

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

**Географічний факультет
Кафедра географії України та регіоналістики**

**Створення цифрової карти басейну річки Совиця
Кіцманська**

**Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)**

Виконав:

студент 2 курсу, 207-М групи
Дмитро Пакон

Керівник:

к.геогр.н., доцент кафедри географії
України та регіоналістики
Микола Пасічник

*До захисту допущено
на засіданні кафедри
протокол №_____ від _____ 2025 р.
Зав. кафедрою _____ проф. Косташук І.І.*

Чернівці – 2025

АНОТАЦІЯ

Пакон Дмитро Романович

*Здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
галузі знань 10 – Природничі науки, спеціальності 103 – Науки про Землю,
ОПП «Гідрологія» кафедри географії України та регіоналістики
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці, Україна*

Створення цифрової карти басейну річки Совиця Кіцманська

Анотація. У роботі узагальнено гідрографічні та гідрологічні параметри річки Совиця Кіцманська і її притоки Совиці Заставнівської за матеріалами паспортних даних і літературних джерел та виконано ГІС-уточнення просторової структури басейну. Для гідрологічного моделювання підібрано й підготовлено вихідні просторові дані, зокрема цифрову модель рельєфу (DEM), картографічні підкладки Google Maps, онлайн-карти OpenStreetMap і Vizi.com та векторні шари, що забезпечили метричну узгодженість і візуальну верифікацію русел і меж вододілу. У середовищі SAGA GIS і QGIS 3.34.10 сформовано структуровану базу векторних шарів постійних і тимчасових водотоків, ставків та меж басейну, проведено розрахунок довжини гідромережі й похідних показників. Отримані результати формують надійну просторово-кількісну основу для подальшого аналізу водності, трансформації стоку та впливу антропогенних чинників у басейні Совиці Кіцманської.

Ключові слова: річковий басейн, гідромережа, густина гідромережі, DEM, SAGA GIS, QGIS.

ABSTRACT

Dmytro Pakon

*Obtainer of the second (master's) level of higher education
fields of knowledge 10 – Natural sciences, specialties 103 – Earth sciences,
EPP «Hydrology»
of the Department of Geography of Ukraine and Regional Studies
of the Yuriy Fedkovich Chernivtsi National University,
Chernivtsi, Ukraine*

DEVELOPING A DIGITAL MAP OF THE SOVYTSIA KITSMANSKA RIVER BASIN

Abstract. This study synthesises the hydrographic and hydrological parameters of the Sovytsia Kitsmanska River and its tributary, the Sovytsia Zastavniwska, based on official passport (inventory) data and relevant literature, and provides a GIS-based refinement of the basin's spatial structure. For hydrological modelling, the required input geospatial datasets were selected and prepared, including a digital elevation model (DEM), cartographic basemaps from Google Maps, OpenStreetMap and Vizicom online mapping services, as well as vector layers, which ensured metric consistency and enabled visual verification of channel alignments and watershed boundaries. Within SAGA GIS and QGIS 3.34.10, a structured geodatabase of vector layers representing perennial and intermittent watercourses, ponds, and the basin boundary was created; the total length of the hydrographic network and other derived indicators were calculated. The obtained results provide a robust spatial–quantitative basis for further assessments of river discharge (water abundance), runoff transformation, and the influence of anthropogenic drivers within the Sovytsia Kitsmanska catchment.

Keywords: river basin, hydrographic network, drainage density, DEM, SAGA GIS, QGIS.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Дмитро ПАКОН

Зміст

Вступ	6
РОЗДІЛ 1. ПРИРОДНІ УМОВИ БАСЕЙНУ РІЧКИ СОВИЦЯ КІЦМАНСЬКА	9
1.1. Фізико-географічне положення та загальна характеристика річкового басейну	9
1.2. Тектоніко-геологічна будова басейну	12
1.3. Клімат	14
1.4. Ґрунтовий покрив	17
1.5. Ландшафти басейну	18
Розділ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РІЧКИ СОВИЦЯ КІЦМАНСЬКА	21
2.1 Характеристика русла річки	23
2.2. Характеристика заплавних комплексів річки	26
2.3. Основні гідрологічні характеристики в розрахункових створах басейну річки Совиці Кіцманської та її притоки Совиці Заставнівської.	29
2.4. Гідрогеологічні умови басейну	35
РОЗДІЛ 3. ЦИФРОВА МОДЕЛЬ ВОДОЗБОРУ ТА РІЧКОВОЇ МЕРЕЖІ РІЧКИ СОВИЦЯ КІЦМАНСЬКА В SAGA GIS ТА QGIS	41
3.34.10	
3.1. Гідрологічне моделювання в настільних ПІС: можливості QGIS та SAGA для малих річкових басейнів	41
3.2. Вихідні просторові дані та програмне забезпечення для побудови цифрової карти басейну Совиці Кіцманської	45
3.3. Методика побудови цифрової гідрографічної моделі басейну річки Совиці Кіцманської	50
3.4. Практична реалізація гідрологічного аналізу для басейну річки Совиця Кіцманська в SAGA GIS	54
3.5. Методика визначення довжини водотоків у басейні р. Совиця Кіцманська з допомогою QGIS	60
3.6. Створення гідрогеологічної карти басейну р. Совиця Кіцманська в середовищі QGIS	68
3.7. Уточнення площі та інших гідрометричних показників басейну р. Совиця Кіцманська	76
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81

ВСТУП

Сучасний етап розвитку гідрології та водного менеджменту в Україні характеризується посиленням уваги до малих річкових басейнів, які, попри відносно невелику площу водозбору, відіграють ключову роль у формуванні місцевого стоку, водозабезпеченні населених пунктів і функціонуванні агроландшафтів. У контексті впровадження положень Водної рамкової директиви ЄС, зміни клімату та зростання частоти екстремальних гідрометеорологічних явищ саме такі басейни стають найбільш вразливими до антропогенних навантажень, ерозійних процесів і деградації водних екосистем. Для їх обґрунтованого управління потрібні не лише традиційні описові характеристики, але й детальні цифрові моделі, що відтворюють реальну структуру рельєфу, гідромережі та системи ставків, дозволяють кількісно оцінювати морфометричні й гідрологічні параметри та проводити сценарний аналіз розвитку руслових і схилових процесів.

Басейн річки Совиця Кіцманська є показовим прикладом малої лівобережної притоки Пруту в межах лісостепової частини Чернівецької області. Для нього характерні низька лісистість, висока частка розораних земель, значна густота ярово-балкової мережі та щільний каскад ставків, що істотно трансформують природний гідрологічний режим. Існуючі картографічні матеріали, укладені переважно в 1980–1990-х роках, не відображають сучасного стану русел, меліоративної мережі, штучних водойм і структури землекористування. Водночас поява відкритих цифрових висотних моделей (Copernicus DEM), супутникових знімків високої просторової розрізненості (Sentinel-2) та доступних настільних ГІС (QGIS, SAGA GIS) створює принципово нові можливості для детального цифрового картографування малих річкових басейнів, підвищення достовірності гідрологічних розрахунків та інтеграції результатів у практику територіального планування й природоохоронної діяльності.

Актуальність даної роботи зумовлена необхідністю створення сучасної цифрової карти басейну Совиці Кіцманської, яка б поєднувала морфометричну,

гідрографічну й гідрологічну інформацію в єдиній геоінформаційній основі та могла використовуватися для подальших досліджень гідроморфологічного стану річки, оцінки впливу руслових ставків на стік, а також для підтримки рішень органів місцевого самоврядування й водогосподарських організацій. Практична значущість полягає у формуванні відтворюваної методики DEM-орієнтованого гідрологічного моделювання, адаптованої до умов невеликих рівнинних басейнів із високим рівнем антропогенної трансформованості, що дає змогу застосовувати її як типову для інших малих приток Пруту та Дністра.

Метою магістерської (кваліфікаційної) роботи є створення детальної цифрової карти басейну річки Совиця Кіцманська на основі інтегрованого використання Copernicus DEM, супутникових знімків Sentinel-2, відкритих картографічних сервісів та інструментів гідрологічного аналізу в середовищі SAGA GIS і QGIS 3.34.10, а також аналіз природних і гідрологічних умов формування стоку в даному басейні.

Об'єктом дослідження виступає річковий басейн Совиці Кіцманської як природно-територіальна система в межах лісостепової зони Прут-Дністровського межиріччя.

Предметом дослідження є структура гідромережі річки Совиця Кіцманська, система ставків та основні гідрологічні характеристики басейну, відтворені й проаналізовані за допомогою цифрової гідрографічної моделі.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі основні завдання:

1. охарактеризувати фізико-географічні, тектоніко-геологічні, кліматичні, ґрунтові та ландшафтні умови басейну;
2. узагальнити гідрографічні та гідрологічні параметри Совиці Кіцманської та її притоки Совиці Заставнівської за матеріалами паспортних даних і літературних джерел;
3. підібрати й підготувати вихідні просторові дані (DEM, супутникові знімки Google maps, онлайн-карти Openstreetmaps та Vizicom, векторні шари) для гідрологічного моделювання;

4. у середовищі SAGA GIS та QGIS 3.34.10 створити структуровану базу векторних шарів постійних і тимчасових водотоків, ставків і меж басейну, провести розрахунок довжини гідромережі та інших похідних показників.

Методи дослідження: літературно-описовий, картографічного ГІС-моделювання, морфометричні та геостатистичні обчислення.

Реалізація цих завдань забезпечує досягнення мети роботи й формує методичне підґрунтя для широкого застосування ГІС-технологій у дослідженні малих річкових басейнів регіону.

РОЗДІЛ 1. ПРИРОДНІ УМОВИ БАСЕЙНУ РІЧКИ СОВИЦЯ КІЦМАНСЬКА

1.1. Фізико-географічне положення та загальна характеристика річкового басейну

Річка Совиця (у літературі також трапляються назви Совиця-1, Совиця Кіцманська,) належить до басейну Пруту й входить до його лівобережних приток першого порядку. Її водозбір локалізований у межах лісостепової частини Чернівецької області, охоплюючи території сучасних Кіцманського та Заставнівського районів. Головне русло має протяжність 39,4 км, тоді як довжина найбільшої притоки, річки Капилівка, становить 15,3 км. Площа басейну Совиці дорівнює 267 км², а площа водозбору Капилівки – 61,8 км². Лісистість цієї території є відносно невисокою й становить 6,9 %, що зумовлює переважання аграрно трансформованих ландшафтів. Витік Совиці приурочений до околиць залізничної станції Шептани на висоті 300 м у Балтійській системі висот, тоді як формування джерельної ділянки Капилівки відбувається поблизу села Вербівці Заставнівського району на відмітці 290 м БС.

Гідрографічна мережа басейну порівняно розгалужена: Совиця Кіцманська має одну притоку завдовжки понад 10 км (Капилівку або як її зараз позначають на картах Совицю Заставнівську) і ще 17 невеликих водотоків, довжина кожного з яких не перевищує 10 км. Сумарна протяжність усієї річкової мережі, якщо враховувати лише водотоки завдовжки понад 10 км, становить 54,7 км, а з урахуванням дрібніших приток до 10 км – 240 км [29]. Відповідні коефіцієнти густоти річкової мережі дорівнюють 0,2 та 0,94, що відображає значно щільніше розчленування території дрібними потоками порівняно з магістральними руслами.

Вертикальна структура рельєфу зумовлює параметри падіння русел. Загальне падіння Совиці від витoku до гирла становить 136,3 м, тоді як у Капилівки цей показник сягає 90,3 м. За таких умов середньозважений похил головної річки дорівнює 2,69 м/км, що свідчить про переважно рівнинний характер течії з окремими більш крутими ділянками, пов'язаними з особливостями будови

долини та літологією порід. Сукупність наведених морфометричних характеристик дозволяє розглядати Совицю Кіцманську як типову малу лівобережну притоку Пруту з відносно низькою лісистістю басейну, розгалуженою, але нерівномірно розвинутою мережею приток та помірними ухилами русла, що мають важливе значення для формування стоку й режиму руслових процесів у межах лісостепової частини області.

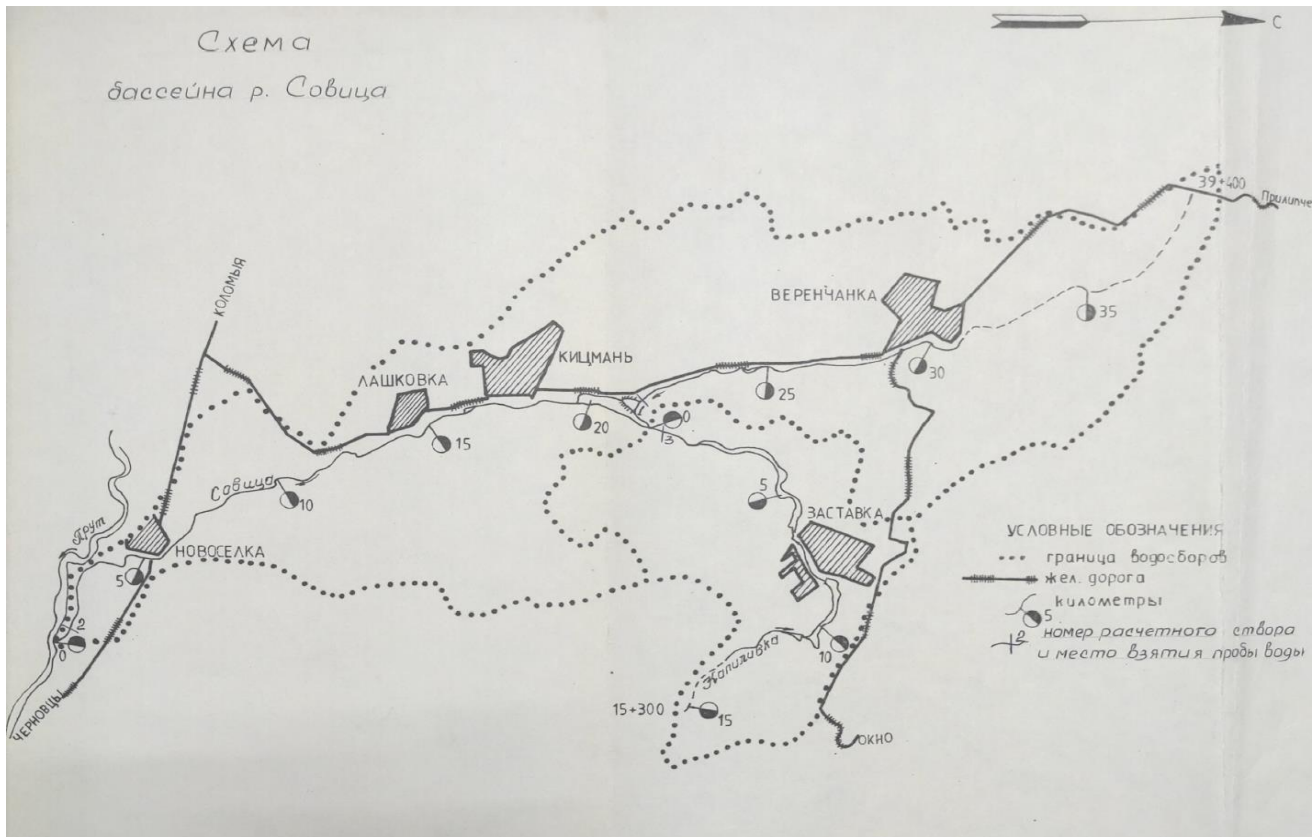


Рис. 1.1.1. Картосхема басейну р. Совиця Кіцманська за картою 1993 року масштабу 1:100 000 [29]

Басейн річки розташований у межах лісостепової зони області. Тут переважають широкі річкові долини з відносно пологими схилами, що поступово знижуються до заплави. Русла річок неглибокі, слабо врізані в навколишній рельєф і мають порівняно невелику звивистість, тому долини виглядають відкритими й добре освоєними. Яружно-балкова мережа розвинена слабо: ерозійні врізи невеликі за глибиною і протяжністю, що свідчить про відсутність інтенсивного розчленування поверхні. Поздовжні ухили основних водотоків

невеликі, особливо в пониженнях, поблизу їхніх гирл, де течія стає більш спокійною і наростає роль заплавних процесів.

Населені пункти, автошляхи, залізниця та об'єкти промислової й аграрної інфраструктури тяжіють до підніжжя річкових схилів і заплавних терас. Таке розміщення формує зони концентрованого антропогенного впливу саме в межах долин, що істотно позначається на умовах формування стоку, режимі поверхневого й ґрунтового живлення річок, а також на якості води. Важливою особливістю є наявність значної кількості руслових ставків і малих водойм, які перерозподіляють стік упродовж року, згладжують пікові витрати, але водночас змінюють природний гідрологічний режим. Узагальнений опис природних умов басейну, включно з рельєфом, гідромережею та характером антропогенного освоєння території, подається далі у тексті роботи й деталізується в супровідних аналітичних таблицях.

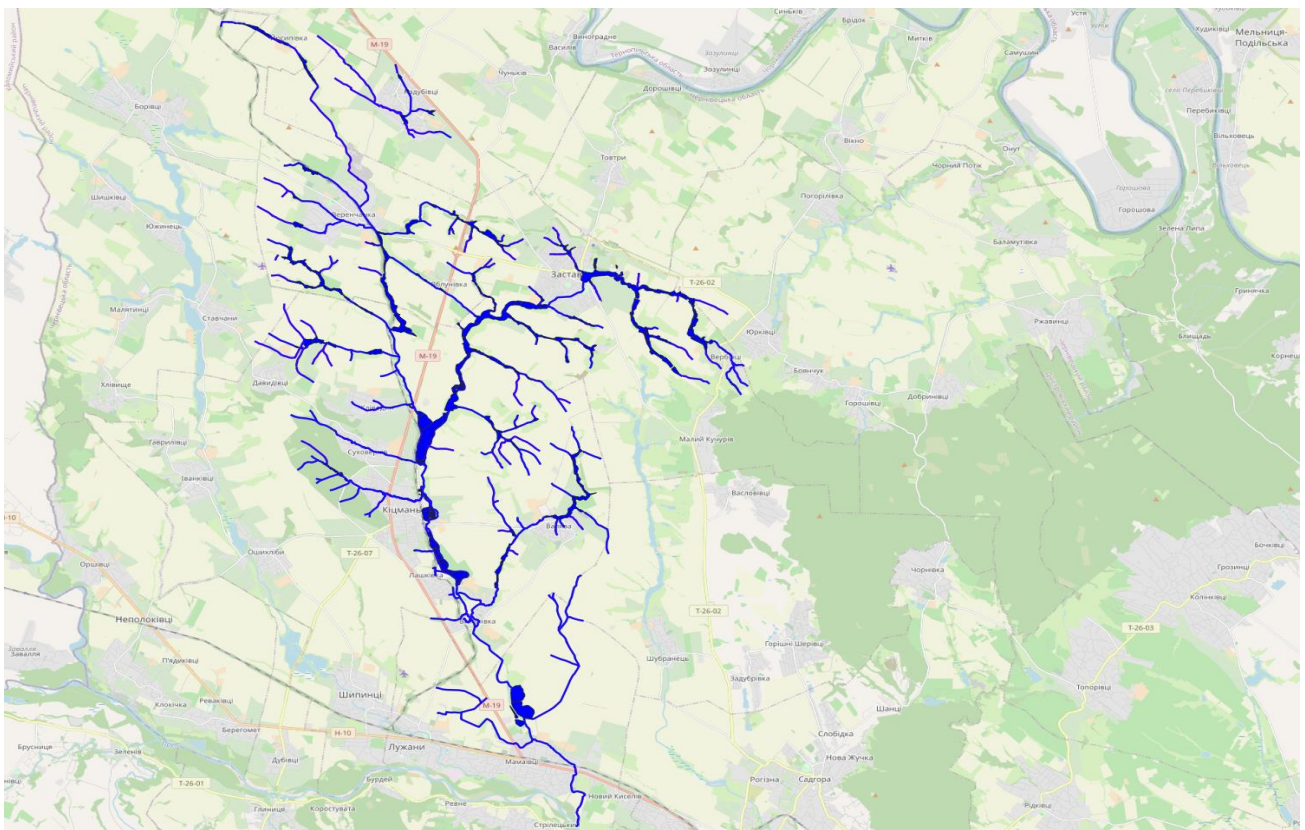


Рис. 1.1.2. Річкова мережа басейну р. Совиця Кіцманська

Ставки не мають регулюючих властивостей, бо за рахунок їх великої кількості і значної площі надають істотний вплив на формування стоку.

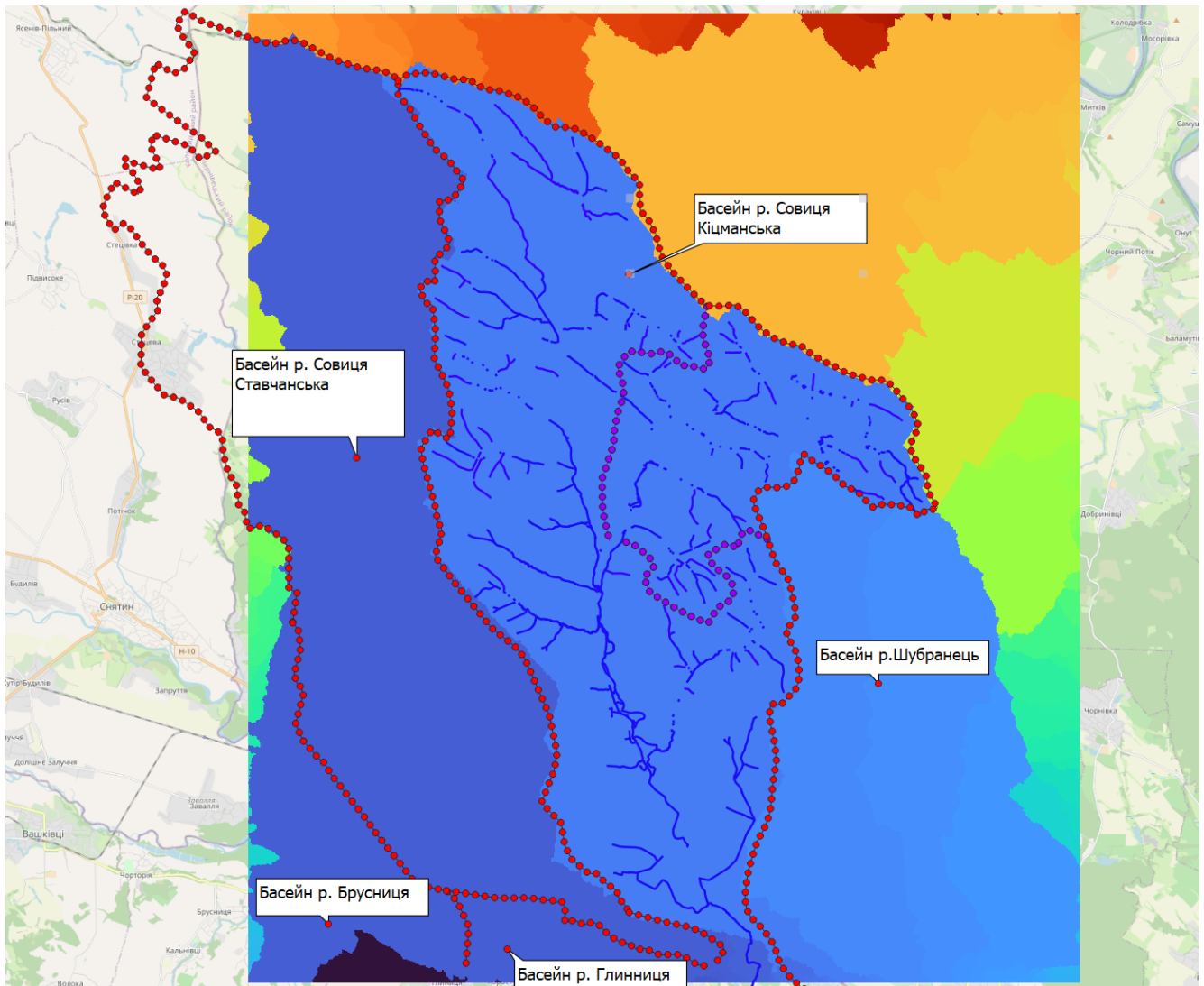


Рис. 1.1.3. Межування басейну річки Совиця Кіцманська з іншими річковими басейнами

1.2. Тектоніко-геологічна будова басейну

Басейн річки Совиця Кіцманська, розташована в межах південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи, що представлена тут Волинсько-Подільською плитою (рис. 1.4). Ця тектонічна структура формує північну та центральну частину Чернівецької області й простягається від Прип'яті до Дністра, утворюючи моноклінальний схил Українського щита у бік Передкарпатського прогину. Її кристалічний фундамент складений архейськими та

ранньопротерозойськими гранітами, гнейсами й кристалічними сланцями, розчленованими системою глибинних розломів і дрібноблокових піднять та опускань. У районі Совиці Кіцманської ці породи занурюються у південно-західному напрямку під кутами близько $1\text{--}1,5^\circ$ і залягають на глибинах порядку $1\text{--}1,5$ км

Геологічна будова України (дочетвертинний зріз)

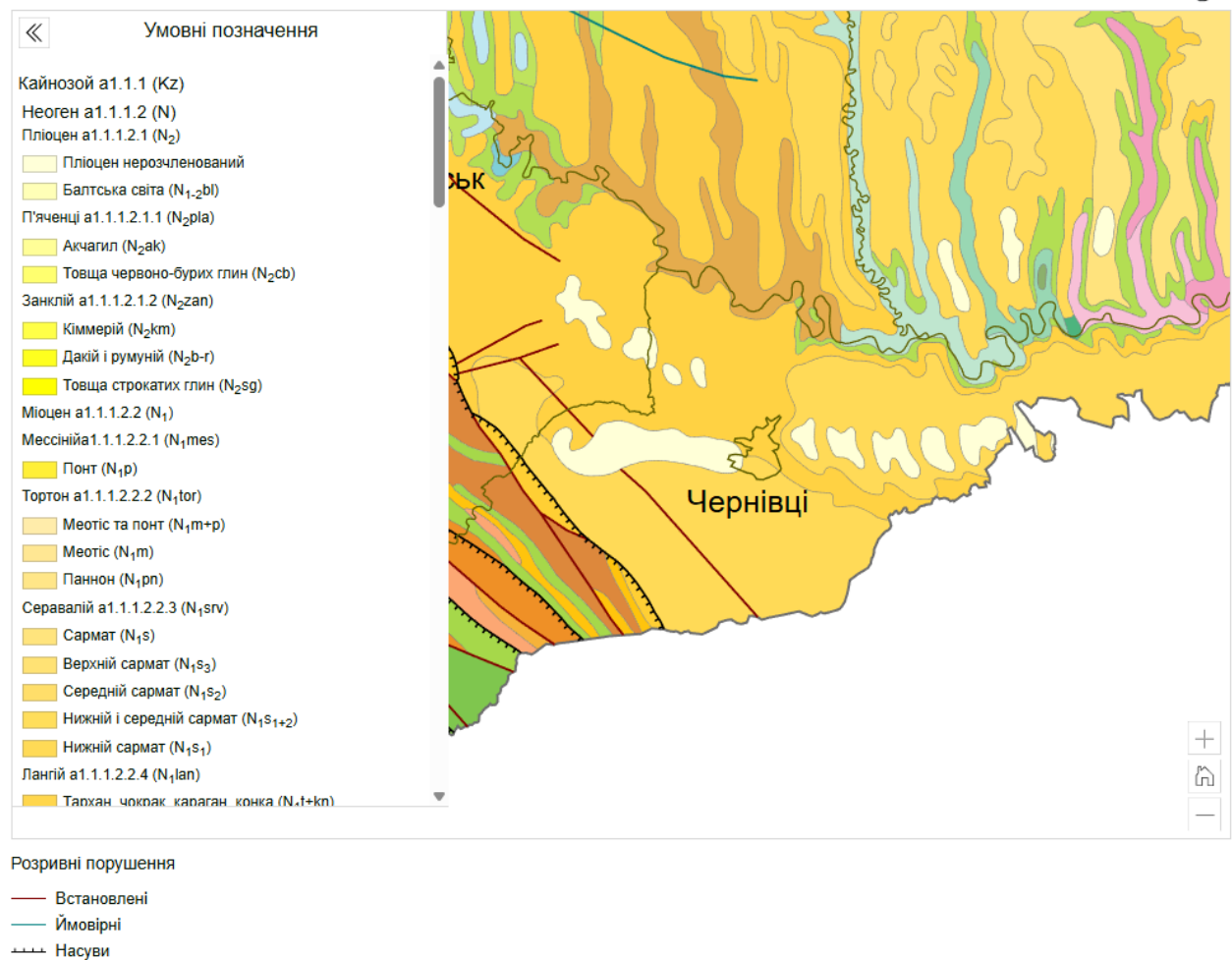


Рис. 1.2.1. Тектонічна будова річки [28]

Над кристалічним фундаментом залягає потужна товща осадових порід докембрію, палеозою, мезозою та кайнозою. Для південно-західного схилу Волинсько-Подільської плити, до якого належить басейн Совиці Кіцманської, характерні карбонатно-глинисті відклади силуру й девону, що формувалися в умовах шельфового моря й локально збагачені органічною речовиною.

Вище залягають юрські та крейдові товщі, представлені переважно пісковиками, мергелями та вапняками, а також неогенові (міоценові) відклади —

глини, піски, гіпси й гіпсоангідрити сарматського віку, які формують фундамент сучасного рельєфу Кіцманщини й широко виходять у бортах долини Пруту та його приток.

Тектонічна карта

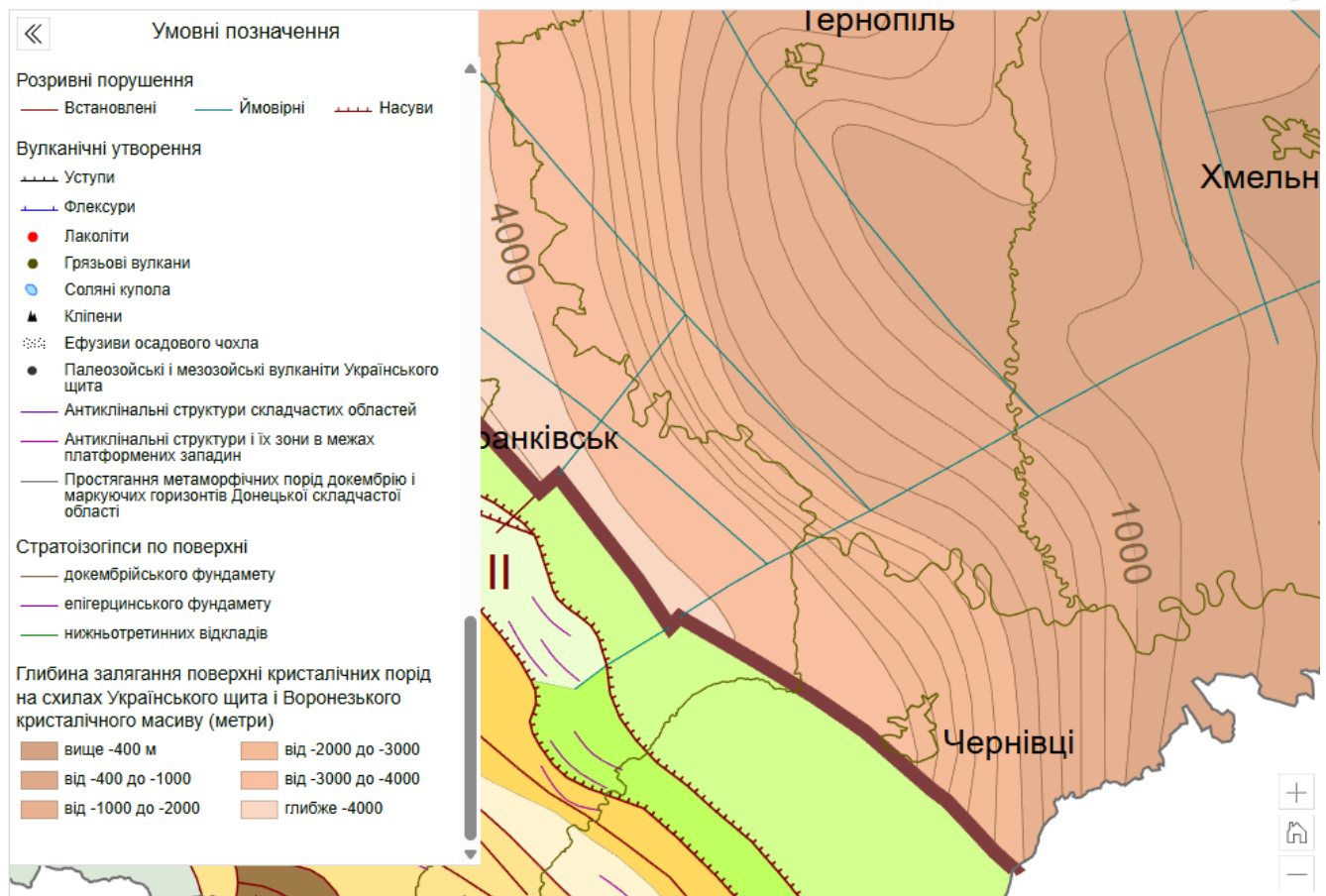


Рис. 1.2.2. Тектонічна будова басейну річки [28]

Сучасна поверхня водозбору Совиці Кіцманської складена переважно четвертинними лесоподібними суглинками, делювіальними та алювіальними відкладами – суглинками, супісками, пісками, галькою й гравієм, що заповнюють долину Пруту й річкові тераси.

1.3. Клімат

Клімат басейну річки помірно континентальний, помірно вологий, з не спекотним літом, теплою осінню та м'якою зимою.

За багаторічними метеорологічними спостереженнями для території Кіцманського району зафіксовано крайні значення температури повітря від $+39^{\circ}\text{C}$ до -34°C . Кількість днів із дуже низькою відносною вологістю (менше ніж 30 %) становить у середньому близько 15 на рік, тобто посушливі умови виникають щорічно й мають регулярний характер. Максимальна добова кількість опадів, що була відмічена, досягає 93 мм [26-27, 30], що свідчить про можливість інтенсивних зливових епізодів. Сніговий покрив на території басейну зазвичай формується у другій–третьій декаді грудня і сходить у першій–другій декаді березня. Він відзначається нестійкістю: внаслідок частих відлиг приблизно чверть зим проходить без сталого снігового покриву. Середня висота снігу становить близько 22 см, максимальна – до 42 см. Найбільша глибина промерзання ґрунту сягає 65 см. Панівними є вітри північно-західного та південно-східного напрямків, при цьому середньорічна швидкість вітру становить близько 3,5 м/с. Середнє сезонне випаровування з вільної водної поверхні оцінюється приблизно у 205 мм.

Радіаційний режим території характеризується річною сумою сумарної сонячної радіації на рівні $107,2 \text{ ккал/см}^2$ та середньомісячним радіаційним балансом близько 44 ккал. Середньорічна температура повітря дорівнює $7,9^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішим місяцем є січень із середньою температурою приблизно -5°C . Квітень має риси типового весняного місяця: завдяки суттєвому зростанню надходження сонячної енергії порівняно із зимою середня температура становить $5\text{--}8^{\circ}\text{C}$, хоча окремими днями ще можливі нічні заморозки. Найтеплішим місяцем року є липень із середньою температурою близько $+19,2^{\circ}\text{C}$. Найвищі літні температури пов'язані переважно зі східними повітряними потоками, які приносять перегріте континентальне повітря. У спекотні періоди повітря може прогріватися до $35\text{--}36^{\circ}\text{C}$, що зумовлено виносом теплих мас із території Молдови, південних районів України або з боку Балкан. Поєднання високої температури з низькою відносною вологістю призводить до масового осипання квітів у теплолюбних культур, зокрема помідорів і картоплі. Жовтень має виразний осінній характер, середня температура в цей час становить $8,0\text{--}8,5^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 1.3.1.

Середні багаторічні значення основних кліматичних характеристик [29]

Місяці												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Температура повітря (°C)												
-4,8	-3,4	1,8	8,3	14,5	17,4	19,2	18,6	14,2	8,8	2,3	-2,4	7,9
Відносна вологість повітря (%)												
85	84	69	70	71	72	75	79	87	88	85	83	70
Опади (мм)												
23	24	26	52	81	107	94	61	48	33	31	25	605

Тривалість вегетаційного періоду на території району коливається в межах 210–214 діб, а сума активних температур вище 0 °C сягає 2600–2700 °C. Такий тепловий ресурс є цілком достатнім для вирощування більшості основних сільськогосподарських культур помірної зони. Період із середньодобовою температурою близько 15 °C триває в середньому 115 днів. Весняні заморозки, як правило, припиняються у третій декаді квітня, а перші осінні заморозки спостерігаються у другій декаді жовтня, що формує безморозний період тривалістю 165–180 днів.

Важливою складовою формування клімату є особливості загальної циркуляції атмосфери. Активна циклонічна діяльність визначає характер хмарності й режим опадів. Північний перенос повітряних мас зумовлює зниження температури, особливо в перехідні сезони та взимку. Західні вітри приносять з Атлантичного океану основні об'єми вологого повітря, формуючи більшу частину атмосферних опадів. Східні вітри взимку сприяють різкому похолоданню, а влітку – зменшенню вологості й підвищенню температури повітря. Над територією Кіцманського району відзначається значна мінливість циркуляційних процесів і часті коливання синоптичних ситуацій; тут інтенсивно відбувається перетворення помірного морського повітря на континентальне. Більшість циклонів пов'язана з ісландським мінімумом і середземноморськими відгалуженнями полярного фронту, при цьому найактивніше вони проявляються у холодний період року.

За повторюваністю напрямків вітру домінують північно-західні потоки, особливо взимку та влітку: у січні їх частка сягає близько 30 %, а разом із західними вітрами – до 40 % усіх спостережень. У липні частка північно-західних вітрів зростає до 45 %, а західних – до 50 %, що відображає переважання загального західного перенесення в тропосфері над помірними широтами.

Опади є одним із ключових кліматичних елементів, які визначають режим зволоження території. Вони характеризуються значною часовою й просторовою мінливістю. Найчастіше опади пов'язані з атмосферними фронтами, що рухаються з північного заходу на південний схід, на їхню частку припадає до 45 % усіх випадків. Ці фронти відповідають циклонам, які проходять як через північні райони Європи, так і вздовж лінії Балтійське море – Чорне море. Протягом року в середньому відмічається 145–150 днів з атмосферними опадами. Сума опадів за період із середньодобовою температурою повітря вище 10 °C становить близько 450 мм, а річна кількість – у межах 575–660 мм[26-27, 30].

Клімат району час від часу ускладнюється несприятливими погодними явищами: спостерігаються заморозки, ожеледь, тумани, снігові заметілі, грози, інтенсивні зливи та град. В окремі роки фіксуються значні відхилення річних і, особливо, місячних сум опадів від середніх багаторічних величин. Найбільша варіабельність припадає на теплу пору року, коли опади мають переважно зливовий характер, що є важливим чинником формування стоку в малих річкових басейнах та виникнення як повеневих, так і посушливих епізодів.

1.4. Ґрунтовий покрив

Ґрунти басейну річки Совиця Кіцманська є типовими для лісостепу. Найбільші площі займають чорноземи опідзолені. Вони займають плоскі вододіли і слабо нахилені схили по обидва боки від р. Совиця.

У ґрунтовому покриві лісостепу переважають різні види чорноземів (типові та опідзолені) та сірі лісові ґрунти, що сформувалися на лесах або лесовидних суглинках. У зниженнях поширені лучні і лучно-чорноземні ґрунти, подекуди – торфові. Рівень родючості ґрунтів найвищий у середній та східній частинах зони [26-27, 29].

Більше третини ґрунтів змиті, що пояснюється складним рельєфом та не правильним обробітком ґрунтів. Приблизно 10% ґрунтів сильно змиті. Вони розміщені в основному на крутих схилах і зайняті пасовищами та будівлями.

Основне багатство - це родючі землі – чорноземи с/г угіддя 1400 га., орні землі 1260 га. Основна частина ґрунтів – опідзолені важкосуглинкові чорноземи (слабо, середньо та сильнорозмиті), для них характерні ознаки чорноземного типу з впливом водної ерозії та наявності опідзолення.

У ґрунтовому покриві лісостепу переважають різні види чорноземів (типові та опідзолені) та сірі лісові ґрунти, що сформувалися на лесах або лесовидних суглинках. У зниженнях поширені лучні і лучно-чорноземні ґрунти, подекуди – торфові. Рівень родючості ґрунтів найвищий у середній та східній частинах зони.

Кіцманський район володіє добре розвиненою сировинною базою будівельних матеріалів, та має значні запаси таких видів сировини: гіпсу і гіпсоангідриту (будівельного і облицювального), вапняку для випалювання на вапно, вапняку – сировини для вапнування кислих ґрунтів, цементної сировини (вапняк, глини, гіпс), кварцового піску для скляної промисловості. будівельного піску, піщано-гравійної суміші, каменю облицювального, каменю будівельного для виробництва буту, гірничо-хімічних корисних копалин (вапняку), керамзитової сировини, тугоплавкої глини, глини, суглинків, супісків – цегельно-черепичної сировини, підземних прісних та мінеральних вод.

1.5. Ландшафти басейну

Ландшафтно-гідрологічні системи басейну Совиці Кіцманської формуються на основі добре розвиненої ярово-балкової та річкової мережі, яка забезпечує ефективне дронування лісостепових вододільних поверхонь. Довжина ярово-балкової мережі в межах головного басейну становить 71 км, що в поєднанні з густотою розчленування поверхні ярами й балками 0,27 км/км² свідчить про помірно виражену ерозійну розчленованість схилів. Якщо врахувати всю гідромережу, включно з постійними й тимчасовими водотоками, густота досягає 1,16 км/км², тобто територія характеризується досить щільним дренажем і швидким відведенням поверхневого стоку. Максимальна глибина розчленування поверхні в межах басейну головної річки сягає 275 м, що відображає значну

вертикальну амплітуду рельєфу між вододілами та річковими долинами й формує відносно велику енергію руслових процесів у пониженнях. Сукупність цих параметрів дозволяє віднести ландшафтно-гідрологічну систему Совиці Кіцманської до помірно ерозійно активних, з перевагою площинного й дрібнояркового змиву, що забезпечує стабільне поповнення руслового наносообміну й живлення малих водотоків [26-27, 29].

У басейні найбільшої притоки – Совиці Заставнівської – ландшафтно-гідрологічна структура має більш контрастний, ерозійно активний характер. Довжина ярово-балкової мережі тут становить 25 км, але при меншій площі водозбору густота розчленування ярами й балками вища – 0,40 км/км². Це означає, що схили в межах притоки сильніше порізані глибокими врізами, з більш розвиненою системою балок і ярів, які концентрують поверхневий стік під час інтенсивних опадів. Загальна густота гідромережі сягає 1,36 км/км², тобто дренажна мережа тут щільніша, ніж у головному басейні, що відповідає більшому коефіцієнту стоку й швидшій реакції системи на зливові події. Максимальна глибина розчленування у межах притоки становить 239 м, дещо поступаючись Совиці Кіцманській, однак у поєднанні з вищою щільністю гідромережі це зумовлює складнішу мозаїку локальних ландшафтно-гідрологічних систем – від крутих, сильно еродованих схилів до коротких акумулятивних ділянок у днищах балок. У таких умовах формуються більш різкі паводкові хвилі й підвищується роль стрімких схилових потоків у живленні русла.

Таблиця 1.5.1.

Ландшафтно –гідрологічні системи басейну річки [29]

Характеристика	Розміри	Основна ріка	Притоки
		Совиця Кіцманська	Совиця Заставнівська
Довжина ярово-балкової мережі	км	71	25
Густина розчленування поверхні:	км/км ²		
-ярами та балками		0,27	0,40
-всією гідромережею		1,16	1,36
Глибина розчленування поверхні:	м		
-середньозважена			
-максимальна		275	239

Низові ЛГС довжиною $>5<10$ км з них за типами:	км ² /шт	
а) інфільтраційовані		
б) стокові		
в) змішані		
г) транспортуючі		

Для обох басейнів характерна наявність низових ландшафтно-гідрологічних систем довжиною 5–10 км, які за функціональними ознаками поділяють на інфільтраційні, стокові, змішані та транспортуючі. Інфільтраційні ЛГС приурочені до ділянок із кращими водно-фізичними властивостями ґрунтів і меншою крутістю схилів, де істотна частка атмосферних опадів просочується в ґрунтовий профіль, забезпечуючи живлення ґрунтових вод та підтримання базових витрат у маловодні періоди. Стокові та транспортуючі системи сформовані на крутіших, ерозійно нестійких схилах із розораними або слабо залуженими угіддями; вони забезпечують швидкий поверхневий стік і перенесення значних обсягів змиву до днищ ярів і русел малої річкової мережі. Змішані ЛГС поєднують ці функції, виступаючи транзитними ланками між вододільними плато та долинно-заплавними комплексами. Таким чином, ландшафтно-гідрологічні системи Совиці Кіцманської та Совиці Заставнівської представляють цілісну, але внутрішньо диференційовану мережу природно-антропогенних геосистем, у межах яких ерозійні, акумулятивні й інфільтраційні процеси безпосередньо визначають режими стоку, формування наносів і чутливість малих річкових басейнів до кліматичних та господарських змін.

Розділ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РІЧКИ СОВИЦЯ КІЦМАНСЬКА

Річка розташована в лісостеповій природній зоні Прут – Дністровського межеріччя. За класом рельєфу – це акумулятивна рівнина ерозійного типу. Долина ріки трапецеїдальна з пологими схилами, слабо розчленована балками постійних та тимчасових водотоків. Долина сильно розорана, басейн знаходиться в зоні інтенсивного земледілення, особливо в конусах виносу старих долин приток.

Згідно табличних даних [29], середня висота водозбору становить близько 243 м, а середній ухил поверхні басейну – 34,7 м/км. Така морфометрія у поєднанні з невисокою лісистістю (6,9 %) та високою розораністю орних земель (63,2 %) формує досить чутливий до зливових опадів режим стоку з підвищеною схильністю до лінійної ерозії, про що свідчить показник еродованості 38,4 %. Урбанізованість басейну є помірною (9,4 %), але зосереджується переважно в долинах, де розміщені населені пункти та транспортні комунікації, що посилює антропогенну трансформацію заплав та руслових процесів.

Гідрографічна мережа Совиці Кіцманської добре розгалужена. Коефіцієнт звивистості основного русла 1,18 відображає відносно прямолінійну планову форму долини з окремими меандрами, головню в середній течії. Водночас озерність і заболоченість у межах басейну практично відсутні, а регулювання стоку забезпечується переважно системою руслових ставків і дрібних водойм, які акумулюють весняно-зливові води та впливають на добовий і сезонний розподіл витрат.

Найбільшою притокою є Совиця Заставнівська (Капилівка), яка впадає зліва і має довжину 15,3 км при площі водозбору 61,8 км². Її витік розташований на висоті 290 м, а гирлова ділянка – на позначці 199,7 м, тобто сумарне падіння становить 90,3 м. Середній поздовжній ухил русла Капилівки сягає 5,9 м/км, а середньозважений – 3,01 м/км, що суттєво перевищує аналогічні показники основної річки й свідчить про більш енергійний, місцями ерозійно активний характер течії. Середня висота її водозбору близька до показників Совиці

Кіцманської (247 м), однак середній ухил поверхні басейну значно більший – 55 м/км. За умов дуже низької лісистості (1,6 %) та високої розораності (63,3 %) це зумовлює швидкий стік атмосферних опадів у русло й формування гострих паводкових хвиль. Урбанізованість басейну Совиці Заставнівської дещо менша (8,1 %), однак концентрація забудови також припадає на долинні ділянки, що робить територію вразливою до руслових деформацій і локальних підтоплень.

Таблиця 2.1.

Основні гідрографічні характеристики р. Совиця Кіцманська [29]

Характеристики	Розмірність	Основна річка	Притоки, довжиною більше 10 км
			Совиця Заставнівська (Капилівка)
Куди впадає		Прут	Совиця
Права чи ліва притока		Ліва	Ліва
Довжина	км.	39,4	15,3
Відмітки	витоку (м.абс.)	300	290
	гирла (м.абс.)	163,7	199,7
Падіння	м	136,3	90,3
Нахил:	середній (м/км)	3,46	5,9
	середньозовнішній (м/км)	2,69	3,01
Площа водозбору	км ²	267	61,8
Середня висота водозбору	м. абс.	243,4	247
Середній ухил водозбору	м/км	34,7	55
Лісистість	%	6,9	1,6
Заболоченість	%	0	0
Озерність	%		
Розораність	%	63,2	63,3
Еродованість	%	38,4	
Урбанізованість	%	9,4	8,1
Зрошуваних земель з постійною водопровідною мережею	тис. га	0,059	0
Осушених земель з постійною водопровідною мережею	тис.га	3,482	1,22
Кількість приток	довжиною більше 10 км. (шт.)	1	0
	довжиною 10 км і менше шт.	17	10
Довжина річкової мережі:	з урахуванням рік $l > 10$ км	54,7	15,8
	з урахуванням рік $l < 10$ км	240	59,8

Коефіцієнт густоти річкової мережі:	з урахуванням рік $l > 10$ км (км/км ²)	0,2	0,25
	з урахуванням рік $l < 10$ км (км/км ²)	0,94	0,96
Звивистість		1,18	1,68

Річкова мережа притоки представлена 10 дрібнішими водотоками довжиною менш ніж 10 км; загальна довжина річкової мережі в межах басейну з урахуванням рік понад 10 км досягає 15,8 км, а з урахуванням усіх водотоків – 59,8 км. Відповідно густота річкової мережі становить 0,25 км/км² для водотоків > 10 км і 0,96 км/км² для всієї мережі, що дещо перевищує значення для основної річки й підкреслює більш інтенсивне розчленування поверхні. Коефіцієнт звивистості 1,68 свідчить про значно вираженішу меандрованість русла Капилівки, яка формується внаслідок поєднання більшого поздовжнього ухилу, неоднорідної літології руслових відкладів і активної господарської трансформації заплави. У гідрологічному режимі басейну Совиці Кіцманської саме ця притока відіграє роль одного з основних генераторів паводкового стоку, підсилюючи водність головної річки в періоди інтенсивних дощів і швидкого сніготанення та істотно впливаючи на просторово-часову структуру стоку в усій системі малої притоки Пруту.

2.1. Характеристика русла річки

Русло нерозгалужене, середньо врізане, на окремих ділянках випрямлене, розширене та заглиблене для осушення. Сильне замулення русла має місце у вершинах ставків, на решті воно слабо замулене. В гирловій частині русло заросле, звивисте, слабо врізане, недостатньої пропускної здатності.

Русло Совиці Кіцманської в межах розглянутої ділянки 0–39 км характеризується відносно прямолінійним планом із помірною звивистістю та переважанням плесово-перекатної будови. Середня ширина русла становить 5–10 м, що відповідає розмірам малої рівнинної річки з добре сформованою заплавою. Глибини на плесах у меженний період досягають у середньому 0,9–1,0 м, на перекатах зменшуються до 0,2–0,3 м. Такий контраст між глибинами плес і

перекатів створює сприятливі умови для гідробіоти, але одночасно зумовлює нерівномірний розподіл швидкостей течії та локальні осередки акумуляції наносів. У маловодні фази року швидкість течії на плесах становить близько 0,3–0,4 м/с, на перекатах зростає до 0,6–0,7 м/с; у багатоводні періоди вона відповідно підвищується до 0,7–0,8 та 1,2–1,3 м/с.

Таблиця 2.1.1.

Характеристика русла річки [29]

Характеристика	Розмірність	Ділянка річки	Основна Совиця Кіцманська річка	Притоки довжиною більше 10 км
				Совиця Заставнівська
Тип русла		0-39	відносно прямолінійне	звивисте
Ширина	м	0-39	5-10	2-6
Глибина:	на плесі (м/с)	0-39	0.9-1.0	0.5-0.6
	на перекатах (м/с)	0-39	0.2-0.3	0.1-0.2
Швидкість течії:	а) на плесі			
	в межень	0-39	0.3-0.4	0.2-0.3
	в багатоводні періоди	0-39	0.7-0.8	0.6-0.7
	б) на перекатах			
	в межень	0-39	0.6-0.7	0.4-0.5
	в багатоводні періоди	0-39	1.2-1.3	1.0-1.2
Руслові утворення		0-39	0	0
Замулення русла	м	0-39	0.4	0.3
Заростання русла	%	0-39	3	2
Відносна довжина ділянок русла	%			
спрямлених		0-39	45	18
обвалованих		0-39	0	0
що знаходяться в підпорах		0-39	22	79
Відносна протяжність різних угідь в межах прибережної смуги	%			
рілля		0-39	47	53
сінокіс		0-39	23	13
пасовища		0-39	13	27
присадибні ділянки		0-39	7	5
ліси й чагарники		0-39	4	2
болото		0-39	0	0
інші угіддя		0-39	6	1
Сучасні процеси				
Вид			акумуляція продуктів зносу	
Ступінь прояву		0-39	слабка	слабка

Отже, саме перекатні відрізки є найбільш енергійними в гідродинамічному відношенні та визначають умови перенесення твердого стоку. Замулення русла

оцінюється на рівні близько 0,4 м, заростання водною рослинністю незначне (приблизно 3 % протяжності), що свідчить про відносно добру самоочисну здатність течії за сучасних гідрологічних умов.

За плановою структурою помітна висока частка спрямлених відрізків: орієнтовно 45 % довжини русла припадає на ділянки, які зазнали гідромеліоративних робіт або природного випрямлення. Обвалованих фрагментів практично немає, натомість близько 22 % протяжності річки перебуває в умовах підпору ставків і гідротехнічних споруд, що істотно згладжує коливання рівнів води й трансформує режим наносів. Прибережна смуга річки сильно антропогенно змінена: майже половину її довжини займає рілля (47 %), ще 23 % припадає на сінокоси, 13 % – на пасовища, 9 % – на присадибну забудову. Лісові та чагарникові насадження охоплюють лише близько 4 % берегової лінії, болота практично відсутні. У таких умовах переважаючим сучасним процесом є акумуляція продуктів зносу з водозбору в руслових пониженнях і ставках, тоді як інтенсивна руслова ерозія виражена слабо.

Найбільша притока – Совиця Заставнівська – різко контрастує з головною річкою за морфодинамічними рисами. Її русло має виразно звивистий характер, коефіцієнт звивистості значно більший, ніж у Совиці Кіцманської, що відображається в розвиненій меандрованій долині з численними перекатами та затонами. Ширина русла на більшій частині довжини становить 2–6 м, тобто воно вужче й більш концентроване. Глибини на плесах у межень досягають 0,5–0,6 м, на перекатах зменшуються до 0,1–0,2 м. Швидкість течії на плесах у маловодні періоди коливається в межах 0,2–0,3 м/с, на перекатах – 0,4–0,5 м/с; у багатоводні періоди ці значення зростають до 0,6–0,7 та 1,0–1,2 м/с відповідно. У результаті русло притоки гідродинамічно більш контрастне й реагує на паводкові підйоми швидкішим перерозподілом глибин та швидкостей. Замулення русла дещо менше (близько 0,3 м), ступінь заростання також невисокий і становить орієнтовно 2 %.

Особливістю Совиці Заставнівської є дуже велика частка ділянок, що працюють у режимі підпору – до 79 % довжини русла, тоді як спрямлених відрізків лише близько 18 %. Це вказує на сильну зарегульованість стоку

мережею ставків і невеликих гідротехнічних споруд, які істотно модифікують природний паводковий режим. Прибережна смуга притоки ще більш аграрно трансформована: рілля займає близько 53 % її протяжності, пасовища – 27 %, сінокоси – 23 %, частка присадибної забудови становить приблизно 4 %, а лісові й чагарникові насадження – лише 2 %. Болота практично не представлені, інші типи угідь сумарно не перевищують 1 %. Така структура землекористування, у поєднанні зі звивистим руслом і високою часткою підпорів, сприяє посиленій акумуляції наносів у розширених вигинах і ставках, що фіксується як домінуючий сучасний процес при загалом слабкому ступені його прояву.

Узагальнюючи, руслова система Совиці Кіцманської та її притоки Совиці Заставнівської характеризується перевагою акумулятивних процесів над ерозійними, значною антропогенною трансформацією прибережної смуги та відчутним впливом штучного регулювання стоку. Для головної річки типовими є відносно прямолінійні, частково спрямлені відрізки з помірними глибинами й швидкостями, тоді як притока відзначається більшою меандрованістю, вищою часткою ділянок у підпорі та більшою роллю дрібномасштабної акумуляції наносів у формуванні сучасного руслового профілю.

2.2. Характеристика заплавних комплексів річки

Заплава Совиці Кіцманської в межах ділянки 0–39 км сформована переважно як низька алювіальна тераса акумулятивного типу з окремими ерозійно-акумулятивними відрізками. У верхній і середній течії (приблизно до 20 км) домінують відкладання наносів, тоді як униз за течією зростає роль руслової та берегової ерозії, що зумовлює перехід до ерозійно-акумулятивної заплави. У плані вона двостороння, лише локально переходить в односторонню, що свідчить про достатню ширину долини й відсутність глибокого врізу русла. Потужність алювію коливається в межах 3 – 9 м, тобто заплава представлена добре розвинутим комплексом піщано-супіщаних і суглинистих відкладів, придатних для сільськогосподарського використання. Ширина заплавного комплексу становить у середньому 50–160 м, відносна висота над середнім рівнем води –

1,7–2,6 м. При проходженні річкових витрат 1-відсоткової забезпеченості глибина підтоплення заплави зазвичай не перевищує 0,3–0,4 м, а при 5-відсоткових витратах – близько 0,1 м; тривалість затоплення, як правило, обмежується однією добою. Це свідчить про слабо виражену повеневу функцію заплави й відносно швидке сходження води після пікових фаз стоку.

Структура землекористування на заплаві Совиці Кіцманської характеризується аграрним профілем: близько третини її площі займають сінокоси й пасовища, біля 27 % припадає на залужені ділянки, а розораність становить орієнтовно 11 %. Лісистість і заболоченість заплави мінімальні, що обмежує її здатність до довготривалого затримання поверхневого стоку та фільтрації забруднювальних речовин. Меліоративно перетворені землі сягають близько 6 %, урбанізовані – близько 17 %, причому забудова зосереджена у межах населених пунктів і транспортних вузлів. У заплавному комплексі фіксується декілька типів потенційних джерел забруднення поверхневих і ґрунтових вод (орієнтовно чотири основні групи – стічні води, агрохімікати, тваринницькі комплекси, локальні скиди з присадибних господарств). Домінуючим сучасним геоморфологічним процесом є акумуляція продуктів зносу, проте інтенсивність його прояву оцінюється як низька й загалом слабка, що відповідає переважанню дрібнозернистих наносів і малотривалому затопленню [26-27, 29,30].

Заплава Совиці Заставнівської (Капилівки) загалом має ерозійно-акумулятивний характер. Вона двостороння, але вужча, ніж у головної річки: її ширина зазвичай становить 30–80 м. Потужність алювіальних відкладів у межах 2–6 м свідчить про менший обсяг накопиченого матеріалу, що узгоджується з крутішими ухилами русла й більш енергійним паводковим режимом притоки. Відносна висота заплави над середнім рівнем води коливається від 0,5 до 2,0 м; при проходженні розрахункових витрат 1-відсоткової забезпеченості глибина затоплення становить орієнтовно 0,2–0,3 м, при 5-відсоткових – близько 0,1 м, а тривалість періоду залиття заплави так само, як і на головній річці, рідко перевищує одну добу. Отже, заплава притоки виконує переважно роль

короткочасного резервуара акумуляції паводкових вод і наносів, не формуючи тривалих застійних акваторій.

Таблиця 2.2.1.

Морфологія та стан заплави річки [29]

Характеристика	Розміри	Основна річка Совиця Кіцманська		р. Совиця Заставнівська
		Ділянка річки	Характеристики	
1	2	3	4	5
Тип заплави		0-20	акумулятивна, ерозійно-акумулятивна	ерозійно-акумулятивна
		0-39	.	
Розташування відносно русла		0-39	двостороння (місцями одностороння)	двостороння (місцями одностороння)
Потужність алювію	м	0-39	3,0 - 9,0	2,0 – 6,0
Морфологічні та гідравлічні х-ки:				
Ширина	м	0-39	50-160	30-80
Відносна висота над сер. рівнем води	м	0-39	1,7-2,6	01,5-2,0
Глибина затоплення при макс. в році витратах забезпечення %:	м			
1%		0-39	0,3-0,4	0,2-0,3
5%		0-39	0,1	0,1
25%		0-39		
Тривалість затоплення	діб	0-39	1	1
Залісненість	%	0-39		1
Залуження	%	0-39	27	9
Розораність	%	0-39	11	14
Заболоченість	%	0-39		
Відносна площа староріччя	%	0-39		
Меліорованість	%	0-39	6	8
Урбанізованість	%%	0-39	17	9
Джерела забруднення поверхневих та підземних вод: Вид		0-39		
Кількість			4	1
Сучасні процеси: Вид		0-16	Акамуляція продуктів зносу	
Ступінь			низька	низька
			слабка	слабка

За використанням території заплава Совиці Заставнівської ще більш аграрно трансформована: домінують луки й пасовища, розораність сягає близько 14 %,

залуження – близько 9 %, лісистість обмежується поодинокими ділянками (приблизно 1 %). Меліоративно освоєні землі становлять близько 8 %, урбанізованість нижча, ніж на головній річці (приблизно 9 %), але локальні джерела забруднення все ж наявні (зафіксовано щонайменше одне домінуюче джерело – скиди з аграрних угідь і присадибного сектору). Як і для Совиці Кіцманської, провідним сучасним процесом у заплавному комплексі є акумуляція продуктів ерозійного зносу з водозбору, однак ступінь її прояву оцінюється як низький.

У цілому заплави обох річок відзначаються невеликою потужністю алювію, обмеженою глибиною й тривалістю затоплення, високою часткою аграрних угідь та недостатньою лісистістю. Це зумовлює одночасно їхню важливу роль як акумуляторів твердого стоку й зон фільтрації поверхневого стоку та, разом з тим, підвищену вразливість до антропогенних навантажень і погіршення якості води в умовах інтенсивного сільськогосподарського використання басейну.

2.3. Основні гідрологічні характеристики в розрахункових створах басейну річки Совиці Кіцманської та її притоки Совиці Заставнівській.

У межах басейну Совиці Кіцманської виділено три розрахункові створи: два – на головній річці та один – на найбільшій притоці Совиці Заставнівській. У верхньому створі на Совиці Кіцманській площа водозбору становить близько 107 км², у нижньому, біля гирла, – 267 км², тоді як притока дренує орієнтовно 61,8 км². Відповідно зростає й «норма» річного стоку: середньорічні витрати води оцінюються приблизно у 0,45 м³/с на верхньому створі, 1,12 м³/с – у гирловому та 0,20 м³/с – на Совиці Заставнівській. Це відповідає середнім багаторічним об'ємам стоку 14,2; 35,4 та 6,24 млн м³ за рік, що є типовими величинами для малих лівобережних приток Пруту з помірно зволеним кліматом. Коефіцієнт варіації річного стоку у всіх створах близький до 0,52, а коефіцієнт асиметрії – близько 2,5, що свідчить про значну міжрічну мінливість водності та виражену «правосторонню» асиметрію рядів, коли на тлі переважно середніх і маловодних років періодично трапляються окремі дуже повноводні роки.

Розрахункові значення річного стоку з різною забезпеченістю підтверджують цю картину. За ймовірності 50 % (умовно «середній» рік) об'єм стоку у гирловому створі Совиці Кіцманської становить близько 31,8 млн м³, при 75 % – зменшується до 22,1 млн м³, а за маловодних років із забезпеченістю 95 % – не перевищує 10,6 млн м³. Для притоки ці величини, відповідно, становлять орієнтовно 5,49; 3,69 та 1,98 млн м³. Таким чином, система малих водотоків є доволі чутливою до коливань атмосферного зволоження, що важливо враховувати при оцінці водозабезпечення та розрахунках екологічних витрат стоку[29].

Повеневий режим характеризується високими максимальними витратами води відносно середньорічних. Середні багаторічні максимальні витрати зимово-весняних паводків становлять на Совиці Кіцманській близько 25,3 м³/с у верхньому створі й 69,2 м³/с у нижньому, тоді як на Совиці Заставнівській – приблизно 18,9 м³/с. Відповідні шари стоку паводків близькі для всіх ділянок – близько 46–47 мм, що свідчить про узгоджену реакцію водозборів на сніготанення й ранньовесняні зливи. Коефіцієнт варіації паводкових витрат сягає 0,65, а коефіцієнт асиметрії – близько 1,3, тобто пікові витрати з року в рік змінюються ще більш контрастно, ніж річний стік. Розрахункові витрати паводків 1-відсоткової забезпеченості (ймовірність перевищення 1 раз на 100 років) у гирловому створі Совиці Кіцманської досягають приблизно 154 м³/с, у верхньому – близько 61,5 м³/с, а на притоці – до 36,8 м³/с. Навіть за менш екстремальної забезпеченості 10 % максимальні витрати залишаються значними – порядку 60 м³/с у нижньому створі й понад 14 м³/с на притоці, що підтверджує різко виражений паводковий характер стоку.

Таблиця 2.3.1.

**Основні гідрологічні характеристики в розрахункових створах басейну
річки Совиці Кіцманської [29]**

Характеристика (показник)	Розмірність	Основна р. Совиця Кіцманська		Притока р. Совиця Заставнівська
		ств.1	ств.2	ств.3
Площа водозбору	км ²	107	267	61,8

Характеристика (показник)	Розмірність	Основна р. Совиця Кіцманська		Притока р. Совиця Заставнівська
		ств.1	ств.2	ств.3
Норма річного стоку	м³/с	0,45	1,12	0,2
	млн. м³	14,2	35,4	6,24
Коефіцієнт варіації річного стоку	0	0,52	0,52	0,52
Коефіцієнт асиметрії річного стоку	0	2,5	2,5	2,5
Річний стік забезпеченістю:	млн. м³			
50%		12,7	31,8	5,49
75%		8,87	22,1	3,69
95%		4,27	10,6	1,98
Повінь (зимові паводки) :				
Середнє багаторічне значення (норма):				
Максимальна витрата води	м³/с	25,3	69,2	18,9
Шар стоку	мм	47	46	46
Коефіцієнт варіації:				
Максимальна витрата води				
Шар стоку	0	0,65	0,65	0,65
Коефіцієнт асиметрії:				
Шар стоку	0	1,3	1,3	1,3
Максимальна витрата води і об'єму стоку забезпеченістю:	м³/с			
	млн. м³			
1%	м³/с	61,5	154	36,8
	млн. м³	15,5	37,9	8,84
5%	м³/с	53,5	134	21
	млн. м³	11,3	27,8	6,43
10%	м³/с	24	60,1	14,4
	млн. м³	9,41	23	5,31
25%	м³/с	11,7	29,3	699%
	млн. м³	6,74	16,4	3,81
Повені:				
Максимальна витрата води і об'єму стоку забезпеченістю:	м³/с			
	млн. м³			
1%	м³/с	222	585	131
	млн. м³	6,93	14,4	4,45
5%	м³/с	115	304	68,1

Характеристика (показник)	Розмірність	Основна р. Совиця Кіцманська		Притока р. Совиця Заставнівська
		ств.1	ств.2	ств.3
	млн. м³	4,16	8,64	2,67
10%	м³/с	82,1	216	48,5
	млн. м³	2,98	6,19	1,91
25%	м³/с	44,4	117	26,2
	млн. м³	1,73	3,6	1,11
Мінімальний стік:				
Мінімальні 30-ти денні (місячні) витрати води забезпеченістю: <i>Зимового періоду</i>	м³/с			
75%	м³/с	0,081	0,19	0,033
80%	м³/с	0,062	0,15	0,025
95%	м³/с	0,028	0,066	0,012
<i>Літнього періоду</i>				
75%	м³/с	0,077	0,17	0,032
80%	м³/с	0,059	0,13	0,025
95%	м³/с	0,027	0,052	0,011
Рівні:				
Максимальний по мітках ГВВ	м умо.	202,5	171,42	187,9
	рік	1991	1991	1991
Максимальні рівні, відповідні видатках води забезпеченістю:	м умо.			
Повінь				
1%		201,4	170,55	186,38
5%		201,3	170,5	185,88
10%		200,62	170,06	185,6
Зливи				
1%		202,45	171,4	187,45
5%		201,86	170,9	186,85
10%		201,62	170,75	186,55
Термічний і льодовий режим.				
Середні дати:				
Появи стійких льодових явищ		20-31.12	15-31.12	20.12-2.01
Розкриття річки		20.02.-1.03	20-28.3	20.2-3.3
Очищення від льоду		5.-10.03	1.-8.03	5.-10.03
Товщина льоду:	см			

Характеристика (показник)	Розмірність	Основна р. Совиця Кіцманська		Притока р. Совиця Заставнівська
		ств.1	ств.2	ств.3
Середня	см	15-20	15-20	5.-10
Максимальна	см	35	40	20
Твердий стік				
Каламутність	мг/л	600	650	650
Середня витрата зважених наносів	кг/с	0,27	0,73	0,13
Обсяг твердого стоку	тис. м3 зв рік	7,74	29,9	3,72

Маловодний режим характеризується мінімальними 30-добовими витратами, розрахованими окремо для зимового та літнього періодів. У зимовий період при забезпеченості 95 % мінімальні місячні витрати у гирловому створі Совиці Кіцманської становлять лише близько 0,028 м³/с, на Совиці Заставнівській – порядку 0,012 м³/с. Для літнього періоду ці величини дуже близькі, що свідчить про відносно слабе підземне живлення й швидке вичерпування запасів вологи в ґрунті в посушливі роки. Такий режим зумовлює потенційну вразливість малих водотоків до промислових та аграрних водовідборів навіть за порівняно невеликих обсягів забору.

Рівневий режим річки відображає поєднання закономірних сезонних коливань і екстремальних підйомів під час паводків та злив. За спостереженнями, найвищі фактичні рівні були зафіксовані на початку 1990-х років і сягають понад 1,7–2,0 м над нулем поста. Розрахункові максимальні рівні, що відповідають витратам забезпеченістю 1–10 %, змінюються у вузькому діапазоні, що вказує на відносно «плоску» частину кривої зв'язку «витрата – рівень» при дуже великих витратах: різке зростання витрати вже не супроводжується пропорційним підвищенням рівня через вихід потоку на заплаву й розширення живого перерізу русла.

Сезонний льодовий режим є помірно-континентальним. Стійкі льодові явища настають, як правило, наприкінці грудня, а руйнування криги та очищення русел від льоду припадає на першу декаду березня. Середня товщина льодяного покриву на Совиці Кіцманській становить 15–20 см, на Совиці Заставнівській – 5–

10 см, максимальна товщина може досягати відповідно 35–40 та 20 см. Льодоутворення, хоч і не є надто тривалим, суттєво впливає на гідравлічні умови зимового стоку, підвищуючи ймовірність зимових паводків під час відлиг.

Стан твердого стоку характеризується підвищеною каламутністю води. Середні концентрації зважених наносів у воді обох річок становлять близько 600–650 мг/л, середні витрати зважених наносів – орієнтовно 0,27 кг/с у верхньому створі Совиці Кіцманської, 0,73 кг/с у нижньому та 0,13 кг/с на Совиці Заставнівській. У перерахунку на обсяг це дає 7,7 тис. м³ твердого стоку на рік у верхній частині басейну, майже 30 тис. м³ у гирловому створі та близько 3,7 тис. м³ на притоці. Такі значення відображають поєднання значної розораності схилів з достатньо розгалуженою ярово-балковою мережею, що забезпечує ефективне винесення продуктів ерозії в руслову систему.

Узагальнюючи, гідрологічний режим Совиці Кіцманської та її притоки Совиці Заставнівської можна охарактеризувати як паводково-дощовий із високою міжрічною мінливістю стоку, значними піковими витратами при повенях та зливах, чітко вираженими періодами маловоддя й відносно високою інтенсивністю твердого стоку. Такі особливості мають принципове значення для розрахунку водогосподарських заходів, оцінки паводкових ризиків і планування природоохоронних дій у малому басейні.

2.4. Геологічна будова басейну річки

Басейн річки розташований у межах південно-західного сегмента Українського кристалічного щита. У геологічній будові беруть участь відклади сеноманського ярусу верхньої крейди, нижньотортонського (N1t1) і верхньотортонського (N1t2) ярусів неогену, а також верхньопліоценові (N2–Q1) та четвертинні утворення різного генезису (а I–III, а IV) [28-29].

Таблиця 2.4.1.

Геологічна будова басейну

Геологічний вік порід	Геологічний індекс	Район поширення	Глибина залягання, м	Потужність, м	Літологічний склад
Сеноманський ярус	Cr2–Cm	Поширений повсюдно	90–120	30–50	Пісковики кварцово- глауконітові, прошарки піску
Нижньотортонський ярус	N ₁ t ₁	Північно-східна частина басейну	2–15	90–120	Глини, гіпси, ангідрити, піски, пісковики, алевrolіти, мергелі, що чергуються між собою
Верхньотортонський ярус	N ₁ t ₂	Південно- західна частина басейну	2–15	до 70	Щільні глини з прошарками пісків і пісковиків; мергелі й туфіти
Верхній пліоцен	N ₂ –Q ₁	Схили долин	1–5	6–14	Суглинки з прошарками пісків і рідкісною галькою
Нижньо-, середньо- та верхньочетвертинні еолово-делювіальні відклади	a I–III	Центральна й східна частина басейну	0,5–1,0	2–8	Суглинки, лесоподібні суглинки, глини
Четвертинні алювіальні відклади (нижні–верхні)	a I–III	Південна частина басейну	0,3–0,6	8–12	Глини, суглинки, піски з прошарками супіску та гальки
Сучасні алювіальні відклади	a IV	Заплави та днища балок	0–0,5	3–10	Торф, зайлені суглинки, піски з прошарками супіску, включення гальки

Вище, в таблиці 2.4.1. та на рисунку 2.5.1. наведено узагальнену характеристику основних стратиграфічних комплексів, їхнього поширення, глибин залягання, потужності та літологічного складу.

2.5. Гідрогеологічні умови

Басейн річки Совиця Кіцманська розташований у межах Волинсько-Подільського артезіанського басейну, який характеризується складною будовою водоносних товщ та значною строкатістю літологічних комплексів. Основні водоносні горизонти приурочені до відкладів крейдової, неогенової, пліоценової та четвертинної систем.

Безпосередньо під поверхнею регіональний водотрив не простежується, що істотно впливає на умови формування місцевих підземних вод та їхню вразливість до інфільтрації. У ролі локальних водоупорів виступають строкаті пестроцвітні глини

верхньотортонського (N1t2) і нижньотортонського (N1t1) ярусів неогену, які мають потужність понад 10 м та залягають переважно на глибинах 10–15 м.

Інформація про режимні спостереження за рівнем підземних вод є обмеженою. Режимна мережа спостережень у межах досліджуваної території відсутня, що ускладнює довгостроковий аналіз динаміки підземних вод [28–29].

Наведена таблиця дозволяє виконати повноцінний академічний гідрогеологічний аналіз водоносних горизонтів басейну, оскільки охоплює всі ключові параметри: умови живлення й розвантаження, глибини залягання, потужність водоносних товщ, фільтраційні властивості порід, рівневий режим і експлуатаційні характеристики. Нижче подано узагальнений гідрогеологічний опис, сформульований у стилі, придатному для кваліфікаційної роботи або наукового звіту.

Гідрогеологічна будова басейну характеризується багатоярусною структурою підземних вод, сформованою у відкладах четвертинної, неогенової та крейдової систем. Найближчим до поверхні є сучасний алювіальний водоносний горизонт, приурочений до заплав річок і днищ балок. Він залягає на глибинах від 0,0 до 0,5 м і має потужність у межах 2–10 м. Живлення горизонту здійснюється переважно шляхом інфільтрації атмосферних опадів, а розвантаження – у русло річки Совиця та її притоки. Літологічно горизонт представлений торфом, заіленими суглинками, пісками з прошарками супіску та включеннями гальки, що зумовлює значну мінливість фільтраційних властивостей (коефіцієнт фільтрації від 0,05 до 1,5 м/добу). Статичний рівень підземних вод зазвичай перебуває на глибинах 0,5–1,0 м і в окремі періоди може підніматися до денної поверхні. Водовідбір здійснюється переважно з колодязів, а дебіти мають невеликі значення, характерні для неглибоких ґрунтових вод.

Нижче залягає водоносний горизонт алювіальних відкладів нижньо–середньо–верхньочетвертинного віку (а I–III), який поширений переважно в південній частині басейну. Глибина його залягання становить 4–7 м, а потужність – 5–8 м. Літологічний склад представлений суглинками, пісками з прошарками супіску та гальки, що забезпечує порівняно кращі фільтраційні властивості (0,5–2,5 м/добу). Живлення горизонту має інфільтраційний характер, розвантаження відбувається в річкову

мережу. Статичний рівень коливається в межах 4–7 м, причому режим підземних вод суттєво залежить від метеорологічних умов. Горизонт використовується для господарсько-питного водопостачання за допомогою колодязів і неглибоких свердловин; дебіти змінюються в широкому діапазоні залежно від місцевих гідрогеологічних умов [28-29].

Пліоценовий водоносний горизонт ($N_2 - Q_1$) приурочений до схилів долин і залягає на глибинах 10–15 м при потужності 3–5 м. Його водоносна товща складена суглинками з домішками гальки та піску, що зумовлює помірні значення коефіцієнта фільтрації (0,06–1,1 м/добу). Живлення здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а розвантаження – у долинні ділянки річкової мережі. Статичний рівень підземних вод перебуває на глибинах 10–15 м, амплітуда коливань невелика (1–2 м). Практичне використання горизонту обмежене локальними колодзями, а експлуатаційні запаси характеризуються як незначні.

Окрему групу становлять підземні води спорадичного поширення у верхньотортонських відкладах Косівської світи ($N_1 t_2$), поширені в південно-західній частині басейну. Водоносні товщі залягають на глибинах 5–10 м і мають невелику потужність (1–3 м). Літологічно вони представлені щільними глинами з прошарками пісків, пісковиків, мергелів і туфітів. Коефіцієнт фільтрації змінюється в межах 0,8–2,1 м/добу, що зумовлює локальний і нестійкий характер водоносності. Режим підземних вод значною мірою залежить від метеорологічних факторів, а практичне водокористування практично відсутнє.

Більш важливе гідрогеологічне значення має нижньотортонський водоносний горизонт ($N_1 t_1$), поширений переважно в північно-східній частині басейну. Глибини його залягання змінюються від 5 до 45 м, потужність становить 3–5 м. Водоносні породи представлені глинами, гіпсами, ангідритами, пісками, пісковиками та мергелями, що зумовлює відносно стабільні фільтраційні властивості (0,9–2,2 м/добу). Статичні рівні перебувають на глибинах 5–30 м, а амплітуда коливань незначна. Горизонт використовується як великими, так і дрібними водокористувачами через свердловини та колодязі; питомі дебіти сягають 0,09–0,12 л/с·м.

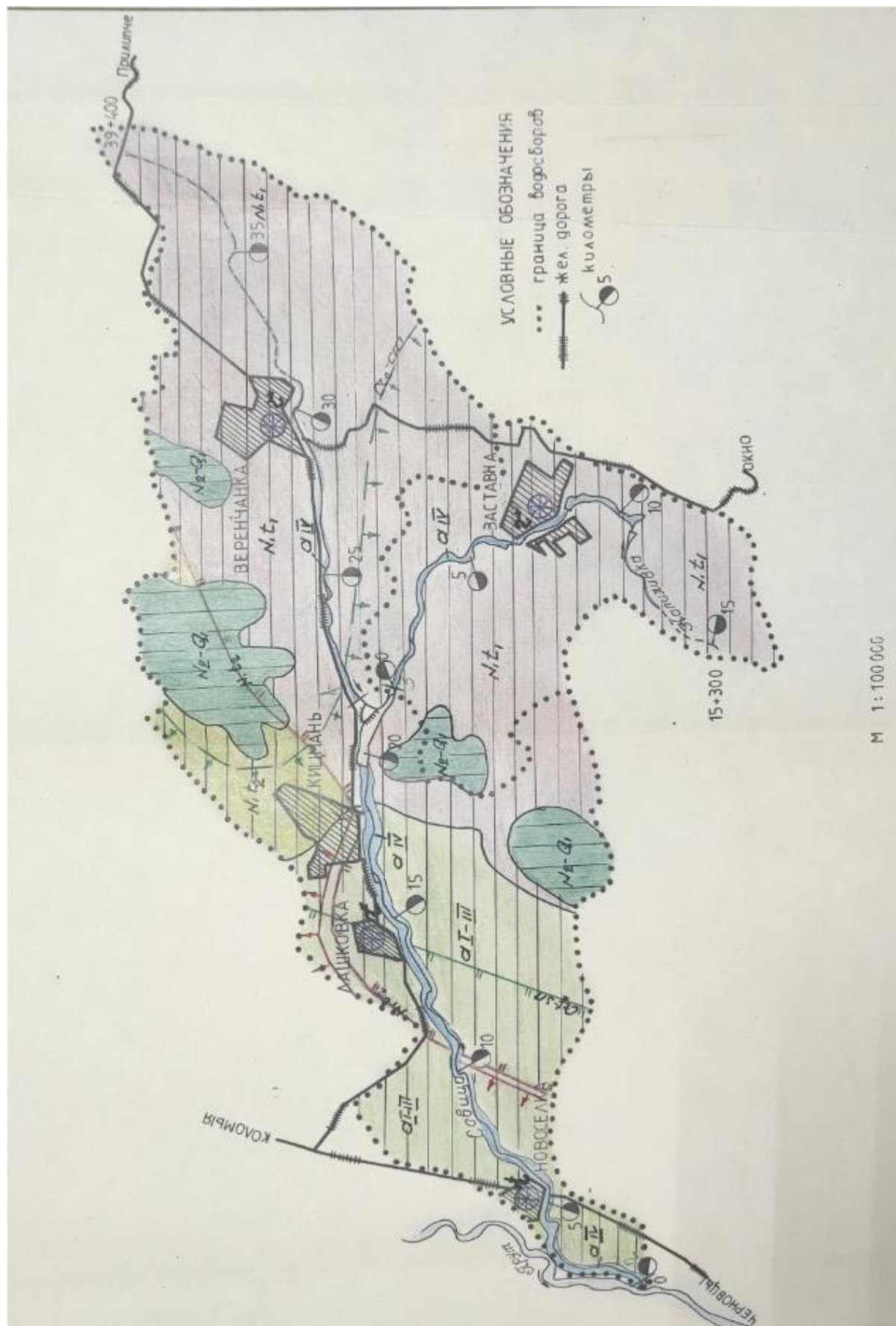


Рис. 2.5.1. Гідрогеологічна карта басейну р. Совиця Кіцманська [29].

**Таблиця 2.5.1.
Характеристика водоносних горизонтів басейну [29].**

Водоносний горизонт (геол. індекс)	Живлення	Розвантаження	Практичне використання	Район поширення	Глибина залягання, м	Потужність, м	Літологічний склад	Коеф. фільтрації, м/добу	Статичний рівень, м	Коливання рівня, м	Промисловий вододбір, л/с	Величина пониження рівня, м	Валовий дебіт, л/с
Сучасний алювіальний горизонт (a IV)	Інфільтрація атмосферних опадів	Річка Совиця та приток	Колодязі	Заплави річок, днища балок	0,0–0,5	2–10	Торф, суглинки, піски, супісок, галька	0,05–1,5	0,5–1,0	Підйом до поверхні	0,03–0,09	Н.С.	Н.С.
Алювіальні відклади a I–III	-	Річка Совиця Кіцманська	Свердловини, колодязі	Південна частина басейну	4–7	5–8	Суглинки, піски, супісок, галька	0,5–2,5	4–7	Залежить від метеофакторів	0,5–3,0	1,0...–1,5	0,4 – 0,6
Пліоценовий горизонт N2–Q1	Інфільтрація атмосферних опадів	Річка Совиця Кіцманська	Колодязі	Схили долини	10–15	3–5	Суглинки з галькою і піском	0,06–1,1	10–15	-1-2	0,2 – 0,4	Н.С.	Н.С.
Підземні води спорадичного поширення верхнього ртонського горизонт Косовської свити(N1t2)	Атмосферні опади	-	-	Південно-західна частина басейну	5–10	1–3	Глини, піски, пісковики, мергелі, туфіти	0,8–2,1	5–10	Залежить від метеофакторів	-0,1 – 0,2	Н.С.	Н.С.
Нижнього ртонського горизонт (N1t1)	Атмосферні опади	-	Великі і дрібні водокористувачі, свердловини, колодязі	Північно-східна частина басейну	5–45	3–5	Глини, гіпси, піски, мергелі	0,9–2,2	5–30 – 65	-Н.С.	0,2 – 1,0 – 1,8	10-20	0,09 – 0,12
Сеноманський горизонт (Cr2Cm)	Атмосферні опади, перетік вод	Долина річки прут	Потужні споживачі води свердловин	Поширений повсюдно	120–160	10–20	Пісковики кварцово-глауконітові з прошаками піска	4–10	95 – 150	Н.	1,5 – 2,1	10–20	0,09 – 0,15

Найглибшим і найбільш водоносним є сеноманський горизонт (Sen), який має регіональне поширення в межах басейну. Він залягає на глибинах 120–160 м і

характеризується потужністю 10–20 м. Водонесні породи представлені кварцово-глауконітовими пісковиками з прошарками піску, що забезпечує високі фільтраційні властивості (4–10 м/добу). Живлення горизонту здійснюється за рахунок атмосферних опадів і перетікань з вищезалягаючих водонесних комплексів, а розвантаження пов'язане з долинами великих річок, зокрема Пруту. Статичні рівні перебувають на глибинах 95–150 м, а експлуатаційні дебіти свердловин досягають 10–20 л/с, що робить цей горизонт основним джерелом централізованого водопостачання [24, 28, 29, 32].

У цілому гідрогеологічні умови басейну визначаються поєднанням неглибоких ґрунтових і алювіальних вод, що мають тісний зв'язок із поверхневим стоком і чутливі до кліматичних факторів, та глибших неогенових і крейдових горизонтів із більш стабільним режимом і значними експлуатаційними ресурсами. Саме така багатоярусна структура зумовлює різний рівень водозабезпеченості окремих ділянок басейну та визначає напрями раціонального використання підземних вод.

РОЗДІЛ 3. ЦИФРОВА МОДЕЛЬ ВОДОЗБОРУ ТА РІЧКОВОЇ МЕРЕЖІ РІЧКИ СОВИЦЯ КІЦМАНСЬКА В SAGA GIS ТА QGIS 3.34.10

3.1. Гідрологічне моделювання в настільних ГІС: можливості QGIS та SAGA для малих річкових басейнів

Гідрологічне моделювання малих річкових басейнів, до яких належить Совиця Кіцманська, доцільно будувати як послідовний процес роботи у двох настільних геоінформаційних системах – QGIS 3.34.10 та SAGA GIS. Ці програми взаємодоповнюють одна одну: QGIS забезпечує зручне середовище для організації даних, підключення картографічних сервісів, візуалізації результатів та «наведення» фінальної гідрологічної сітки, тоді як SAGA GIS виконує основні обчислювальні операції на основі цифрової моделі рельєфу, реалізуючи повний набір гідрологічних алгоритмів. У випадку невеликого, але антропогенно сильно трансформованого басейну, як Совиця Кіцманська, таке поєднання дає можливість не лише математично змодельовати стік, а й максимально наблизити отриману цифрову гідромережу до реальної картини на місцевості.

Роль QGIS 3.34.10 у цьому процесі полягає насамперед у роботі з фоновими та опорними даними і формуванні фінального векторного шару гідрологічної сітки. У QGIS були підключені всі базові ресурси, що використовувалися для інтерпретації та уточнення структури басейну: супутникові підкладки Google через XYZ tiles (режим `lyrs=s`), базова карта OpenStreetMap, детальні карти Visicom Maps, космічні знімки Sentinel-2 L2A (True Color) за 26.10.2025, а також цифрова модель рельєфу Copernicus DEM з роздільністю 30 м [4]. Саме у цьому середовищі відбувалося просторове зіставлення результатів DEM-моделювання із реальними контурами полів, доріг, меліоративних каналів, ставків, лісосмуг і забудови. На основі накладання гідрологічних растрів, отриманих у SAGA, на супутникові знімки та векторні шари в QGIS було виконано редагування й узгодження фінальної гідромережі: уточнювалося розташування русла Совиці Кіцманської, дрібних приток, каналів відведення води, а також положення витоків і місць злиття потоків. Таким чином, у QGIS ми фактично «наводили»

гідрологічну сітку, переводячи синтетичний результат моделювання в узгоджений з картографічною реальністю векторний шар, придатний для аналізу й картографування.

Усі основні гідрологічні розрахунки виконувалися безпосередньо в SAGA GIS з використанням профільних модулів блоку Terrain Analysis – Hydrology. Вихідною основою виступала DEM Copernicus, яку попередньо було перепроєктовано та обрізано в QGIS у межах досліджуваного басейну. Першим кроком стало заповнення замкнених депресій за допомогою модуля Fill Sinks (Wang & Liu) (рис.3.1.1.). Ця операція усуває артефакти рельєфу, які перешкоджають коректному розрахунку напрямків стоку, але при цьому зберігає загальну морфологію поверхні.

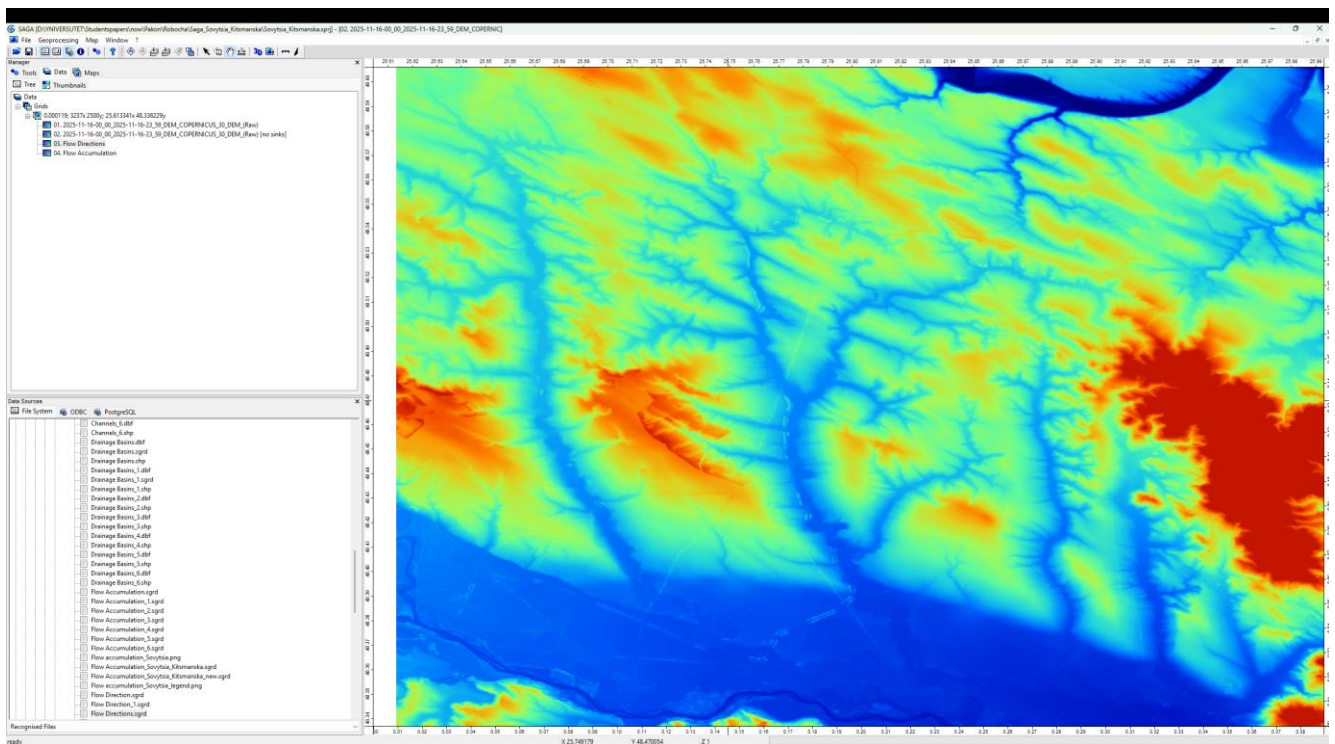


Рис. 3.1.1. Створена цифрова модель поверхні басейну р. Совиця Кіцманська на основі DEM_COPERNICUS_30_DEM_(Raw) [no sinks]

Для рівнинно-лесової території з меліоративними системами, де можуть бути як реальні замкнені улоговини (ставки, кар'єри, заповнені водойми), так і штучні «ями» даних у DEM, коректне налаштування Fill Sinks є принциповим моментом. Наступною операцією був розрахунок напрямків стоку (Flow

Direction), який дозволяє визначити для кожної комірки DEM, куди спрямований поверхневий стік [5]. Залежно від завдання можна застосовувати як детермінований восьминапрямлений алгоритм (D8), так і мультинапрямлені схеми; однак для побудови структури гідромережі у невеликому басейні з помірним ухилом D8 дає достатньо стабільний результат.

Після визначення напрямків стоку було використано модуль Flow Accumulation для розрахунку поля акумуляції. Кожне значення в цьому растрі відображає «розмір» водозбору, що стікає через відповідну комірку. Саме на основі акумуляції задається поріг для виділення лінійної гідромережі: комірки з акумуляцією, що перевищує певне значення, інтерпретуються як русла постійних або тимчасових водотоків. Далі застосовувався модуль Channel Network [5] and Drainage Basins, який автоматично формує руслову мережу, визначає її ієрархію (порядки річок), виділяє межі дренажних суббасейнів для кожної гілки мережі та генерує векторні шари річкових ліній і полігонів водозборів. Отримана таким чином синтетична гідромережа для басейну Совиці Кіцманської слугувала основою, що згодом уточнювалася в QGIS шляхом візуального порівняння з Google, OpenStreetMap, Visicom та Sentinel-2.

Крім побудови каркаса гідромережі, у SAGA використовувалися набір модулів для розрахунку похідних гідроморфометричних індексів, які є особливо цінними при аналізі малих басейнів. Модулі Topographic Wetness Index (TWI) та SAGA Wetness Index дозволили виділити потенційно перезволожені ділянки, де за поєднанням локального уклону і величини водозбірної площі можливе накопичення вологи, формування заболочених фрагментів заплави, днищ балок і полів із застійним зволоженням. Індекси Stream Power Index (SPI) та LS-Factor використовувалися для оцінки потенційної ерозійної небезпеки на схилах: високі значення цих показників вказують на ділянки, де поєднання похилу й акумульованого стоку створює найбільшу ймовірність розвитку лінійної ерозії, промоїн та ярів. Усі ці растри індексів експортувалися з SAGA до QGIS, де накладалися на фонові знімки Sentinel-2 і карти Visicom, що дозволило перевірити

відповідність модельних «вологих» та «ерозійно небезпечних» зон реальним болотистим урочищам, ярам, підтопленням ділянок та зонам замулення ставків.

Таким чином, можливості SAGA GIS у гідрологічному моделюванні малих річкових басейнів реалізуються через повний цикл DEM-орієнтованих операцій: від підготовки ЦМР (Fill Sinks) і розрахунку стоку (Flow Direction (рис. 3.1.2.), Flow Accumulation) до автоматизованого виділення гідромережі й водозборів (Channel Network and Drainage Basins) та поглибленого аналізу просторового розподілу вологості й ерозійних ризиків (TWI, SAGA Wetness Index, SPI, LS-Factor та інші модулі) [5]. Усі ці кроки забезпечують математичне ядро моделі, але без інтеграції з QGIS і багат шаровим картографічним контекстом вони залишалися б суто «лабораторними» результатами.

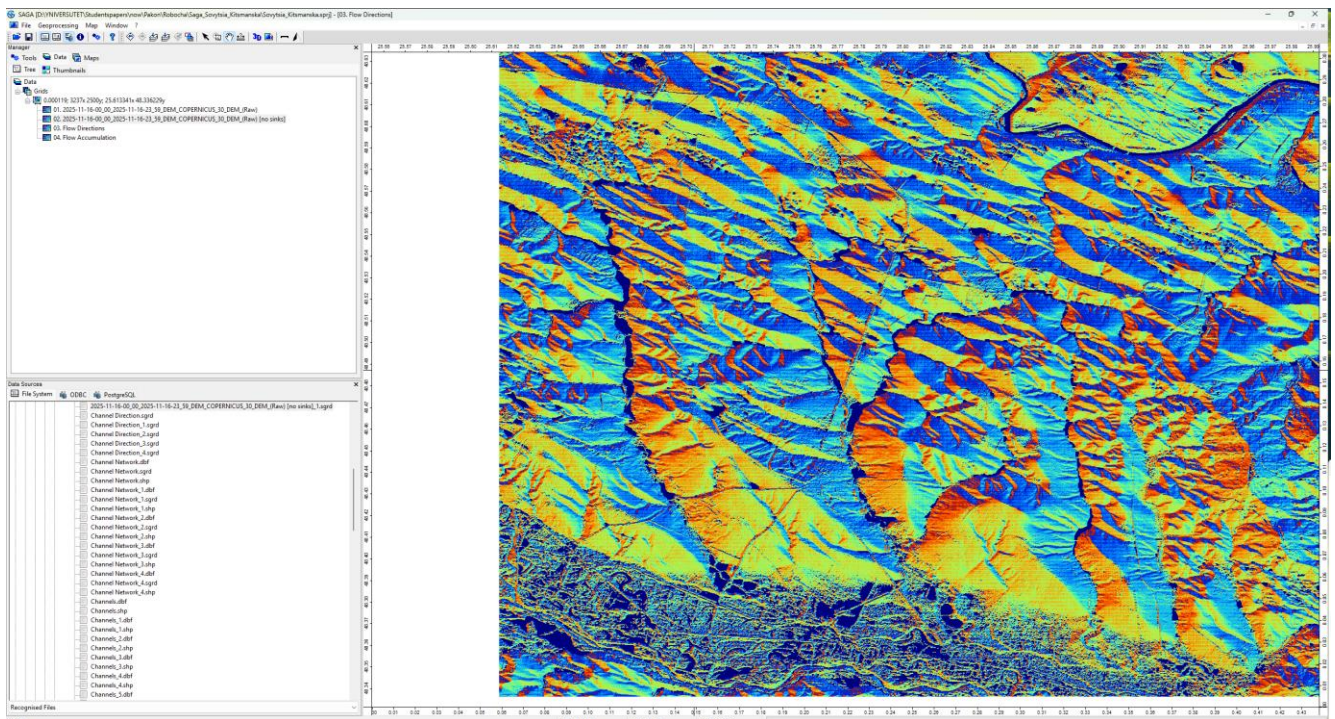


Рис. 3.1.2. Створена цифрова модель розрахунку стоку Flow Direction басейну р. Совиця Кіцманська

Можливості QGIS 3.34.10 для моделювання невеликих басейнів полягають у тому, що ця система дозволяє організувати всі дані в єдиному проєкті, забезпечити їхню візуальну перевірку та довести синтетичну гідромережу до вигляду, максимально сумісного з реальною гідрографічною і ландшафтною

структурою. У QGIS підключено DEM Copernicus, результати усіх SAGA-розрахунків, супутникові знімки Sentinel-2, фон Google, базову карту OpenStreetMap і детальні карти Visicom. Саме тут формуються кінцеві векторні шари: гідромережа, межа басейну, контури суббасейнів, ділянки з підвищеною вологістю чи ерозійною небезпекою, які потім використовуються для подальшого аналізу й картографічного відображення. Іншими словами, SAGA дає потужний

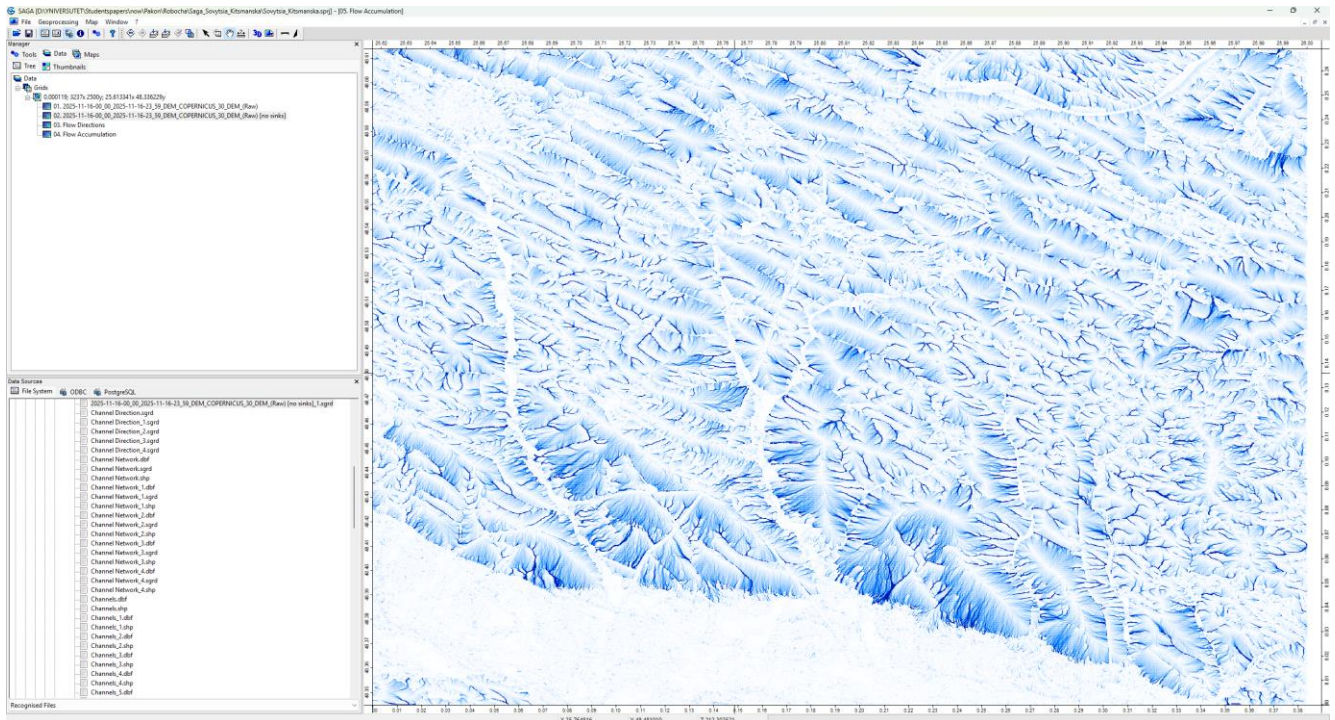


Рис. 3.1.3. Створена цифрова модель розрахунку стоку Flow Accumulation басейну р. Совиця Кіцманська

набір гідрологічних модулів, а QGIS надає можливість «приземлити» результати моделювання до конкретної території малих річкових басейнів, узгодити їх із фактичними картографічними й дистанційними даними та перетворити в цілісну цифрову карту з високим ступенем просторової й змістовної достовірності.

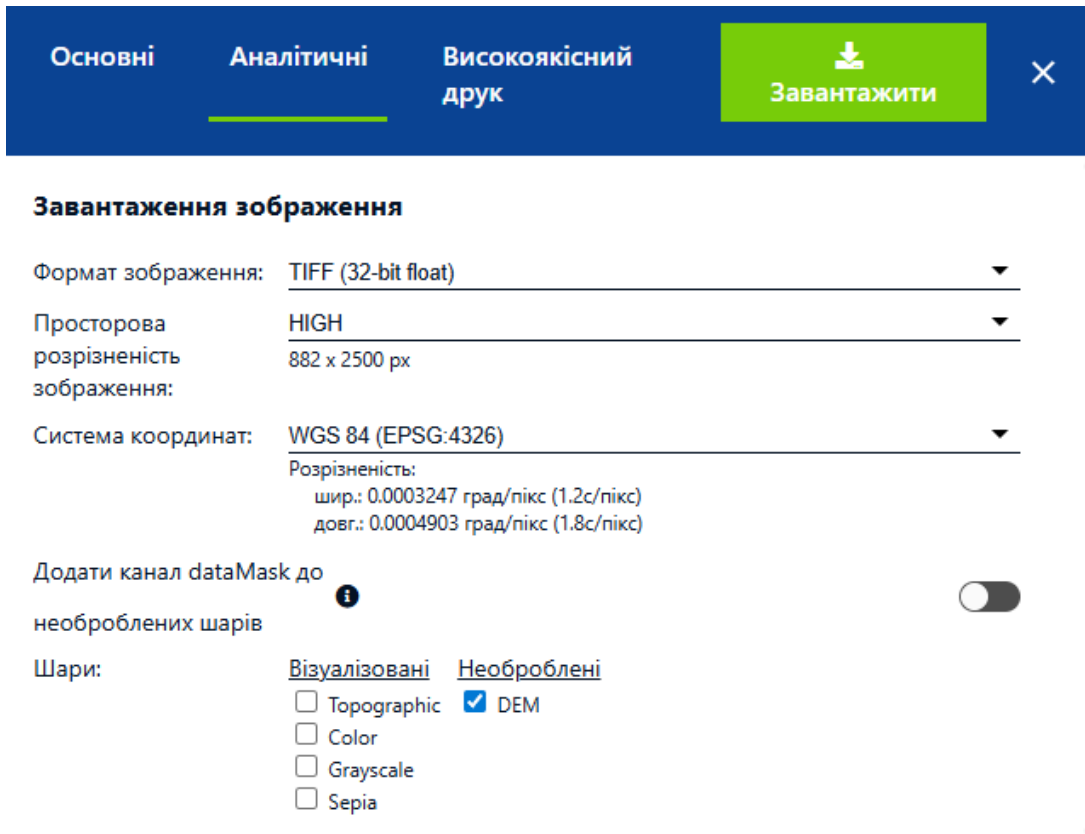
3.2. Вихідні просторові дані та програмне забезпечення для побудови цифрової карти басейну Совиці Кіцманської

Побудова цифрової карти басейну річки Совиця Кіцманська спирається на узгоджену систему просторових даних різної природи та походження, інтегровану

в єдиному проєкті QGIS 3.34.10 і доповнену гідрологічним аналізом у SAGA GIS. Вихідні шари можна умовно поділити на чотири основні групи: цифрова модель рельєфу, супутникові знімки, онлайн-картографічні підкладки та векторні шари, що описують адміністративну й гідрографічну структуру території. Разом вони створюють повноцінну інформаційну основу для моделювання водозбору, річкової мережі та подальшого картографічного відображення результатів.

Ключовим висотним джерелом є цифрова модель рельєфу Copernicus DEM (<https://browser.dataspace.copernicus.eu>) з просторовою розрізненістю 30 м, побудована на базі комбінації кількох глобальних ЦМР із використанням WorldDEM™ як опорного шару. Цей продукт репрезентує поверхню Землі з урахуванням будівель, транспортної інфраструктури та рослинного покриву, що є принципово важливим для такої освоєної території, як басейн Совиці Кіцманської. DEM була завантажена у форматі GeoTIFF, перепроєктована в єдину систему координат, узгоджену з іншими шарами, та обрізана в межах досліджуваного водозбору. Надалі саме на цю модель спираються всі гідрологічні розрахунки в SAGA GIS: заповнення замкнених западин, визначення напрямків стоку, обчислення полів акумуляції, виділення гідромережі та меж дренажних суббасейнів.

Для характеристики сучасного стану землекористування, заплав, ставків та перезволожених територій використано космічні знімки Sentinel-2 L2A (True Color) за інтервал 26.10.2025 (00:00–23:59), отримані з платформи Copernicus. Сцена з просторовою роздільною здатністю 10 м завантажувалась до QGIS як окремий растровий шар із природним поєднанням каналів, що дозволило надійно розрізняти ріллю, луки, лісові масиви, водні поверхні та заболочені ділянки. Конкретна дата зйомки дає змогу прив'язати спостережуваний стан поверхні до осіннього періоду, коли основні польові роботи завершено і структура землекористування добре читається. Ці знімки використовувалися як незалежна еталонна основа при перевірці коректності гідрологічної моделі, виділенні заплавних та мокрих ділянок, уточненні положення штучних та природних водойм у межах басейну.



Завантаження зображення

Формат зображення: TIFF (32-bit float) ▼

Просторова розрізненість зображення: HIGH ▼
882 x 2500 px

Система координат: WGS 84 (EPSG:4326) ▼
Розрізненість:
шир.: 0.0003247 град/пікс (1.2с/пікс)
довг.: 0.0004903 град/пікс (1.8с/пікс)

Додати канал dataMask до необроблених шарів ☐

Шари: Візуалізовані Необроблені

☐ Topographic ☒ DEM

☐ Color

☐ Grayscale

☐ Sepia

Рис. 3.2.1. Вікно налаштування завантаження цифрової моделі рельєфу Copernicus DEM у сервісі Copernicus Data Space Browser (формат GeoTIFF, просторове розрізнення HIGH).

Важливу роль у побудові цифрової карти відіграють онлайн-картографічні сервіси, підключені до QGIS 3.34.10 через механізм XYZ tiles. Супутникова підкладка Google у режимі `lyrs=s` завантажувалася за URL `https://mt1.google.com/vt/lyrs=s&x={x}&y={y}&z={z}` [11] і забезпечувала детальне растрове зображення території з високою візуальною якістю. На цих знімках добре простежуються контури полів, лісосмуги, ярі, канали, каскади ставків і забудова, що дозволило використовувати Google як оперативний інструмент валідації результатів моделювання: змодельовані русла, вододіли та зони концентрації стоку порівнювалися з реальною картиною, видимою на супутникових зображеннях. Додаткову перевірку часової актуальності здійснювали через Google Earth / Google Earth Pro, де для тієї ж території відображається дата супутникової зйомки; це дозволило встановити, що підкладка, яка фактично підтягується в QGIS, відповідає знімкам станом на

початок осені 2024 року, тобто є добре узгодженою в часі із Sentinel-2 за жовтень 2025 року для задач морфологічного аналізу та загальної структури землекористування та побудови цифрової моделі рельєфу.

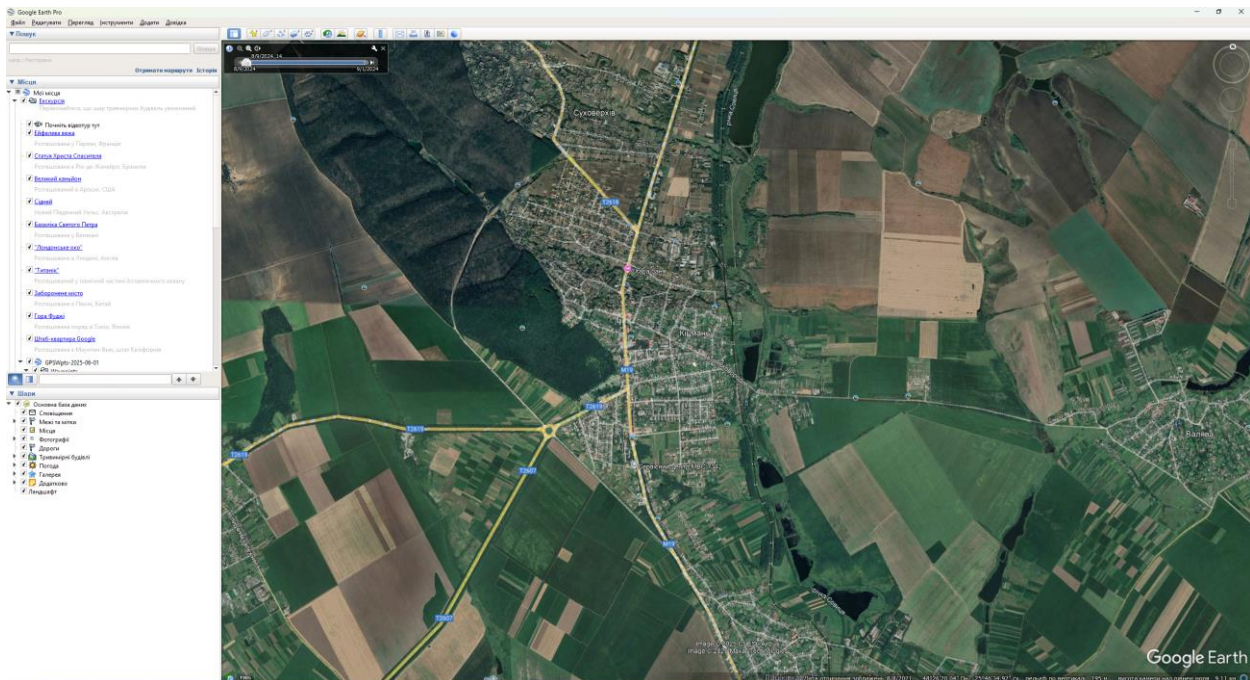


Рис. 3.2.2. Встановлення дати актуального супутникового знімка Google Earth для досліджуваної ділянки (01.09.2024).

Базова карта OpenStreetMap підключалася як XYZ-сервіс за адресою <https://tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png> і виконувала роль векторно орієнтованого «каркасу» території. На ній відображено дорожню мережу, межі населених пунктів, гідрографічні об'єкти, лінії інженерної інфраструктури. Ця інформація використовувалася для просторової прив'язки гідрологічних результатів, уточнення положення річкової мережі щодо доріг, мостів, вулиць, а також при інтерпретації меж вододілів, які нерідко збігаються з польовими дорогами та іншими лінійними елементами ландшафту.

Деталізованим національним джерелом став сервіс Visicom Maps, який підключався до QGIS як окрема великомасштабна картографічна підкладка через веб-інтерфейс <https://maps.visicom.ua/...> Карти Візіком містять значно вищу щільність інформації щодо забудови, квартальної структури населених пунктів, польових доріг, меліоративних каналів, окремих інженерних споруд, лісових

масивів та інших дрібних елементів. Для басейну Совиці Кіцманської саме ці дані виявилися ключовими при уточненні конфігурації дрібних водотоків, спрямлених меліоративних каналів, каскадів ставків та локальних вододілів. Порівняння синтетичної гідромережі, отриманої в SAGA, з картами Visicom дозволило коригувати положення русел там, де рельєф згладжений і DEM не дає однозначного сигналу, а реальне русло зумовлене антропогенними структурами – насипами, каналами, дорогою по гребеню тощо.

Структуру векторних даних у проєкті було організовано таким чином, щоб забезпечити повну підтримку гідрологічного аналізу. Окремими шарами представлені межі адміністративних одиниць, контур басейну річки Совиця Кіцманська, отриманий за результатами DEM-моделювання та уточнений за картографічним матеріалом, річкова мережа з поділом на головне русло та притоки, ареали ставків і штучних водойм, а також контури виділених дренажних суббасейнів. Усі ці векторні набори зберігаються у форматі GeoPackage / ESRI Shapefile і прив'язані до єдиної системи координат - EPSG:3857 - WGS 84 / Pseudo-Mercator [15]. Частина векторної інформації (дорожня мережа, окремі гідрографічні об'єкти) запозичена з OpenStreetMap і Visicom, частина – створена вручну шляхом оцифрування по супутникових знімках та результатах гідрологічного моделювання в SAGA GIS.

Програмне забезпечення, яке забезпечує реалізацію всього цього комплексу, включає QGIS 3.34.10 як основну платформу для управління геоданими, візуалізації, оцифрування і картографічного оформлення, а також актуальну стабільну версію SAGA GIS, що підключена до QGIS через панель Processing Toolbox. У QGIS виконуються завантаження, організація та попередня обробка DEM, супутникових знімків та картографічних сервісів, а також фінальне редагування векторної гідромережі й меж басейну. У SAGA реалізовано обчислювальну частину гідрологічного аналізу: Fill Sinks, Flow Direction, Flow Accumulation, Channel Network and Drainage Basins, обчислення TWI, SAGA Wetness Index, SPI, LS-Factor та інших похідних індексів, які потім повертаються до QGIS у вигляді растрових і векторних шарів.

Отже, вихідні просторові дані для побудови цифрової карти басейну Совиці Кіцманської становлять взаємопов'язану систему DEM Copernicus, супутникових знімків Sentinel-2, онлайн-підкладок Google, OpenStreetMap і Visicom, а також векторних шарів гідрографії, адміністративних меж та антропогенних об'єктів. Їх інтеграція в середовищі QGIS 3.34.10 [11-15] та використання гідрологічних модулів SAGA GIS забезпечують достатній рівень просторової та часової точності для побудови надійної цифрової гідрологічної моделі малого річкового басейну[5,15].

3.3. Методика побудови цифрової гідрографічної моделі басейну річки Совиці Кіцманської

Побудова цифрової гідрографічної моделі для басейну Совиці Кіцманської складалася з двох логічно пов'язаних блоків: автоматизованого одержання первинної гідромережі за DEM у SAGA GIS та подальшого формування структурованої бази даних у QGIS 3.34.10, де були уточнені лінії постійних і тимчасових водотоків, контури ставків та інші елементи гідрографії. На виході було отримано єдину векторну модель, що містить лінійні та полігональні шари з атрибутами, необхідними для аналізу стану водної мережі, оцінки антропогенної трансформації русел і водних об'єктів.

На першому етапі, спираючись на Copernicus DEM, у SAGA GIS виконувалися операції Fill Sinks, Flow Direction, Flow Accumulation та Channel Network and Drainage Basins [5]. Результатом цього блоку стала синтетична «скелетна» гідромережа у вигляді лінійного шару та полігональні межі дренажних суббасейнів. Лінії водотоків експортувалися в форматі ESRI Shapefile і завантажувалися до проекту QGIS. На цьому етапі мережа відображала загальну структуру стоку, але не враховувала локальні меліоративні канали, штучні спрямлення та реальний стан дрібних приток, тому потребувала детального редагування на основі супутникових знімків і картографічних підкладок.

Другий етап полягав у створенні тематичної бази даних гідрографії безпосередньо в QGIS (рис. 3.3.1) [11-15]. Було сформовано декілька ключових

векторних шарів типу «лінія»: основне русло річки (_Data_Base – Sovytsia), тимчасові водотоки (_Data_Base – Temporary_Sovytsia_Kitsmanska), а також шар меж басейну й суббасейнів, отриманий із SAGA та уточнений за картами Visicom і OpenStreetMap. Початкові лінії з SAGA використовувались як «скетч»; далі в режимі редагування вони зміщувалися, розривалися й з'єднувалися так, щоб точно відповідати трасі русел, видимих на Google-підкладці, Sentinel-2 та картах Візіком.

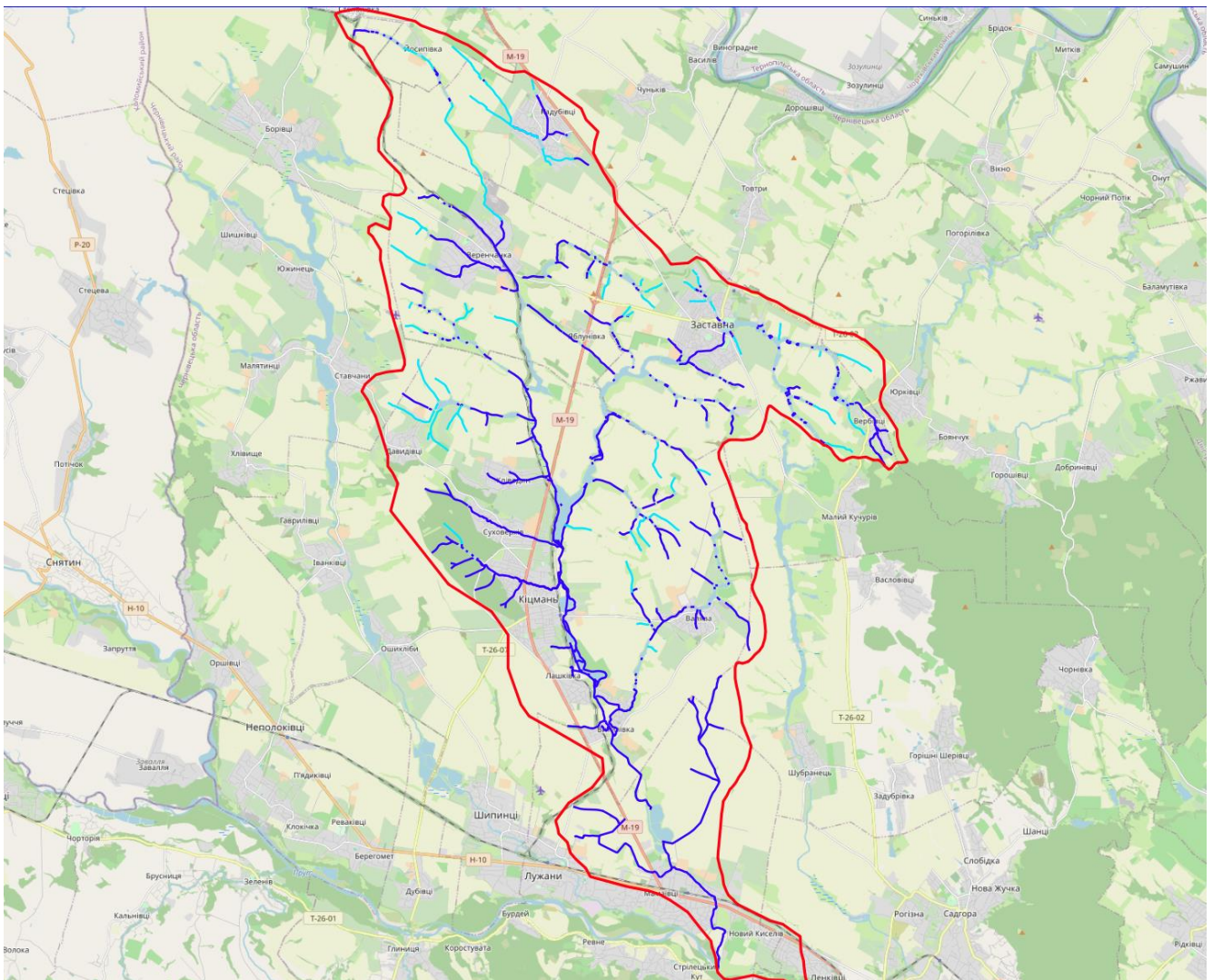


Рис. 3.3.1. Формування шарів що відображають постійні і тимчасові потоки в басейні р. Совиця Кіцманська в QGIS 3.34.10.

На основі сезонної стійкості водної поверхні та характеру заповнення русла кожному відрізку в атрибутивній таблиці присвоювався тип: постійний водотік,

тимчасовий/пересихаючий, меліоративний канал, розоране русло. Тимчасові водотоки ідентифікувалися за тим, що на супутникових знімках вони проявляються як слабо виражені пониження з лінійними смугами рослинності або слідами вологих ґрунтів, тоді як на Google-знімках з інших сезонів не формують стійкої водної поверхні.

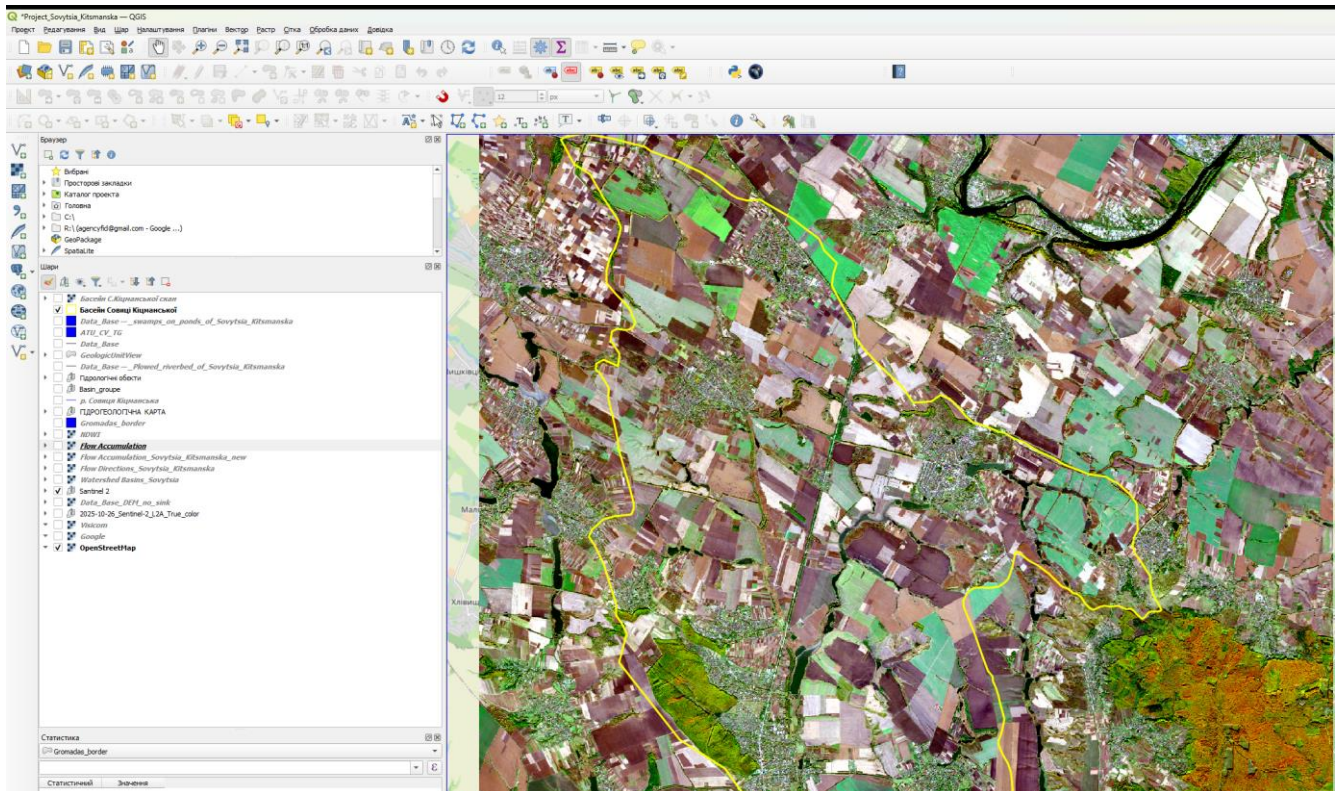


Рис. 3.3.2. Використання космічних знімків Sentinel-2 L2A (True Color) за інтервал 26.10.2025 (00:00–23:59) для басейну р.Совиця Кіцманська

Паралельно створювалась полігональна база даних ставків та водойм. На основі Sentinel-2 (True Color), Google та карт Візіком контури кожного ставу оцифровувались у вигляді окремих полігонів. Водні об'єкти з відкритою водною поверхнею протягом усього вегетаційного сезону - шар _data_base_Ponds_on_river_Sovitsya [10].

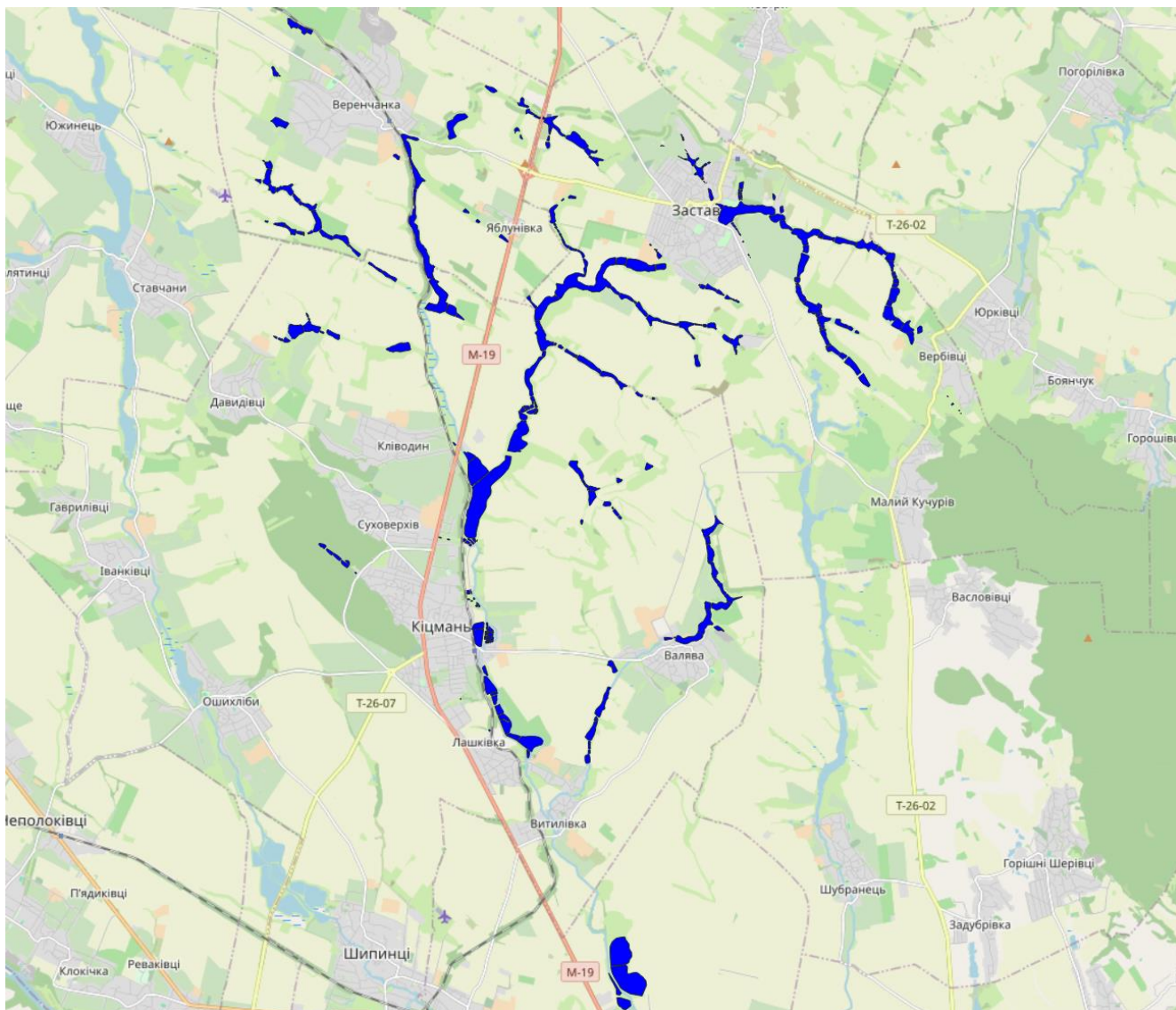


Рис. 3.3.2. Формування шару `data_base_Ponds_on_river_Sovytsia_Kitsmanska` куди були занесені всі вставки в програмному інструментарії QGIS 3.34.10.

Окремим елементом методики було врахування адміністративно-територіального контексту. До проекту QGIS було завантажено векторний шар меж територіальних громад, у межах яких розташований басейн Совиці Кіцманської. Цей шар використовувався для обрізання картосхем до меж відповідальної громади, аналізу розподілу водних об'єктів і гідромережі між різними адміністративними одиницями, а також для подальшого використання результатів моделювання в управлінських документах. Усі шари було приведено до єдиної системи координат (WGS 84 / UTM або місцевої проекції) [13], що забезпечило коректні вимірювання довжин, площ та відстаней.

Після завершення оцифрування і класифікації кожен шар було стилізовано відповідно до прийнятої легенди: постійні водотоки позначалися насиченим синім кольором, тимчасові – світло-блакитним, розорані чи каналізовані ділянки – пунктирними лініями іншого тону; діючі ставки, напівзаболочені та занедбані водойми відрізнялися відтінками зеленого й блакитного. Таким чином, цифрова гідрографічна модель поєднала результати DEM-моделювання, візуальний аналіз супутникових знімків і детальне ручне редагування в QGIS, що забезпечило високу просторову та змістовну відповідність відтвореної гідромережі реальному стану басейну річки Совиці Кіцманської.

3.4. Практична реалізація гідрологічного аналізу для басейну річки Совиця Кіцманська в SAGA GIS

Під час виконання роботи ключовим етапом стала побудова єдиної цифрової гідромережі басейну річки Совиця Кіцманська шляхом співставлення та інтеграції різних джерел геопросторової інформації. Для цього у QGIS 3.34 послідовно поєднувалися супутникові знімки Sentinel-2, онлайн-підкладки Google, OpenStreetMap і Visicom, а також були створені векторні шари гідрографії та адміністративних меж, які надалі були об'єднані в одну базу даних формату GeoPackage з розширенням *.gpkg, що виступала єдиним контейнером для всієї просторової інформації по басейну.

На першому етапі до проєкту QGIS були завантажені знімки Sentinel-2 для території басейну річки Совиця Кіцманська з порталу Copernicus Browser (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>). Відбиралися сцени з мінімальною хмарністю (приблизно до 10 %) у вегетаційний період, коли водні об'єкти, перезволожені ділянки й контури заплави мають максимальний контраст порівняно з навколишніми угіддями. На основі цих даних у QGIS були сформовані стандартні кольорові композиції (передусім комбінації каналів B4–B3–B2 та B8–B4–B3), а далі з використанням растрового калькулятора побудовано спеціалізований растровий шар, що відображає потенційно заболочені території. Для цього застосовувалася комбінація спектральних

індексів, чутливих до вологості й рослинності (зокрема NDWI, MNDWI та показників на основі B8, B11 і видимого діапазону), з пороговими значеннями, які дозволили виділити ділянки із надлишковим зволоженням, застійними водами та заболоченою заплавою. Оскільки у Sentinel-2 частина каналів має просторову розрізненість 10 м, а частина – 20 м, перед обчисленням індексів і створенням інтегрального шару заболочених територій було виконано ресемплінг 20-метрових каналів до просторової розрізненості 10 м. Це забезпечило коректність піксель-до-піксельних розрахунків у растровому калькуляторі та узгодженість усіх залучених спектральних каналів. Отриманий у результаті растровий шар заболочених і перезволожених ділянок використовувався разом із візуальними RGB-композиціями як базова підоснова для уточнення конфігурації русла річки, її приток, ставків, заплавних понижених форм і зон зарегулювання стоку.

Необхідно також зауважити що з порталу Copernicus Browser використовувався DEM з розширенням 30м для подальшої роботи в SAGA GIS.

Паралельно до проєкту були підключені онлайн-підкладки: супутникові зображення Google, базова карта OpenStreetMap і детальна картографічна підкладка Visicom. Усі вони були завантажені як XYZ-tiles-сервіси через відповідні URL-шаблони. Ці шари виконували роль детального фоново-орієнтувального матеріалу для уточнення положення русла, берегової лінії ставків, ліній доріг та меж населених пунктів. Саме співставлення текстурованих супутникових зображень Google і Visicom із спектральною інформацією Sentinel-2 дозволило краще відрізнити тимчасові водотоки від ерозійних форм без постійного стоку та локалізувати дрібні ставки, які не завжди чітко видимі на супутникових сценах середньої роздільної здатності.

На основі цієї растрової основи було створено систему векторних шарів гідрографії. Спочатку до проєкту водні об'єкти були оцифровані у векторні шари річкової мережі (лінійні об'єкти основного русла Совиці Кіцманської й її приток) з зазначених, відкрити джерел. Для цих шарів проводилася перевірка просторової точності шляхом їхнього накладання на підкладки Sentinel-2, Google, OpenStreetMap і Visicom. Там, де лінії річок суттєво зміщувалися від реального

положення (наприклад, на випрямлених або зарегульованих ділянках у межах ставків), вони коригувалися за допомогою інструментів редагування QGIS. Одночасно у таблиці атрибутів створювалися поля для кодування об'єктів (ідентифікатор водотоку, назва, тип – основне русло, притока першого, другого порядку тощо), що надалі дозволило виконати класифікацію елементів гідромережі.



Рис. 3.4.1. Фрагмент басейну р. Совиця Кіцманська поблизу с. Витилівка на OpenStreetMap

Далі, шляхом оцифрування по супутникових знімках і онлайн-підкладках, були уточнені та доповнені лінійні шари тимчасових і малих водотоків, які відсутні або узагальнені в стандартних векторних наборах. Для цього в QGIS створювався окремий лінійний шар, у якому вручну проводилися осі ярів, балок і дренажних каналів, по яких у вологі роки або під час зливово-паводкових подій формується стік до основної річки. У атрибутах такого шару фіксувалися тип водотоку (постійний / тимчасовий), орієнтовна довжина, а також примітки щодо його походження (природний яр, меліоративний канал, польовий стік тощо).

Таким чином формувалася повніша картина гідромережі басейну, яка відображає не лише картографовані річки, але й сучасну мережу каналів та ерозійних форм.



Рис. 3.4.2. Фрагмент басейну р. Совиця Кіцманська поблизу с. Витилівка на Vizicom

Окремо було сформовано полігональний шар ставків і водойм. Їхні контури оцифровувалися по знімках Sentinel-2 і високодетальних підкладках Google/Visicom, при цьому уточнювалися обриси гребель, берегової лінії та, за можливості, межі мілководних заток. Для кожного полігона створювалися атрибутивні поля, які дозволили подальшу класифікацію ставків щонайменше за трьома категоріями: активно використовувані (у рибогосподарських, зрошувальних чи рекреаційних цілях), занедбані (частково замулені, зарослі, без видимого господарського використання) та ті, що перебувають на стадії рекультивації або перебудови. Така класифікація базувалася як на аналізі просторових ознак (ступінь заростання, форма берегової лінії, наявність гідротехнічних споруд), так і на результатах польових спостережень.



Рис. 3.4.3. Фрагмент басейну р. Совиця Кіцманська поблизу с. Витилівка на Google maps

Для просторового контексту до проєкту були додані векторні шари адміністративних меж. Зокрема, було імпортовано полігони територіальних громад і межі районів, а також, за потреби, межі земельних ділянок або кадастрових кварталів з відкритих державних геопорталів. Це дало змогу зіставити елементи гідромережі з адміністративною структурою території, що є важливим для подальшого аналізу водокористування, відповідальності за утримання гідротехнічних споруд і планування природоохоронних заходів. Усі адміністративні шари були приведені до єдиної системи координат, синхронізованої з гідрографічними шарами.

Після формування окремих векторних шарів (лінійна гідромережа постійних водотоків, шар тимчасових і дрібних водотоків, полігональний шар ставків і водойм, шари адміністративних меж) була виконана їх інтеграція в єдину базу даних. У QGIS 3.34 для цього було створено базу даних типу GeoPackage (розширення файлу *.gpkg), яка підтримує одночасне зберігання великої кількості

шарів різних типів (лінійні, полігональні, точкові) та їхніх атрибутів у межах одного файлу. Кожен попередньо створений шар було або одразу сформовано в цій базі, або імпортовано до неї з подальшим видаленням «розрізнених» копій. Під час імпорту задавалися єдина система координат і узгоджена структура атрибутивних таблиць: однакові кодові поля для водотоків, уніфіковані назви полів для категорії ставки, адміністративної належності тощо. Надалі всі операції редагування, просторового аналізу й побудови тематичних карт виконувалися вже не над окремими файлами-шарами, а над класами об'єктів, що зберігаються всередині однієї бази GeoPackage.

Варто зазначити що порівняння гідрографічної інформації на всіх картографічних джерелах дає можливість задуматись над методиками наведення гідрографічних об'єктів. Як можна побачити на рисунках Рис. 3.4.1.- 3.4.3. ми маємо певні розбіжності. На фрагменті басейну р. Совиця Кіцманська поблизу с. Витилівка на OpenStreetMap рис. 3.4.1. річка наведена суцільною лінією тільки до дороги М19. На наступному рисунку 3.4.2. (основа карти з сайту Vizicom) її довжина більша на сотню метрів але майже на всіх протяжності ця притока позначена штриховкою що означає її тимчасовий характер. На рисунку 3.4.3. русло протікання можна ідентифікувати в межах густої рослинності. Варто зазначити що розташування русла в межах цієї ділянки відрізняється на 10 метрів в різних місцях. Тому ми за оснву наведення нашої гідросітки здебільшого спирались на порівняння різних картографічних джерел і співставлення з космознімками Google maps та Sentinel-2 (True Color) (Рис. 3.3.2.).

Таким чином, створення цифрової гідромережі басейну річки Совиця Кіцманська ґрунтувалося на комплексному співставленні супутникових знімків Sentinel-2 із онлайн-підкладками Google, Sentinel-2 (True Color), OpenStreetMap і Visicom та відкритими векторними наборами гідрографії й адміністративних меж. Ретельне оцифрування, корекція існуючих ліній річок, виділення тимчасових водотоків і деталізація контурів ставків дозволили побудувати внутрішньо узгоджену гідрографічну модель, а об'єднання всіх шарів у єдину базу даних формату GeoPackage (*.gpkg) забезпечило цілісність, відтворюваність та

подальшу придатність цієї моделі для гідрологічного, гідроморфологічного та еколого-управлінського аналізу басейну.

3.5. Методика визначення довжини водотоків у басейні р. Совиця Кіцманська з допомогою QGIS

Для автоматичного вимірювання довжини річкової мережі в QGIS насамперед важливо, щоб усі векторизовані лінії (гідросітка) були в проєкції з метричною системою координат (у нашому випадку UTM 35N). Наш проєкт, як вище вже було вказано, був створений в WGS84 (градусна проєкція). Для того щоб перевести її в метричну, нами було здійснено перезapis шару «Data_Base – _Sovytsia» шляхом експортування і збереженням з назвою «length – data_base___Sovytsia» (див рис.3.5.1 та рис. 3.5.2.). Отриманий новий, метричний шар ми підключили до проєкту як базовий для подальших розрахунків довжини гідромережі. Через контекстне меню шару «length – data_base___Sovytsia» (правий клік у панелі «Шари» → «Властивості») було відкрито його розділ «Поля» (рис. 3.5.4.). Далі, у верхній частині вікна таблиці ми активували режим редагування (натиснувши олівець) та викликали «Калькулятор поля» за допомогою відповідної піктограми на панелі інструментів (рис. 3.5.3.) [15].

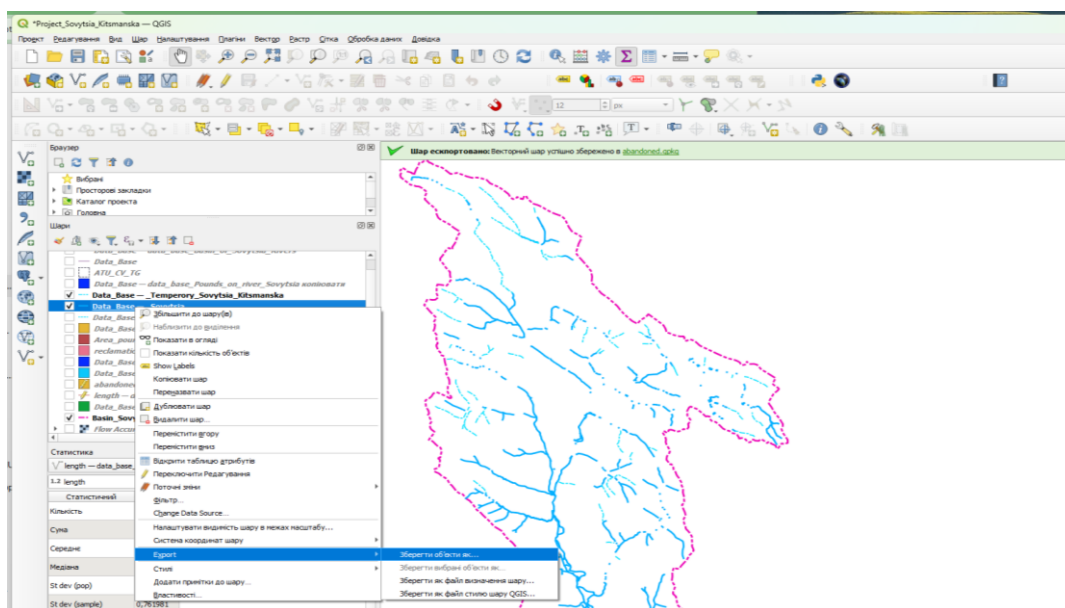


Рис. 3.5.1. Експорт шару гідромережі басейну р. Совиця Кіцманська з проєкції WGS84 у метричну систему координат UTM 35N у середовищі QGIS.

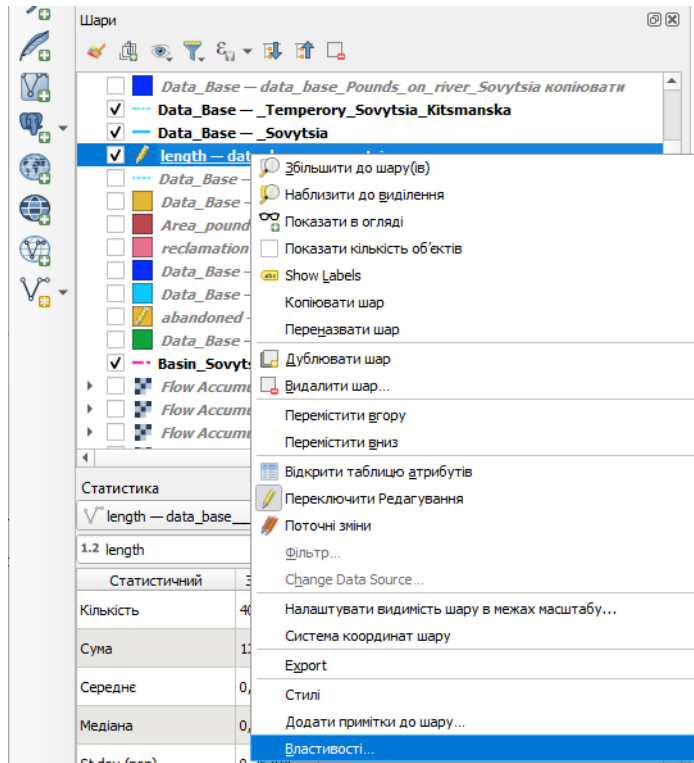


Рис. 3.5.2. Отримання статистичних характеристик поля *Length* метричного шару гідромережі *length__data_base__Sovytsia* у середовищі QGIS

У вікні «Калькулятор поля» ми обрали опцію «Створити нове поле» та задали йому ім'я «length». Тип вихідного поля було змінено з цілого на «Decimal (double)», що дає змогу зберігати дійсні (дробові) значення. Для забезпечення потрібної точності вимірювань довжину поля встановили рівною 10, а точність – 3 знаки після коми. Галочку «Створити віртуальне поле» залишили активною, щоб на цьому етапі не змінювати структуру вихідного шару і мати можливість за потреби переобчислити значення (рис.3.5.3). У блоці «Вираз» із переліку функцій було обрано групу «Геометрія», де подвійним натисканням вставлено функцію \$length, після чого до виразу додано множник перетворення одиниць / 1000. Остаточна формула набрала вигляду \$length / 1000, тобто довжина кожного лінійного об'єкта, розрахована в метрах системою координат UTM 35N, автоматично переводилася у кілометри. Переконавшись, що параметр «Only update selected features» вимкнений (або що виділені всі 405 об'єктів), ми підтвердили обчислення кнопкою ОК.

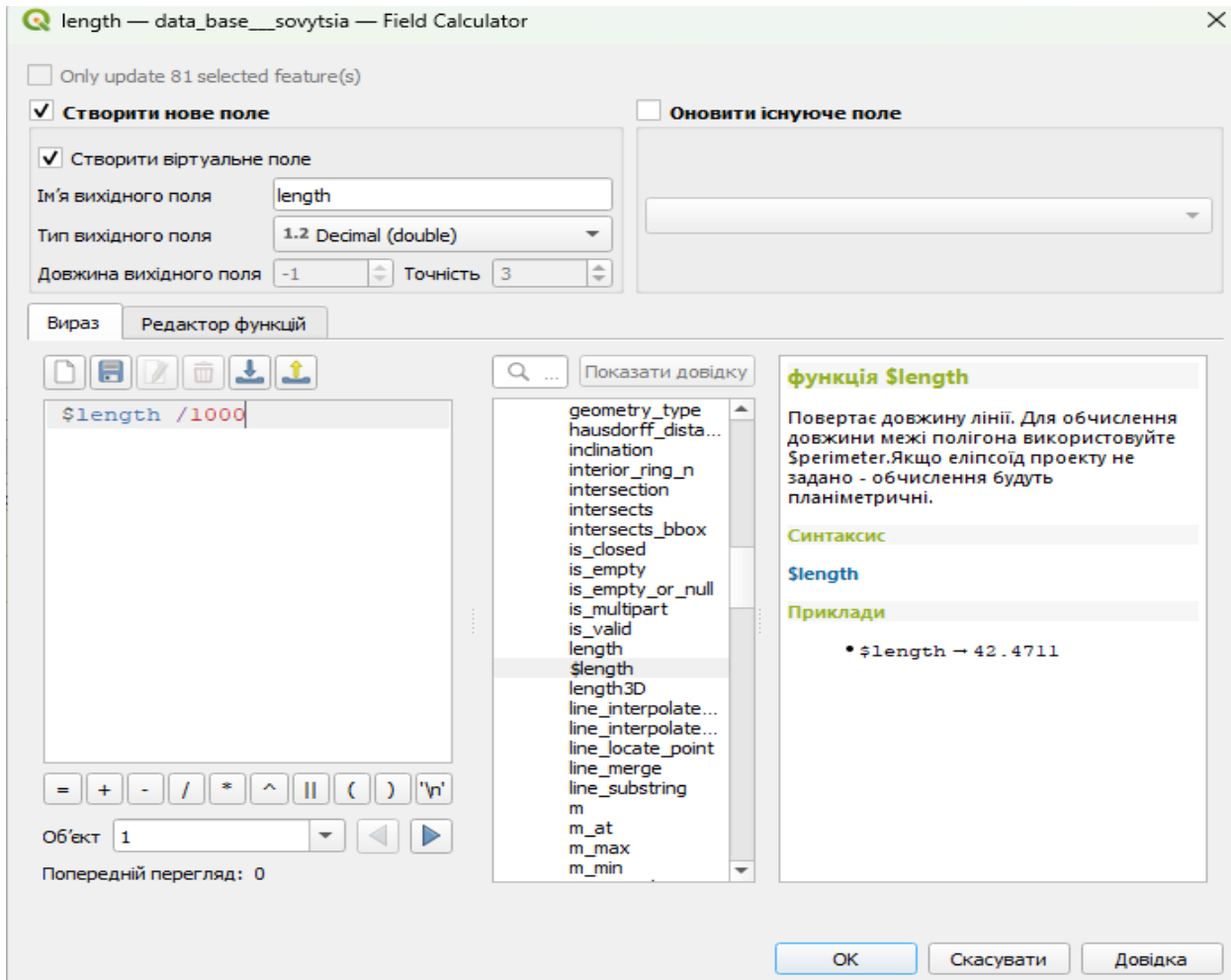


Рис. 3.5.3. Налаштування обчислювача полів у QGIS для створення віртуального поля *length* типу *Decimal (double)* з виразом $\$length / 1000$, яке забезпечує обчислення довжини лінійних об'єктів гідромережі в кілометрах

У результаті в атрибутивній таблиці шару «length_data_base_Sovytsia» з'явилося нове віртуальне поле «length», заповнене невід'ємними дійсними значеннями, які відображають довжину кожного сегмента гідромережі в кілометрах. Саме це поле стало основою для подальшого статистичного аналізу, зокрема для визначення сумарної довжини річкової мережі басейну Совиці Кіцманської за допомогою інструмента «Статистичний звіт», як описано далі.

У полі «Тип вихідного поля» (рис.3.5.3) вибираєш саме *Decimal (double)*. Далі внизу задаєш довжину та точність, наприклад: довжина поля 10, точність 3 (це дозволить зберігати щось на кшталт 12345,678). Ім'я вихідного поля вводимо «length». Там де написано «Створити віртуальне поле» ставимо галочку.

Після цього переходимо у нижнє вікно «Вираз», знаходиш у списку функцій зліва групу «Геометрія», у ній подвійним кліком вставляєш \$length, а потім дописуємо / 1000, щоб перевести метри у кілометри. Підсумковий вираз має виглядати так: \$length / 1000. Угорі переконуємось, що або знята галочка «Only update selected features». Натискаєш ОК – у новому полі з типом Decimal (double) мають з’явитися нормальні кілометри з дробовою частиною.

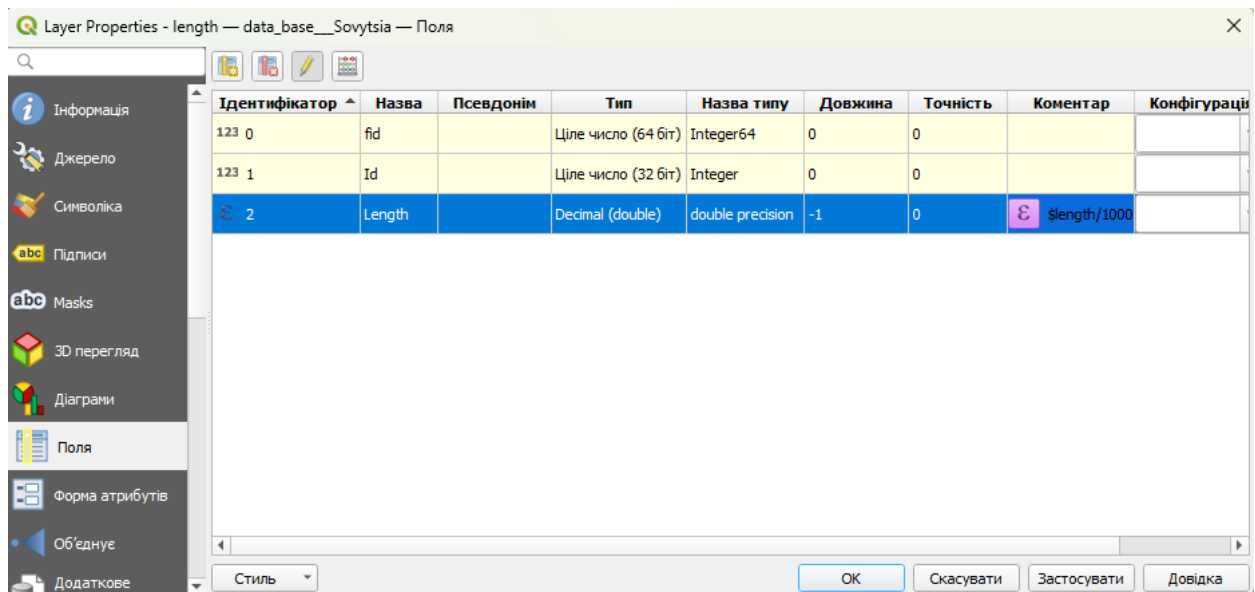


Рис. 3.5.4. Структура полів шару *length_data_base__Sovytsia* та налаштування віртуального поля *Length* типу *Decimal (double)* з виразом *\$length/1000* у середовищі QGIS.

Після створення у шарі гідромережі віртуального поля «length» типу Decimal (double) та заповнення його значеннями за виразом \$length / 1000 (отримуємо довжину кожного лінійного об’єкта в кілометрах). На рисунку 3.5.4. видно що у властивостях даного шару у розділі «Поля» з’явилося новий рядок що дозволяє отримати довжину в кілометрах кожного відтинку шейпфайлу. Наступним кроком є отримання підсумкових статистичних характеристик цього поля, насамперед загальної довжини річкової мережі в межах досліджуваного басейну.

Спочатку відкриваємо атрибутивну таблицю шару з розрахованим полем «length». Для цього в панелі «Шари» виконуємо клік правою кнопкою миші по

шару `length_data_base_sovytsia` і в контекстному меню обираємо команду «Відкрити таблицю атрибутів» (рис. 3.5.7.). У вікні таблиці доцільно перейти в табличний режим відображення (іконка з «таблицею» в правому нижньому куті), щоб бачити всі об'єкти у вигляді рядків з полями `fid`, `Id` та `length`.

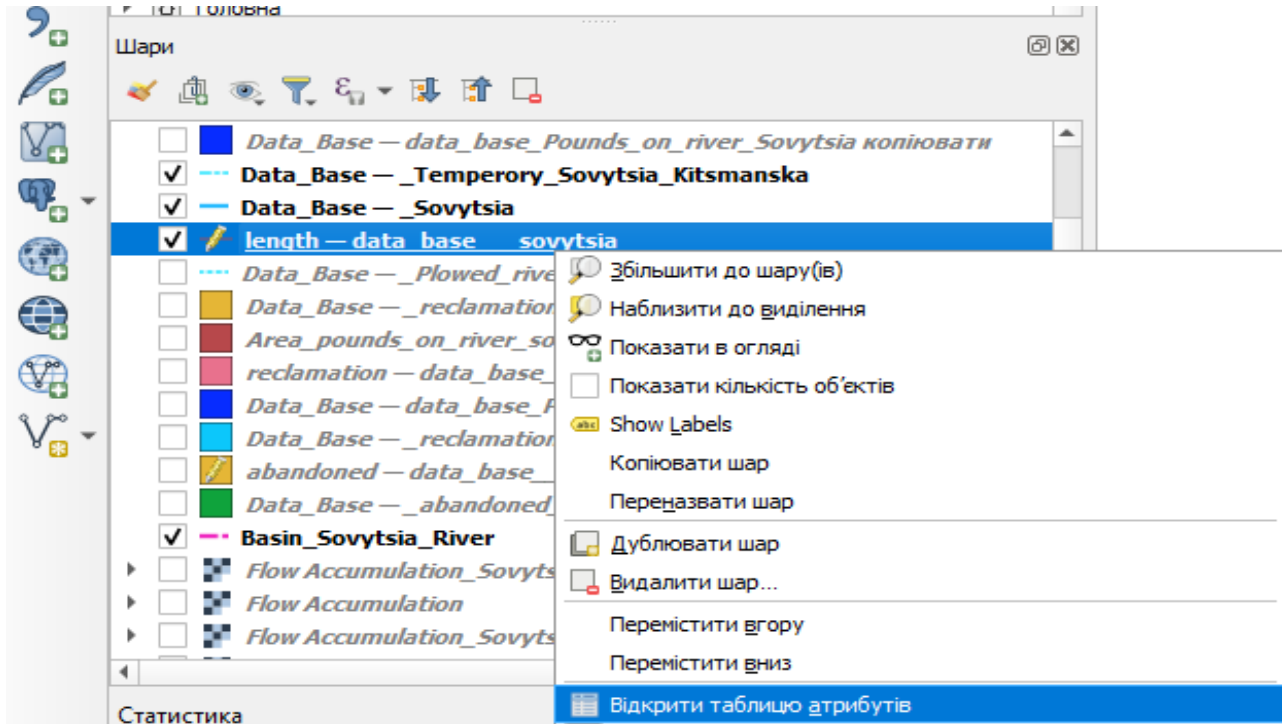


Рис. 3.5.5. Виклик атрибутивної таблиці метричного шару гідромережі `length_data_base_Sovytsia` у середовищі QGIS перед розрахунком довжини водотоки

На цьому етапі важливо візуально переконатися, що поле `length` заповнене невід'ємними дійсними значеннями й відсутні суцільні нулі, які б свідчили про помилки у виборі типу поля або у проєкції шару. Для цього ставимо мишку на шар `length_data_base_sovytsia` (рис. 3.5.5), відкриваємо таблицю атрибутів та перевіряємо дані цього шару. Якщо виявлено окремі нульові значення, їх можна додатково перевірити на карті: як правило, це дуже короткі лінії-артефакти, що не суттєво впливають на загальний результат. Перед тим як почати обрахунок загальної довжини гідросітки необхідно виділити всі об'єкти даного шару, натиснувши на три жовті горизонтальні полоски що означають «Вибрати все» і аж потім переходити до наступного кроку.



Рис. 3.5.6. Панель інструментів атрибутивної таблиці шару гідромережі *length_data_base__Sovytsia* в QGIS з активованим режимом редагування перед розрахунком довжини лінійних об'єктів.

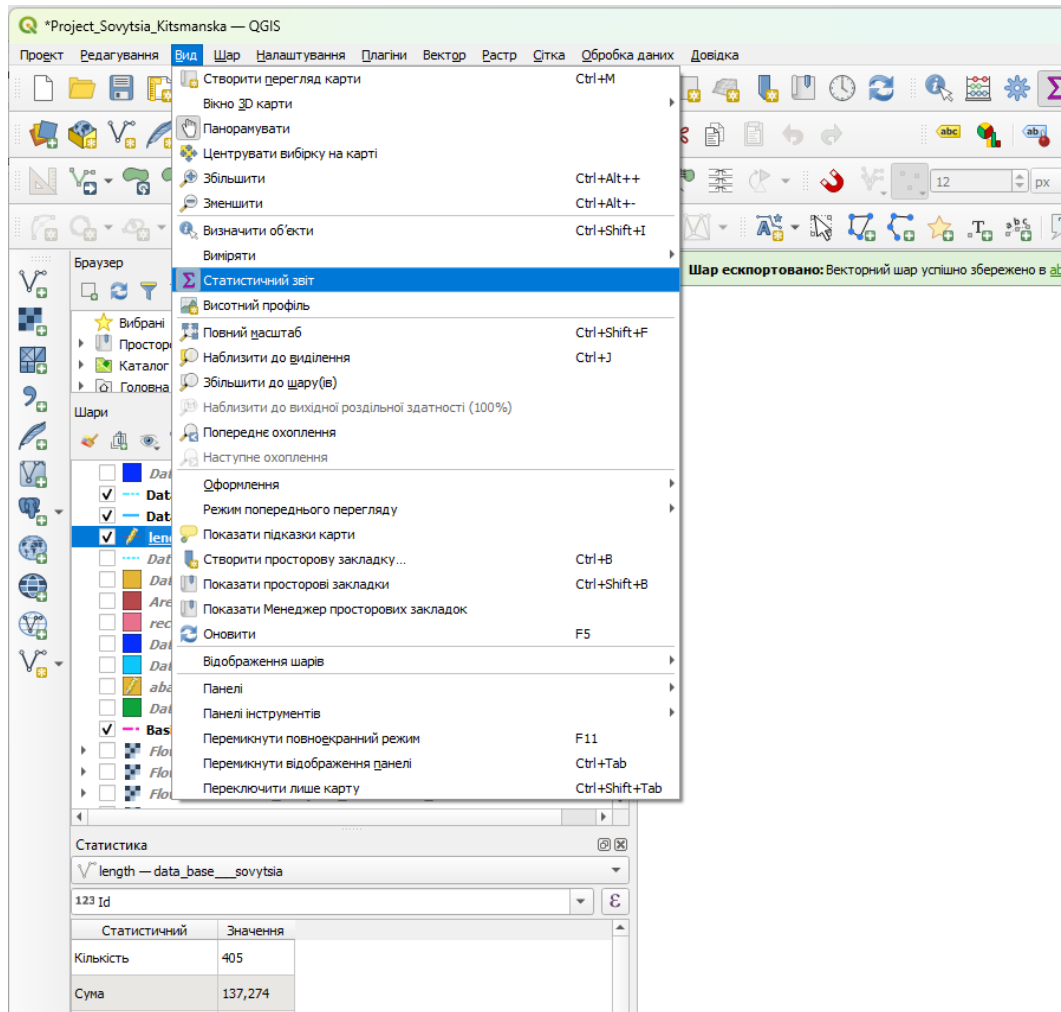


Рис. 3.5.7. Отримання статистичного звіту для поля *Length* шару гідромережі *length_data_base__Sovytsia* в QGIS та визначення сумарної довжини річкової мережі басейну р. Совиця Кіцманська.

Аналогічну процедуру було виконано і для шару тимчасової гідромережі *temporary_data_base__temporary_sovytsia_kitsmanska*, який містить лінійні об'єкти епізодичних та тимчасових водотоків (рис. 3.5.8). У панелі «Статистика» для цього шару як робоче поле обираємо *length_temporary*, розраховане за тим

самим виразом $\$length/1000$. У результаті QGIS так само формує набір базових показників: кількість сегментів тимчасових водотоків, їх мінімальну та максимальну довжину, середнє значення, стандартне відхилення тощо. Найважливішим для нас знову є рядок «Сума», який показує загальну довжину всіх тимчасових водотоків у межах басейну. Як видно з рис. 3.5.8, шар тимчасової гідромережі включає 87 лінійних об'єктів із сумарною довжиною 45,3378 км.

Таким чином, після окремого обчислення довжин постійної (137,274 км) та тимчасової (45,338 км) гідромережі ми одержуємо можливість інтегральної оцінки конфігурації річкової системи. Сумарна довжина всієї гідромережі басейну р. Совиця Кіцманська становить близько 182,6 км. Надалі ці значення можуть бути використані для розрахунку густоти річкової мережі (відношення загальної довжини водотоків до площі басейну), а також для порівняння частки тимчасових водотоків у загальній довжині руслової мережі, що є важливим показником гідрологічної активності та схильності басейну до формування епізодичних стокових процесів.

Якщо в подальшому необхідно часто звертатися до цього показника або порівнювати довжини різних підмножин гідромережі, доцільно перетворити віртуальне поле на звичайне (постійне). Це можна зробити двома способами. Перший – знову відкрити «Обчислювач полів», але цього разу зняти позначку «Створити віртуальне поле» та обрати «Оновити існуюче поле», вказавши поле Length і той самий вираз $\$length / 1000$. Другий – зберегти шар як новий векторний файл (правий клік по шару → «Експортувати» → «Зберегти об'єкти як...»), при цьому QGIS автоматично запише всі віртуальні поля як звичайні атрибути нового шару. В обох випадках значення довжини залишаться прив'язаними до ліній гідромережі й надалі можуть використовуватися без повторного перерахунку.

На рисунку 3.5.8. подано фрагмент інтерфейсу QGIS, який ілюструє етап розрахунку довжини тимчасової гідромережі басейну р. Совиця Кіцманська. У верхній частині вікна (панель «Шари») виділено векторний шар `temporary__data_base__temporary_sovytsia_kitsmanska`, що містить лінії

тимчасових водотоків, отриманих за результатами гідрологічного моделювання та векторизації. У нижній частині відображено панель «Статистика», де обчислено основні статистичні показники для поля *length_temperory*. Це поле, аналогічно до поля *Length* для постійної гідромережі, було створене за допомогою обчислювача полів на основі виразу $\text{length}/1000$ і містить довжину кожного сегмента тимчасового потоку в кілометрах.

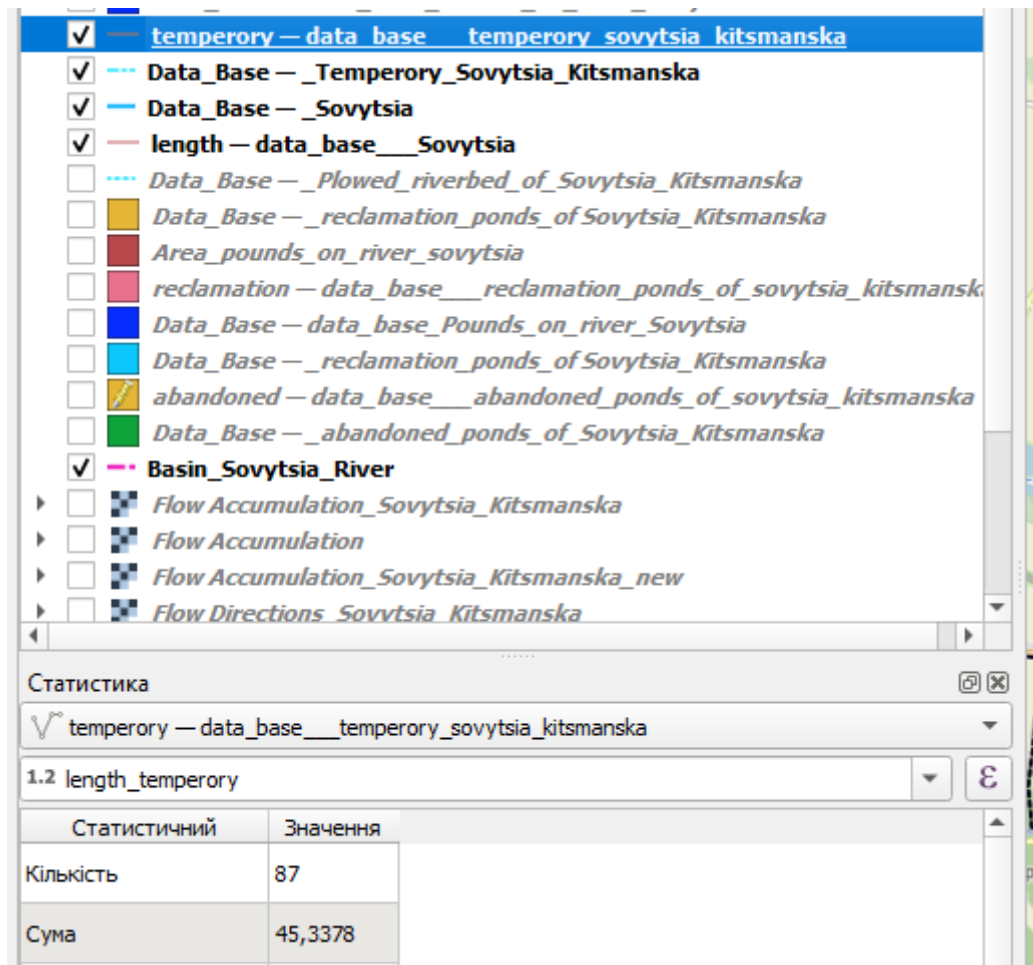


Рис. 3.5.8. Статистичні характеристики довжини тимчасових водотоків (поле *length_temperory*) у шарі тимчасової гідромережі басейну р. Совиця Кіцманська в середовищі QGIS.

Згідно з таблицею статистики, тимчасова гідромережа представлена 87 лінійними об'єктами; сумарна довжина цих водотоків становить **45,34 км** (значення «Сума»). Раніше, за аналогічною процедурою, для шару постійної гідромережі було отримано сумарну довжину **137,27 км**. Отже, загальна довжина

всієї річкової системи басейну (постійні + тимчасові водотоки) становить **приблизно 182,61 км**, що підкреслює високу розгалуженість гідромережі навіть для малого за площею басейну.

Описана процедура легко масштабується для детальнішого аналізу. Наприклад, якщо в атрибутивній таблиці є поле, що розрізняє постійні й тимчасові водотоки або окремі притоки, можна застосувати фільтр (іконка «Вираз» у верхній частині таблиці) й отримати статистичний звіт лише для вибраної групи об'єктів. У такому разі «Сума» для поля Length відповідатиме довжині лише постійної частини гідромережі, тимчасових водотоків, конкретної притоки тощо. Це дозволяє в межах єдиної методики оцінювати як загальну, так і структурно диференційовану довжину гідромережі басейну Сивиці Кіцманської, що важливо для подальших розрахунків густоти річкової мережі, показників зарегульованості стоку та гідроморфологічного аналізу в цілому.

3.6. Створення гідрогеологічної карти басейну р. Сивиця Кіцманська

Створення гідрогеологічної карти басейну річки Сивиці Кіцманська (рис. 3.6.3.) в середовищі QGIS 3.34 здійснювалось як поетапний геоінформаційний процес, що поєднує роботу з архівними картографічними матеріалами паспорту річки Сивиці Кіцманська [29], сучасними просторовими даними та результатами гідрогеологічного узагальнення. Методика побудови карти орієнтувалась на відтворення поширення водоносних горизонтів, їх стратиграфічної приуроченості та глибин залягання першого від поверхні водоносного горизонту в межах водозбірного басейну.

Початковим етапом була підготовка картографічної основи та просторової прив'язки архівної гідрогеологічної картосхеми (рис. 2.5.1.) масштабу 1:100 000. Відсканований оригінал карти завантажувався в QGIS як растровий шар. Для геоприв'язки використовувався інструмент Georeferencer, у якому обиралася система координат, ідентична тій, що застосовувалась для подальшого аналізу (WGS 84 / UTM zone 35N або національна система УСК-2000). Опорні точки задавались за чітко ідентифікованими об'єктами місцевості: перетини річкової

мережі, мости, населені пункти, характерні вигини русел, а також межі басейну. Після трансформації растру здійснювалась візуальна перевірка точності прив'язки шляхом накладання на сучасну підкладку OpenStreetMap.

Наступним кроком стало формування меж басейну річки Совиця Кіцманська. Контур водозбору було створено як окремий полігональний векторний шар. Його побудова здійснювалась або шляхом ручної оцифровки за гідрографічними вододільними лініями на топографічній основі, або шляхом імпорту вже підготовленого шару басейну, отриманого раніше за результатами ГІС-моделювання рельєфу. Для уточнення та верифікації меж водозбірного басейну річки Совиця Кіцманська, окрім камеральної оцифровки за топографічними й архівними картографічними матеріалами, було застосовано програмне забезпечення SAGA GIS версії 9.8, яке спеціалізується на гідрологічному аналізі цифрових моделей рельєфу. На основі цифрової моделі висот території басейну було виконано попередню підготовку рельєфу з усуненням локальних замкнених понижень (sinks), що є необхідною умовою для коректного моделювання напрямків і акумуляції стоку.

У середовищі SAGA GIS було створено растровий шар Flow Accumulation, який відображає просторовий розподіл акумульованого поверхневого стоку та дозволяє чітко ідентифікувати елементи гідрографічної мережі, включно з основним руслом річки та її притоками різних порядків. Аналіз цього шару дав змогу уточнити положення вододільних ліній у складних ділянках рельєфу, зокрема в умовах слабо виражених міжбалкових підвищень і антропогенно трансформованих форм поверхні.

На наступному етапі за допомогою інструмента Watershed Basins (**рис. 3.6.2**) було сформовано растровий шар водозбірних басейнів, що дозволив автоматизовано виділити межі басейну річки Совиця Кіцманська на основі заданої точки стоку (outlet). Отриманий контур басейну був порівняний з межами, визначеними шляхом візуальної інтерпретації та оцифровки в QGIS, після чого виконано їх коригування з урахуванням результатів морфометричного аналізу рельєфу.

Таким чином, поєднання класичних картографічних підходів із цифровим гідрологічним моделюванням у SAGA GIS 9.8 [5] забезпечило більш точне й обґрунтоване визначення меж водозбірного басейну в програмному середовищі QGIS 3.34, підвищило достовірність просторових результатів і створило надійну основу для подальшого гідрогеологічного аналізу та картографування. Межі басейну використовувалися як просторовий фільтр для подальшої роботи з гідрогеологічними об'єктами.

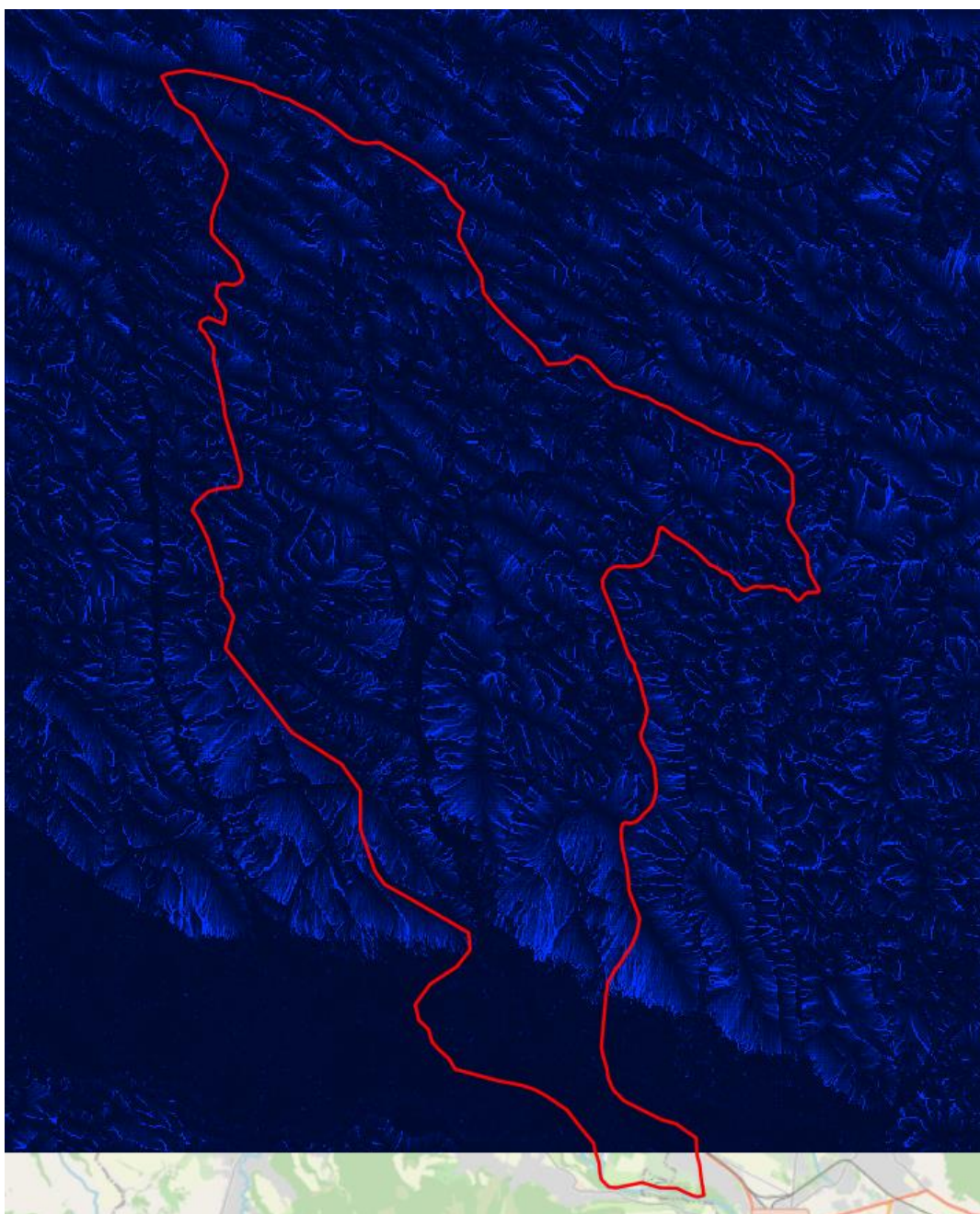


Рис. 3.6.1 Картосхема Flow Accumulation побудована в середовищі SAGA GIS 9.8 та переміщена в середовище QGIS 3.34

Варто зазначити що нами були внесені зміни в межі басейну річки Совиця Кіцманська.

Після цього було створено систему тематичних векторних шарів, кожен з яких відповідав певному елементу гідрогеологічної карти. Полігональні шари використовувались для відображення площ поширення водоносних горизонтів і водоносних порід, а лінійні та точкові – для допоміжних гідрогеологічних і гідрографічних елементів. Зокрема, окремими полігональними шарами було створено: зону сучасних алювіальних відкладів (а IV), площі розвитку алювіальних відкладів нижньо-середньо-верхньочетвертинного віку (а I–III), поширення пліоценових відкладів (N2–Q1), верхньотортонського (N1t2) та нижньотортонського (N1t1) водоносних горизонтів, а також сеноманських відкладів (Cr2cm). Оцифровка виконувалась у режимі редагування з використанням геоприв'язаного архівного растру як підоснови, із суворим дотриманням конфігурації контурів, показаних на оригінальній карті.

Для кожного полігонального шару було створено атрибутивну таблицю, в якій фіксувались геологічний індекс горизонту, його літологічна характеристика, генетичний тип відкладів, а також пояснювальні примітки щодо гідрогеологічних властивостей. Такий підхід дозволив не лише візуалізувати просторове поширення водоносних горизонтів, а й забезпечити аналітичну роботу з даними на подальших етапах дослідження.

Окремим етапом стало створення шару глибин залягання першого від поверхні водоносного горизонту. Для цього було сформовано полігональні зони з інтервалами 0–3 м, 0–5 м та 0–10 м відповідно до легенди гідрогеологічної карти. Межі цих зон також оцифровувались за архівним матеріалом, а символіка підбиралась з використанням штрихування та кольорових заливок, що відповідають класичним умовним позначенням гідрогеологічних карт. Це дозволило наочно відобразити просторову мінливість глибини залягання ґрунтових вод у межах басейну.

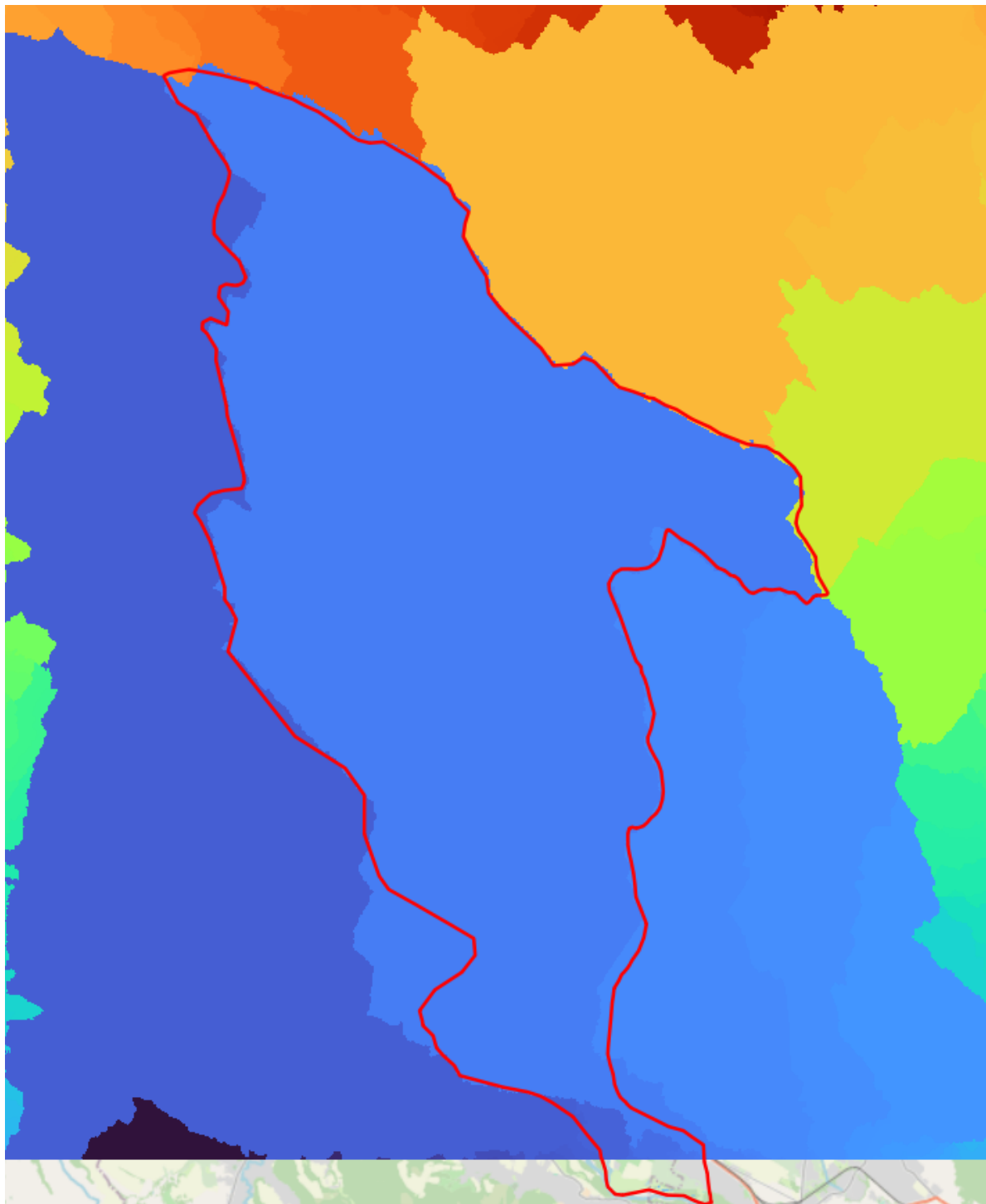


Рис. 3.6.2 Картосхема Watershed Basins побудована в серидовищі SAGA GIS 9.8 та переміщена в серидовище QGIS 3.34

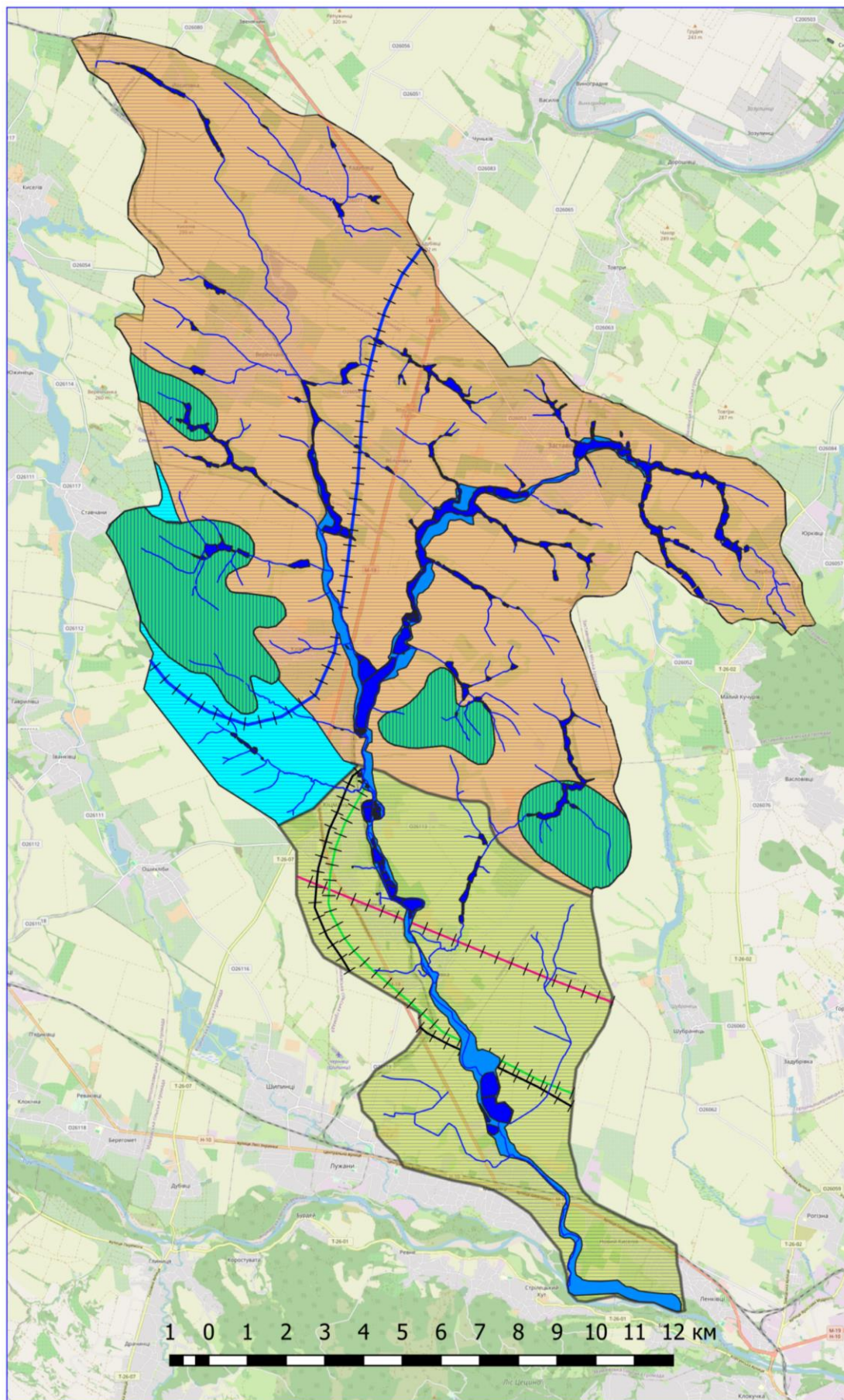


Рис. 3.6.3. Гідрогеологічна карта басейну р. Совиця Кіцманська створена на основі програмного забезпечення QGIS 3.34

Лінійні векторні шари використовувались для відображення руслової мережі, меж поширення окремих водоносних горизонтів, а також структурних або літологічних границь, що не мають площинного вираження. Руслова мережа річки Совиця Кіцманська та її приток була або імпортована з існуючої бази гідрографічних даних, або оцифрована вручну з топографічної підкладки. Цей шар відігравав ключову роль у просторовій інтерпретації умов живлення і розвантаження підземних вод.

Після завершення оцифровки та наповнення атрибутивних таблиць виконувалось тематичне оформлення карти. Символіка підбиралась відповідно до традицій гідрогеологічного картографування: різні кольори та штрихування для водоносних горизонтів різного віку, окремі умовні знаки для контурів водоносних порід, а також чітке розмежування зон різної глибини залягання ґрунтових вод. Легенда карти формувалась у модулі компонування друку, де кожен шар отримував текстовий опис українською мовою з розшифруванням стратиграфічних індексів і літологічного складу.

Умовні позначення:

— р. Совиця Кіцманська

ГІДРОГЕОЛОГІЧНА КАРТА

Глибина залягання першого від поверхні водоносного горизонту

■ а IV — Водоносний горизонт в сучасних алювіальних відкладах. Торф, замулені суглинки, супісок. Глибина залягання першого від поверхні водоносного горизонту 0-3 метри.

■ Глибина залягання ґрунтових вод 0-5 метрів

■ Глибина залягання ґрунтових вод 0-10 метрів

Контур поширення водоносних горизонтів. залягаючих нижче першого від поверхні водоносного горизонту

— N1t1 - Водоносний горизонт в тартонських відкладах

— Cr2cm - Водоносний горизонт в сеноманських відкладах. Піщаники глауконітові з прошарками піска.

Контур поширення водоносних порід

— N1t2 - Глини косівської свити

— Cr1-sn - Сенон-туронських вапняків і мергелів

Поширення водоносних горизонтів

■ а I-III — Водоносний горизонт в нижньо-середнє-верхнє четвертинних алювіальних відкладах. Суглинки, піски з прошарками супісків, галька.

■ N1t2 - Водоносний горизонт у верхньотортонських відкладах. Глини щільні з прошарками пісків, пісковиків, вапняків, мергелів, туфів

■ N1t1 — Водоносний горизонт в тортонських відкладах. Глини, гіпси і ангідрити, піщаники, алеваліти, мергелі взаємозаміщаючі один-одного за поширенням

■ N2-Q1 — Водоносний горизонт в плеоценових відкладах. Суглинки з прослойками супісків, включення гальки.

OpenStreetMap

Рис. 3.6.4. Легенда до гідрогеологічної карти бсейну р. Совиця Кіцманська створеної на основі програмного забезпечення QGIS 3.34

Фінальним етапом стала підготовка макета гідрогеологічної карти. У Layout Manager було створено композицію з включенням основної карти, легенди (рис.

3.6.4.), масштабної лінійки, стрілки півночі та підписів ключових гідрогеологічних об'єктів. В якості підкладки використовувались дані OpenStreetMap, що забезпечило просторову орієнтацію та прив'язку до сучасної мережі населених пунктів і транспортної інфраструктури. Після перевірки коректності відображення всіх елементів карта експортувалась у графічний формат, придатний для використання в науковій роботі або звіті.

Таким чином, створення гідрогеологічної карти басейну річки Совиця Кіцманська в QGIS 3.34 ґрунтувалось на поєднанні класичних гідрогеологічних матеріалів і сучасних ГІС-інструментів, що забезпечило просторово точне та науково обґрунтоване відображення водоносних горизонтів і умов їх залягання в межах досліджуваного басейну.

3.7. Уточнення площі та інших гідрометричних показників р. Соиця Кіцманська

Розрахунок площі басейну р. Соиця Кіцманська у вашому проєкті виконувався вже по готовому полігональному контуру басейну, який ми отримали в ході гідрологічного моделювання та подальшого приведення даних до метричної системи координат. Як було описано в попередньому розділі 3.6., спочатку було сформовано межу водозбору: на етапі уточнення контурів використовувалася SAGA GIS 9.8, де на основі DEM були побудовані продукти гідрологічного аналізу (зокрема Flow Accumulation та Watershed Basins), після чого отриманий водозбір експортовано/передано до QGIS як полігональний шар «Басейн Совиці Кіцманської». У QGIS далі критично важливо було забезпечити правильну СК для метричних обчислень: шар басейну та проєкт приведено до проєкційної системи (у нашому випадку це UTM, EPSG:32635), щоб геометричні величини рахувалися в метрах, а площа — в квадратних метрах з коректним перерахунком у км² або гектари. Після опрацювання полігона перевіряли геометрію (щоб не було самоперетинів, «дір», мультичастинності там, де має бути один контур).

Безпосередньо числове значення площі отримували через обчислення геометрії в атрибутивній таблиці шару басейну. Найтипівіший для вашого сценарію шлях у QGIS такий: у таблиці атрибутів створюється нове поле (наприклад, area), а далі через

«Калькулятор полів» або інструмент «Add geometry attributes / Додати геометричні атрибути» записується площа полігона. Якщо потрібно одразу отримати площу саме в км² (а не в м²), то в полі задають вираз перерахунку: площу в м², яку повертає \$area, ділять на 1 000 000. У вашому випадку за рисунком видно, що у шарі є поле area, а об'єкт у шарі один (у таблиці 1 запис), і далі в панелі «Статистика» по цьому полю показано суму/середнє/мінімум/максимум однаковими, що логічно для одного полігона.

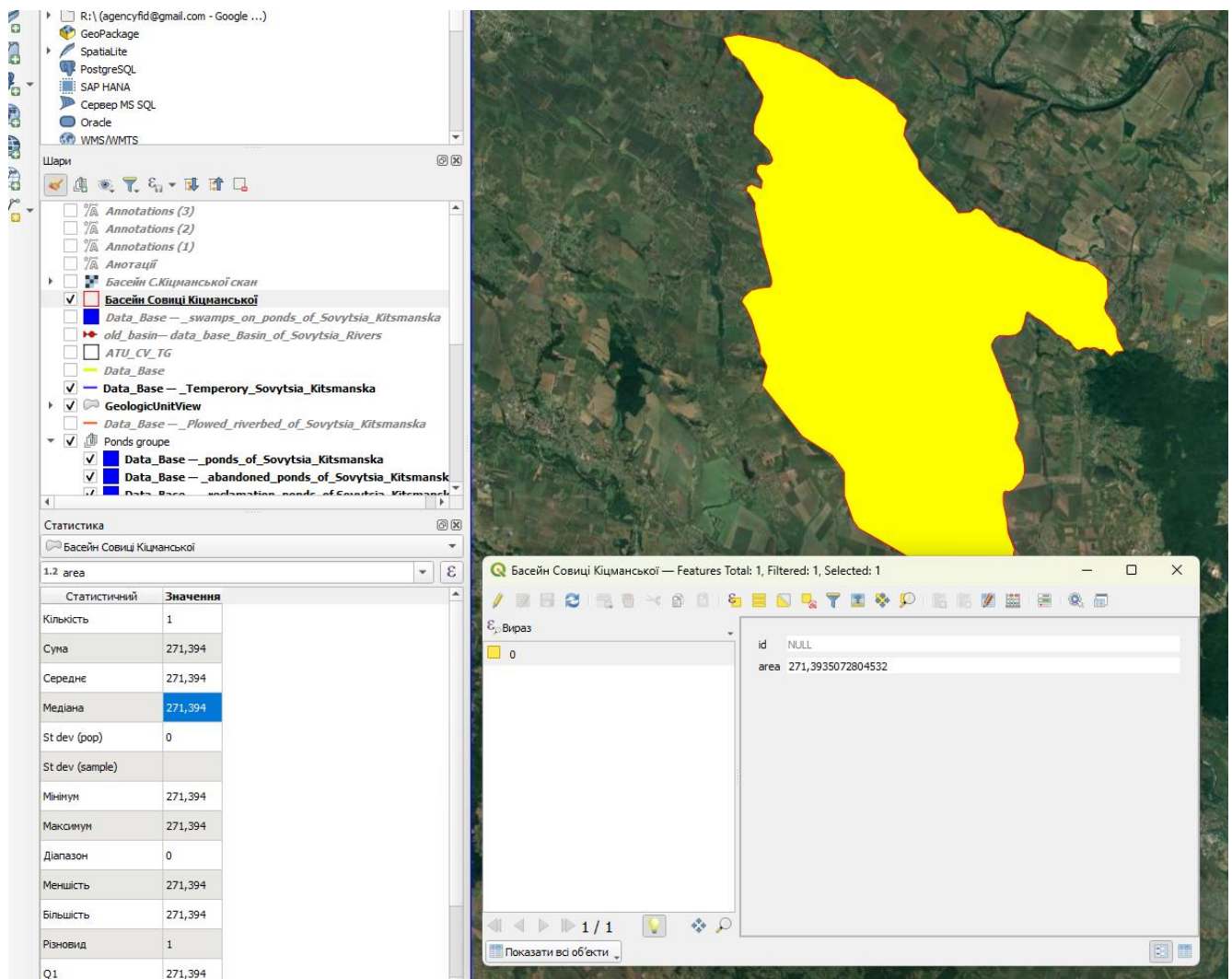


Рис. 3.7.1. Уточнення площі р. СовицяКіцманська

Саме так і фіксується підсумкове значення площі басейну: статистика по полю area фактично підтверджує, що площа всього басейну дорівнює площі єдиного полігона, без помилок агрегування. Число, яке у вас відображається (приблизно 271,394), інтерпретується залежно від того, в яких одиницях ви записали поле area:

якщо це результат $\$area/1e6$, то це вже км^2 ; якщо ж поле містить «чистий» $\$area$, тоді це м^2 і його треба ділити на $1e6$ для отримання км^2 .

У паспорті р. Совиця Кіцманська, площа водозбору для основної р. Совиці Кіцманської подана становить 267 км^2 . У нашому проєкті площу басейну було обчислено по уточненому полігону межі водозбору: після гідрологічного моделювання в SAGA GIS (з використанням Flow Accumulation та Watershed Basins для уточнення вододільної лінії) контур басейну був приведений до метричної проєкції (UTM, EPSG:32635), і в QGIS у таблиці атрибутів зафіксовано значення поля **area 271,395072804532** (тобто $\approx 271,40 \text{ км}^2$, якщо поле збережене в км^2). Отже, різниця між паспортною площею 267 км^2 та нашим уточненим значенням $271,40 \text{ км}^2$ становить $\approx 4,40 \text{ км}^2$, або $\approx 1,65\%$ від паспортного показника. Така розбіжність є невеликою за порядком величини й водночас методично показовою: паспортна площа, як правило, базується на більш узагальнених картографічних матеріалах і спрощеній трасировці вододілів, тоді як наш результат отримано на основі цифрової моделі рельєфу та автоматизованого виділення водозбору з подальшою векторною перевіркою в QGIS.

Деталізувавши межу басейну за сучасними ГІС-процедурами, отримане значення практично узгоджується з паспортним, але є більш точним для подальших розрахунків (зокрема для нормування показників, щільності гідромережі, питомих характеристик стоку та інтерпретації ролі ставків у зарегулюванні стоку).

Також нами було проаналізовано густоту річкової мережі. За паспортними даними в таблиці 2.1. зазначено коефіцієнт густоти річкової мережі для основної річки наведено у двох варіантах: $0,20 \text{ км/км}^2$ «з урахуванням рік $>10 \text{ км}$ » та $0,94 \text{ км/км}^2$ «з урахуванням рік $<10 \text{ км}$ ». Для притоки (Совиці Заставнівської/Каплівки/ Совиця Заставнівська) відповідно подано $0,25 \text{ км/км}^2$ і $0,96 \text{ км/км}^2$. У нашому ГІС-розрахунку, виконаному для уточненої площі басейну $271,395 \text{ км}^2$, сумарна довжина постійної гідромережі $137,27 \text{ км}$ і тимчасової $45,34 \text{ км}$, разом $182,61 \text{ км}$, що дає густоту всієї річкової системи $D = 182,61 / 271,395 \approx 0,673 \text{ км/км}^2$ (тобто близько 673 м русел на 1 км^2). Отже, наш показник $0,673 \text{ км/км}^2$ є суттєво нижчим за варіант паспорта, який враховує коротші водотоки ($0,94 \text{ км/км}^2$; різниця близько $-0,267 \text{ км/км}^2$, тобто

приблизно на 28% менше). Наш розрахунок базується на фактично оцифрований у QGIS постійній та тимчасовій мережі за обраними критеріями виділення водотоків і тому дає проміжне значення: ми явно врахували значну частку малих і тимчасових елементів, але, ймовірно, не включили найдрібніші тальвеги/ерозійні форми та слабо виражені сезонні русла.

Можливо у розрахунок при створенні паспорту річки Совиця Ставчанска, брались дані післявоєнних карт середини 40-х та 50-х років XX століття, коли розораність була меншою.

Висновок можна зробити наступний, за уточненою площею басейну та актуалізованою векторною гідромережею отримано густоту 0,673 км/км².

ВИСНОВКИ

Узагальнюючи результати виконаної курсової роботи, можна зробити такі висновки. Комплексний аналіз фізико-географічних, тектоніко-геологічних, кліматичних та ґрунтово-ландшафтних умов показав, що басейн річки Совиця Кіцманська є типовою малою лівобережною притокою Пруту в межах південно-західної окраїни Волинсько-Подільської плити. Невелика лісистість, висока розораність, значна густота ярово-балкової мережі й поширення лесоподібних суглинків та неогенових карбонатно-глинистих товщ зумовлюють підвищену ерозійну активність схилів, чутливість заплави до антропогенного навантаження та істотний вплив руслових ставків на формування стоку. Встановлено, що кліматичні умови Кіцманського району (середньорічна температура близько 8 °С, річна сума опадів 575–660 мм, вегетаційний період понад 210 днів) формують помірно вологий режим з виразними паводковими подіями весняно-літнього періоду та регулярними літніми посухами.

У роботі узагальнено базові гідрографічні характеристики р. Совиця Кіцманська та її притоки (Совиці Заставнівської): для головної річки наведено площу водозбору 267 км², середню висоту водозбору 243,4 м, середній ухил водозбору 34,7 м/км, лісистість 6,9%, розораність 63,2% та урбанізованість 9,4%; для притоки відповідно подано площу 61,8 км², середню висоту 247 м, ухил водозбору 55 м/км, лісистість 1,6%, розораність 63,3% та урбанізованість 8,1%, що в сукупності підтверджує домінування агроландшафтів і потенційно підвищену схильність до ерозійно-руслової реакції та швидкого стокоутворення під час інтенсивних опадів.

У паспортній частині також показано, що густота річкової мережі суттєво залежить від того, чи враховувати найкоротші водотоки: для Совиці Кіцманської наведено 0,20 км/км² (лише водотоки >10 км) і 0,94 км/км² (із урахуванням водотоків <10 км), а для притоки — 0,25 і 0,96 км/км² відповідно; водночас коефіцієнт звивистості для основної річки становить 1,18, а для притоки — 1,68, тобто притока характеризується помітно більшою меандрованістю русла в межах свого басейну.

Обґрунтовано підхід до підготовки вихідних просторових даних для моделювання: ключовою ідеєю було поєднання цифрової моделі рельєфу (DEM) як

бази для гідрологічних алгоритмів із картографічними підкладками та векторними шарами, які потрібні для візуальної верифікації русел, ставків і вододілів та для метрично коректної векторизації. Практичний сенс цього кроку полягає в тому, що DEM забезпечує формалізоване виділення напрямків стоку й потенційної мережі, а підкладки/вектори дають контроль якості, дозволяючи відокремити реальні руслові форми від артефактів моделі та уточнити елементи, що «погано читаються» в суто автоматичному режимі, особливо на рівнинно-лесових територіях із меліоративними системами та штучними пониженнями.

За результатами виконання завдання 4 сформовано структуровану базу векторних шарів і виконано ключові розрахунки в SAGA GIS та QGIS 3.34.10. У SAGA GIS послідовність обробки DEM включала корекцію замкнених улоговин (Fill Sinks), розрахунок напрямків стоку (Flow Direction), акумуляції стоку (Flow Accumulation) та автоматичне виділення руслової мережі, що забезпечило отримання «каркаса» постійних/тимчасових водотоків і меж суббасейнів на єдиній алгоритмічній основі.

Далі в QGIS для лінійних шарів створено поле довжини з переведенням метрів у кілометри за формулою $\text{length}/1000$ у метричній системі координат UTM 35N, а сумарні довжини визначено через статистичний звіт. За результатами статистики тимчасова гідромережа представлена лінійними об'єктами із сумарною довжиною 45,34 км; для постійної гідромережі отримано 137,27 км, а загальна довжина річкової системи (постійні + тимчасові) становить близько 182,61 км.

На основі уточненої площі басейну 271,395 км² розраховано інтегральну густоту всієї оцифрованої річкової системи $D \approx 0,673$ км/км², що є нижчим за «паспортний» варіант із включенням найдрібніших водотоків (0,94 км/км²), але методично узгоджується з тим, що в ГІС-мережі враховано саме ті постійні й тимчасові елементи, які були виділені й верифіковані прийнятими в роботі критеріями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Buchanan, B. P., Fleming, M., Schneider, R. I., Richards, B. K., Archibald, J., Qui, Z., & Walter, M. T. (2014). Evaluating topographic wetness indices across central New York agricultural landscapes. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 3279-3299. <https://doi.org/10.5194/hessd-10-14041-2013>
2. Buzey, O. V., & Pasichnyk, M. D. (2025). Comparative evaluation of spectral indices for semi-automatic extraction of river surface. *Natural Sciences Education and Research*, 2025(3), Article 17. <https://doi.org/10.32782/NSER/2025-3.17>
3. Copernicus Land Monitoring Service. Products including DEM. Retrieved from <https://land.copernicus.eu/>
4. Exploring Hydrological Analyses using ILWIS. Retrieved from https://dges.carleton.ca/CUOSGwiki/index.php/Exploring_Hydrological_Analyses_using_ILWIS
5. Exploring Hydrological Analyses using SAGA GIS. Retrieved from https://dges.carleton.ca/CUOSGwiki/index.php/Exploring_Hydrological_Analyses_using_SAGA_GIS
6. Exploring the Hydrological Tools in QGIS. Retrieved from https://dges.carleton.ca/CUOSGwiki/index.php/Exploring_the_Hydrological_Tools_in_QGIS
7. Maidment, D., & Djokic, D. (2000). *Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems*. Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, California. 213pp. Retrieved from https://books.google.ca/books?id=A_iTo003UUAC&pg=PA217&lpg=PA217&dq=Hydrologic+and+Hydraulic+Modeling+Support+with+Geographic+Information+Systems&source=bl&ots=2bL_f_hode&sig=yzgJxo86Khtfb9ySitOXD-AVnNE&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiPyfSnrtLJAhVBHD4KHdmgCb4Q6AEILDA_C#v=onepage&q=Hydrologic%20and%20Hydraulic%20Modeling%20Support%20with%20Geographic%20Information%20Systems&f=false

8. O’Callaghan, J. F., & Mark, D. M. (1984). The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 28(3), 323-344. [https://doi.org/10.1016/S0734-189X\(84\)80011-0](https://doi.org/10.1016/S0734-189X(84)80011-0)
9. Olaya, V. (2004). A gentle introduction to SAGA GIS. Edition 1.1, revised December 9, 2004. Revised by Javier Pineda (AESIA Desarrollo y Proyectos Medioambientales, S.L., Madrid, Spain) and Victor Olaya. Retrieved from <http://geosun1.uni-geog.gwdg.de/saga/html/index.php>
10. Pasichnyk, M., & Buzey, O. (2025). Inventory and functional classification of ponds based on Sentinel-2 NDWI data in the Sovytsia Kitsmanska River basin (Ukraine). *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu: Heohrafiia*, (854), 150–169. <https://doi.org/10.31861/geo.2025.854.150-169>
11. QGIS Development Team. (2024a). *QGIS user guide*. QGIS Association. Retrieved from <https://docs.qgis.org>
12. QGIS Development Team. (2024b). Vector geometry – add geometry attributes. In *QGIS user manual*. Retrieved from https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectorgeometry.html
13. QGIS Development Team. (2024c). Module: Vector analysis. In *QGIS training manual*. Retrieved from https://docs.qgis.org/latest/en/docs/training_manual/vector_analysis/index.html
14. QGIS Development Team. (2024d). Vector analysis – basic statistics for fields. In *QGIS user manual*. Retrieved from https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectoranalysis.html
15. QGIS Tutorials. (2023). Calculating raster area (QGIS3). Retrieved from https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/calculating_raster_area.html
16. Rapinel, S., et al. (2023). National wetland mapping using remote-sensing-derived data. *Heliyon*, 9(2), e13745.

17. Seibert, J., & McGlynn, B. L. (2007). A new triangular multiple flow direction algorithm for computing upslope areas from gridded digital elevation models. *Water Resources Research*, 43(4). <https://doi.org/10.1029/2006WR005128>
18. Shamsi, U. M. (2005). *GIS Applications for Water, Wastewater, and Stormwater Systems*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida. 398pp. Retrieved from <https://books.google.ca/books?id=XiHNBQAAQBAJ&pg=PA6&lpq=PA6&dq=GIS+Applications+for+Water,+Wastewater,+and+Stormwater+Systems&source=bl&ots=IUZCoz2XWj&sig=hUIODePrP6qYS7xv0bII9lEPPMA&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjEu7mrtLJAhWKNT4KHWQZCYsQ6AEIRjAH#v=onepage&q=GIS%20Applications%20for%20Water%2C%20Wastewater%2C%20and%20Stormwater%20Systems&f=false>
19. Vudvud, M., Pasichnyk, M., Yushchenko, Yu. (2024). Analiz stanu pryberezhnykh smuh vzdlovzh richok Sovytsia Stavchanska i Sovytsia Kitsmanska ta yikh roli u zberezhenni yakosti vodnykh ob'ektiv [Analysis of the condition of riparian strips along the Sovytsia Stavchanska and Sovytsia Kitsmanska rivers and their role in maintaining the quality of water bodies]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu. Serii: Heohrafiia* [Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Series: Geography], 847, 135–143. doi:10.31861/geo.2024.847.135-143 (in Ukr.).
20. Wagener, T., Sivapalan, M., Troch, P., & Woods, R. (2007). Catchment classification and hydrologic similarity. *Geography Compass*, 1(4), 901-931. Retrieved from https://books.google.ca/books?id=OMrYDQGprVwC&printsec=frontcover&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
21. Wainwright, J., & Mulligan, M. (2013). *Environmental Modeling: Finding Simplicity in Complexity*. John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex, UK. 496pp. Retrieved from https://books.google.ca/books?id=OMrYDQGprVwC&printsec=frontcover&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
22. Wolock, D. M., & McCabe Jr., G. J. (1995). Comparison of single and multiple flow direction algorithms for computing topographic parameters in

TOPMODEL. Water Resources Research, 31(5), 1315-1324.
<https://doi.org/10.1029/95WR00471>

23. Білявський Г.О. Основи екології: теорія та практикум / Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. – Київ, „Лібра” – К.: 2002.
24. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання / В.І. Вишневський – К.: Віпол, 2000. – 376 с.
25. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення [Книга]. – К.: 2006. – 240 с.
26. Геренчук К.І. Природа Українських Карпат / К.І. Геренчук – Львів: Вища школа, 1968. – 142 с.
27. Геренчук К.І. Природа Чернівецької області / К.І. Геренчук – Львів: Видавництво ЛДУ, 1978. – 157 с.
28. Геренчук К.І. Природа Чернівецької області [Книга] / К.І. Геренчук – Львів : Вища школа, 1978. – 159 с.
29. Грачов, А. (б. д.). *Тектонічна карта України* [інтерактивна карта]. Карти України. Дата звернення: 17 вересня 2025.
<https://geomap.land.kiev.ua/tectonic.html>
30. Держкомводгосп України; Інститут «Укрводпроект»; Чернівецька філія інституту «Львівгіпрводгосп». (1993). Паспортизація малих річок України. Чернівецька область: Паспорт р. Совиця [паспорт річки]. Чернівці.
31. Кирилюк М.І. Водний баланс і якісний стан водних ресурсів Українських Карпат : навч. посіб. / М.І. Кирилюк – Чернівці : Рута, 2001. – 246 с.
32. Костишин М.Д. Водний фонд Чернівецької області [Книга] / Костишин М.Д, Юсько О.В., Лосік І.І. – Чернівці, 2006. – 64 с.
33. Малі річки України / за ред.А.В.Яцика. – К.:Урожай,1991 – 296 с.
34. Ободовський О.Г. Оцінка стійкості русел і класифікація паводків гірських річок // Україна та глобальні процеси: географічний вимір. – Т.2. / О.Г. Ободовський – Київ; Луцьк: Вежа, 2000.
35. Ободовський О.Г. Руслові процеси: навчальний посібник / О.Г. Ободовський – К.: РВЦ «Київський університет», 1998.

36. Романенко В.С. Основи гідроекології / В.С. Романенко – К.: Обереги, 2001.
37. Ющенко Ю.С. Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел / Ю.С. Ющенко – Чернівці : Рута, 2005. – 320 с.