

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Географічний факультет
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями

**ВІДПОВІДНІСТЬ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ
ВИСОТНИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ
ГЕОДЕЗИЧНИХ ПУНКТІВ
(НА ПРИКЛАДІ БАКОТСЬКОЇ ЗАТОКИ)**

Дипломна робота
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Виконав: студент VI курсу, групи 628
спеціальності
193 "Геодезія та землеустрій"
Нарижний Д.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник : к.геогр.н., доц. кафедри геодезії,
картографії та управління територіями
Мельник А.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

До захисту допущено:
Протокол засідання кафедри №
від “__” _____ 2021 р.
Зав. кафедри _____ проф. Сухий П.О.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ І. ЦИФРОВЕ КАРТОГРАФУВАННЯ	6
1.1. Напрями використання цифрової моделі рельєфу	6
1.2. Поняття цифрової моделі місцевості	10
1.3 Поняття цифрової моделі рельєфу	12
1.4 Джерела даних для цифрового моделювання рельєфу.....	18
Висновки до розділу 1.....	22
РОЗДІЛ ІІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗТАШУВАННЯ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ВОДНО-БОЛОТНОГО УГІДДЯ “БАКОТСЬКА ЗАТОКА”	24
2.1. Фізико-географічна характеристика території досліджень	24
2.2 Природокористування території Бакотської затоки.....	28
Висновки до розділу 2.....	33
РОЗДІЛ ІІІ ОЦІНКА ПОБУДОВАНОЇ ЦМР ТА ПУНКТИВ ДГМ ЗАСОБАМИ ГІС QGIS	34
3.1 Створення векторного шару території досліджень в QGIS ручним дешифруванням.....	34
3.2 Створення векторного шару території досліджень в QGIS напівавтоматичним дешифруванням	39
3.3 Імпортування даних SRTM в ГІС продукт.....	49
3.4 Створення цифрової моделі рельєфу території досліджень.....	52
3.5 Аналіз відповідності абсолютних висот ізоліній створеного рельєфу та пунктів ДГМ.....	62
Висновки до розділу 3.....	66
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69

ВСТУП

Актуальність теми. Рельєф сприймається як одне з основних і провідних факторів, що в значній мірі впливають на перебіг різних природних процесів. Геоморфологічні умови рельєфу впливають на розвиток ландшафтно-геофізичних процесів, які контролюють розподіл потоків речовини і енергії, розвиток ерозійних процесів. Методи інтерполяції знаходять все більш широке застосування при моделюванні рельєфу земної поверхні, мають практичну цінність для прогнозного ґрунтового картографування, картографування і оцінки ерозії ґрунтів, геоморфологічного районування, оцінки сільськогосподарських земель відповідно до агроекологічних вимог культур, в геоморфометрії, а також в топографо-геодезичних вишукуваннях. Це, власне, і складає актуальність проведеного дослідження.

Крім того, розпочати проектування неможливо без точних відомостей про територію майбутньої забудови. Для детального аналізу поверхні рельєфу та об'єктів розробки масштабних проектів застосовується цифрова модель рельєфу (ЦМР).

Фактично, ЦМР - зображення планових координат і висот конкретної ділянки місцевості, що має математичне уявлення. З її допомогою проектні організації аналізують поверхню рельєфу, проводять моніторинг стану території та розташованих на ній об'єктів, контролюють обсяг робіт, що проводяться, вирішують інші завдання в рамках аналітичних проектних завдань.

Метою дослідження є створення цифрової моделі рельєфу засобами ГІС технологій та оцінка її за допомогою висотних характеристик геодезичних пунктів ДГМ території довкола Бакотської затоки.

Об'єктом дослідження даної дипломної роботи є цифрова модель рельєфу ділянки довкола Бакотської затоки, що виступає територією проведеного дослідження.

Предметом дослідження виступають особливості створення тематичних векторизованих: точкових, лінійних, полігональних об'єктів та цифрової моделі рельєфу.

Під час написання магістерської роботи було визначено **завдання** для проведення дослідження:

- з'ясувати теоретичні основи створення та існування цифрових моделей рельєфу;
- побудувати тематичні векторизовані шари гідрологічних об'єктів та цифрову модель рельєфу (ЦМР) території в районі Бакотської затоки;
- з'ясувати відповідність просторових та атрибутивних характеристик ЦМР реаліям, в тому числі за допомогою висотним характеристикам геодезичних пунктів ДГМ території дослідження.

Методи дослідження. Під час виконання магістерської роботи, були використані наступні загальнонаукові методи: аналізу, аналогії, синтезу, порівняння, моделювання, прогнозування; конкретно-наукові – порівняльно-географічний, розрахунково-конструктивний, статистичний; спеціальні – , картографічний та ін. Окрім цього, важливе місце знайшли принципи створення та забезпечення багатofункціональності ГІС, фундаментальні положення картографії, системний підхід.

Наукова новизна отриманих результатів. Внаслідок побудованої цифрової моделі рельєфу (ЦМР), через векторизацію гідрологічних об'єктів та горизонталей території довкола Бакотської затоки, вдалось продемонструвати та визначити об'єктивність застосування методу створення ЦМР за допомогою даних висот SRTM. Даний аналіз було здійснено завдяки характеристикам абсолютних висот пунктів ДГМ.

Практичне значення отриманих результатів дослідження полягає в тому, що його результати та рекомендації можуть бути використані при створенні подібних завдань для інших басейнів та адміністративно-територіальних одиниць. Також, результати наукового дослідження можуть

використовуватись для наповнення бази геоданих.

Структура та обсяг роботи. Дипломна робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків до розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 30 одиниць найменувань. Загальний обсяг роботи становить 71 сторінка друкованого тексту.

РОЗДІЛ І. ЦИФРОВЕ КАРТОГРАФУВАННЯ.

1.1 Напрями використання цифрової моделі рельєфу

Останніми роками дані цифрового рельєфу стають дедалі більше відкритими. Їх використання пов'язане із сучасними комп'ютерними технологіями створення ГІС та дає абсолютно унікальний інструмент для аналізу різних природних явищ.

Сучасні дослідження висувають високі вимоги до точності прив'язки даних та їх розміщення на різноцільових картах. Основою всіх побудов є максимально детальні топографічні карти, але, на жаль, вони часом менш доступні, ніж матеріали космічної зйомки або дані цифрового рельєфу.

Радарна топографічна зйомка (Shuttle radar topographic mission – загальноприйняте скорочення SRTM) більшу частину території земної кулі, крім самих північних ($>60^\circ$) і південних широт ($>54^\circ$), а також океанів, проведена NASA за 11 днів у лютому 2000 р. Обсяг зібраної інформації становив більше 12 терабайт даних, а їх обробка продовжується досі. Частина цієї інформації знаходиться у вільному доступі.

Сьогодні найбільш популярні дані SRTM: вихідні відомості поширюються квадратами розміром 11° , при максимальній доступній роздільній здатності 1 арксекунди (30 м). Один додатковий ряд (нижній) та одна колонка (права) є дублюючими та повторюються на сусідній матриці, що дозволяє при об'єднанні квадратів уникнути пікселів безвідомостей.

Дані є простим 16-бітним растром (без заголовка), значення пікселя відповідає висоті над рівнем моря у вибраній точці, а значення -32768 відповідає «no data» (немає відомостей). Дані на територію на північ від 60° широти були підготовлені у 2009 р. [19, 20]. Назва квадрат даних відповідає координатам його лівого нижнього кута.

Можна перелічити наступні основні напрями використання цифрового рельєфу в наукових та практичних цілях:

- візуалізація рельєфу та створення 3D моделей;

- побудова гідромережі;
- аналіз затоплюваних територій у період паводку;
- побудова карт тіньового рельєфу для аналізу розривної тектоніки;
- аналіз територій, сприятливих для пошуку розсипних родовищ золота.

Об'ємна модель рельєфу є широким спектром можливостей з налаштування зображення (зміна градієнтної розмальовки поверхні, додавання тіней, зміна точки та кута перегляду, положення джерела освітлення і т. д.).

На першому етапі обробляються вихідні дані про рельєф, отримані під час місії SRTM і збережені у форматі *.HGT. Обробка включає кілька кроків:

- 1) об'єднання у більші полігони, наприклад, номенклатурні листи м-бу 1:1000000;
- 2) перетворення з HGT в ASCII ArcGRID;
- 3) в ArcCatalog в інструментах ArcToolbox вибираємо шлях Conversion tools To Raster ASCII to raster. Отримуємо ArcGIS GRID;
- 4) перепроєктуємо GRID у проекцію Transverse Mercator WGS84.

Побудова гідромережі. Одна із проблем, з якою постійно стикаються користувачі ГІС, - це розбіжність різномасштабних векторних шарів гідромережі з гідромережею на космознімках. Вирішення проблеми полягає у використанні модуля «Гідрологія» для обчислення гідромережі за шаром DEM. І загалом, це питання опрацьовано в інструментах ГІС достатньо докладно, завдяки чому завдання є стандартним і включає наступні кроки:

- розрахунок поверхні напрямку річкового стоку (flow direction);
- розрахунок сумарного стоку (flow accumulation);
- вичленування гідромережі (stream network), заснованого на вказаному розмірі осередку flow accumulation.

Перевагою методу є точність промальовування гідромережі, а недоліком – розриви ліній водотоків, що, скоріше, відноситься до питання технології інтерполяції.

Побудова карт тіньового рельєфу отримала назву «відмивання рельєфу», застосування якого дозволяє робити карти більш привабливими та дає додаткову інформацію для аналізу [2,5,8].

Функція «відмивання рельєфу» створює ефект штучного освітлення поверхні, визначаючи значення освітленості в кожному осередку растру. Для цього встановлюється позиція гіпотетичного джерела світла та обчислюється значення освітленості для кожного осередку щодо інших.

Для побудови тіньового рельєфу можна користуватися програмами ArcGIS, Surfer або Microdem, оскільки в них можна працювати з файлами GRID, що є регулярним масивом точок. Програма визначає орієнтацію кожного осередку GRIDa та обчислює її відбивну здатність (на прикладі програми Surfer: у меню Map потрібно вибрати Shaded relief map і вказати на GRID-файл, за замовчуванням параметри освітлення. Ті частини поверхні, які повернуті убік від джерела світла, будуть виглядати темнішими, тому що відображають менше світла.

Якщо розташувати джерело світла під кутом 90, тобто вертикально, то звичайний гірський рельєф буде рівномірно розсіювати світло, не виявляючи тіньових ділянок. При цьому рівнинні поверхні виглядають світлішими, а на їх тлі більш контрастно проявляються виступаючі частини рельєфу.

Кarti тіньового рельєфу дозволяють краще зрозуміти і виявляти структури підвищеної сейсмічної небезпеки. Вивчення тіньового рельєфу з різними варіантами освітлення дозволяє максимально ефективно встановлювати певні структури.

Розвиток автоматизованих методів обробки інформації призвів до появи нового напрямку в моделюванні – цифрового моделювання та нових цифрових геопросторових продуктів, які називаються цифровими моделями місцевості, цифровими моделями рельєфу.

Термін «цифрове моделювання» – синонім терміна «комп'ютерне моделювання».

Цифрування (англ. digitizing, digitising, digitalization) – інформаційна технологія перетворення аналогових даних у дискретну (цифрову) форму, придатну до використання у комп'ютерних технологіях [3,6,12].

Термін "цифрові" запозичений з назви "цифрові обчислювальні машини" (ЦВМ). На ранніх етапах розвитку обчислювальної техніки існувало два типи обчислювальних машин – аналогові та цифрові.

Аналогові обчислювальні машини (АВМ) обробляли безперервні аналогові сигнали. Вони використовували спеціально розроблені електронні схеми, у яких здійснювалося функціональне перетворення аналогової інформації (сигналів). Перехідна характеристика такої схеми відповідала необхідному алгоритму обробки.

Наприклад, для диференціювання безперервного сигналу, що надходить на вхід системи, використовувався диференційний ланцюжок і безперервний сигнал перетворювався на інший, який представляв безперервну похідну від вихідного. Аналогічно справа була з інтегруванням або розв'язуванням диференціальних рівнянь. Іншими словами, алгоритм обробки був жорстко зашитий в електронну схему обробки і був неперебудовуваним. Тому такі ЕОМ були вузькоспеціалізованими і дорогими у виготовленні.

Цифрові обчислювальні машини були засновані на перетворенні аналогових сигналів на дискретні послідовності зі збереженням інформативності.

Для того, щоб інформацію можна було обробити за допомогою ЦВМ, вона має бути дигіталізована (від англ. digital – цифра), тобто перетворена на цифровий код. Саме цифровий код є домінантою, що визначає суть терміна «цифровий».

ЦВМ були універсальні в обробці, оскільки дозволяли обробляти дані з допомогою наборів програм. Крім того, вони були дешевшими з погляду вартості виробництва. Таким чином, універсальність і низька вартість з'явилися суттєвими конкурентними перевагами ЦВМ перед АВМ, що призвело до витіснення з ринку АВМ.

В даний час аналогові обчислювальні машини практично не використовуються, крім спеціальних пристроїв аналізу даних. Усі персональні комп'ютери є цифровими, і тому цей термін не використовують стосовно комп'ютерів.

Термін "цифровий" зберігся як характеристика для деяких даних та систем (цифрові методи, цифрові знімки, цифрові фотокамери, цифрові дані, цифрова інформація). В даний час він означає, що інформація в цих даних і системах міститься в дискретній формі і призначена для обробки за допомогою сучасних комп'ютерні технології.

В інформатиці та геоінформатиці цифрове моделювання полягає в реалізації можливостей математичних методів та програмних засобів для моделювання об'єктів [14,19,20,25].

1.2. Поняття цифрової моделі місцевості

Внаслідок автоматизації топографо-геодезичного виробництва виник новий напрямок – цифрове картографування місцевості.

Під цифровим картографуванням місцевості як частиною топографо-геодезичного виробництва розуміється технологічний процес, що об'єднує збір та обробку цифрової топографічної інформації, формування на ЕОМ цифрової моделі місцевості, зберігання, доповнення та оновлення, отримання за цією моделлю різних аналітичних та графічних матеріалів відповідно до пред'явлених вимог.

У науковому плані цифрове картографування є новий метод, що принципово відрізняється від традиційних аналогових і призначений для створення цифрової моделі місцевості (ЦММ).

Топографічні плани та карти при цьому розглядаються як її похідні. Сутність і зміст топографічних робіт визначає метод моделювання, у якому даному реальному фізичному об'єкту – місцевості – ставиться у відповідність певний об'єкт, званий моделлю.

Під моделлю розуміють об'єкт (наприклад, систему, знакову освіту), подібний до модельованого. З позиції топографо-геодезичного виробництва ці моделі є деякою інформаційною системою властивостей місцевості і можуть бути як моделями окремих об'єктів (будівлі, дороги), так і моделями різних сукупностей об'єктів, починаючи від аспектного набору об'єктів (гідрографія, рослинність), їх сукупностей (ситуація, рельєф) та закінчуючи моделлю всієї системи об'єктів (місцевості). За формою представлення моделі можуть бути абстрактними (наприклад, дорога відображається лінією, дерево – у вигляді крапки, сукупність окремих дерев – у вигляді майданного об'єкта – лісу), цифровими топографічними, цифровими картографічними (цифрова карта) та картографічними (карта, план) [2,3,6,8].

Розширення сфери застосування цифрових моделей місцевості та прийняття ЦММ як інформаційна основа автоматизованого картографування та інформаційних систем накопичення топографічної інформації в банках даних визначили сутність ЦММ як сукупності інформації про всі елементи місцевості – рельєф, ситуацію, топографічні об'єкти.

При цьому з'явилися нові поняття, що характеризують вузько орієнтовані моделі: цифрові моделі рельєфу або цифрові моделі поверхні, цифрові моделі ситуації, цифрові моделі забудови або цифрові моделі контурів, цифрові моделі топографічних об'єктів.

Відмінна риса цифрової моделі місцевості – її зміст, орієнтоване відображення топографічних властивостей місцевості. Тому цифрову модель місцевості називають топографічною моделлю або вказують, що вона містить топографічну інформацію.

Важливою особливістю ЦММ є наявність структури у вигляді впорядкованої множини точок чи чисел, сукупності взаємопов'язаних точок та елементів.

Характерна риса ЦММ – дискретна форма подання інформації, що з застосуванням ЕОМ з метою моделювання. Поряд з перерахованими особливостями є ще ряд властивостей ЦММ, що забезпечують вирішення

топографічних та інженерних завдань: адекватність моделі вихідному об'єкту - місцевості, безперервність, точність, однозначність та реальність моделі.

Базовим поняттям цифрового картографування є поняття "Цифрова (топографічна) модель місцевості". Складовими частинами ЦММ є «цифрова модель рельєфу» та «цифрова модель ситуації». Наступними за рівнем деталізації поняттями будуть «цифрова модель топографічної поверхні» та «цифрова модель топографічного об'єкта» [12,19].

1.3. Поняття цифрової моделі рельєфу

Цифрове моделювання рельєфу – одна з важливих моделей функцій геоінформаційних систем. ЦМР включає дві групи операцій, перша з яких створює модель рельєфу, друга – забезпечує її використання.

Під цифровою моделлю рельєфу розуміють засіб цифрового представлення тривимірних просторових об'єктів (поверхні або рельєфів) у вигляді тривимірних даних, що утворюють безліч висотних позначок (позначок глибин) та інших значень аплікату (координати Z) у вузлах регулярної чи нерегулярної мережі чи сукупність записів горизонталей (ізогіпс, ізобат) чи інших ізоліній [19].

Перші експерименти зі створення ЦМР ставляться до ранніх етапів розвитку геоінформатики та автоматизованої картографії першої половини 60-х рр. ХХ ст. З того часу розроблено методи та алгоритми вирішення різних завдань, створені програмні засоби моделювання, великі, у тому числі національні та глобальні, масиви даних про рельєф, нагромаджено досвід вирішення за їх допомогою різноманітних наукових наук та прикладних завдань.

Кожну точку поверхні Землі неможливо відобразити у моделі. Тому використовують цифрові моделі рельєфу, які передають окремі точки. Набір цих точок дозволяє відновлювати поверхню засобами комп'ютерного моделювання. В англійській літературі використовується спеціальний термін digital elevation model (DEM).

Під цифровою моделлю рельєфу розуміється впорядкований в просторі чисельний набір дискретних висотних точок. У картографічному словнику термін «цифрова модель рельєфу» трактується так: «тривимірна цифрова модель, що містить інформацію про координати та висоти (глибини) земного рельєфу або поверхні інших небесних тіл. Може бути представлена відмітками мережі (матриця висот), нерегулярної триангуляційної мережі або як запис висот ізоліній (горизонталей, ізобат)».

Спосіб моделювання рельєфу місцевості залежатиме від його характеру, масштабу моделі, необхідної точності подання рельєфу, яким вирішуватимуться прикладні завдання.

Найбільш поширені способи цифрового уявлення рельєфу мають вигляд:

- векторних ліній (горизонталів або інших ізоліній з рівним або нерівним кроком);
- регулярної матриці (регулярна або матрична модель) висот земної поверхні (подання на регулярній сітці квадратів, прямокутників або трикутників, коли в її вузлах задані значення висоти); далі – регулярна матриця висот чи регулярна модель.

В англійській мові регулярна сітка квадратів називається GRID, тому в російськомовній літературі часто використовують слово "грид". За способом обчислення значення рівнів поля між вузлами сітки розрізняють ґраткові та комірчасті сітки. У першій з них такі значення інтерполюються за значеннями висот у сусідніх точках, друга модель розглядає точки як центри осередків із постійним значенням позначки висоти;

- нерегулярної, так званої TIN-моделі (TIN – Triangulated Irregular Network), що включає деяку сукупність точок з висотними відмітками, якими проведена триангуляція з урахуванням ліній розриву безперервності (далі – нерегулярна триангуляційна мережа) [6,12,14].

Найважливішим недоліком уявлення рельєфу у вигляді регулярної матриці є невідповідність координатної сітки (точок матриці) структури рельєфу. Тут передбачається рівнозначність всіх точок цифрової моделі

(іншими словами, передбачається безперервність і плавність рельєфу) і допускається можливість ігнорувати особливі, найбільш значущі точки рельєфу, що знаходяться на лініях тальвегів та вододілів, перегибах схилів. У зв'язку з цим важливим є вибір оптимального кроку сітки, оскільки з його збільшенням зростають похибки цифрової моделі, і з зменшенням різко зростають обсяги даних.

За схемами підготовки та організації вихідних даних ЦМР поділяються на такі:

– моделі з розташуванням опорних точок у вузлах регулярних сіток за квадратами, прямокутниками (рис. 1.1, а, б), за трикутниками, горизонталями (рис. 1.1, в, г). На рис. 1.2, 1.3 наведено приклади зображення ЦМР у вигляді нерегулярної триангуляційної та регулярної моделей;

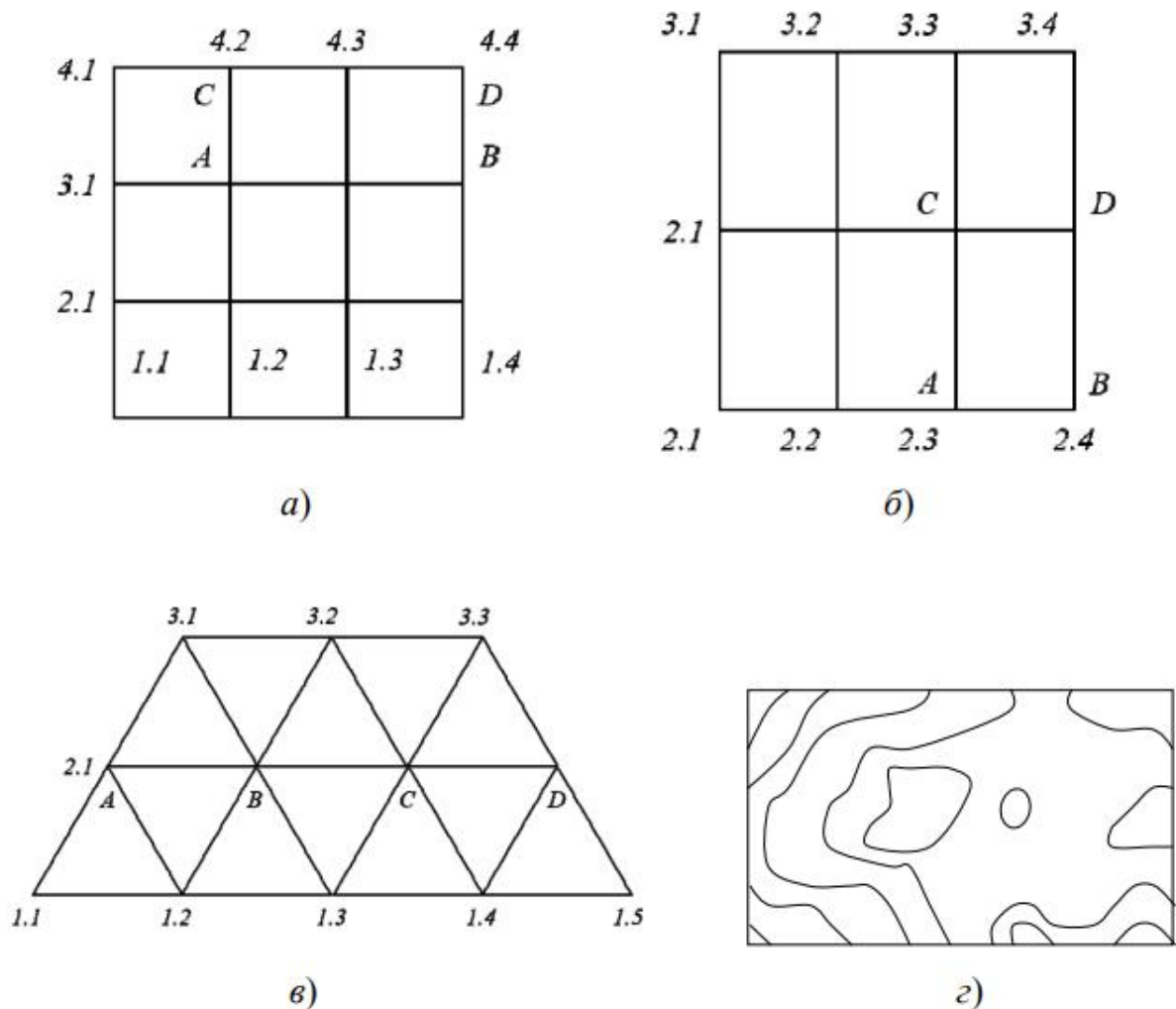


Рис. 1.1 Схеми організації вихідних даних для ЦМР

а) по квадратам; б) по прямокутникам; в) по трикутникам; г) по горизонталям

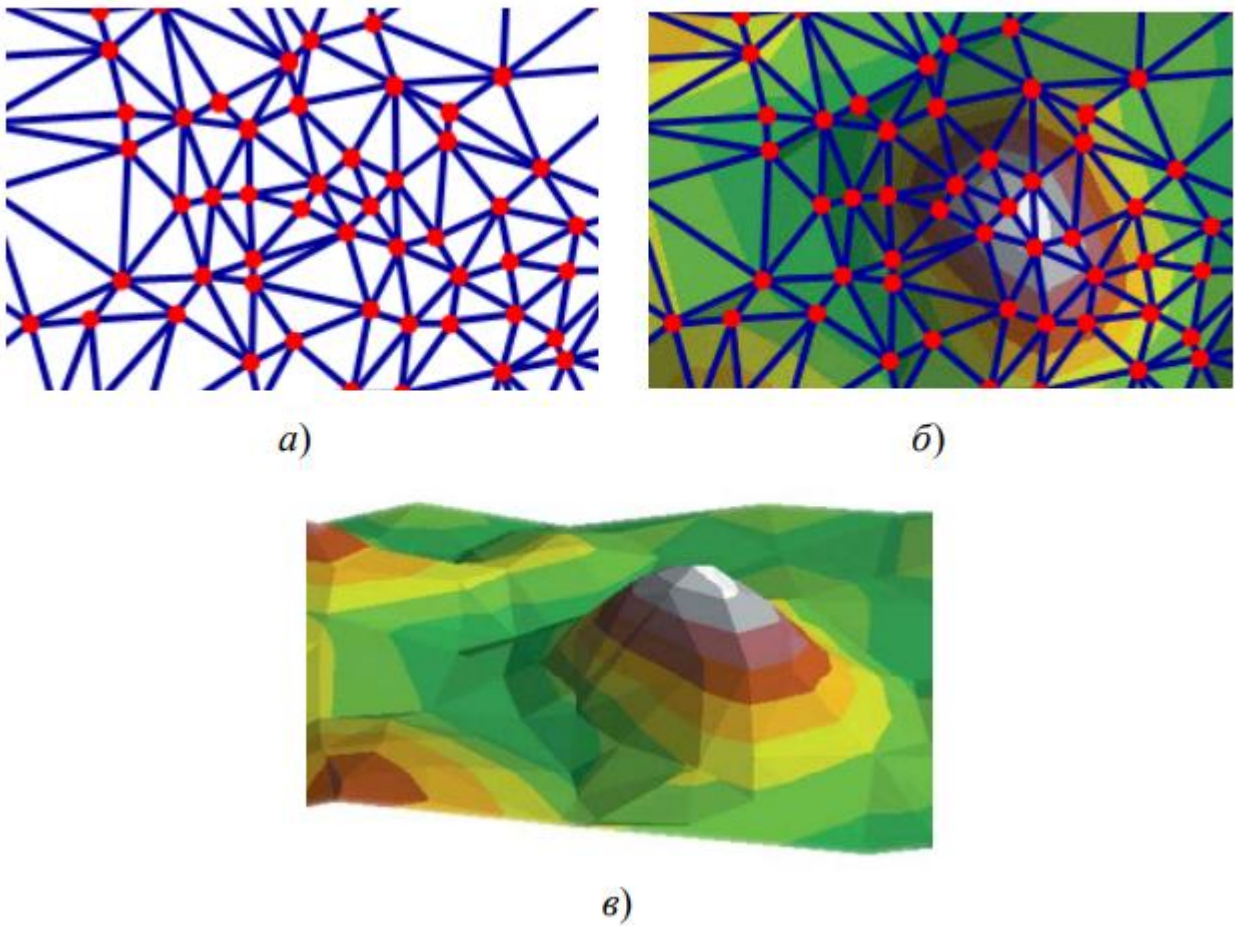


Рис. 1.2 Тривимірне відображення триангуляційної моделі рельєфу:
 а) триангуляція; б) триангуляційна модель рельєфу; в) тривимірне відображення
 рельєфу

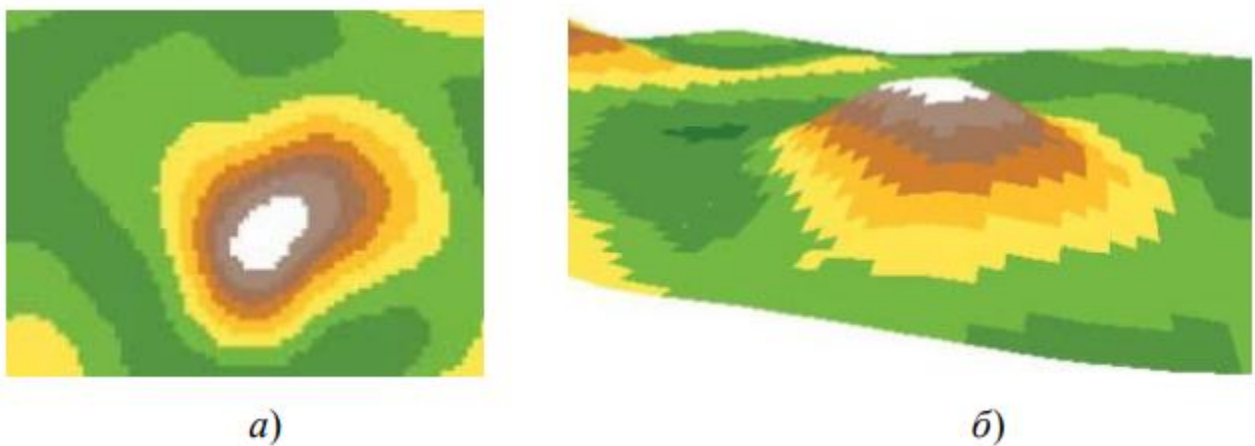


Рис.1.3 Тривимірне відображення регулярної моделі рельєфу
 а) регулярна мережа; б) тривимірне відображення рельєфу

- напіврегулярні моделі у вигляді систем взаємопаралельних профілів;
- моделі з опорними точками по поперечниках до заданих ліній;
- моделі з набором точок по горизонталі з рівним кроком (рис. 1.1, г);
- моделі з випадковим у геометричному сенсі розташуванням опорних точок на характерних перегибах рельєфу та екстремальних місцях.

Разом з тим, регулярні сітки дозволяють використовувати при їх обробці прості алгоритми інтерполяції, забезпечують простоту генерації різних уявлень рельєфу у вигляді зображень або горизонталей, а також при розрахунку похідних параметрів (наприклад, морфометричних).

Модель у вигляді нерегулярної тріангуляційної мережі дає найкраще подання рельєфу у разі сильнопересіченої місцевості, але цю модель важко оновлювати. Кожна зміна рельєфу території, що моделюється, зазвичай тягне за собою необхідність заново розвивати всю мережу. Інший недолік нерегулярної тріангуляційної мережі – надмірна складність створення рівнів деталізації. Внаслідок цього візуалізація ЦМР у режимі реального часу на основі нерегулярної тріангуляційної мережі ускладнена.

При нерегулярному способі завдання цифрової моделі рельєфу виникає завдання інтерполяції її поверхні, яка представляється як функція двох змінних x , y і перерахунку в регулярний спосіб подання.

Найбільш використовуваними методами інтерполяції у ГІС та інших системах геомодельовання є:

- інтерполяція на основі тріангуляції Делоне;
- кригінг;
- середньозважена (середньогармонійна) інтерполяція – метод Шепард;
- поліноміальне та шматково-поліноміальне згладжування [3,5,12,20].

Метод моделювання на основі тріангуляції полягає в наступному: у заданій області будуються трикутники, що не перекривають один одного, вершинами яких є опорні точки. У кожному трикутнику поверхність є або лінійною функцією, або поліноміальною поверхнею, коефіцієнти якої визначаються за значеннями та приватними похідними у вершинах трикутника.

Підвищуючи ступінь поліномів, можна досягти заданого ступеня гладкості шматково-поліноміальної поверхні. У переважній більшості випадків використовується метод, який називається «триангуляція Делоне».

Основна проблема при побудові ЦМР полягає в тому, що реальна поверхня нерегулярна, тобто має розриви. Математичні моделі зазвичай описують гладку, регулярну поверхню. Тому часто цифрову модель рельєфу будують із сукупностей різних математичних моделей, що стикаються у певних точках.

Одна з проблем моделювання рельєфу – знаходження способу, який дозволяв би за мінімальної кількості точок моделі максимально інформативно відображати вихідну поверхню. Підхід, що дає вирішення цієї проблеми, – метод Делоне. Метод спрощено можна звести до знаходження системи дискретних точок, що заповнюють певний простір.

Порівняння методів інтерполяції показує, що моделювання на основі триангуляції Делоне є найшвидшим, ще на попередній стадії створення цифрової моделі дозволяє швидко виявляти помилки даних, оцінювати поширення показника.

Метод кригінгу в більшості випадків дає хороші результати, навіть коли щільність опорних точок невелика. Однак за деякого розташування опорних точок з відповідними значеннями в них можлива поява небажаних осциляцій (різкі піки або западини). Цей недолік можна виправити шляхом застосування не інтерполяційного, а кригінгу, що «згладжує».

До переваг методу узагальненої середньозваженої інтерполяції можна віднести те, що він є локальним, тобто на значення моделюється функції та її похідних у будь-якій точці практично не впливають значення в опорних точках, далеко віддалених від неї. Цей метод добре використовувати, коли опорні точки розташовані досить щільно. Крім того, змінюючи вагову функцію та ступінь полінома, можна в інтерактивному режимі підбирати модельну поверхню, найбільш прийнятну з погляду фахівця.

Насправді вихідний рельєф часто задається як ізолінії, що суттєво ускладнює аналіз рельєфу. Тому в ГІС, які працюють з тривимірним поданням, як правило, існують додатки, що забезпечують перетворення ізоліній на регулярну сітку або триангуляційну мережу. На першому етапі ізолінії перетворюються на нерегулярну мережу точок, значення рівнів яких відповідають рівням вихідних ізоліній, наприклад, шляхом перетворення вузлів ізоліній на точкові об'єкти або шляхом виявлення перетинів ізоліній з квадратною сіткою.

На другому етапі здійснюється відновлення регулярної поверхні за отриманими нерегулярними даними. Сучасні спеціалізовані програмні продукти дозволяють отримувати щільну цифрову модель поверхні автоматично в режимі за матеріалами аерофотозйомки, лазерної локації. Щільна цифрова модель поверхні є щільною хмарою точок, кожна з яких представлена трьома координатами. Точність такої моделі залежить від багатьох факторів, таких як якість вихідних фотографій, наявність та точність визначення координат центрів фотографування, координат точок планово-висотного обґрунтування [19, 20,25].

1.4. Джерела даних для цифрового моделювання рельєфу

На практиці є безліч способів та технологій створення ЦМР. Джерелами вихідних даних про рельєф служать різноманітні дані, способи одержання яких різні. Серед них геодезичні роботи та топографічна зйомка місцевості, стереофотограмметрична обробка фототеодолітних, аеро- та космічних знімків, альтиметрична зйомка (рельєф суші), промірні роботи та ехолотування підводного рельєфу акваторій океанів та внутрішніх водойм, радіолокаційна зйомка рельєфу льодовикового ложа та небесних тіл.

Основна проблема при побудові ЦМР полягає в тому, що реальна поверхня нерегулярна, тобто має розриви. Математичні моделі зазвичай описують гладку, регулярну поверхню. Тому практично часто цифрову модель

рельєфу будують із сукупностей різних математичних моделей, стикуючихся у певних точках. При цьому організація вихідних даних буде різною.

Деякі автори зазначають, що «просторова організація вихідних даних про рельєф як безліч опорних точок моделі (крапок з відомими висотними відмітками) також різна. Їх розподіл може бути регулярним, структурним та хаотичним. З урахуванням технології отримання та передобробки (характеру фотограмметричної) обробки стереомоделей і технології цифрування карт) можна виділити системи висотних позначок рельєфу у випадково розташованих точках - вузлах нерегулярної мережі (отримуються, наприклад, в результаті тахеометричної зйомки), в частково впорядкованих безлічі точок (інженерні дослідження, ехолотування), у вузлах регулярних ґрат (спеціальні види майданного нівелювання, цифрова фотограмметрична обробка, попередня обробка інших моделей), лінійно упорядковані безлічі точок, що одержуються шляхом цифрування карт (обведенням ліній або скануванням) повністю або частково впорядкованих множин точок, що генеруються в процесі фотограмметричної обробки стереомоделей місцевості» [6,8,14,19].

Так було виділено чотири типи вихідних множин: 1) нерегулярно розташованих точок; 2) нерегулярно розташованих точок, становище яких пов'язане зі структурою рельєфу (структурні лінії поля); 3) точок, регулярно розташованих уздовж ліній, слабо пов'язаних зі структурою поля (на ізолініях або профілях, наприклад, галси попутного проміру); 4) регулярно розташованих точок (Прямокутні, трикутні або шестикутні регулярні мережі).

Серед перерахованих джерел даних для моделювання рельєфу двом із них – картам та матеріалам аерокосмічних зйомок – належить роль масових джерел. У літературних джерелах наголошується, що використання матеріалів аерокосмічних зйомок для створення ЦМР зростатиме, а картматеріалів – знижуватиметься.

Це пояснюється технологічними та технічними причинами: зростання просторового дозволу систем сканерної космічної зйомки (до 1 м і менше), широке поширення щодо недорогих і доступних цифрових фотограмметричних

станцій, у тому числі на платформі персональних комп'ютерів, поява принципово відмінного від стереофотограмметричного методу екстракції (лат. *extraho* – витягну) висот – інтерферометрії, широко відомої у додатках з обробки радіометричних даних. Пташиного польоту широко використовуються для контролю якості та верифікації ЦМР. Як контрольні точки беруться чітко розпізнавані точки (на поверхні Землі) зі значеннями висотних позначок на стереофотографічних моделях. Точність контрольних точок явно набагато вища, ніж у верифікованої моделі, а масштаб стереофотограмметричної моделі більший.

Дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та процедури їх обробки, у тому числі екстракції висот, мають недоліки. В умовах щільної міської забудови або високої залісненості (при 100%-ній зімкнутості крон деревостою) отримана цифрова модель у суттєвій своїй частині відобразить геометрію будівлі та споруд або пологую лісу та вимагатиме втручання оператора в автоматизований процес її побудови.

Так чи інакше, інформація картматеріалів поки що залишається основним джерелом даних ЦМР. До картографічних джерел належать топографічні карти та плани, що використовуються для створення ЦМР суші, та морські навігаційні або топовиметричні карти для ЦМР акваторій. Типова технологія створення ЦМР заснована на цифруванні горизонталей як її основної складової, а також висотних позначок та інших картографічних елементів, що використовуються для відображення рельєфу, із залученням даних щодо інших об'єктів карти (елементів гідрографічної мережі).

За наявності готової цифрової топографічної чи аналогічної їй карти використовуються відповідні шари. На сучасних загальногеографічних картах суші рельєф представлений композицією трьох засобів картографічної виразності з різною просторовою локалізацією елементів: системою ізоліній (горизонталей, ізогіпс), безліччю відміток висот і сукупністю точкових позамасштабних, лінійних і площадних знаків, що доповнюють зображення.

ділянок річок, обривів, бровок, зсувів, осипних ділянок, карстових воронок, курганів, льодовиків, тощо.

Відзначаються три важливі переваги горизонталей:

- можливість їх автоматичної побудови по мережі висотних точок;
- простота їх цифрування шляхом запису планових координат точок внаслідок ручного обведення або автоматичного відстеження по карті;
- зручність автоматичного отримання профілів по горизонталі з обчисленням висот проміжних точок.

Як джерело даних для ЦМР, топографічна карта має низку недоліків. Один із них пов'язаний із зображенням рельєфу горизонталями. Загальновідомо, що дві функції горизонталей – з'єднувати точки з однаковими висотами і служити засобом «правильного», «географічно достовірного» опису (передачі) форм рельєфу на карті – перебувають у важкому протиріччі між собою. «При користуванні способом горизонталей важливо бачити у горизонталях не лише математичні лінії рівних висот, а й лінії, які малюють форми рельєфу. За зображенням горизонталей судять про тип рельєфу. М'яким формам рельєфу властиві округлі, плавні горизонталі, різким формам – звивисті та незграбні: кожному типу рельєфу властивий неповторно своєрідний малюнок горизонталей». Правила складання та редагування зображення рельєфу, оформлені в інструкціях та редакційних вказівках, зазвичай наказують зберігати або навіть утрувати ці їхні властивості.

Виходячи з цього, сформульовані загальні рекомендації до програмних засобів створення ЦМР: підтримка контролю геометричної коректності цифрових уявлень горизонталей. При цьому повинні дотримуватись умов:

- однойменні та різноіменні горизонталі не повинні перетинатися (зливатися, торкатися);
- кожна горизонталь має бути замкнена на саму себе або межу картографічного зображення (рамку картки, плану) [2,3,6,12,19].

Висновки до розділу 1. Цифрова модель рельєфу (ЦМР) – засіб цифрового представлення тривимірних просторових об'єктів (поверхні або рельєфів) у вигляді тривимірних даних, що утворюють безліч висотних позначок (відміток глибин) та інших значень аплікату (координати Z) у вузлах регулярної або нерегулярної мережі, або сукупність записів горизонталей (ізогіпс, ізобат) чи інших ізоліній.

ЦМР території необхідні при вирішенні різних топографічних та інженерних завдань:

1) створення географічних, топографічних, морських навігаційних, тематичних карт та відображення на них рельєфу суші, дна океану, гравітаційних та геомагнітних полів тощо;

2) завдання вертикального планування території для потреб цивільного та промислового будівництва: побудова розрізів, ізоліній (ліній однакової висоти), ізоклін (ліній однакового ухилу), тривимірна візуалізація, обчислення обсягів земляних робіт;

3) гідрологічні завдання, меліорація земель: побудова полів градієнтів, ліній вододілів, басейнів стоку;

4) екологічні завдання: прогнозування поширення забруднень, визначення буферних територій забруднень та ін.

У сучасних вітчизняних та зарубіжних геоінформаційних системах цифрове моделювання рельєфу реалізовано у вигляді модулів щодо створення цифрових моделей рельєфу та їх використання. Сучасний функціонал існуючих ГІС продуктів дають чимало можливостей реалізації поставлених під час дослідження завдань.

В даний час існує безліч різних способів математичного моделювання рельєфу, заснованих на лінійних та нелінійних схемах інтерполювання відміток між опорними точками.

Спосіб математичної обробки цифрової інформації про рельєф у багато в чому визначається схемою отримання та організації вихідних даних.

Під час створення ЦМР необхідно вирішувати питання оцінки джерел даних про рельєф, вибору моделей просторових даних для його опису, методів реалізації моделі стосовно розв'язуваної задачі, оцінки точності ЦМР

РОЗДІЛ II. ОСОБЛИВОСТІ РОЗТАШУВАННЯ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ВОДНО-БОЛОТНОГО УГІДДЯ “БАКОТСЬКА ЗАТОКА”

2.1 Фізико-географічна характеристика території досліджень.

Згідно з паспортом №136 від 29.07.2004 року назва Водно-болотного угіддя міжнародного значення - "Бакотська затока".

Природоохоронний статус, категорія території або об'єкту природно-заповідного фонду України: Водно-болотне угіддя міжнародного значення. Входить до складу Національного природного парку “Подільські Товтри”.

Адміністративне місцезнаходження території досліджень - Хмельницька область, Кам'янець-Подільський район, Китайгородська територіальна громада (Рис.2.1.). Угіддя знаходиться біля сіл Гораївка та Колодіївка та за 50 км на південний схід від м.Кам'янець-Подільський.



Рис.2.1 Місцерозташування Бакотської затоки згідно адміністративно-територіального устрою.

Географічне місцезнаходження наступне: довгота центру ВБУ - 26°56' сх. д., широта центру ВБУ - 48°35' пн. ш.; максимальна висота над рівнем моря - 121 м, мінімальна - 114 м.

Загальна площа водно-болотного угіддя (в га) та площа його частини, яка належить до території природно-заповідного фонду, їх функціональних зон становить 1590 га, а площа частини ВБУ, яка належить до території ПЗФ, - 1590 га.

Водний об'єкт Бакотська затока являє собою прісноводну затоку, що утворилася в долині річки Дністер в результаті побудови греблі ГЕС та створення Дністерського водосховища [4,7,17].

Бакотська затока виникла із затопленням низинної ділянки річки Дністер після заповнення Дністерського водосховища. Розміщена в каньйоні ріки і презентує типові для басейну верхнього Дністра природні комплекси рослинності та тваринного світу.

У межах Угіддя, яке знаходиться у Континентальному біогеографічному регіоні в Україні відіграє важливу роль у збереженні біорізноманіття басейну р.Дністер та території подільської височини. Тут зустрічаються типові представники місцевої флори і фауни: водорості, прибережно-водні судинні рослини. У гніздовий період на території угіддя знаходять корм чапля сіра, лелека білий, шуліка чорний, беркут, боривітер степовий, ластівка сільська та інш.

Під час весняних і осінніх міграцій та взимку реєструються гагара червоношия, чепура велика та мала, чернь чубата, гоголь, пірникоза велика, лунь польовий, підсоколик малий, сапсан, журавель сірий, чайка, коловодник болотяний, зимняк, підсоколик великий, кібчик, крижень, чернь морська, лелека, лебідь-шипун, попелюх та інші.

Біогеографічний регіон на карті Смарагдової мережі Європи: Континентальний. За геоботанічним районуванням територія ВБУ "Бакотська затока" належить до Покутсько-Медоборського округу букових грабово-дубових та дубових лісів, справжніх та остепнених лук і лучних степів

Південнопольсько-Західноподільської підпровінції широколистяних лісів, лук, лучних степів та евтрофних боліт Центральноєвропейської провінції широколистяних лісів Європейської широколистянолісової області [9,22,23].

Басейнова приналежність: Середня ділянка басейну Дністра, верхів'я Дністровського водосховища.

Угіддя розташоване у межах Волино-Подільського тектонічного блока і відзначається близьким до поверхні заляганням порід кристалічного фундаменту. Сформовано з вапняків, мергелів, пісковиків, сланців, а також гранітів та гнейсів, що перекриваються лесами. Поверхня Угіддя - в основному підвищена полого-хвиляста лесова рівнина.

За фізико-географічним районуванням України територія Угіддя належить до Західноподільського району Західноподільської області Подільської Лісостепової зони.

Ґрунти на території Угіддя - темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені переважно на лесових породах.

Бакотська затока утворилася у 1976 р. у результаті створення на Дністрі Дністровського водосховища довжиною 194 км і об'ємом 3 км³ і до якого нижче примикає буферне водосховище довжиною 17 км і об'ємом 0,031 км³.

Мінералізація води у верхньому Дністрі коливається від 205 до 570 мг/л. Вода переважно належить до гідрокарбонатно-кальцієвого класу II типу. Якість води в цілому добра (в районі Угіддя здійснюється забір води для потреб смт.Стара Ушиця).

Клімат Угіддя помірно континентальний з м'якою зимою і теплим, вологим літом. Пересічна температура повітря січня -5,5°C, липня +18,8°C. Період з температурою понад +10°C становить близько 168 днів.

Ріка Дністер бере початок на північно-східних схилах Українських Карпат і впадає у Дністровський лиман Чорного моря, має загальну довжину 1352 км, площу басейну 72,5 тис.км². Середньорічний стік води в Дністрі складає 9,5 км³ (в середньому біля 300 м³/с), причому біля 8090 стоку формується у гірській частині та передгір'ях Карпат. Живлення річки Дністер

змішане з переважанням снігового над дощовим.

В межень на Дністрі глибина Бакотської затоки - 34 м, ширина 1700 м, швидкість течії річки на стрижні - 0.7-3.0 м/с. У повінь, яка спостерігається частіше у травні-червні, вода може підніматись на 6 м, але не виходить у цих місцях з берегів Дністровського каньйону. Узимку вода в затоці замерзає, але на межі р.Дністер вода не замерзає, У затоку впадають невеликі струмки та джерела з оточуючих вапнякових скель. Середньорічна кількість опадів в районі затоки складає біля 532 мм, а найбільша кількість опадів характерна для літніх місяців [10,11,23].

Водний режим у межах Бакотської затоки великою мірою залежить від умов формування стоку Дністра та роботи Дністровського водосховища з гідроелектростанцією, хоча при визначенні об'ємів попусків з Дністровського водосховища обов'язково мають враховуватися екологічні потреби Верхнього Дністра.

Багатство екотопів і біотопів підтверджується наявністю різноманітних екотопологічних флорокомплексів (ЕФК). На території ВБУ Бакотська затока поєднуються наступні еколого-флористичні комплекси: лісові, лучно-степові, степові, кущові, кальцепетрофітні, гідрофітні, синантропні та антропічні. За результатами систематичного аналізу флори ВБУ виявлено 474 види зі 100 родин. Види входять до чотирьох відділів. Особливу цінність мають види, що занесені до різних созологічних списків.

Адвентивна (немісцева) флора в межах ВБУ "Бакотська затока" нараховує 109 видів, які належать до 34 родин, трьох класів та двох відділів. Таке різноманіття спричинене наявністю еродованих терас, утворених при залісненні схилів сосною і акацією, залишених при затопленні садиб та необроблених полів. Багатим є флористичне різноманіття прибережно-водної складової угіддя.

В межах ВБУ поширені широколистяні ліси. Один з лісових масивів простягається від с. Колодіївки до р. Руска, другий зростає на північному схилі затоки навпроти с. Каштанівка і третій - охоплює частину східного схилу і вздовж струмка доходить до урвистих берегів затоки.

На цих територіях поєднуються грабово-дубові, похідні грабові ліси, в яких зростають типові види, характерні для Хмельницького Придністров'я.

Переважають формації дуба звичайного і граба звичайного. Окрім домінуючих деревних порід у лісі зростають клен звичайний, клен несправжньо-платановий, липа серцелиста, ясен звичайний, груша звичайна, черешня [7,9,23].

Схили у Бакотській затоці (увесь північний схил, частина східного і західного схилів) зайняті лісовими культурами сосни звичайної, сосни чорної, сосни кримської, акації білої, що призвело до зміни флористичного різноманіття. У таких лісонасадженнях на галявинах поодинокі трапляються молоді дерева насінного походження: граб звичайний, клен гостролистий, липа серцелиста, ясен звичайний, груша звичайна, черешня, дуб звичайний, клен ясенolistий.

На березі Бакотської затоки є Бакотський скельний монастир, який збудовано монахами у IX столітті у вапняковій скелі шляхом видовбування галерей.

У верхів'ї затоки є два обладнані місця для наметових літніх таборів, зокрема для розташування Літнього табору для молоді.

2.2 Природокористування території Бакотської затоки.

Для території поблизу Бакотської затоки так і безпосередньо для водного об'єкту характерним є користування ресурсами (водними, земельними, лісовими) людьми.

Якщо аналізувати перелік користувачів та власників землі, то слід виділити наступні:

а) в межах угіддя: Державна власність на землі водного фонду, що включає водну акваторію та прибережні захисні смуги по обидві сторони річки у межах національного природного парку „Подільські Товтри”. Стан річки та прибережних смуг контролюється Дністровським регіональним басейновим управлінням. 70% земель відноситься до водоохоронної зони р.Дністер.

б) на суміжних територіях: Усі землі поряд знаходяться у межах Національного природного парку „Подільські Товтри”: інші землі державної власності - землі водного фонду; землі населених пунктів (приватні та з муніципальні) та приватні сільськогосподарські землі (рілля, пасовища, сінокоси, сади).

Способи використання земель:

а) в межах угіддя: Наукові дослідження, природоохоронні заходи; рекреаційна діяльність: відпочинок у визначених місцях, рибальство і полювання у визначені за погодженням з адміністрацією Національного природного парку „Подільські Товтри” терміни та обсяги добування.

Чітко виражена нерівномірність рекреаційного навантаження на земельні ділянки ВБУ є фактором негативного впливу на стан Рамсарського об'єкта

б) на суміжних землях: Рекреаційна і лісгосподарська діяльність, любительське та промислове рибальство у відведених місцях рекреаційної зони, господарська діяльність (у відповідності до типів сільськогосподарських угідь: пасовищ, сінокосів, ріллі, садів) за погодженням з адміністрацією національного природного парку „Подільські Товтри” [7,11,17].

Чинники несприятливого для угідь впливу, включаючи зміни в природокористуванні або проекти розвитку:

Багаторічні польові дослідження території ВБУ "Бакотська затока" та процесів, що мають там перебіг, спонукають до виокремлення двох типів загроз, а саме прямих і опосередкованих, кількох груп факторів впливу та значну кількість видів загроз. У сучасних умовах найбільш небезпечними проявляються прямі загрози, що викликають втрати біологічного різноманіття і деформують та руйнують ландшафти, таким чином спричинюючи загальну деградацію екосистем водно-болотних угідь. Найбільший вплив у районі Бакотської затоки спричинила господарська діяльність масштабного (створення Новодністровської ГАЕС) та повсякденного, рутинного характеру (господарська діяльність, дачне будівництво, протиерозійне заліснення лучно-степових і кам'янистих схилів тощо). При цьому чинники, пов'язані з соціально-

демографічними процесами, включаючи освіту, виховання та природоохоронну діяльність, мали також суттєвий, головним чином деструктивний вплив на стан ВБУ.

У результаті виконаного аналізу можна сказати, що основними факторами антропогенного впливу на стан і розвиток природних процесів Бакотської затоки є:

- сільськогосподарська діяльність (випасання худоби, штучні пожежі, вплив органічних відходів);
- неадекватне природокористування (браконьєрство, збирання лікарських та квіткових рослин, кар'єрне добування будівельних матеріалів, заліснення схилів);
- урбанізація (розростання місць поселень і розвиток інфраструктури, засмічення побутовими відходами);
- природні процеси і явища (вітрова та водна ерозія, поширення неаборигенних видів);
- рекреаційна діяльність (засмічення і забруднення, порушення території та флори в місцях відпочинку).

Заходи щодо збереження угіддя, які запропоновані:

У відповідності до Указу Президента України від 27.06 1996 р., Хо 174/96 територія Угіддя увійшла до складу рекреаційної зони Національного природного парку «Подільські Товтри».

Менеджмент біорізноманіття здійснюється у відповідності до Закону „Про природно-заповідний фонд України" (1992 р.), Положення про Національний природний парк “Подільські Товтри" (1996 р.).

Дністровське регіональне басейнове управління (с.Новодністровськ Чернівецької області) здійснює моніторинг водних ресурсів.

Об'єкт ПЗФ за категорією Національний природний парк, Об'єкт ГЗФ за значенням загальнодержавне/

Проект організації території, охорони, відтворення та рекреаційного використання природних комплексів і об'єктів національного природного

парку „Подільські Товтри” затверджений Міністерством екології та природних ресурсів України наказ Мо257 від 09.07.2002 р.

Розроблено зонування ВБУ. Навколо об'єкта дослідження були виокремлені наступні зони, передбачені законодавством: водоохоронна зона, прибережна захисна смуга, буферна зона екомережі та функціональні зони парку. Режим використання цих зон став основним фактором при розробленні плану зонування території ВБУ з розумінням того, що врахування вимог щодо встановлення та використання зон, регламентованих законодавством, є базовим та обов'язковим [11,17,23].

Зауважимо, що такий перелік не є вичерпним, законодавством передбачено виділення деяких інших, більш специфічних зон (зокрема, охоронної зони навколо особливо цінних об'єктів; зони санітарної охорони в районах забору води; берегових смуг на судноплавних водних шляхах та ін.), але для цього об'єкту ці вимоги не є аплікативними.

Зона управління 1 - це зона охорони та посиленого контролю рекреаційного використання. Територія характеризується особливою природною цінністю, вразливістю прибережної смуги, високим рекреаційним потенціалом та його використанням, наявністю ділянок, критичних за вразливістю (із найвищою природною цінністю та надмірною вразливістю).

Беручи до уваги те, що локалізація цих ділянок співпадає із місцями розміщення ділянок високого рекреаційного потенціалу, відзначимо, що причиною надмірної вразливості ділянок особливої природної цінності є неналежне рекреаційне використання території. Управління зоною 1 варто спрямувати на збереження особливо цінних природних комплексів та строге обмеження рекреаційного використання території у місцях, критичних за вразливістю.

Зона управління 2 - це зона стабілізації рекреаційного використання. Територія характеризується високим та нерівномірним рекреаційним навантаженням, показник природної цінності знаходиться на середньому рівні. Рекреаційний потенціал має прибережна смуга, для якої встановлений високий

показник вразливості. Управління зоною 2 варто спрямувати на регулювання рекреаційного використання території та запобігання надмірному навантаженню.

Зона управління 3 - це зона охорони та підтримання сприятливого режиму. Територія характеризується особливою природною цінністю, середнім рекреаційним потенціалом та низьким рівнем використання. Управління зоною 3 варто спрямувати на збереження та підтримання сприятливого режиму особливо цінних природних комплексів.

Зона управління 4 - це зона перспективного розвитку рекреації. Територія характеризується незначною природною цінністю, але високою вразливістю прибережної захисної смуги. У різних частинах території встановлені різні значення рекреаційного потенціалу та рівнів використання. Враховуючи незначну природну цінність цієї території, зону варто розглядати як найбільш придатну для рекреаційного використання.

Управління зоною 4 варто спрямувати на розвиток рекреаційного потенціалу та його регульоване використання.

Зона управління 5 - це зона охорони та посиленого контролю господарського використання. Територія характеризується особливою природною цінністю, високим рівнем використання та низьким рекреаційним потенціалом. Ділянки особливої природної цінності охоплюють невелику частину прибережної смуги та є критичними за вразливістю. Зважаючи на те, що рекреаційний потенціал виділеної території низький, причиною вразливості особливо цінних ділянок є, швидше за все, господарська діяльність (надмірна розораність земель у прибережній смузі, використання агрохімікатів на прилеглих сільськогосподарських угіддях). Управління зоною 5 варто спрямувати на збереження особливо цінних природних комплексів та захист від нерационального господарського використання [7,11,17,22,23].

Висновки до розділу 2. Проаналізовано фізико-географічну характеристику території Бакотської затоки. Визначено природоохоронний статус та розміщення згідно останнього адміністративно-територіального устрою країни. З'ясовано географічне місцезнаходження, загальну площу водно-болотного угіддя. Перелічено критерії Конвенції про водно-болотне угіддя, що мають міжнародне значення. Також виокремлено гідрологічні особливості та характеристику флори і рослинності. Описано культурні цінності території.

У розділі природокористування детально проаналізовано перелік користувачів та власників землі, способи використання земель (види господарської діяльності, обсяги використання природних ресурсів). Окремо подано перелік та аналіз чинників несприятливого для угідь впливу, включаючи зміни в природокористуванні або проекти розвитку. Визначено фактори антропогенного впливу на стан і розвиток природних процесів Бакотської затоки. Наведено перелік заходів щодо збереження угіддя.

III. ОЦІНКА ПОБУДОВАНОЇ ЦМР ТА ПУНКТИВ ДГМ ЗАСОБАМИ ГІС QGIS

3.1 Створення векторного шару території досліджень в QGIS ручним дешифруванням

Після відкриття інтерфейсу QGIS і завантаження стартового вікна програми, було створено New Project (Новий проект).

Далі потрібно переконатися, що в програмі відкрито панель Browser (Браузер), панель Layers (Таблиця змісту), панель Spatial Bookmarks (Панель просторових закладок). Якщо їх немає, то потрібно вибрати у верхньому меню View (Вигляд) → Panels (Панелі) і поставити відмітку біля Browser, Layers та Spatial Bookmarks (Рис.3.1).

Для того щоб знайти ділянку на річці Дністер – Бакотську затоку було додано в проект карту OpenStreetMap. Для цього на панелі Browser (Браузер) потрібно відкрити XYZ Tiles і двічі натиснути курсором миші на шар Open Street Map, щоб він відкрився в таблиці змісту та завантажився в картографічному вікні (рис. 3.2).

Наступним етапом роботи було створення окремого векторизованого шару досліджуваного гідрологічного об'єкту. Перетворення растрової графіки у векторну було здійснено за допомогою двох методів в програмному продукті QGIS. Перший метод полягав у ручному дешифруванні водного об'єкту, а другий – у напівавтоматичному методі.

Розглянемо перший метод оцифрування водного об'єкту. Для цього на панелі інструментів було вибрано New shapefile layer (Новий шейп-файл шар). У вікні, що відкриється, біля поля File name (Назва файлу) натиснуто на інструмент, щоб знайти потрібну папку, в яку буде зберігатись новий векторний шар з атрибутивними характеристиками. Вказано його назву і натиснуто Save (Зберегти). Назву тематичного шару треба вказувати латиницею і без застосування додаткових символів. Далі в діалоговому вікні для створення шейп-файлу в полі Geometry type (Тип геометрії) з випадного списку вибрано

Polygon (Полігон). У нашому випадку найкраще підходить полігональний тип. Під полем геометрії є ще один випадний список з назвами картографічних проєкцій, потрібно його розкрити і вибрати потрібну проєкцію і натиснути **Ок**.

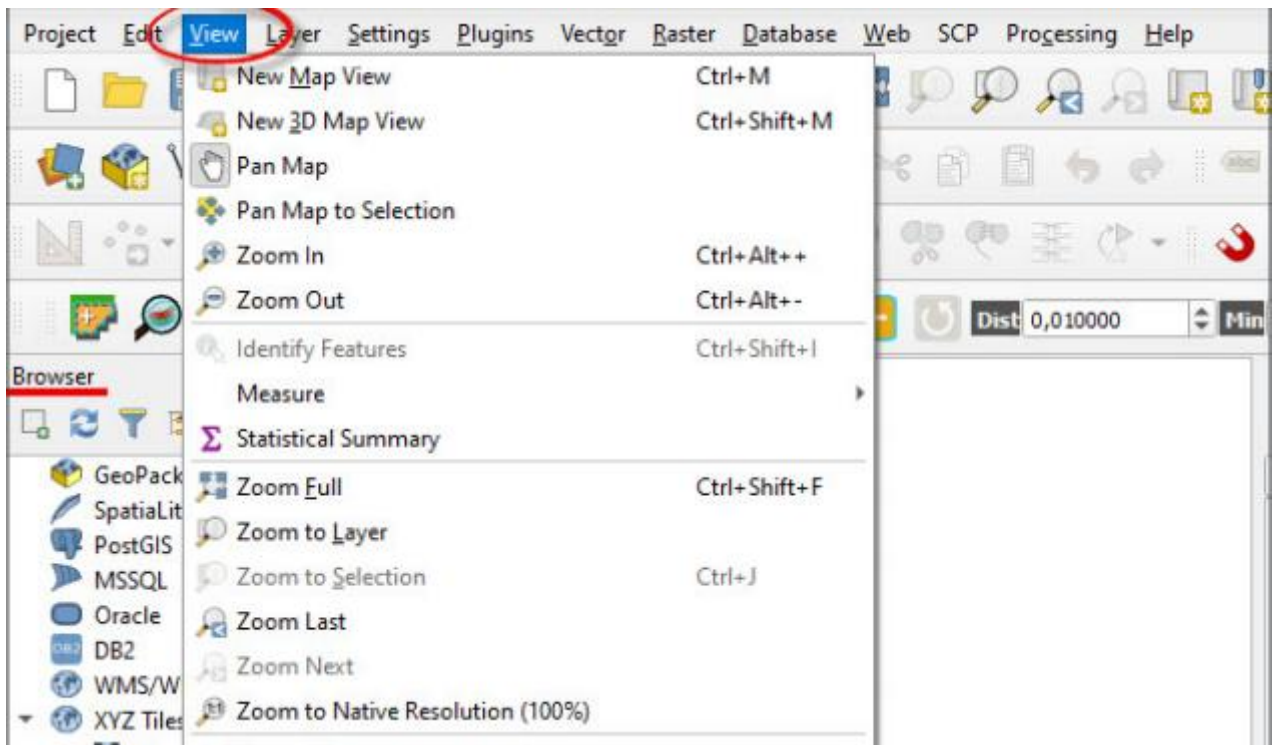


Рис.3.1 Включення панелі Browser (Браузер), панелі Layers (Таблиця змісту) і панелі Spatial Bookmarks (Панель просторових закладок)

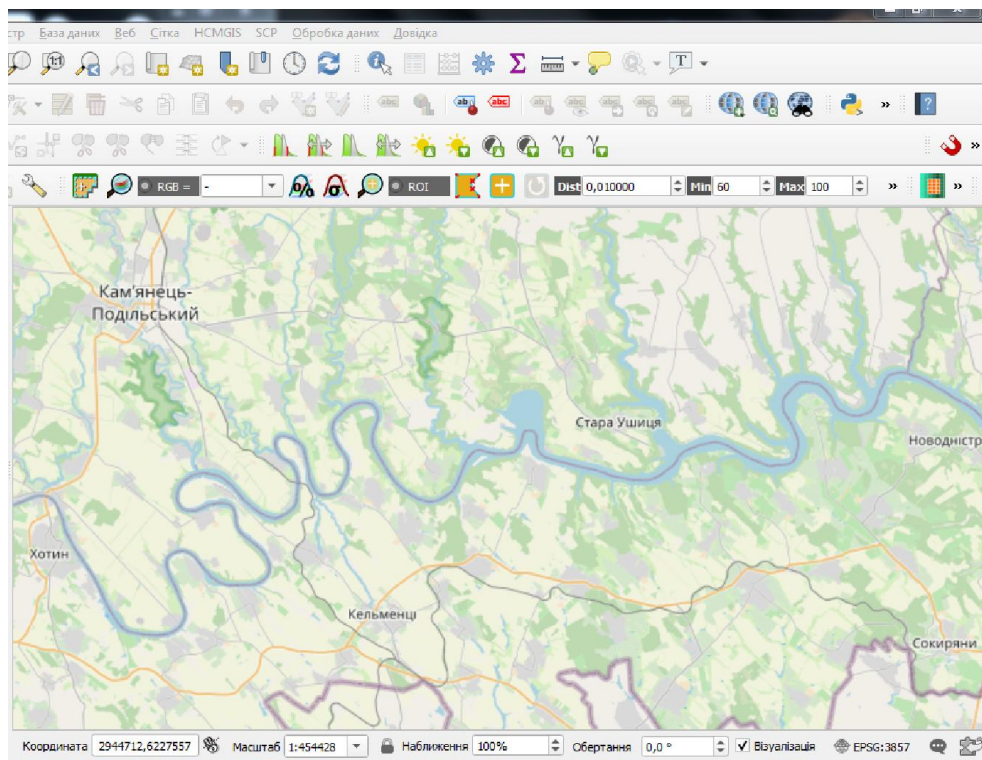


Рис.3.2 Вигляд вікна OpenStreetMap в ГІС продукті QGIS

Тепер нам необхідно було підібрати зручний для себе стиль відображення шейп-файлу. Для доступу до інструментів налаштування відображення шейп-файлів треба було правою клавішею миші натиснути на новий шар й обрати з випадного меню пункт Properties (Властивості), після чого у вікні Layer Properties (Властивості шару) перейти на вкладку Symbology (Символіка).

У верхньому полі цього вікна можна обрати варіант, за яким треба відображати об'єкти шейп-файлу. Варіант відображення Single Symbol (Одиничний символ) відображає усі об'єкти в обраному шарі однаково. Цей спосіб доцільно використовувати, коли об'єкти в одному шарі не мають жодної класифікаційної ознаки. Тобто для початку роботи він нам підходить, адже ми ще не намалювали жодного полігона.

Інший поширений варіант відображення шару – це Categorized (За категоріями), який дає змогу відобразити об'єкти шару залежно від їх властивостей. Об'єкти в цьому разі відображатимуться, ґрунтуючись на різних значеннях певного атрибута, наприклад поля «площа».

На цьому етапі ми залишили тип відображення Single Symbol (Одиничний символ). Нижче в полі Fill (Заливка) можна вибрати стиль заливки полігона. Для оцифрування зручно працювати з полігонами, які відображаються лише контуром, без заливки, тому в полі Fill style (Стиль заливки) вибрано No Brush (Без заливки), в полі Stroke color (Колір контуру) з випадного меню вибрано, наприклад, червоний колір, а в полі Stroke width (Ширина контуру) поставимо 1, що значить, що ширина контуру буде мати розмір 1 мм. Після цього натиснемо Ok.

Редагування векторних шарів у програмі QGIS відбувається за допомогою стандартних інструментів, а також за допомогою панелі додаткових інструментів. За замовчуванням ця панель не відображається у верхньому меню інструментів, тому для початку потрібно її відкрити. Для цього натиснуто на меню View (Вид) → Toolbars (Інструменти) і поставлено відмітку поряд з Advanced Digitizing Toolbar (Удосконалена панель для оцифрування). У

результаті інструменти для оцифрування відобразяться у верхній панелі інструментів (рис. 3.3).

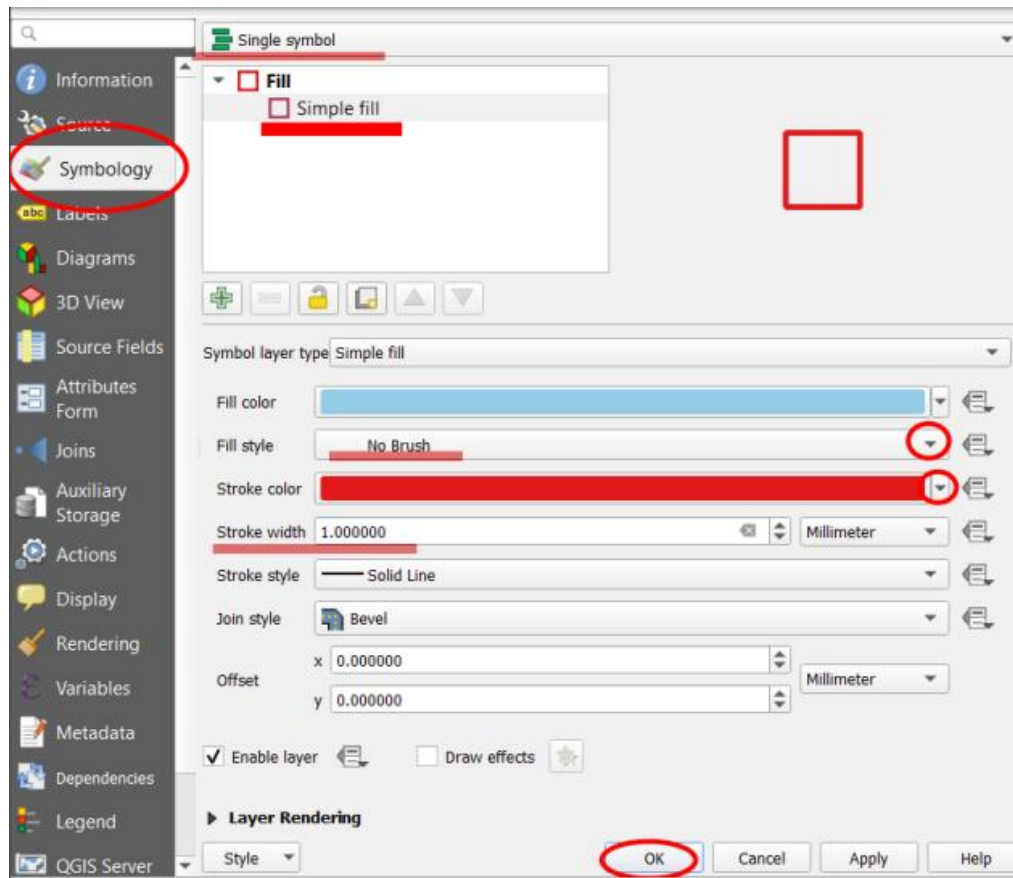


Рис.3.3 Вигляд вкладки Symbology (Символіка) у вікні Layer properties (Властивості шару)



Рис. 3.4 Панель додаткових інструментів

Іконки інструментів відображаються сірим кольором, тому що спочатку вони не активні. Ця панель складається з багатьох корисних інструментів, але для початку потрібно знати головне – як почати і закінчити окреслення полігона. Отже, для початку потрібно активізувати режим редагування

векторних шарів. Для цього в таблиці змісту вибрано шар, який потрібно редагувати, натиснувши на нього лівою клавiшею миші, після цього натиснуто на інструмент Toggle Editing (Перемкнути режим редагування). Можна побачити, що після включення режиму редагування низка інструментів почала відображатися кольоровими іконками, тобто стали активними. Один з них – це інструмент для оцифрування полігонів. Вибрано його і почато окреслення об'єкту досліджень (рис. 3.5)



Рис.3.5 Вигляд оцифрованої Бакотської затоки ручним методом по зображенню OpenStreetMap

Для покрокового ручного цифрування поставлено було крапку (vertex) за крапкою, щоразу натискаючи на ліву клавiшу миші. Закінчивши окреслення полігона, потрібно натиснути на праву кнопку миші, щоб завершити його створення. Після цього з'явиться віконце для вводу атрибутивних даних, поле «id» (ідентифікатор об'єкта) можна залишити без змін, воно буде заповнюватися програмою автоматично, а в полі «площа» чи інших полях потрібно ввести відповідну інформацію і натиснуто Ok або кнопку Enter (Введіть) на клавіатурі.

Запропонований метод має як позитивні сторони так і негативні. Щодо останніх, то через їх домінування об'єктивно говорити про точність векторизації важко. По-перше, оцифровка здійснювалась по зображенню невідомо якої якості та станом на який період джерела OpenStreetMap. Якраз період відіграє важливе значення, так як для векторизації та представлення водних об'єктів на картах чи планах різного масштабного ряду важливим є вибір меженого періоду, як приклад липень місяць.

Крім того, на неточність векторизованого геооб'єкту може впливати помилковість в здійсненні оцифровки полігонального об'єкту за рахунок не вірного розміщення поворотних точок такого полігону, що прокладає дослідник.

Ще одним негативним моментом є не відповідність сучасному стану водного об'єкту та прилеглих територій.

3.2 Створення векторного шару території досліджень в QGIS напівавтоматичним дешифруванням

Враховуючи вищеперечислене, варто розглянути і використати інший метод векторизації водного об'єкту, що є більш точним.

Даний спосіб базується на використанні космічних зображень території досліджень з архіву Геологічної служби (ГС) США (USGS), що розмістив свої відкриті дані на сайті EarthExplorer. На основі використання певних каналів космічних знімків функціональна можливість ГІС продукту дає можливість визначити та розрахувати спектральні індекси.

Спектральні індекси – це показники, що характеризують співвідношення відбиття ЕМВ в різних каналах супутникової зйомки. Спочатку їх застосовували в дистанційному зондуванні для оцінки стану рослинності, тому їх називають вегетаційними індексами. Перетворення спектральних каналів застосовують, щоб отримати нормалізований діапазон значень, що дають таку інформацію, яка найбільше підходить для вивчення конкретного об'єкта, інакше кажучи, підкреслити необхідну і видалити зайву інформацію. Такий

метод може поліпшити результати як візуального дешифрування, так і простих методів автоматизованої класифікації.

Одним з таких індексів є нормалізований диференційний індекс рослинності (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) – це найпопулярніший вегетаційний індекс. Грунтуючись на даних про активність біомаси, індекс застосовується для оцінки стану посівів у конкретний момент часу або в динаміці. Зелені рослини в процесі фотосинтезу поглинають основну частину видимого світлового спектра і відбивають хвилі ближнього інфрачервоного.

Розраховується NDVI індекс за такою формулою:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red}), \quad (1)$$

де RED – ділянка червоного діапазону з довжинами хвиль в інтервалі 0,62 – 0,75 мкм (на яку припадає максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом); NIR – ділянка ближнього інфрачервоного діапазону з довжинами хвиль в інтервалі 0,75 – 1,3 мкм (зона спектра з максимальним відбиттям енергії клітинною структурою листа).

Варто зазначити, що крім рослинності цей спектральний індекс застосовують для дослідження водойм, ґрунтів, снігу, відділення меж суші від води тощо. Якраз останнє добре підходить для нашого дослідження.

Попередньо було імпортовано космічні знімки середньої роздільної здатності (деякі з них мають роздільну здатність – 10 метрів) супутників Sentinel від 14 липня 2021 року та Landsat від 3 липня 1976 року. У розпакованому архіві найбільше цікавить 3 та 4 канали – червоний та ближній інфрачервоний.

У існуючий проєкт було завантажено синтезоване зображення космічного знімка супутника Sentinel в комбінації каналів 11, 8, 4 (SWIR, NIR, Red) та 4, 3, 2 (Red, Green, Blue) через Raster (Растр) → Miscellaneous (Різне) → Merge

(Злиття). Остання комбінація характеризує відображення природних кольорів (Рис.3.6-3.7).



Рис.3.6 Синтезоване зображення космічного знімка супутника Sentinel в комбінації каналів 4, 3, 2 (Red, Green, Blue) відображення природних кольорів ділянки Бакотської затоки

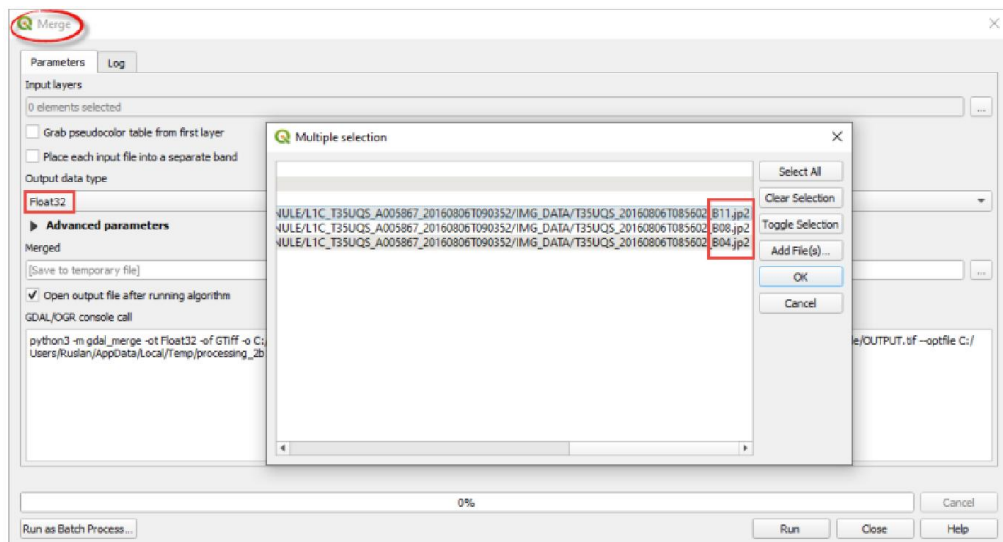


Рис.3.7 Порядок комбінації каналів і вибір типу вихідних даних «float32»

Для визначення NDVI важливим є те, щоб значення каналів, які використовуються у формулі, були переведені у формат «float». Тому при створенні синтезованого зображення в Output data type (Вихідний тип даних)

необхідно вказати тип «float32». Важливо звертати увагу на порядковість каналів при створенні синтезованого зображення. Якщо канали відображаються в іншому порядку, то необхідно поміняти їх місцями, протягнувши мишею.

Після виконання операції Merge (Злиття) синтезоване зображення в комбінації каналів 11-8-4 додається в проєкт у вигляді нового шару.

Зіставляючи попередню формулу вегетаційного індексу з каналами Sentinel 2 та їх характеристиками було визначено, що канали, які потрібно використати у формулі це 4 та 8.

Далі у головному меню було відкрито вкладку Raster (Растр) → Raster Calculator (Растровий калькулятор). У відповідному полі вікна Raster Calculator (Растровий калькулятор) потрібно вписати формулу $(NIR - RED) / (NIR + RED)$, де NIR і RED – це канали, які вибираємо з меню у верхній частині вікна калькулятора (рис. 3.8-3.9).

Значення каналів ми перевели у формат «float» ще попередньо, тому зараз можемо просто вписувати формулу розрахунку NDVI в Raster Calculator (Растровий калькулятор), підставляючи значення каналів: $(Band8 - Band4) / (Band8 + Band4)$. Для початку у відкритому діалоговому вікні Raster Calculator (Растровий калькулятор) (рис.) потрібно вибрати з меню Raster Bands (Растрові шари) у верхній частині вікна відповідні канали, скористатися відповідними Operators (Кнопками оператора) для вибору символів формули -, +, /. Щоб додавати шари у вікно виразу, потрібно двічі натиснути на необхідний шар лівою клавшею миші. Вибираємо необхідну папку, натиснувши , та пишемо назву вихідного шару, наприклад: «ndvisentin84», де цифри означають дату знімка.

Зробивши розрахунок у растровому калькуляторі, ми отримали вегетаційний індекс водосховища за 14 липня 2021 р., який автоматично відкрився у проєкті у вигляді чорно-білого растру зі значеннями в діапазоні від 1 до -1 (Рис.3.10).

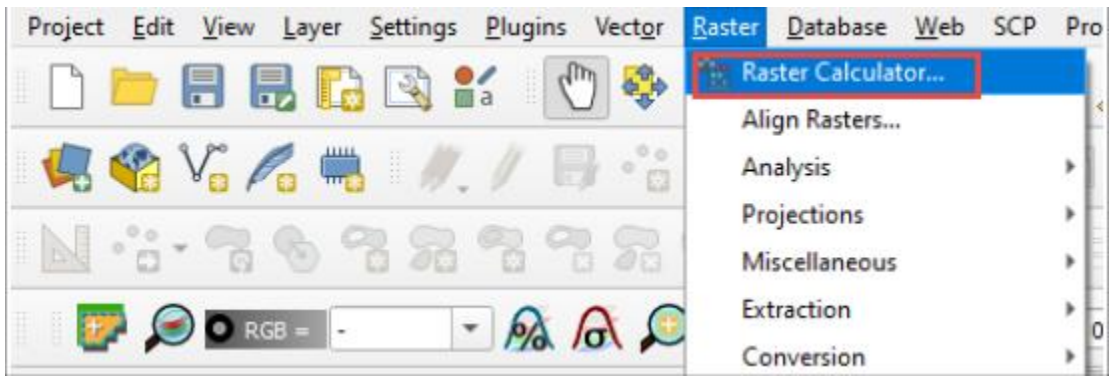


Рис.3.8 Підключення Raster Calculator (Растровий калькулятор)

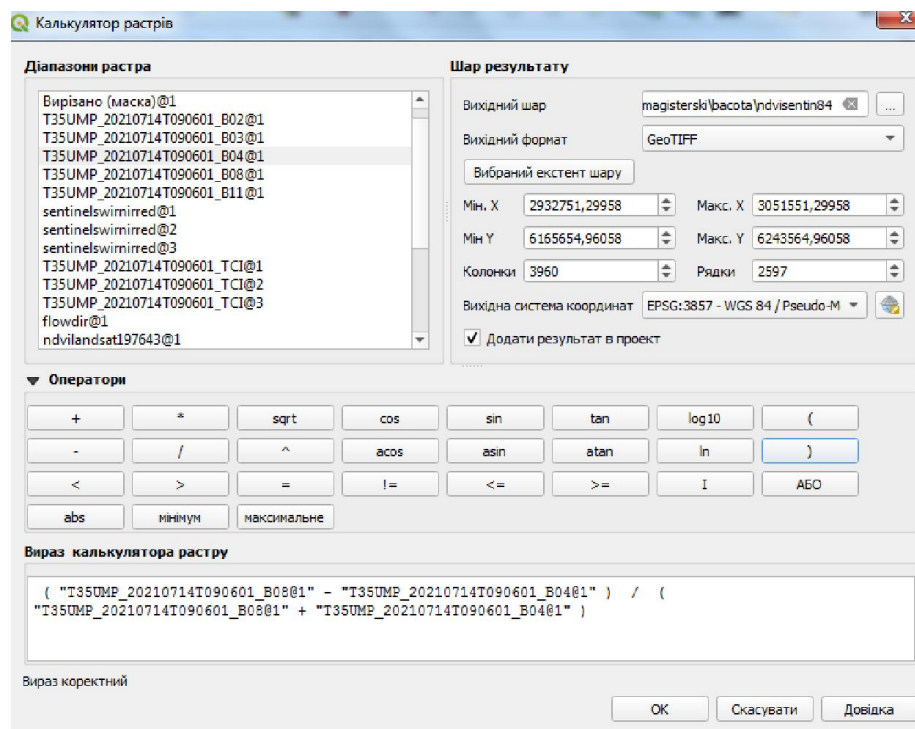


Рис. 3.9. Розрахунок NDVI в растровому калькуляторі



Рис.3.10 Зображення вегетаційного індекса NDVI території досліджень.

З рисунка видно, що значенням менше 0 характерні темніші кольори (зокрема водний об'єкт), а значенням більше 0 світліші, це полегшує дешифрування геооб'єктів і підвищує точність.

Для доступу до інструментів налаштування відображення растра потрібно правою клавішею миші натиснути на растр NDVI в таблиці змісту проекту й обрати з випадного меню пункт Properties (Властивості), після чого у вікні Layer Properties, що з'явилося, перейти на вкладку Symbology (Символіка) й обрати метод відображення Singleband pseudocolor (Одноканальне псевдокольорове). Цей метод дає можливість згрупувати пікселі в задану кількість класів з можливістю змінювати граничні значення кожного класу. Далі потрібно обрати Color Interpolation (Інтерполяція кольорів) – Discrete (для точної дискретної шкали) або Linear (для безперервної шкали кольорів). А також змінити Color ramp (Кольорова гама) для того, щоб карта індексу мала вигляд такий, як нам потрібно.

У таблиці, яка відобразиться є три колонки: Value (Значення) – тут вказується верхня межа діапазону; Color (Колір) – тут можна вручну підібрати колір діапазону; Label (Назва) – текстовий рядок, де можна підписати цифрові межі діапазону або зробити короткий текстовий опис. Використовуючи кнопку Classify (Класифікувати), запустити класифікацію для растра. Тут також можна змінити кількість класів Classes (Класи) і діапазон, який вони охоплюють, підібравши значення Value (Значення). Можна застосувати вже розбиту на кольори і значення шкалу NDVI. Для цього потрібно внизу вікна ліворуч знайти кнопку Style (Стиль) → Load Style (Завантажити стиль) та вибрати попередньо завантажений файл стилю. Щоб застосувати завантажений стиль до обраного растра, потрібно натиснути кнопку Apply (Застосувати) або Ok (Рис.3.11).



Рис.3.11 Зображення вегетаційного індекса NDVI території досліджень після налаштувань стилю кольорів.

Як видно з рисунка, синім відображено водний об'єкт, світлішими кольорами території забудови, ділянки без рослинності, а червоними тонами наявність рослинного покриву.

Після налаштувань потрібно звузити об'єкт спостережень до меж гідрологічного об'єкту тобто, щоб не було відображено крім Бакотської затоки інших зайвих геооб'єктів. Це надалі пришвидшить час здійснення наступних розрахунків та візуального відображення об'єкту. Зазначене можна здійснити через підменю Шар – Новий тимчасовий скетч-шар, де у відповідному вікні налаштувань вказати нове ім'я, тип геометрії (полігональний), проекцію (таку як і в проекту). Після чого здійснити грубе обведення потрібної ділянки інструментом для полігону (Рис.3.12). Після чого через підменю Растр – Вилучення – Вирізати растр за шаром маски, можна отримати зображення лише ділянки Бакотської затоки.



Рис. 3.12 Створення скетч-шару території Бакотської затоки за шаром маски.

Наступним завданням є перетворення зображення вегетаційного індекса NDVI з показниками від -1 до +1 у зображення цього ж індекса, але за двома показниками – менше 0 та більше 0, так як для води на зображенні характерні значення менше 0. Це можна здійснити через Калькулятор растрів, як і в попередньому випадку (Рис.3.13). У рядку введення формули варто обрати попередньо створений шар зображення вегетаційного індекса NDVI, що є меншим 0.

Далі потрібно через підменю Растр – Перетворення – Полігонізувати, здійснити перетворення растра у векторну графіку. Коли з'явиться новий векторизований шар необхідно через контекстне меню включити таблицю атрибутів, в якій буде зазначено створені полігональні об'єкти із присвоєнням атрибутивної характеристики кожному – або 0 (те, що не відповідає нашому попередньому запиту – ділянки без води), або ж 1 (те, що відповідає запиту, тобто водний об'єкт) (Рис.3.14). Включивши редагування у цьому ж вікні можна обрати інструмент – Обрати об'єкти використовуючи вираз і в меню вибору обрати – Поля та значення, вписавши в редакторі формул - "DN" = 0. Таким чином ми оберемо усі створені полігональні об'єкти, що не відповідають критеріям пошуку, тобто не вміщують водні об'єкти, після чого інструментом видалення можна їх усіх видалити.

Таким чином, ми отримаємо векторизовані полігони зображення ділянок водних об'єктів. Перевірка візуального зображення показала наявність окремих невеликих ділянок, що не вміщують водні об'єкти. Проаналізувавши їх, було здійснено їх видалення. Проведена векторизація, аналізуючи створений полігональний об'єкт (Бакотська затока), та космічний знімок (берегову лінію), показує досить хороші результати. Прослідковується співпадіння меж шару полігону та берегової лінії водного об'єкту (Рис.3.15).

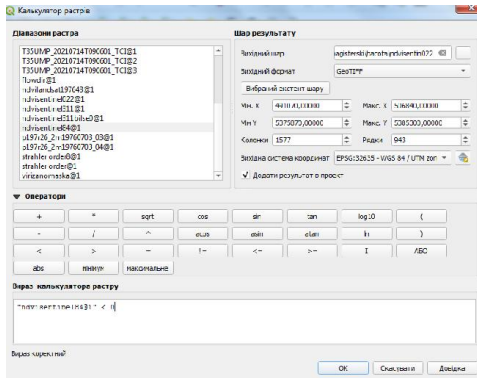


Рис. 3.13 Налаштування вегетційного індекса NDVI через Калькулятор растрів

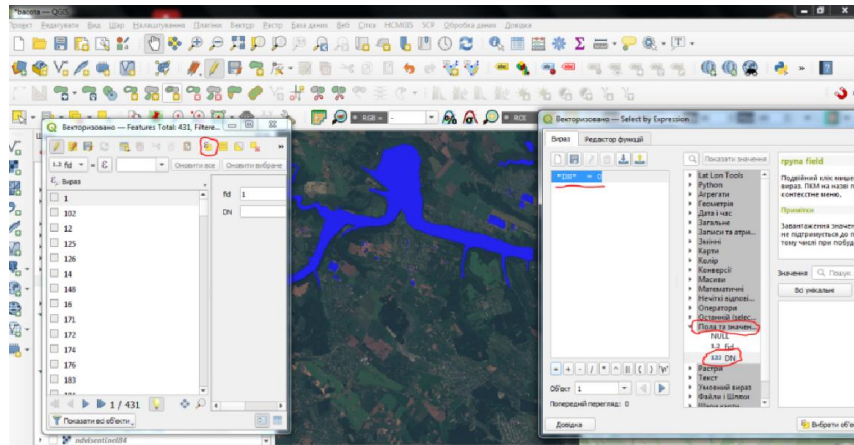


Рис.3.14 Налаштування таблиці атрибутів векторизованого шару

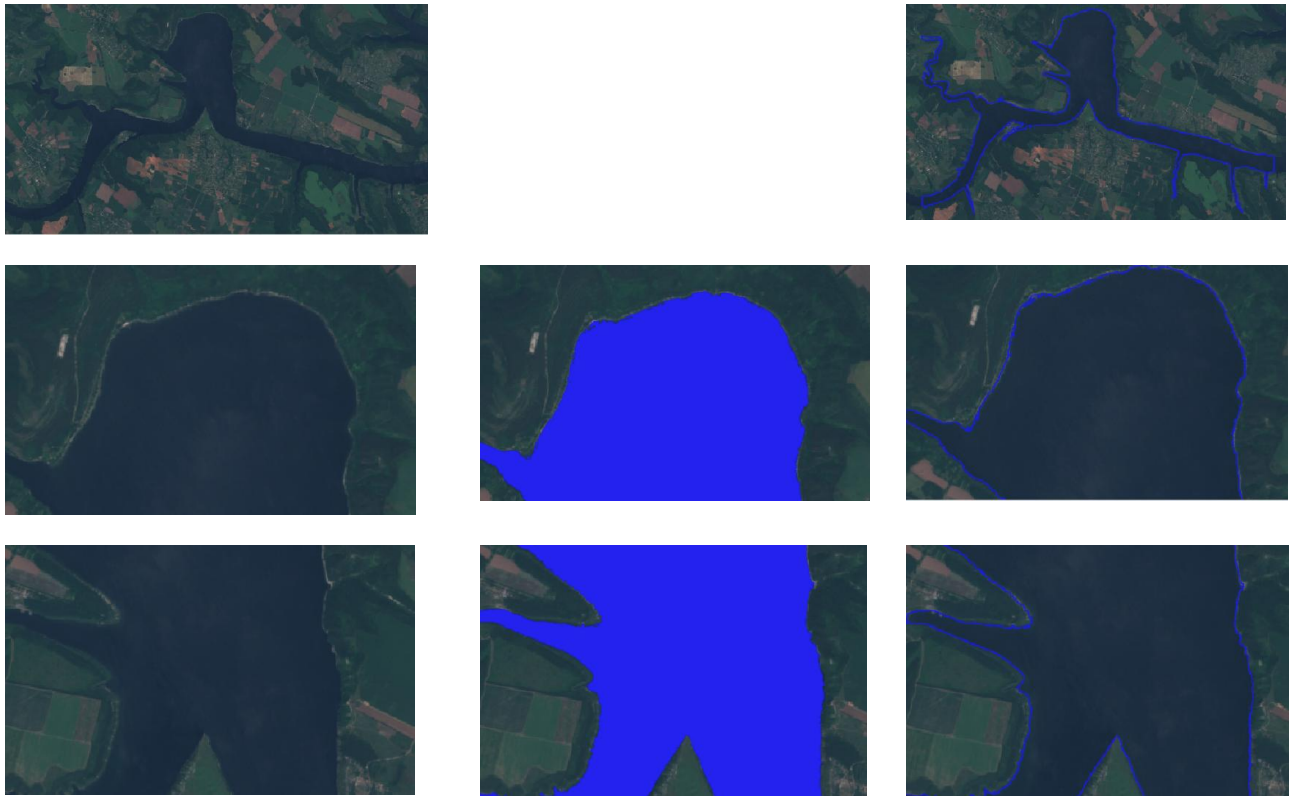


Рис.3.15 Проведення полігонізації (перетворення растра у вектор) ділянки Бакотської затоки

Згідно інформації статистичних джерел загальна площа бакотської затоки становить 1590 га. Функціональна можливість ГІС продукту QGIS дозволяє визначити основні атрибутивні характеристики векторних об'єктів, в тому числі оцифрованої Бакотської затоки. Так, площа зазначеного об'єкту становить 2500,8 га. Неспівпадіння викликане охопленням у нашому дослідженні більшої території включаючи частину русла річки Дністер до та після затоки.

Також у нашому дослідженні було імпортовано космічний знімок супутника Landsat від 3 липня 1976 року, тобто до створення Дністровського водосховища та Бакотської затоки відповідно. Роздільна здатність зображення є низькою – 57 м. Також було визначено індекс NDVI, що дозволив векторизувати русло річки Дністер в межах території досліджень (Рис.3.16).

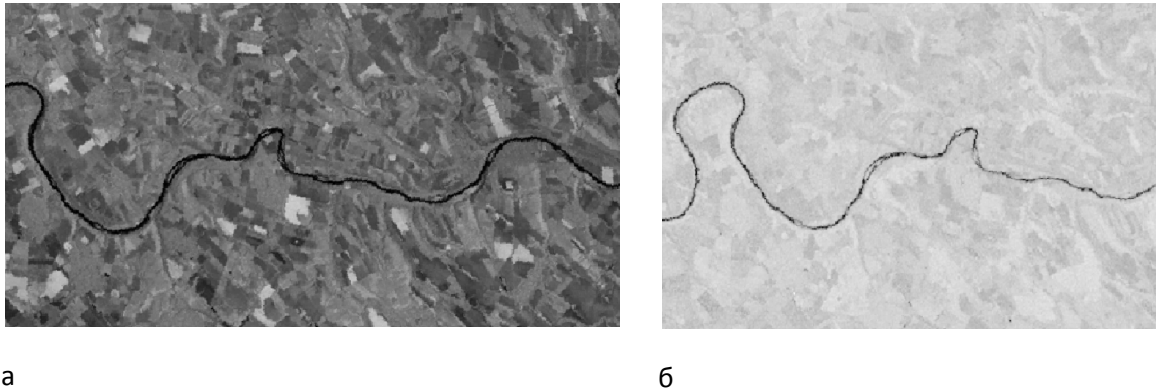


Рис. 3.16 а) космічний знімок супутника Landsat від 3 липня 1976 року та б) індекс NDVI ділянки території Бакотської затоки

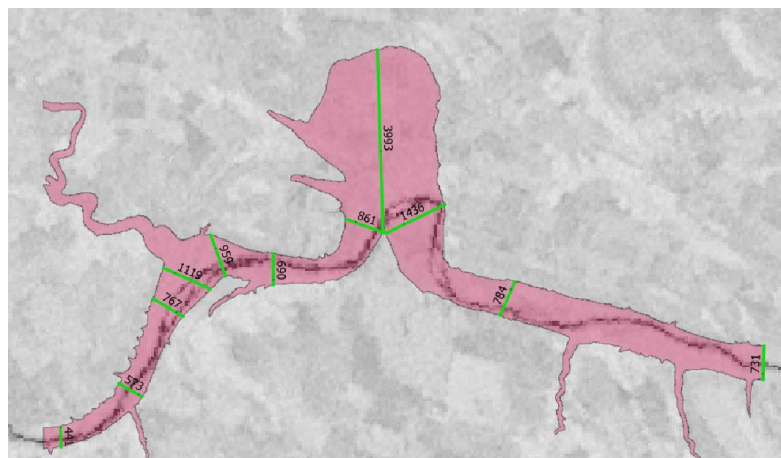


Рис.3.17 Оверлейний аналіз зображення індекса NDVI по космічному знімку супутника Landsat 1976 року та векторизованого зображення по космічному знімку Sentinel 2021 року.

Оверлейний аналіз двох окремих шарів – індекса NDVI по космічному знімку супутника Landsat 1976 року та векторизованого зображення по космічному знімку Sentinel 2021 року показує загальне співпадіння русла річки Дністер в часі, демонструючи суттєве збільшення ширини русла вздовж усієї ділянки та зміну багатуруканності на однорукавність, що пов'язано із підняттям рівня води через створення і роботу Дністровського водосховища (Рис.3.17).

Так, з рисунка видно, що найбільша ширина русла характерна для безпосередньо Бакотської затоки і становить 3993 м. До затоки ширина русла річки Дністер є меншою (400-700 м. в середньому) в порівнянні з ділянкою русла після затоки вниз по течії (700-800 м.).

3.3 Імпортування даних SRTM в ГІС продукт

За допомогою архіву Геологічної служби (ГС) США (USGS), що розмістив свої відкриті дані на сайті EarthExplorer вдалось отримати та скачати данні SRTM для території досліджень.

Для скачування на зазначеному геопорталі вдалось виділити територію досліджень після чого на вкладці Data Sets розгорнуто групу Digital Elevation та обрано GMTED2010. Вкладка “Результати” дозволила візуально відобразити дані SRTM на територію досліджень (Рис.3.18).

З геопорталу скачано зазначену растрову інформацію з відповідною роздільною здатністю.

Після цього у нас буде файл з іменем GMTED2010N10E060_300.zip . Дані висоти розподіляються в різних растрових форматах, таких як ASC, BIL, GeoTiff тощо. QGIS підтримує широкий спектр растрових форматів через бібліотеку GDAL. Дані GMTED подаються як файли GeoTiff, які містяться в цьому архіві ZIP.

Далі здійснено відкриття шару та додано його як растровий шар в програмний продукт. Можна побачити дані про місцевість, що відображаються на полотні QGIS. Кожен піксель у растрі місцевості відображає середню висоту

в метрах у цьому місці. Темні пікселі представляють області з малою висотою, а світліші - з великою висотою (Рис. 3.19).

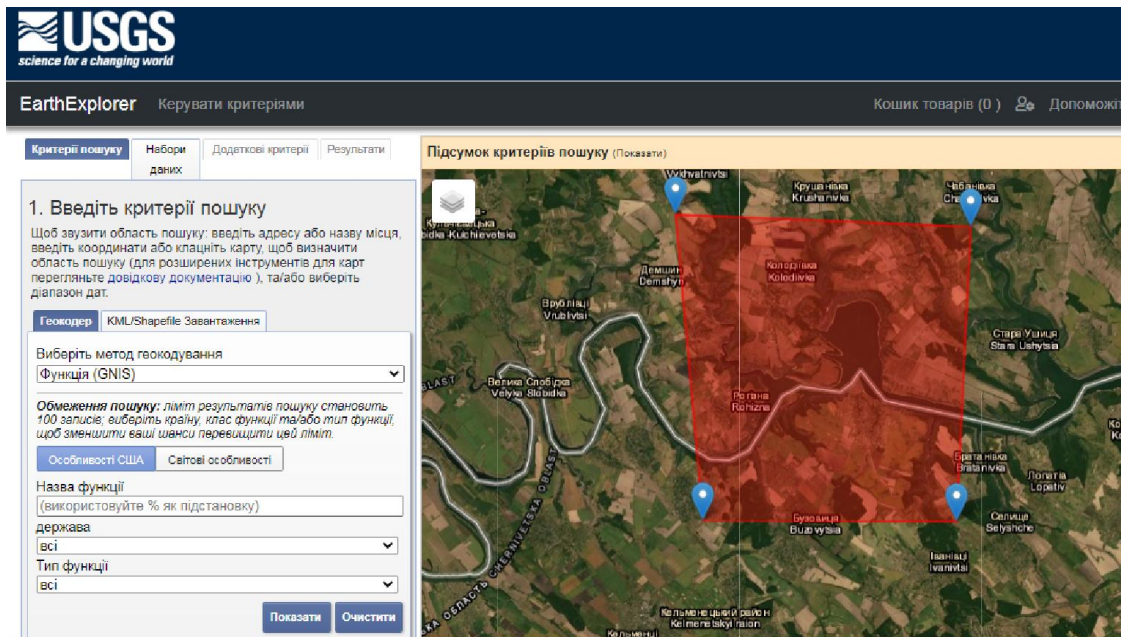


Рис.3.18 Вигляд вікна відображення пошуку даних SRTM

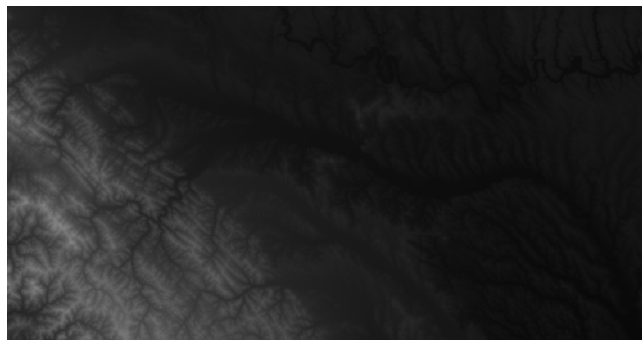


Рис.3.19 Дані SRTM

Проведені дії, щодо імпортування зображення SRTM на територію досліджень також, більш зручніше можна здійснити виключно завдяки ГІС продукту QGIS, а саме встановленому плагіну SRTM Downloader. Відкривши даний пагін варто обрати екстент карти, тобто візуальне зображення, що є в даний час на екрані комп'ютера в програмі ГІС (тому перед відкриттям варто масштабувати зображення території досліджень до максимального дрібномасштабного). Після чого вказати шлях збереження та запустити загрузку і одночасний пошук SRTM зображення для даної території (Рис.3.20).

Також даний плагін попросить підтвердження (логін і пароль) реєстрації на сайті <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Досить часто буває, що для досліджуваної території необхідним є декілька SRTM зображень, які необхідно об'єднати через використання підменю Растр-Розбіжності-Побудувати віртуальний растр. У вікні, що відкрилось необхідно вибрати кількість SRTM зображень, що потребують об'єднання. Далі вказати у полі Resolution – висота, вказати шлях збереження віртуального растру та обрати Виконати (Рис.3.21).

Інколи буває, що SRTM зображення скачані в іншій проекції ніж візуалізоване зображення, тому потрібно через Растр-Проекція-Перепроєкціювання здійснити зміну проекції до тої, яка необхідна, при цьому налаштувавши як на рисунку і вказавши роздільну здатність вихідного файлу – 30 метрів та шлях збереження та назву у форматі Tif (Рис.3.22).

Наступним у дослідженні було вирізання з існуючого растру зменшеної за площею території (Растр-Вилучення-Вирізати область з растру). Наблизивши через інструмент масштабу подальшою вказівкою через Extent карти або ж окресливши прямокутною областю територію, необхідно також зберегти новий файл.

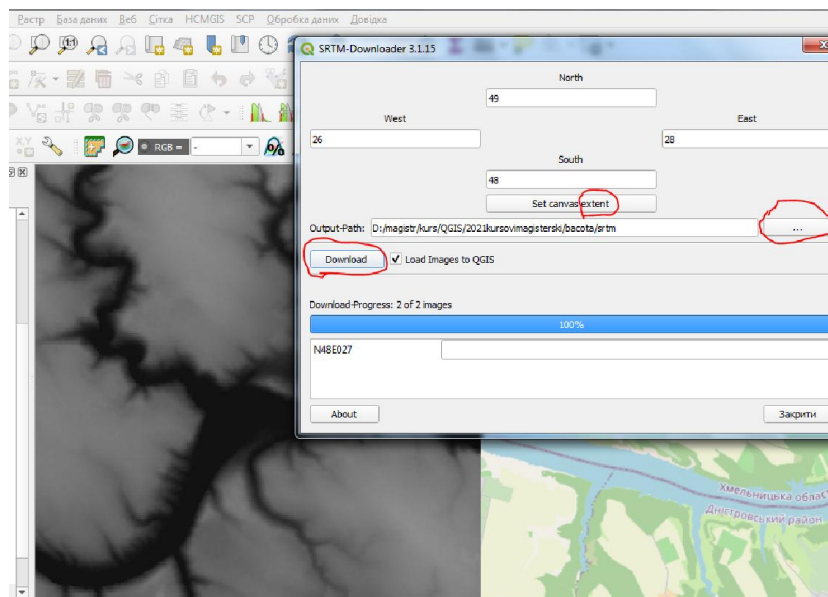


Рис.3.20 Використання плагіну SRTM Downloader для отримання SRTM зображення

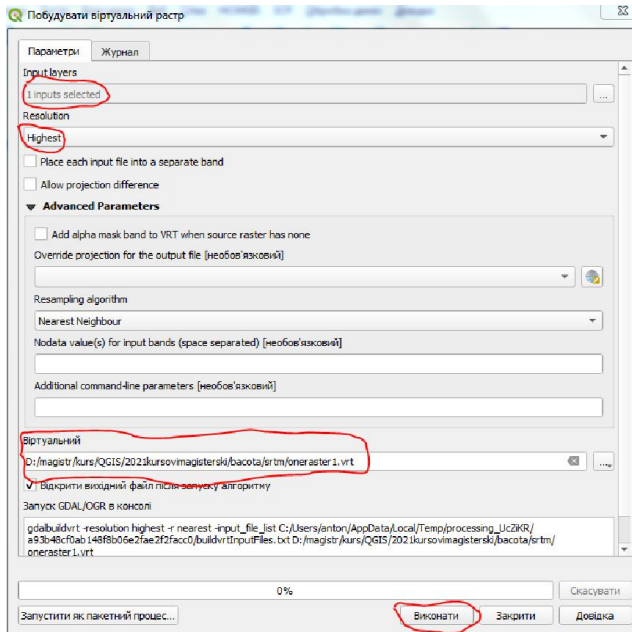


Рис. 3.21 Вікно налаштувань побудови віртуального растру необхідних SRTM зображень

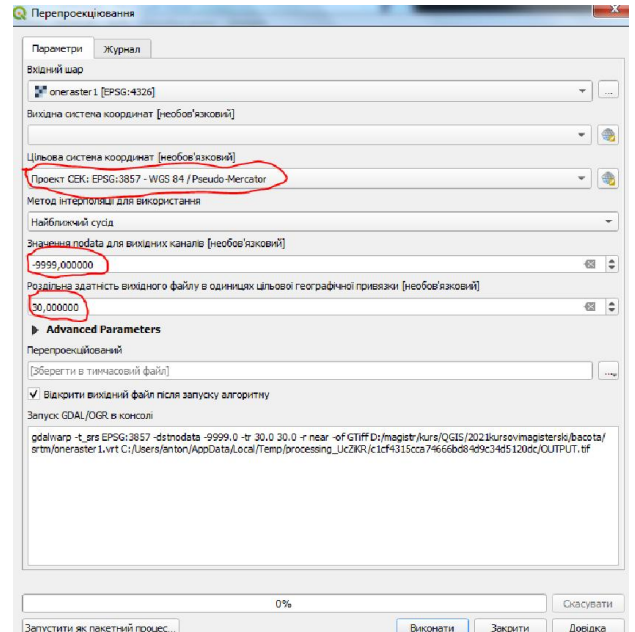


Рис. 3.22 Вікно налаштувань перепроєкціонування SRTM зображень

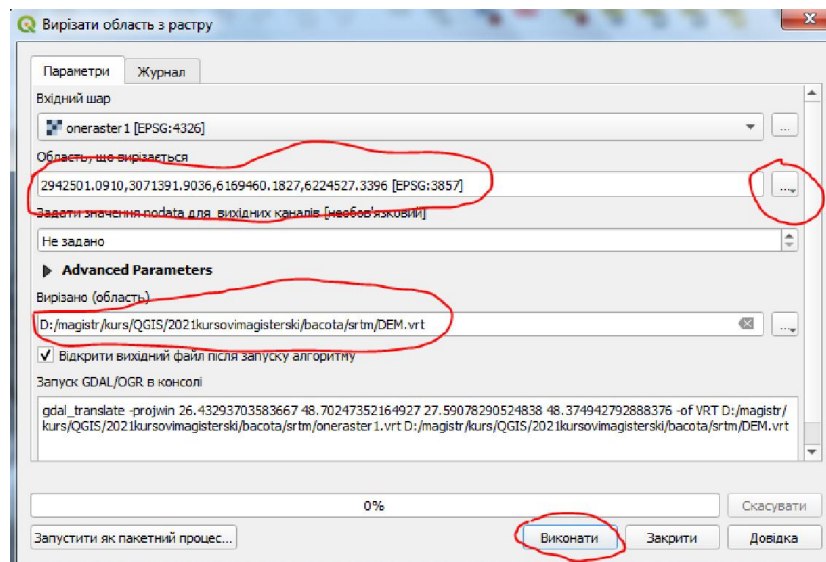


Рис. 3.23 Налаштування вирізання області з растру

3.4 Створення цифрової моделі рельєфу території досліджень.

Тепер можна приступити безпосередньо до створення цифрової моделі рельєфу. Увімкнувши функціонал підменю Обробка даних-Панель інструментів потрібно у пошуку ввести Fill sinks (wang and liu). У вікні, що з'явиться

(Рис.3.24) потрібно здійснити налаштування: вибрати для якого файлу буде побудована ЦМР та шлях збереження.

Після створення і візуалізації ЦМР ми отримаємо чорно-біле зображення, яке можна через контекстне меню у наявних розділах змінити на кольорове, з налаштуванням типу візуалізації – Одноканальний псевдоколір, інтерполяція – лінійна, точність – фактичні (повільніше), градієнт – топографічний, також вказати кількість класів кольорової гами.

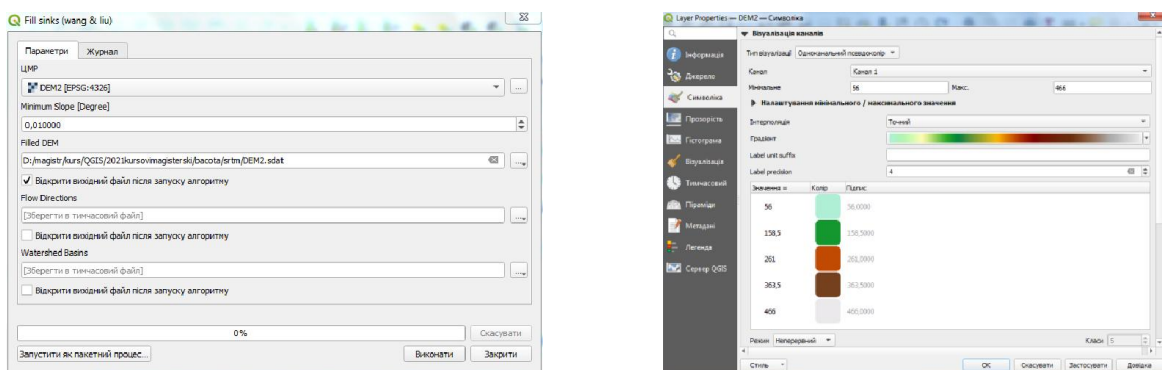


Рис. 3.24Налаштування створення ЦМР у вікні інструменту Fill sinks (wang and liu)

та символіки і типу візуалізації готової ЦМР.

Через контекстне меню нового продубльованого шару обрано властивості та у полі "Render type" вказано тип – "Відмивання", це дасть можливість візуалізувати зображення як тіньова відмивка. Тут є можливість виставити висоту Сонця та азимут, що дасть можливість візуально змінити зображення з представленою тінню (Рис.3.25).

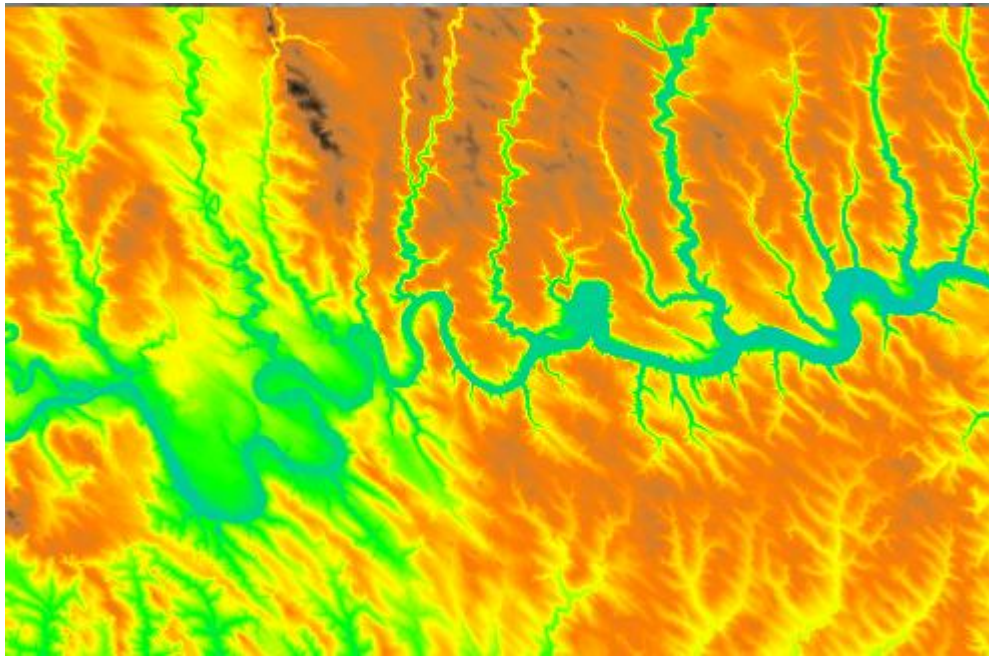


Рис. 3.25 Побудована та налаштована цифрова модель території досліджень

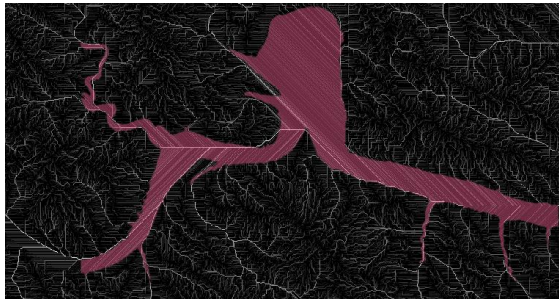
Для того, щоб чіткіше усвідомити та візуалізувати саме територію досліджень басейновим підходом, тобто виділення басейнів головних приток та меж басейну річки Дністер виключно для досліджуваної ділянки було здійснено спробу напівавтоматичним шляхом виконати поставлене завдання. Через підменю Обробки даних – Панель інструментів знайдено через пошук інструмент Strahler order. У меню налаштувань вказано шлях збереження. Оверлейний аналіз новоствореного шару та векторизованного Бакотської затоки показав наступний результат (Рис.3.26 а). На рисунку добре видно наявність приток різного порядку та характеристик, проведено зміну деяких налаштувань символіки: тип візуалізації (одноканальний псевдоколір), точності (фактичні - повільніше), інтерполяції (лінійна), кількості класів кольорів (10) вибрано синій (Рис.3.26 б). На космознімку природних кольорів видно, що такої кількості приток та допливів не існує реально. Справа в тому, що програма автоматично розрахувала та візуалізувала усі можливо існуючі допливи враховуючи ЦМР та показники висот і понижень рельєфу з яких відбувається так званий мінімальний початковий стік опадів. Тому, для подальших досліджень варто виокремити та залишити не всі виділені допливи, а найбільші, які реально б існували. Через Калькулятор растрів, обравши новий файл

(strahler order2), що відповідає за візуалізовані допливи було введено формулу - "strahler order2@1" ≥ 8 , що відображає число допливів рівне або ж більше 8 (Рис.3.26 в). Після цього, через контекстне меню у розділі Символіка змінено тип візуалізації (одноканальний псевдоколір), точності (фактичні - повільніше), інтерполяції (лінійна), кількість класів зменшено до 2, одному присвоєно синій колір іншому рожевий, а у вкладці Прозорість для поля – Додаткове значення "немає даних" - введено число 0, що, після підтвердження, дозволить ділянкам для класу рожевих, які не існують (на рис. В чорний колір) бути прозорими (Рис.3.26 г).

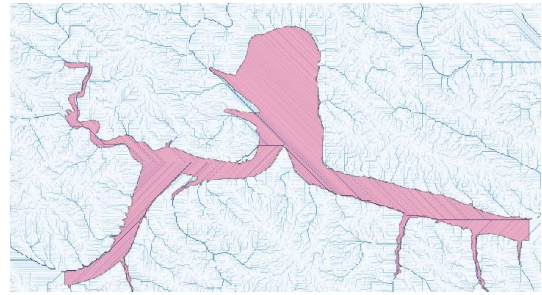
Здійснивши оверлейний аналіз за допомогою шарів космічних знімків (природні кольори), джерела Open Street Map та нового шару допливів можна переконатись в хорошому співпадінні русел водних об'єктів (Рис.3.27). Хоча, існують ділянки, де є невеликі розбіжності та неспівпадіння протікання водних об'єктів, що пов'язано з антропогенним (в першу чергу) регулюванням русел річок та струмків. Менші неспівпадіння та їх відсутність спостерігаються для верхів'їв водних об'єктів в так званих природних не тронутих умовах.

Таким чином, у нас уже є векторизована ділянка Бакотської затоки, створена ЦМР, візуалізовані притоки. Наступним є автоматичне створення басейнів наявних рік та допливів через функціональну можливість інструменту Channel network and drainage basins (Обробка даних-панель інструментів). У вікні налаштувань (Рис.3.28) необхідно вибрати шар цифрової моделі рельєфу, вказати поріг 8, створити файл з шляхом збереження для полів Channels, Basins, при цьому скрізь, де необхідне відкриття нових файлів поставити галочку.

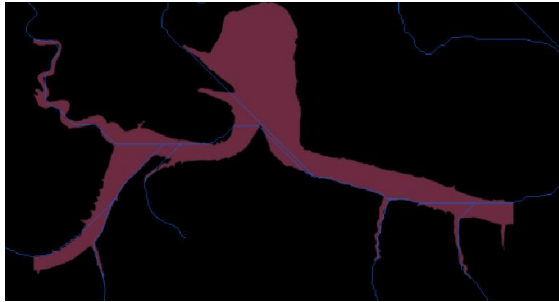
Після створення нових шарів важливим є те, що ми отримали векторизовані геооб'єкти (притоки, межі басейнів) з попереднього растрового зображення (Рис.3.29). За допомогою налаштувань окремих шарів – лінійного річки (колір векторів синій) та полігонального водозбори (вигляд з звичайного знака в категоріальній за певним значенням) вдалось змінити і покращити візуальне відображення.



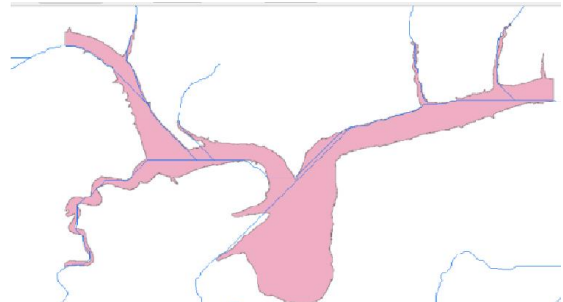
а



б



в



г

Рис. 3.26 Використання інструменту Strahler order для відображення допливів водних об'єктів.

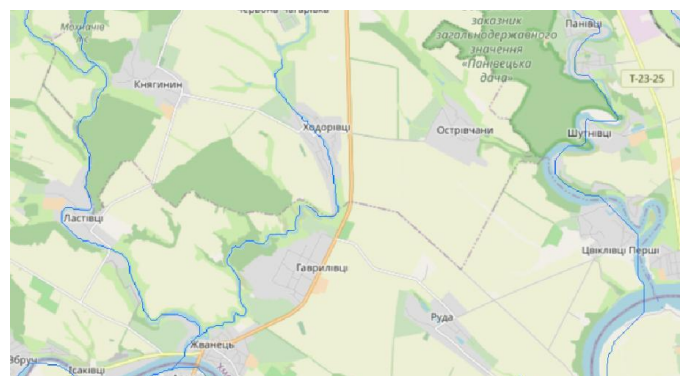
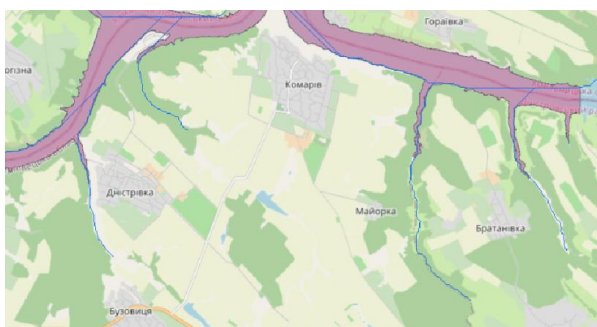
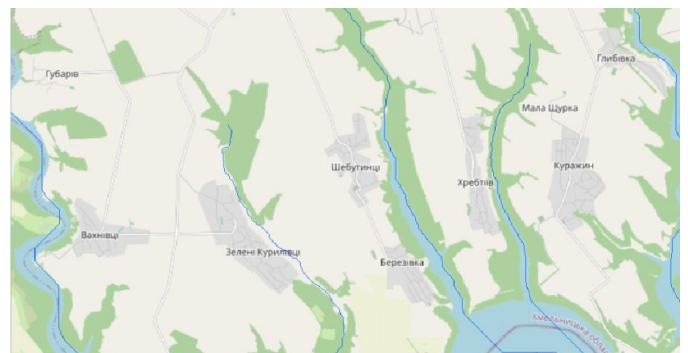
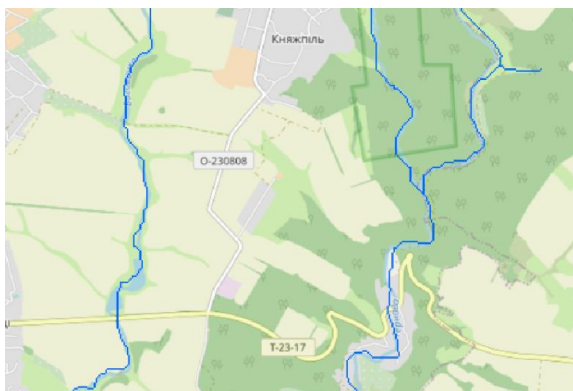


Рис.3.27 Оверлейний аналіз джерела Open Street Map та шару допливів.

Наступним у роботі було виділення безпосередньо об'єкту досліджень – Бакотської затоки разом з територією басейнів рік, що безпосередньо скидають у неї свої води. Для цього, при наближенні до векторизованого русла річки (обрано ділянку, що знаходиться на р.Дністер після утворення Бакотської затоки) курсор миші розмістити безпосередньо на векторі та правою клавішею викликати меню захоплення координат, де необхідно обрати координати з карти. Після цього через Обробка даних- панель інструментів у пошуку знайти інструмент Upslope area. У меню налаштувань потрібно вказати попередньо зкопійовані координати X, Y, обрати ЦМР, метод – Deterministic та шлях збереження (Рис.3.30 а). Таким чином, візуально буде відображено (Рис. 3.30 б) растрове зображення басейну річок безпосереднього скидання води у Бакотську затоку до точки, в якій вказали координати.

Потрібно перетворити растрове зображення басейну у векторне полігональне (Рис.3.30 г). Після перетворення контекстне меню векторизованного шару дає можливість подивитись таблицю атрибутів (Рис.3.30 д), де необхідно включити можливість редагувати та видалити зайві шари і залишити лише полігональний шар басейну налаштувавши його символіку (прозорість, межі) (Рис. 3.30 е).

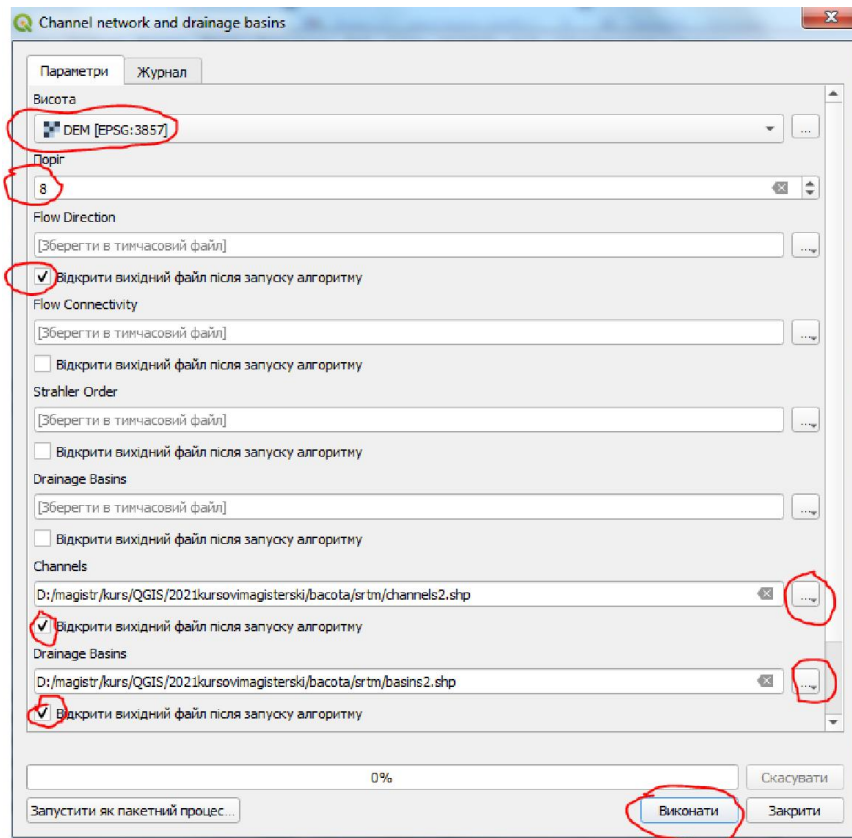


Рис. 3.28 Вікно налаштувань автоматичного створення басейнів приток інструменту Channel network and drainage basins

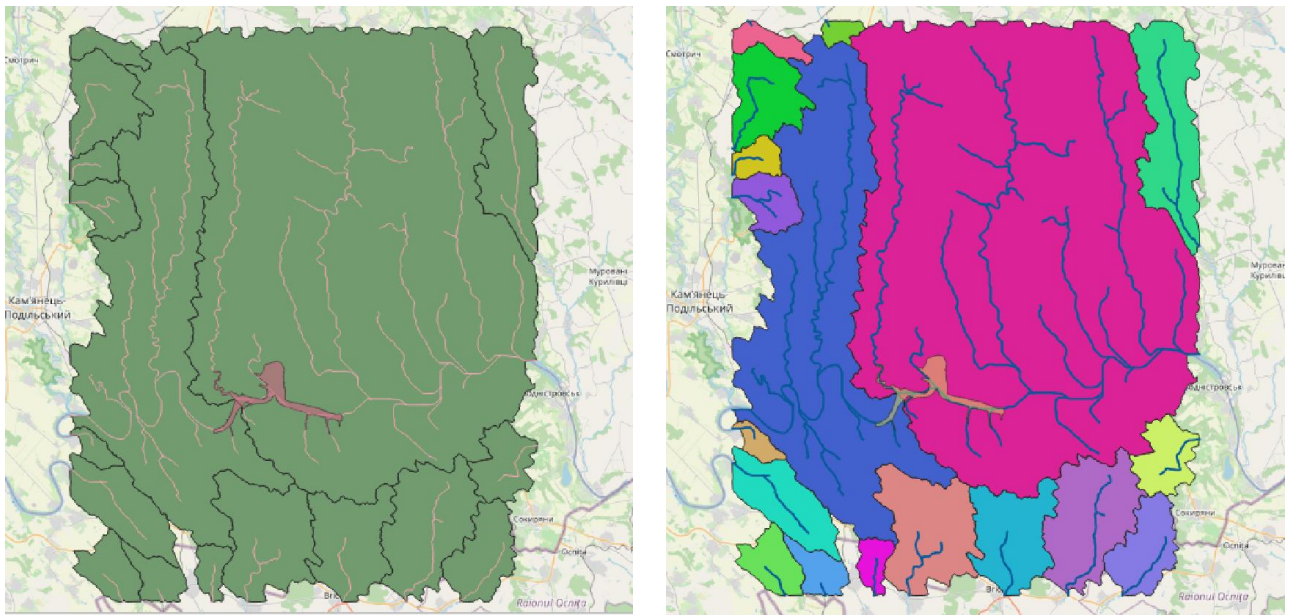
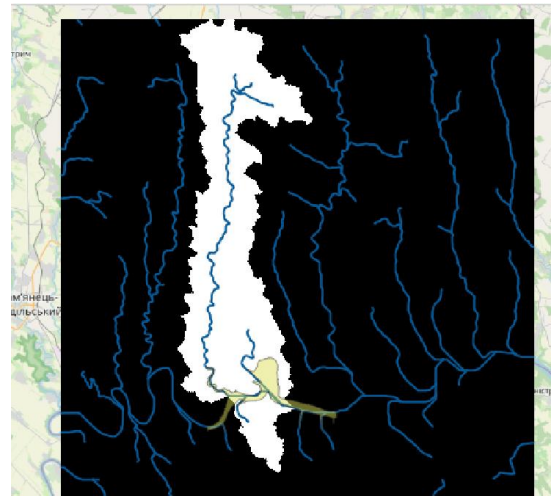
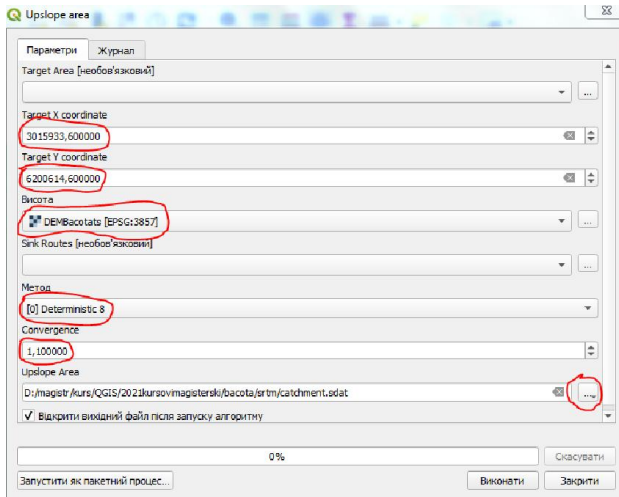
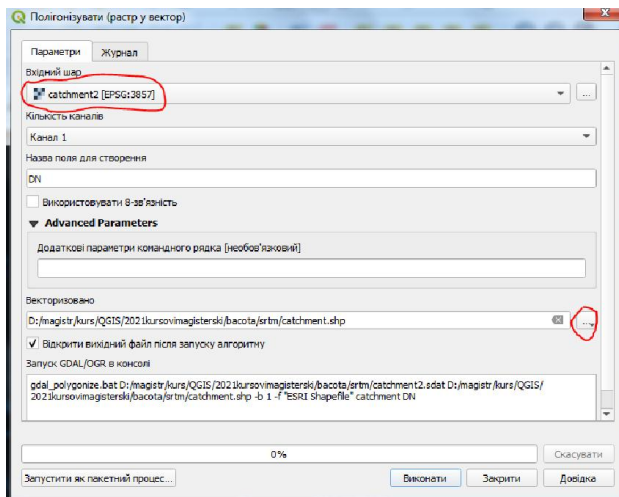


Рис.3.29 Вигляд басейнів рік довкола Бакотської затоки



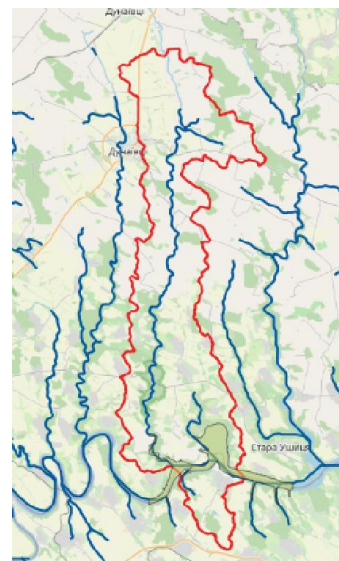
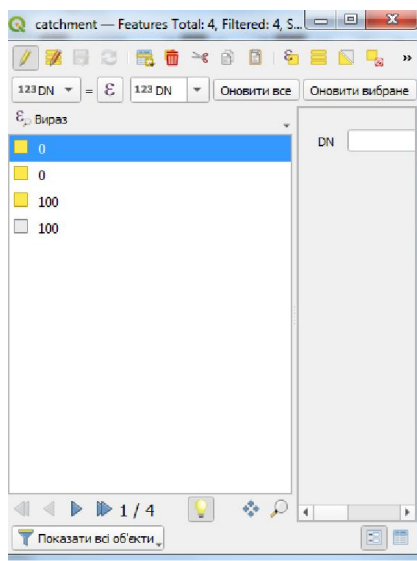
а

б



в

г



д

е

Рис. 3.30 Полігонізація (перетворення растрового зображення у векторне) для басейну річок довкола Бакотської затоки.

Ми отримали векторизований полігональний об'єкт басейну та лінійний допливів. Варто обрізати усі водні лінійні об'єкти в межах вказаного полігону. Для цього через Вектор-Обробка даних-Обрізка варто здійснити налаштування: для якого та по якому шару здійснити обрізку (Рис.3.31 а). Після цього для лінійних об'єктів змінити у налаштуваннях візуалізацію (колір, товщину).

Крім того, варто здійснити обрізку растрового зображення ЦМР по межах басейну (Рис.3.31 б).

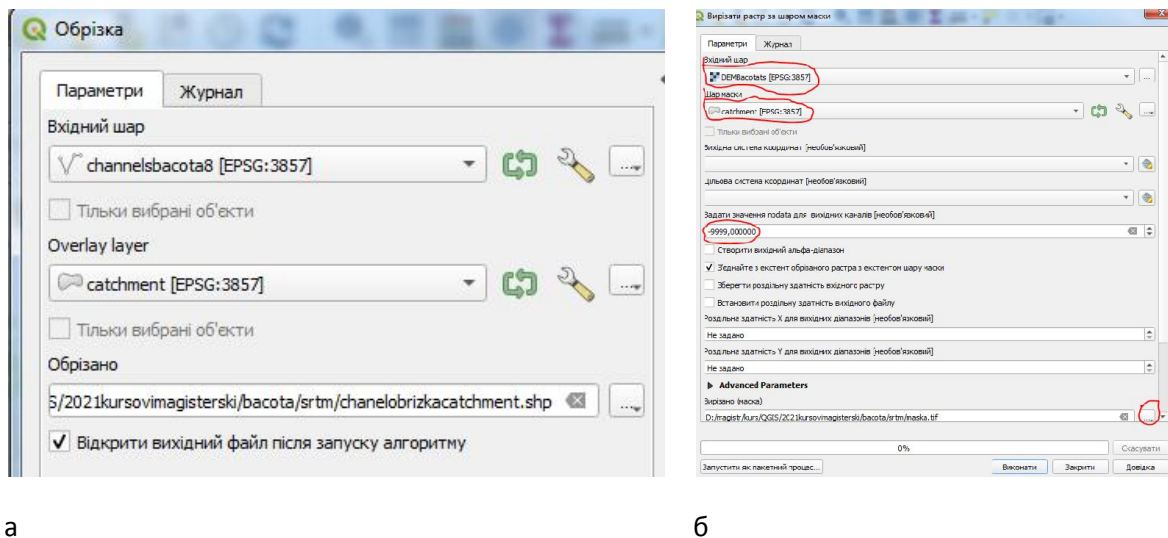


Рис.3.31 Налаштування обрізки векторних об'єктів (а) та маски по ЦМР.

Через контекстне меню шару ЦМР у вкладці Стилі потрібно скопіювати стиль та через контекстне меню нового шару по масці здійснити вставлення стилю (Рис.3.32).

Отримане зображення ЦМР є растровим, щоб ще більш покращити візуально рельєф та перетворити його у векторний формат потрібно створити горизонталі. Через меню Растр-Вилучити-Ізолінії є можливість налаштувати останні. У параметрах є можливість вказати через скільки метрів можна провести ізолінії.

У нашому випадку встановлено через 20 метрів (відповідає карті масштабу 1:100 000). Після створеного шару потрібно у його властивостях змінити колір ізоліній на чорний та визначити їх відповідну товщину (Рис.3.33).

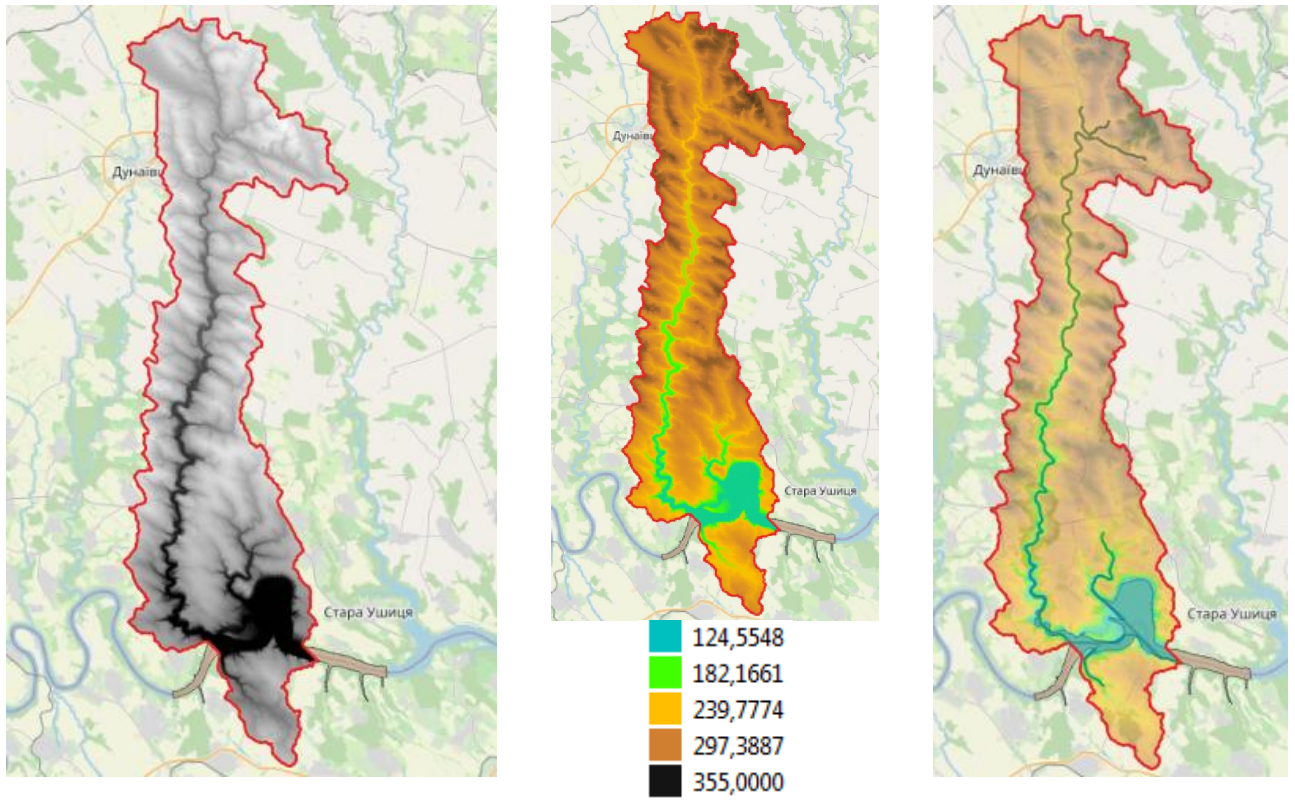
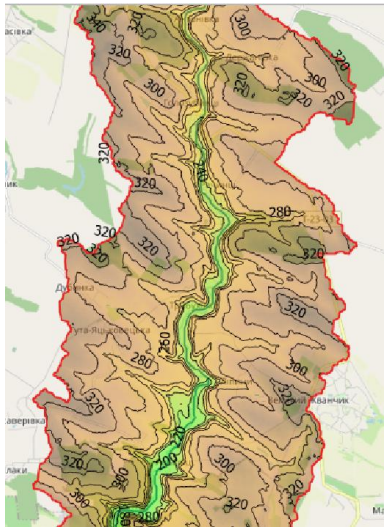
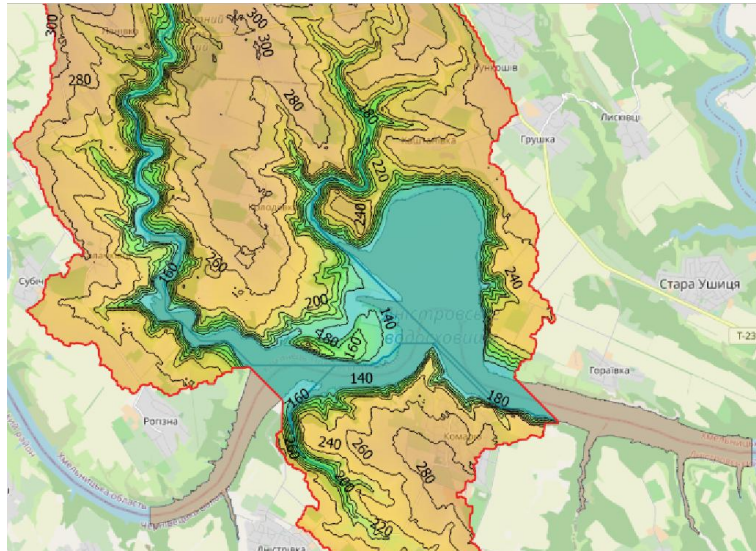


Рис.3.32 Обрізка та налаштування растрового зображення ЦМР по масці векторизованого басейну





Середня частина



Південна частина

Рис.3.33 Візуалізований лінійний рельєф через горизонталі для території Бакотської затоки в ГІС QGIS

3.5 Аналіз відповідності абсолютних висот ізоліній створеного рельєфу та пунктів ДГМ.

У попередньому завданні вдалось здійснити створення та візуальне відображення рельєфу території Бакотської затоки через відмивку, а також завдяки ізолініям. Наступним завданням було визначити наскільки точно та об'єктивно можна використовувати абсолютні висоти по створеному рельєфу ЦМР для території досліджень та загалом в майбутньому для будь-якої території використовуючи зазначений спосіб SRTM зображення. Одним із таких способів є зняття показника абсолютної висоти по ізолініях рельєфу та порівняння з цим же показником отриманим по просторовим та семантичним характеристикам пунктів ДГМ однойменного сайту.

Функціональні можливості вказаного геопорталу (Рис.3.34) дають можливість визначити та проаналізувати існування на даній території досліджень пунктів державної геодезичної мережі та з'ясувати головні характеристики цих пунктів: просторове положення, висотне, додаткові особливості як розміщення так і самих пунктів.

На території досліджень розташовані чимало пунктів ДГМ, проте найближче до об'єкту досліджень знаходяться пункти 2-го класу: Комарів, 66, Бодачівка, Рункошів. В безпосередній близькості пункт 3-го класу Теремці, трохи далі Калинівка, Лисківці, пункти розрядної геодезичної мережі: Колодіївка, Рогізна, Кути.

Так як, пункти 1-го класу поряд Бакотської затоки відсутні та згідно нормативних вимог, визначення планового та висотного положення для пунктів 2-го класу відбувається більш точно ніж для 3-го, то для подальших розрахунків використано дані існуючого пункту Рункошів.

На сайті є можливість більш детально розглянути характеристики пункту 2-го класу Рункошів (Рис.3.35). Як видно з рисунка метод визначення координат – лінійно-кутова побудова, метод визначення висоти – геометричне нівелювання, висота над рівнем моря – 301 м., координати та висоти пункту наведені з розмірністю 1 метр.

Після аналізу просторового розташування та характеристики вказаного пункту було використано наявні його координати для того, щоб створити точковий векторний шар в ГІС продукті QGIS та порівняти його висоту з позначкою горизонталі, що буде проходити через нього.

Для цього спочатку необхідно створити новий Shapefile та в потрібному полі вказати створення векторизованого точкового об'єкту з вибором його розташування та назви. Також створити додаткові поля, що нас цікавлять, наприклад клас ДГМ, ім'я, координати X, Y висота пункту Z та обрати Ок (Рис.3.36).

Далі обравши створений новий точковий векторний шар потрібно через підменю "Вектор"- "Інструменти геометрії"- "Додати інструменти геометрії" додати параметри координат X та Y в таблицю атрибутивних даних. Вибравши створений точковий шар через його контекстне меню можна перевірити створення додаткових полів.

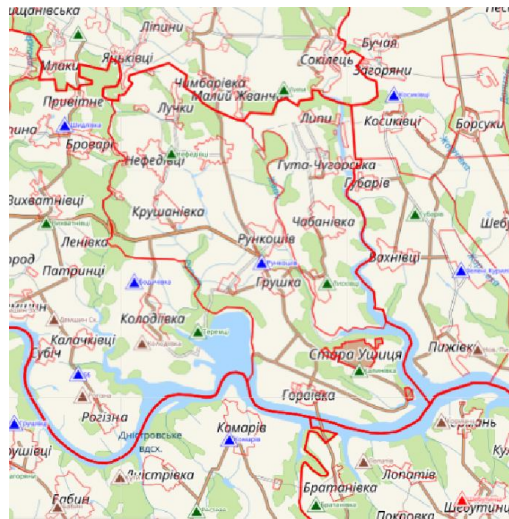
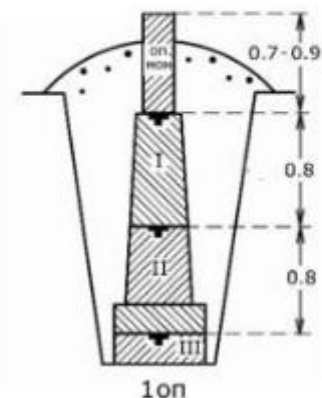
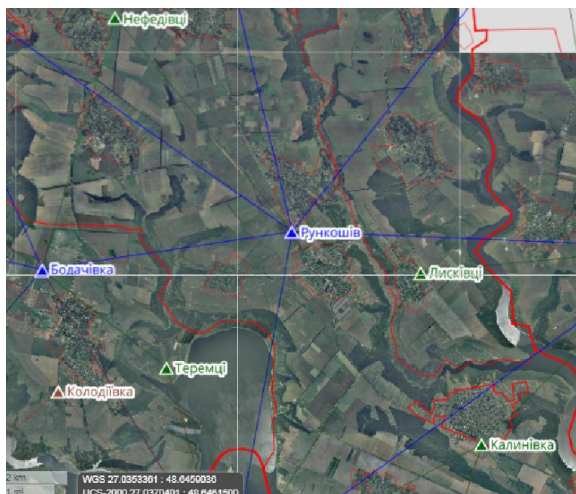
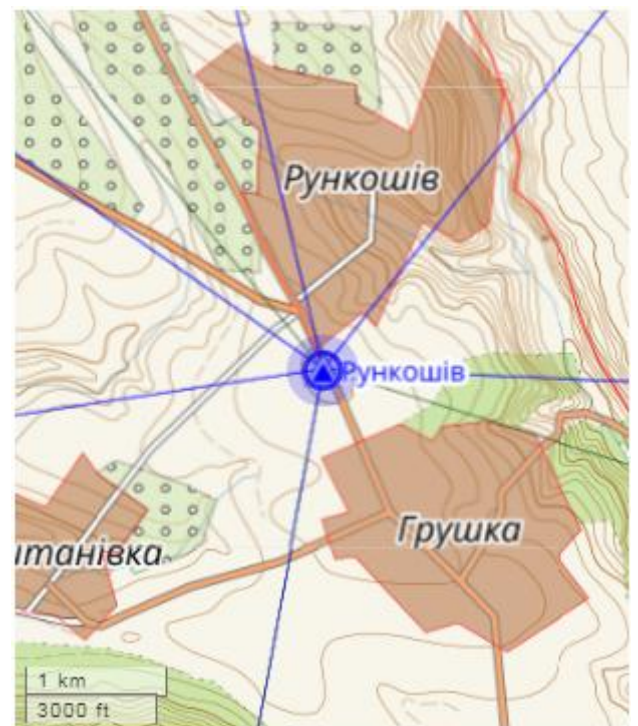


Рис.3.34 Розміщення пунктів ДГМ довкола Бакотської затоки

Геодезична інформація про пункт	
Індекс пункту	M353420000
Назва пункту	Рункошів
Тип центру	1 оп
Глибина залягання центру, м	
Номер марки	36378
Тип знаку	піраміда
Висота знаку, м	5.7
Належність до мережі	планова
Клас планової мережі	2
Клас нівелірної мережі	III
Метод визначення координат	лінійно-кутова побудова
Метод визначення висоти	геометричне нівелювання
x, м	5 390 171.00
y, м	5 500 405.00
B, град.	48.64
L, град.	27.01
mx, м	0.023
my, м	0.026
H (висота над рівнем моря), м	301.00



МАЛЮНОК ЦЕНТРУ

Рис. 3.35 Характеристика пункту 2-го класу ДГМ Рункошів

Включивши можливість редагування шару можна створити потрібні точкові об'єкти. У нашому випадку це пункт ДГМ 2-го класу Рункошів (Рис.3.36)

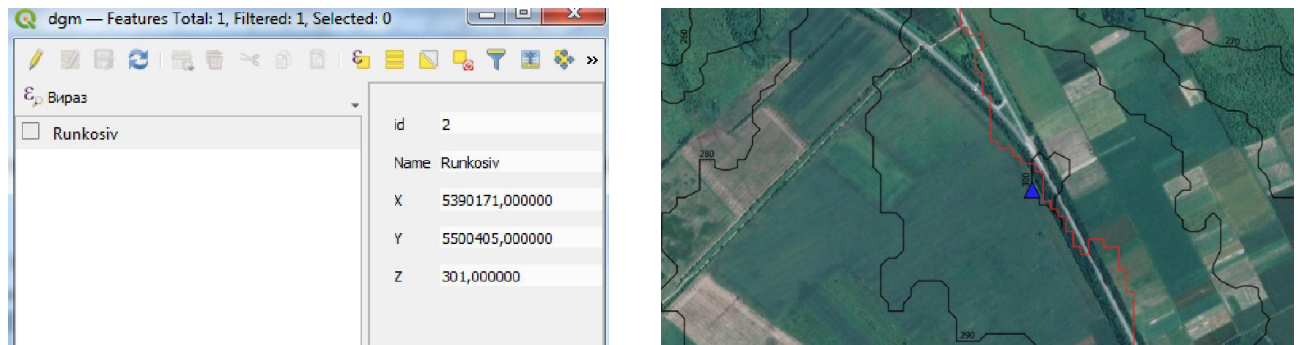


Рис.3.36 Розташування та атрибути векторного точкового шару пункту ДГМ 2 класу Рункошів з візуалізованими горизонталями висот поблизу Бакотської затоки

Увімкнувши шар з векторизованими ізолініями та здійснивши оверлейний аналіз з точковим об'єктом ДГМ Рункошів можна побачити, що існуючий пункт 2-го класу знаходиться поблизу горизонталі з висотою 300 м., причому масштабованість зображення дозволила встановити є розташування в середині замкненої горизонталі, що говорить про підвищення рельєфу. Проведена оцінка та здійснений аналіз показав досить вдалі результати перевірки співпадіння векторизованих горизонталей (зокрема тієї, що характеризує 300 м) побудованої ЦМР для території досліджень та висотної характеристики пункту ДГМ 2-го класу Рункошів координати якого імпортовано з сайту ДГМ.

Висновки до розділу 3. Створено векторизовані тематичні шари території досліджень в QGIS. Перетворення растрової графіки у векторну було здійснено за допомогою двох методів в програмному продукті QGIS. Перший метод полягав у ручному дешифруванні водного об'єкту, а другий – у напівавтоматичному методі.

Визначено, що запропонований перший метод має як позитивні сторони так і негативні. Другий спосіб базується на використанні космічних зображень території досліджень з архіву Геологічної служби (ГС) США (USGS), що розмістив свої відкриті дані на сайті EarthExplorer. На основі використання певних каналів космічних знімків функціональна можливість ГІС продукту дає можливість визначити та розрахувати спектральні індекси.

Було створено та проаналізовано цифрову модель рельєфу території досліджень за допомогою даних архіву Геологічної служби (ГС) США (USGS). Вдалось отримати векторизований полігональний об'єкт басейну та лінійний шар допливів.

Проведено аналіз відповідності абсолютних висот ізоліній створеного рельєфу та пунктів ДГМ для території досліджень. Визначено наскільки точно та об'єктивно можна використовувати абсолютні висоти по створеному рельєфу ЦМР для території досліджень та загалом в майбутньому для будь-якої території використовуючи зазначений спосіб SRTM зображення.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано та описано процеси введення даних в ГІС. Введення атрибутивних та просторових даних в базу ГІС відбувається по різному та різними методами. Сьогодні існує чимало джерел інформації, які можуть бути імпортовані до ГІС продукту. Залежно від виду джерела застосовуються різні технології введення даних та різні методи введення просторових і атрибутивних даних.

2. Використано дані геопорталу Адміністративно-територіального устрою України – як джерело атрибутивних та просторових даних геооб'єктів, що володіє візуалізованими геооб'єктами з їх атрибутивними та просторовими характеристиками. Проведено аналіз фізико-географічної характеристики території дослідження.

3. Створено векторизований шар території досліджень в QGIS ручним дешифруванням. З'ясовано, що запропонований метод має як позитивні сторони так і негативні. На неточність векторизованого геооб'єкту може впливати помилковість в здійсненні оцифровки полігонального об'єкту за рахунок не вірного розміщення поворотних точок даного полігону. Також негативним моментом є не відповідність сучасному стану водного об'єкту та прилеглих територій.

4. Створено векторизований шар території досліджень в QGIS напівавтоматичним дешифруванням за рахунок використання космічних зображень території досліджень з архіву Геологічної служби (ГС) США (USGS). На основі використання каналів космічних знімків функціональна можливість ГІС продукту дає можливість визначити та розрахувати спектральні індекси, зокрема - нормалізований диференційний індекс рослинності (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index).

Аналізуючи створений полігональний об'єкт (Бакотська затока), та космічний знімок (берегову лінію), простежується співпадіння меж шару полігону та берегової лінії водного об'єкту.

5. Оверлейний аналіз двох окремих шарів – індекса NDVI по космічному знімку супутника Landsat 1976 року та векторизованого зображення по космічному знімку Sentinel 2021 року показує загальне співпадіння русла річки Дністер в часі. Найбільша ширина русла характерна для безпосередньо Бакотської затоки і становить 3993 м.

Проведено імпортування даних SRTM в ГІС продукт за допомогою архіву Геологічної служби (ГС) США (USGS). Створено цифрову модель рельєфу території досліджень напівавтоматичним шляхом. Отримано векторизований полігональний об'єкт басейну та лінійних допливів, створено горизонталі.

6. Здійснено аналіз визначення об'єктивності використання абсолютних висот по створеному рельєфу ЦМР для території досліджень використовуючи спосіб SRTM зображення методом зняття показника абсолютної висоти по ізолініях рельєфу та порівняння з цим же показником отриманим по характеристикам пунктів ДГМ.

Дано загальну характеристику на даній території досліджень пунктів державної геодезичної мережі та з'ясовано головні характеристики цих пунктів. Більш детально проаналізовано дані існуючого пункту 2-го класу Рункошів.

Проведене дослідження показало досить вдалі результати перевірки співпадіння векторизованих горизонталей побудованої ЦМР та висотної характеристики пункту ДГМ 2-го класу Рункошів координати якого імпортовано з сайту ДГМ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування: монографія / [за ред. В. І. Лялько, М. О. Попова]. Київ, Наук. думка, 2006. 360 с.
2. Бондаренко Е. Л. Геоінформаційна схема картографування. Часопис Картографії. Київ: "Обрії", 2011. С. 58–63. 17.
3. Бондаренко Е.Л. Створення віртуальних карт регіонів як один із способів Web-картографування. Картографія та вища школа. 2003. №8. С. 59-63.
4. Водно-болотні угіддя України. Марушевський Г. Б., Жарук І. С., Фесенко Г. В та ін. К.:Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл, 2006. 312 с.
5. Географічні інформаційні системи: Підручник. Мосов С.П., Тарасов В.М., Чорнокнижний О.А., Куковський С.А., Брезіцький Е.Ю. Київ, НАОУ, 2005, 240 с
6. Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи і напрями розвитку. [Л. Г. Руденко, Т. І. Козаченко, Д. О. Ляшенко, А. І. Бочковська, А. П. Дишлик, В. С. Чабанюк, В. В. Путренко]; за ред. Л. Г. Руденка. Київ, Наукова думка, 2011, 102 с.
7. Гордій Н.М. Денні лускокрилі водно-болотного угіддя міжнародного значення "Бакотська затока". Подільський природничий вісник. 2010. Вип. 1.-С. 25-39.
8. Гуцул Т.В., Скрипник Я.П. Практикум з основ ГІС та геоінформаційного картографування: Навчально-методичний посібник. Чернівці. ЧНУ, 2014. 171 с.
9. Дідух Я.П. Геоботанічне районування України та суміжних територій. Укр. ботан. журн. 2003. Т. 60. Хо4. С. 447-463.
10. Жупанський Я.І., М.М. Куниця, Л.І. Воропай, М.О. Жук, М.О. Куниця, В.С. Антонов, М.І. Кирилюк, В.П. Коржик, Б.К. Термена, В.П. Руденко, В.П. Круль, В.О. Джаман, Н.І. Коновалова, П.О. Сухий Географія

Чернівецької області. Наук. Посібник Чернівців, 1993. 190 с.

11. Заповідні перлини Хмельниччини. Під ред. Т.Л. Андрієнко. Хмельницький : Інтрада, 2006. 220 с.

12. Канівець О.М. Застосування ГІС-технологій в геодезії [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://repo.sau.sumy.ua/bitstream/123456789/2302/1.Pdf>

13. Ковальова В. Реформа місцевого самоврядування: замість держадміністрацій створять виконкоми обласних і районних рад. Урядовий кур'єр. 2015.

14. Козаченко Т. І., Курач Т. М. Геоінформаційне картографування науки та інноваційної діяльності в Україні . Вісн. геодезії та картографії. 2004. №3. С. 32-43.

15. Колишко Р.А. Децентралізація публічної влади: історія та сучасні тенденції розвитку. Вісник КНУ. Серія «Міжн. відн.». 2015. Вип. 27. С. 198.

16. Контроль состояния лесных ресурсов мира спомощью дистанционного измерения и инвентаризации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/newsroom/ru/news/2008/1000884/index.html>.

17. Матвеев М.Д. «Бакотська затока» водно-болотне угіддя міжнародного значення. Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Природничі науки. Вип. 2. Кам'янець-Подільський : Аксіома, 2010. С. 116-121.

18. Мінченко Р.М. Проблеми децентралізації державної влади і їх взаємодія з місцевим самоврядуванням в Україні. Держава і право. № 39. с. 452.

19. Постельняк А. А. Оцінювання точності висот цифрових моделей рельєфу SRTM та ASTER GDEM . Вісник геодезії та картографії. 2013. №4. С. 17–21.

20. Самойленко В.М. Основи геоінформаційних систем. Методологія: Навчальний посібник. Київ, Ніка-Центр, 2003. 276 с.

21. Скрипник Я.П. Основи геоінформаційних технологій. Методичні вказівки та завдання до практичних і лабораторних робіт. Чернівці: Рута, 2004.

44с.

22. Смалійчук А. Д. Актуальний наземний покрив північної частини Хмельницької області на основі даних дистанційного зондування Землі. Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2014. Вип. 48. С. 180–187.

23. Статистичний щорічник Хмельницької області за 2016 рік. Головне управління статистики у Хмельницькій області; за ред. А. В. Ротаря. Хмельницький, 2017. 534 с.

24. Третьяк А.М. Землепорядне проектування: Теоретичні основи і територіальний землеустрій: Навч. Посібник. Київ, Вища освіта, 2006. 528 с.

25. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем Харків : ХНАМГ, 2012. 312 с.

26. <https://atu.gki.com.ua/ua/karta/>

27. <https://decentralization.gov.ua/>

28. <http://www.ecomm.kiev.ua/>

29. <http://www.ginews.co.uk/>

30. <http://www.kmc-geo.kiev.ua/>