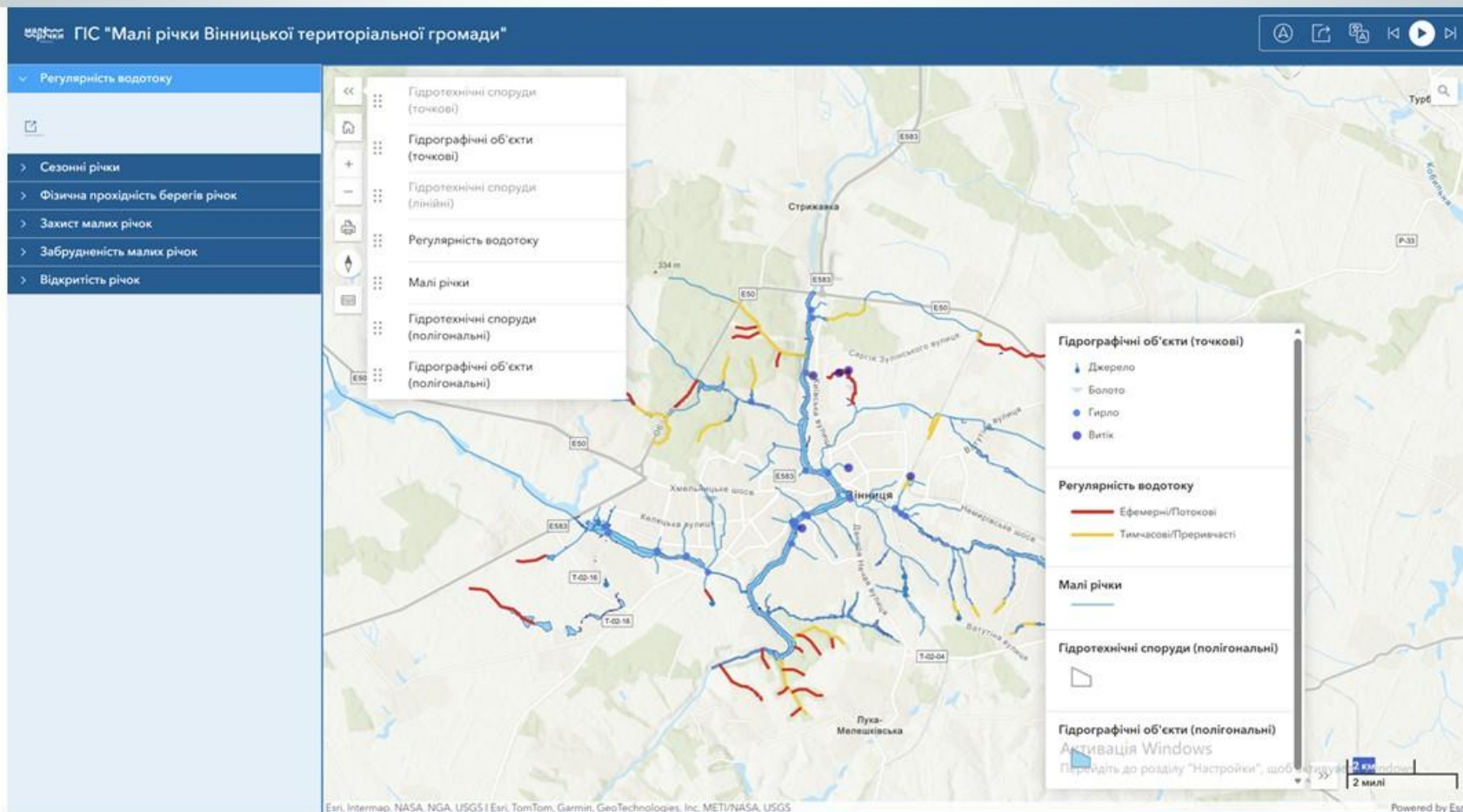
Умовні позначення

- Відкритість малих річок
- У колекторі/трубі
- У відкритому лотку
- Відкриті ділянки
- Малі річки
- Гідрографічні об'єкти



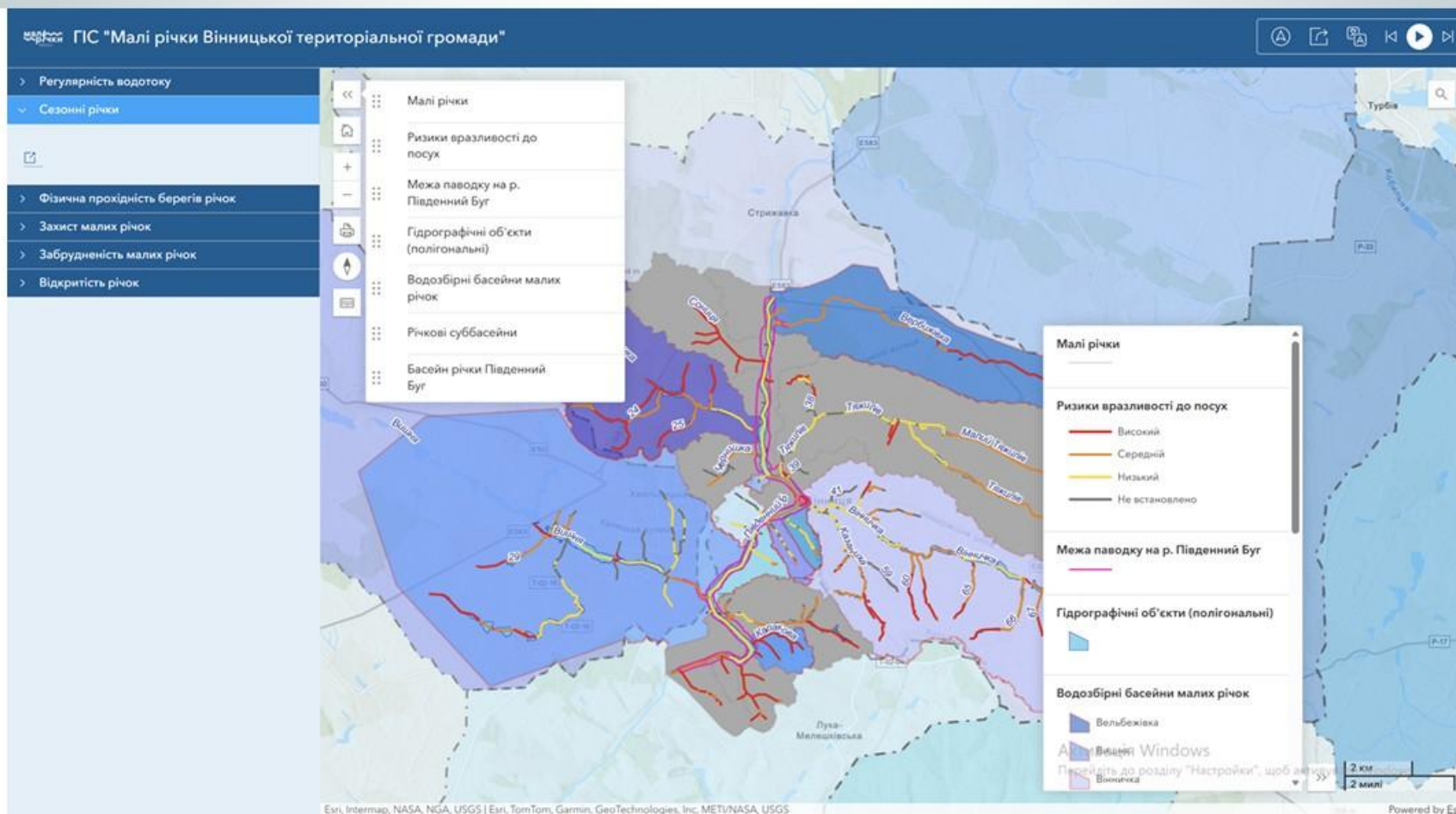
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ ЗА ДАНИМИ ГІС МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ НА ПЛАТФОРМІ ARCGIS ONLINE



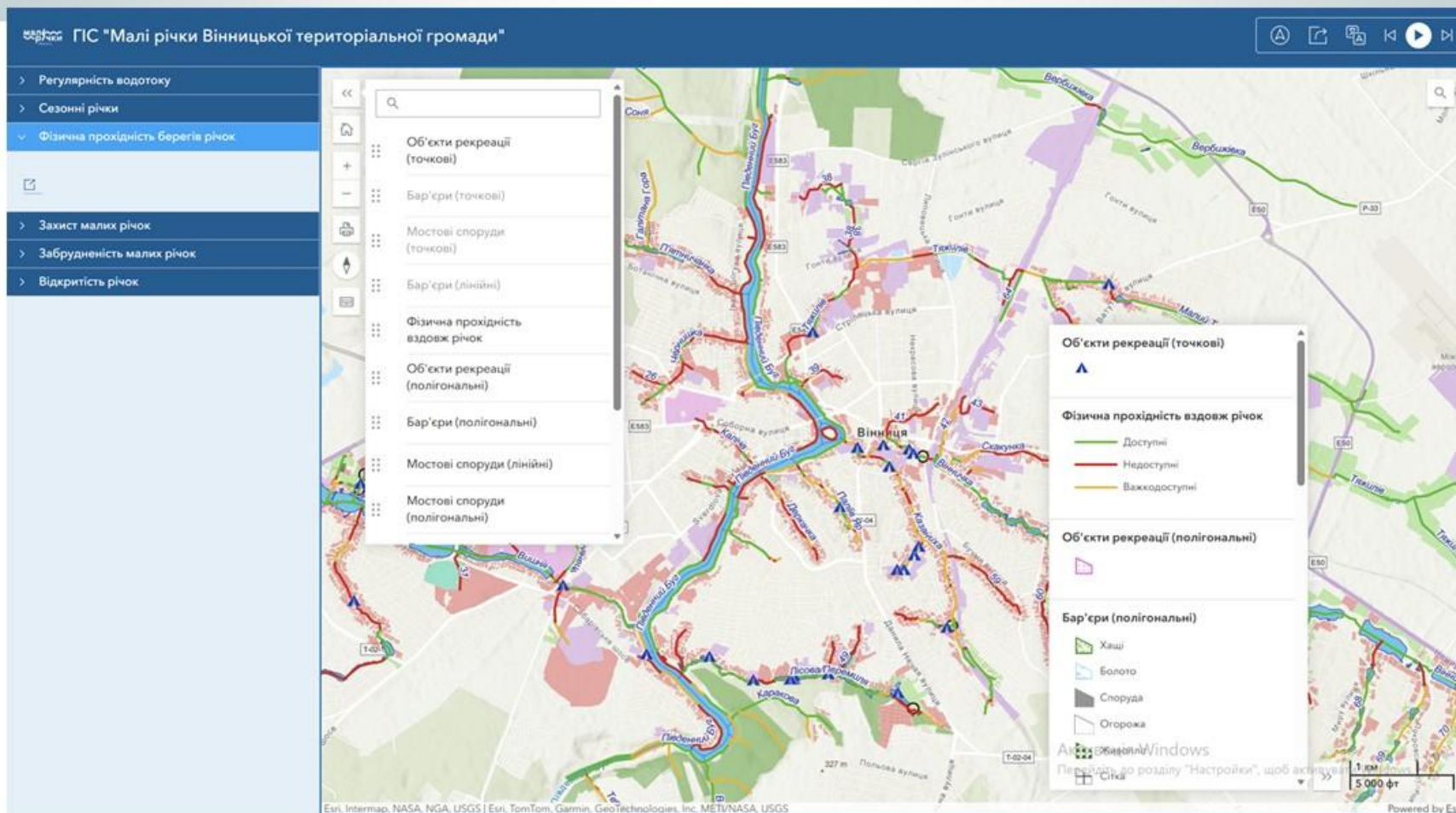
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ ЗА ДАНИМИ ГІС МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ НА ПЛАТФОРМІ ARCGIS ONLINE



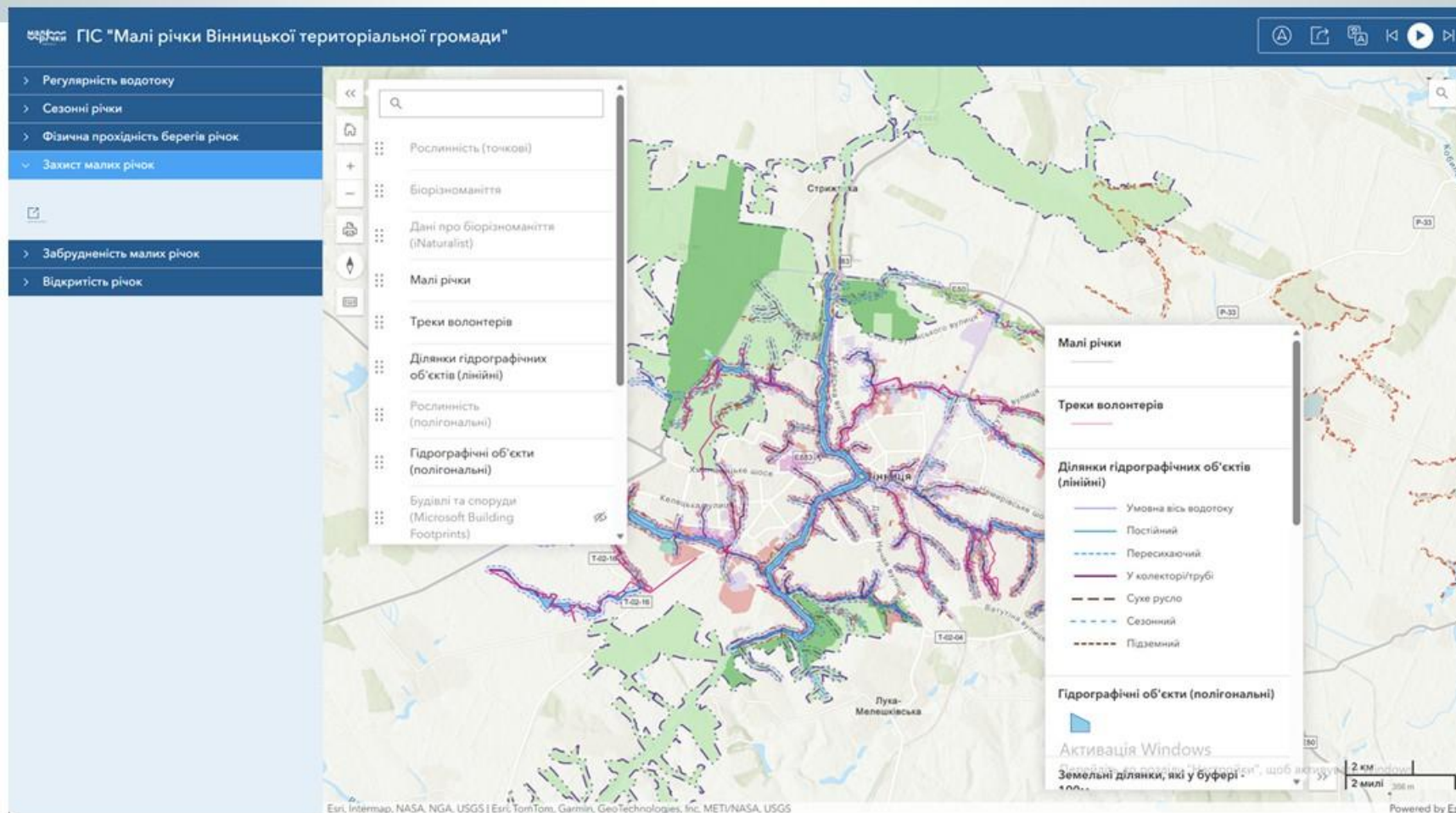
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ ЗА ДАНИМИ ГІС МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ НА ПЛАТФОРМІ ARCGIS ONLINE



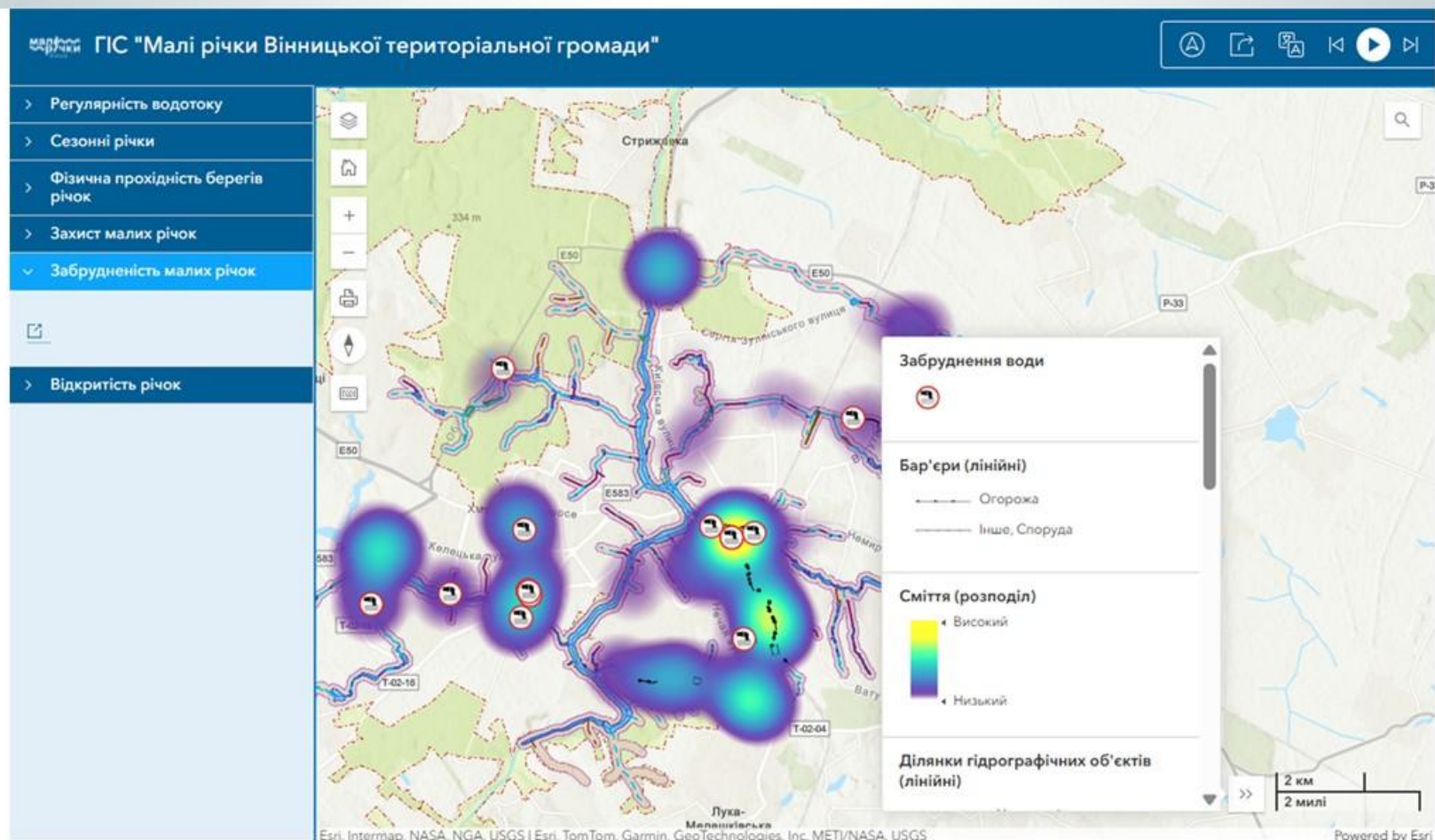
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ ЗА ДАНИМИ ГІС МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ НА ПЛАТФОРМІ ARCGIS ONLINE



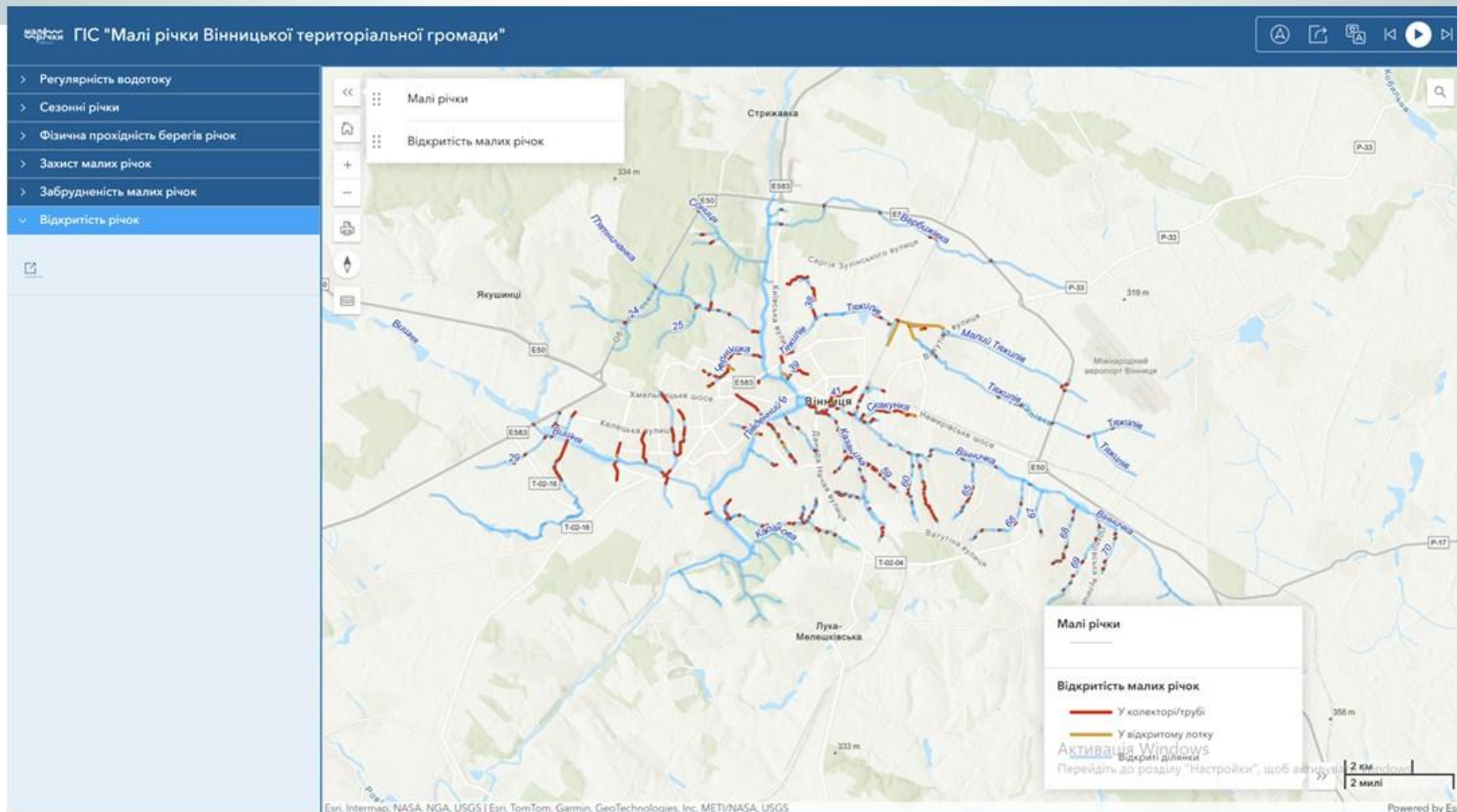
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ ЗА ДАНИМИ ГІС МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ НА ПЛАТФОРМІ ARCGIS ONLINE



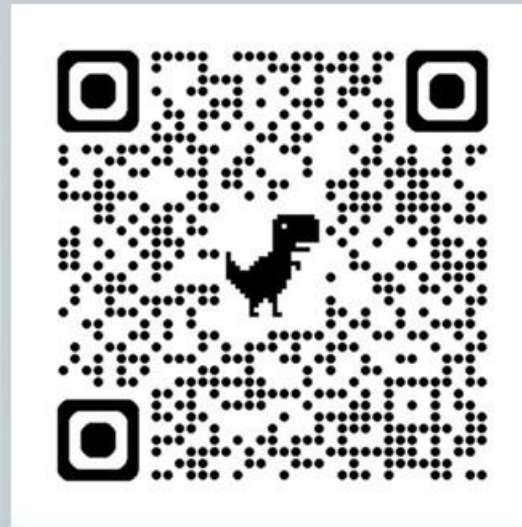
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ ЗА ДАНИМИ ГІС МАЛИХ РІЧОК ВІННИЦЬКОЇ МТГ НА ПЛАТФОРМІ ARCGIS ONLINE



ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАЛИХ РІЧОК
ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

РЕЗУЛЬТАТИ ПУБЛІКУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО НАБОРУ ДАНИХ



Zenodo



GitHub

- Smirnova, M., Kin, D., Lazorenko, N., & Anita, K. (2025). Datasets of small rivers was developed under the project "Mapping Small Rivers in the Vinnytsia Community" (0.1) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17437394>

ВИСНОВКИ

1. Малі річки Вінницької МТГ є ключовим елементом екологічної та кліматичної стійкості міста.
2. Виявлено значний рівень антропогенного навантаження, що призводить до деградації русел та забруднення води.
3. Створено інтегровану базу геопросторових даних малих річок у середовищі QGIS.
4. Розроблено концептуальну та логічну моделі ГІС для гідрографічної мережі міста.
5. Виконано топологічну перевірку просторових об'єктів для забезпечення коректності даних.
6. Побудовано тематичні карти, що відображають гідрологічні та екологічні характеристики річок.
7. Реалізовано візуалізацію результатів моделювання на платформі ArcGIS Online.
8. Встановлено, що відсутність єдиної геопросторової бази даних раніше ускладнювала моніторинг та планування.
9. Запропонована ГІС-модель може бути використана для екологічного моніторингу та міського планування.
10. Результати дослідження формують основу для розроблення стратегій відновлення та інтеграції малих річок у систему сталого розвитку міста.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!